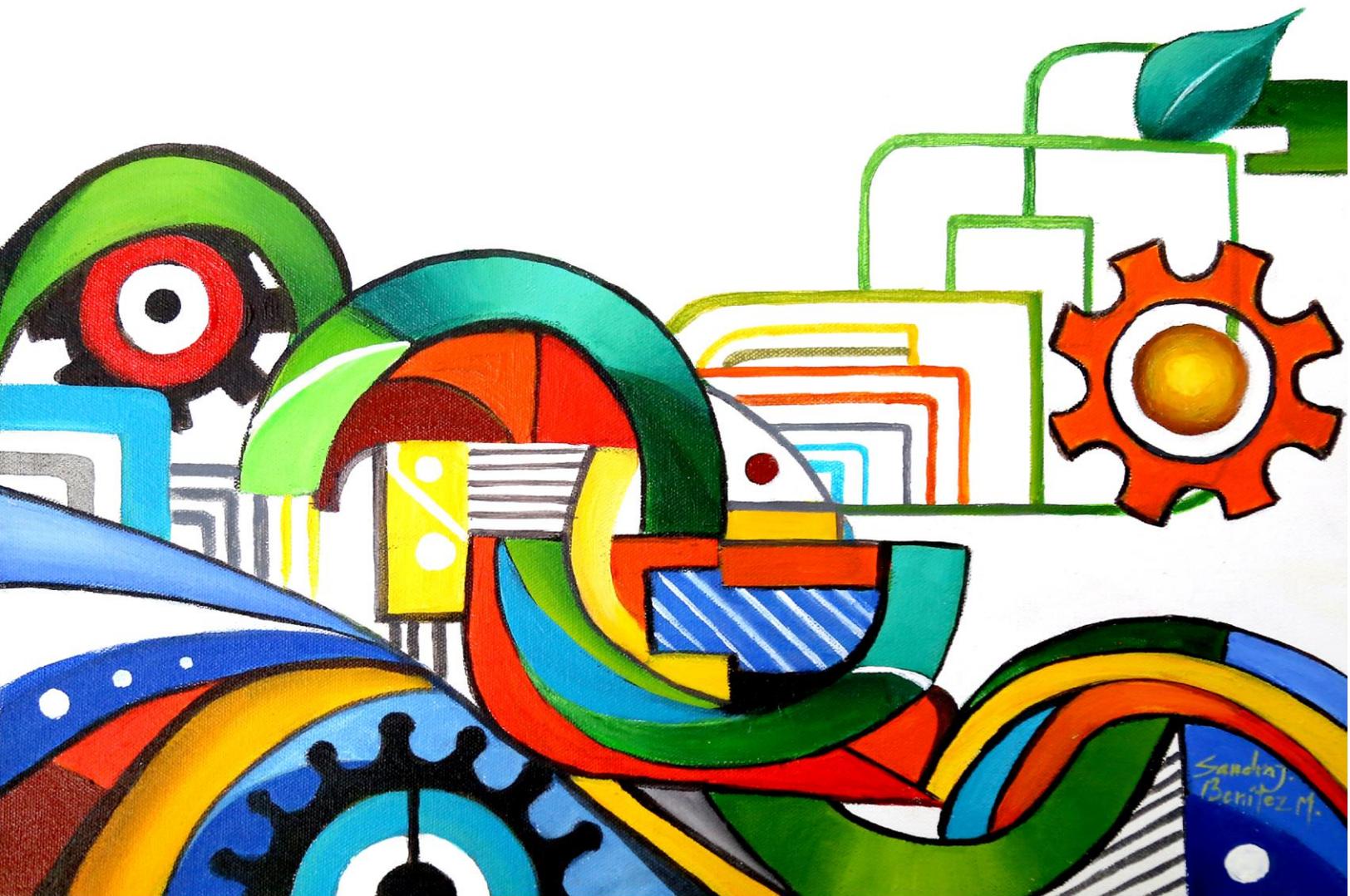




UNISANGIL
FACULTAD DE CIENCIAS
NATURALES E INGENIERÍA

La praxis en la ingeniería y su aporte al desarrollo regional



ISBN 978-958-58321-9-0

VIGILADA MINEDUCACIÓN

UNISANGIL
editora

DIRECTIVOS

Franklin Figueroa Caballero
Rector

Marcela Ordóñez Rodríguez
Vicerrectora Académica

José Manuel Serrano Jaimes
Vicerrector Administrativo y Financiero

William Guerrero Salazar
Decano Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería

Wilson Gamboa Contreras
Director Departamento de Investigación

Yohana Patricia Medina Vargas
Directora Institucional Departamento de Extensión

Edwin Melo Velandia
Director sede Yopal

Liliana Ibeth Pérez Pérez
Subdirectora Académica sede Yopal

Héctor Fernando Parrado Contreras
Director Investigación sede Yopal

Virgilio Saavedra Mateus
Director sede Chiquinquirá

COMITÉ ACADÉMICO

Sede San Gil

Diana Patricia Torres Solano	Directora del Programa de Ingeniería Ambiental
Edgar Rodríguez Díaz	Director del Programa de Ingeniería Agrícola
Yaneyda Zulay Longas Flórez	Directora del Programa de Ingeniería de Sistemas
Enrique Blanco Olarte	Director del Programa de Ingeniería Electrónica Director del Programa de Ingeniería de Mantenimiento
Sandra Johana Benítez Muñoz	Coordinadora de Investigación Facultad CIF
María Juliana Sanabria Muñoz	Coordinadora Unidad de Ciencias Básicas
Sergio Andrés Peña Perea	Coordinador de Extensión Facultad CEF

Sede Yopal

Lina Paola Orduz Amaya	Directora del Programa de Ingeniería Ambiental
Wilson Arturo Gómez Becerra	Director del Programa de Ingeniería Electrónica
Ángela Bibiana Ortégón Fuentes	Directora del Programa de Ingeniería de Sistemas
Víctor Manuel Torres	Director (e) del Programa de Ingeniería Agrícola
Lina María Cerón Arámburo	Especialización en Gestión Integrada de Recurso Hídrico
Fredy Yesid Nocua Mesa	Coordinador de la Unidad de Ciencias Básicas

Sede Chiquinquirá

Nelson Augusto Santos Tovar	Director del Programa de Ingeniería de Sistemas
Edisson Rafael Caicedo	Director (e) del Programa de Tecnología en Sistemas de Información, Muzo, Chiquinquirá

COMITÉ CIENTÍFICO

Héctor Iván Gómez Ortiz
Doctor en ingeniería, área ingeniería electrónica
Magíster en ciencias
Ingeniero electrónico

Milton Javier Muñoz Neira
Magíster en ingeniería electrónica
Ingeniero electrónico

Frank Carlos Vargas Tangua
Magíster en gestión ambiental
Especialista en química ambiental
Biólogo

Ana Rocío Córdoba Malaver
Magíster tecnología avanzada
Ingeniera de mantenimiento

Edgar Rodríguez Díaz
Magíster en desarrollo sostenible y medio ambiente
Especialista en ordenamiento y gestión integral de cuencas hidrográficas
Ingeniero agrónomo

Sergio Andrés Peña Perea
Estudiante de maestría en recursos energéticos
Especialista en gerencia de proyectos
Ingeniero sanitario y ambiental

María Juliana Sanabria Muñoz
Estudiante de maestría en sistemas energéticos avanzados
Ingeniera mecánica

Daniel Humberto Albarracín Sepúlveda
Estudiante de maestría en ingeniería
Especialista en automatización industrial
Ingeniero electrónico

Liz Nayibe Martínez Saavedra
Magíster en química
Licenciada en química

Ángela Bibiana Ortegón Fuentes
Estudiante de maestría en tecnologías de la información
Especialista en telemática y negocios por internet
Ingeniera de sistemas

Víctor Manuel Torres Lozano
Magíster en ingeniería énfasis ingeniería sanitaria y ambiental
Ingeniero agrícola

Claret Carreño Solano
Especialista en evaluación ambiental de proyectos
Microbióloga

Carlos Augusto Álvarez Arboleda
Doctor en historia
Magíster en medio ambiente y desarrollo
Ingeniero sanitario

COORDINACIÓN EDITORIAL

Laura Lida Sánchez Martínez
Coordinadora de Publicaciones UNISANGIL
Comunicadora social y periodista
Especialista en gerencia de la comunicación organizacional

COMPILADORES

Sandra Johana Benítez Muñoz
Coordinadora de Investigación Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, UNISANGIL
Sede San Gil

Emilsen Yazmín Arias Cruz
Estudiante de maestría en ingeniería electrónica
Docente tiempo completo del Programa de Ingeniería Electrónica, UNISANGIL Sede Yopal

Héctor Fernando Parrado Contreras
Director del Departamento de Investigación, UNISANGIL sede Yopal

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Departamento de Mercadeo y Comunicaciones, UNISANGIL

DISEÑO IMAGEN PORTADA

Sandra J. Benítez Muñoz, pintora artística
Título: “La praxis en la ingeniería y su aporte al desarrollo regional”
Técnica: acrílico y tintas sobre lienzo
Dimensión: 0.30 x 0.40 m

TRADUCCIÓN

Unidad de Idiomas UNISANGIL, sede Yopal
Edilberto Pineda Rangel
Johnny Ferney Isaza Triana

ISBN: 978-958-58321-9-0
Título: LA PRAXIS EN LA INGENIERÍA Y SU APOORTE AL DESARROLLO REGIONAL
Autores: Varios
Editorial: Unisangil Editora
Tema: Ingeniería (generalidades)
Fecha edición: Septiembre de 2019
Fecha publicación: Enero de 2020
Idioma: Español
Formato: Digital

Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
Fundación Universitaria de San Gil - UNISANGIL
ies@unisangil.edu.co

San Gil, Santander
Km 2 vía San Gil - Charalá
Teléfonos: (7) 7245757 Extensión: 222 - 275

Yopal, Casanare
Calle 7 No. 20 -63
Teléfonos: Teléfono: 6324178

Chiquinquirá, Boyacá
Calle 18 # 12-18
Teléfonos: (8) 7266058

Esta obra es propiedad intelectual de sus autores y los derechos de publicación han sido legalmente transferidos a la editorial. Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y no comprometen el de la Fundación Universitaria de San Gil - UNISANGIL, como tampoco a las demás entidades que apoyaron su elaboración.

CONTENIDO

	pág.
Presentación	10
CIENCIAS BÁSICAS Y EDUCACIÓN	11
Capítulo 1. Desarrollo de una herramienta educativa que coadyuve al aprendizaje de niños con <i>discalculia disaritmética</i> Edisson Rafael Caicedo Rojas	12
CIENCIA COMPUTACIONAL	15
Capítulo 2. Evolución del <i>software</i> AEWS, de una Plataforma Web hacia un Sistema Inteligente Luz Yamile Caicedo Chacón, Cristian Noé Cárdenas Parra, Jorge Eduardo Gómez Pinzón, Jeniffer Tatiana Ortiz Bernal	16
Capítulo 3. <i>Software</i> para calcular índice de calidad del agua del río Fonce y georreferenciar puntos de muestreo Henry Javier Barón González, Sergio Andrés Peña Perea, Alberto Luis Rincón Barajas	19
Capítulo 4. La evidencia digital. Principios básicos Marcos Fernando Reyes A.	22
Capítulo 5. Realidad aumentada para conservar especies nativas como las orquídeas Juan Carlos Sánchez Pedroza, Kevin Santiago Vega Otálora, Carlos Alberto Aguilar Carreño	25
CIENCIAS AMBIENTALES Y DE LA TIERRA	28
Capítulo 6. Sostenibilidad hídrica en la microcuenca Curití, municipios de Curití y San Gil, Santander, período 2010 – 2017 Edgar Rodríguez Díaz, Luis Alberto Vargas Marín	29
Capítulo 7. Análisis de calidad del agua mediante el uso de dispositivos móviles – Caso río Fonce Sergio Andrés Peña Perea, Henry Javier Barón González, Alberto Luis Rincón	32
Capítulo 8. Evaluación del uso del recurso hídrico en los sistemas productivos agroindustriales de la cuenca del río Fonce bajo metodología PER Wilson Gamboa Contreras, Jorge Alberto Neira Tavera, Luis Eduardo Cobos Ramírez	35
Capítulo 9. Bioadsorción con cáscara de plátano verde para remoción de cromo hexavalente en residuos líquidos de laboratorio Diana Patricia Torres Solano	38
Capítulo 10. Diseño de un sistema de calentamiento de agua residencial por energía solar Andrés David Bonilla Cortés	41

Capítulo 11. Tecnología limpia para el tratamiento de residuos mineros en Vetas, Santander Walter Pardavé Livia	43
Capítulo 12. Cáscaras de frutas para remoción de Cu, Fe y Zn desde efluentes mineros Walter Pardavé Livia	45
Capítulo 13. Estimación de la erosión hídrica en suelos desnudos municipio de Curití, Colombia William Guerrero Salazar, John Arenales A., Steven Arenales A., José María Camacho G.	47
Capítulo 14. Biorremediación microbiana de suelos contaminados con hidrocarburo en la antigua área de tratamiento biológico (ATB) de la Gerencia Refinería Barrancabermeja William Guerrero Salazar, Oscar Javier Leal Guerrero, Debbie Andrés Cadena Agudelo, Erlig Diana Jiménez Becerra	50
Capítulo 15. Parámetros de calidad en el crecimiento de hortalizas sobre aguas residuales porcinas Mayerlin Orjuela Angulo, Luisa Fernanda Torres López, Fidelino López Bernal	53
Capítulo 16. Identificación del uso de agroquímicos en la vereda La Manga municipio de Yopal Leidy Marien Vargas Torres	55
Capítulo 17. Optimización en la operación de un filtro percolador, con el fin de aumentar la eficiencia de remoción de carga orgánica Juan Carlos Lozano Sierra	57
Capítulo 18. Evaluación del método Nendo Dango en forma de disco, con abono orgánico, en la germinación del yopo (<i>Piptadenia aff. opacifolia</i>) Daniela Vargas Otálora, Johan Monroy Ramírez, Víctor Manuel Torres, Jhon Sarria Ospina	61
Capítulo 19. Efecto de enmiendas órgano-minerales en propiedades de un suelo sembrado con <i>stevia rebaudiana</i> Victor Manuel Torres Lozano	65
Capítulo 20. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad de agua de la quebrada el turrón vereda La Niata – Yopal, Casanare Alba Lucía Pérez Granados, July Tatiana Castañeda Morales, Fernando Alberto Pérez Rincón	67
Capítulo 21. Bioinoculación de consorcio diazótrofo aumenta la eficiencia del uso del nitrógeno en cultivo de albahaca (<i>Ocimum basilicum L.</i>) Jhon Derly Sarria Ospina	70
Capítulo 22. Estrategias comunitarias para la adaptación a inundaciones, en la gestión del riesgo de desastres del municipio de Yopal, Casanare Luz Ornella Rincón Díaz	73
Capítulo 23. Estudio de tratabilidad mediante procesos avanzados de oxidación de aguas residuales agroindustriales Lina María Cerón Arámburo	77
Capítulo 24. Uso de la fotogrametría con UAV en ingeniería. Estudio de caso J. Santiago Torres C., Jonher Gerardo Martínez M., Jairo Arturo Barrera P.	80
Capítulo 25. Análisis multitemporal de los cambios de cobertura en la cuenca del río Cravo Sur: Sistemas de Clasificación de la Cobertura de la Tierra LCCS de la FAO Doris Carmiña Ruiz Ramírez	83

Capítulo 26. Caracterización de sólidos porosos (polímeros de impresión molecular MIP y carbón activado CAR) para su evaluación en la remoción de contaminantes tóxicos Liz Martínez Saavedra, Adilson Candido da Silva	85
INNOVACIÓN INDUSTRIAL	88
Capítulo 27. Diseño de actuadores basados en aleaciones con memoria de forma I. Yuritsa Páez Pidiache, Alberto Luviano Juárez, Eduardo Castillo Castañeda	89
Capítulo 28. Trazador de curvas para transistores BJT de baja potencia Daniel Albarracín Sepúlveda, Javier Eduardo Plazas Tarache, Jenny Maca Sosa	92
Capítulo 29. Selección de bacterias acumuladoras de PHA: una aplicación de un clúster industrial Liseth Camila Fonseca Amaya, Ma. Fernanda Sánchez Bedoya, Diana Milena Morales Fonseca, Juan Daniel Valderrama, Héctor Javier Luna Wandurraga	95
Capítulo 30. Diseño de una clasificadora de huevos según el peso Leonardo Guerrero Salazar, Aldemar Francisco Lozano Porras, Carlos Humberto Porras Hernández, Marlon Steven Tarazona Bravo	98
Capítulo 31. Avances en fabricación de ejes por medio de la creación de moldes seguida de inyección de material a altas velocidades en una impresora 3D Holger Cacia Rivera, César Augusto Peña Cortés, Bladimir Ramón Valencia	101
Capítulo 32. Concentración de trabajadores al realizar pausas activas a través de una ICC - Caso Sindy Yesenia Rojas Hernández, Luz Ángela Moreno Cueva, César Augusto Peña Cortés	104
Capítulo 33. Influencia de las asistencias hápticas en la relajación de un teleoperador de un robot móvil César Peña, Andrés Vargas, Javier Corredor	107
Capítulo 34. Desarrollo de aplicación móvil para control de robot de inspección interna de tubería Ana Rocío Córdoba Malaver, Eduardo Castillo Castañeda	110
Capítulo 35. Análisis del gesto técnico en gimnasia empleando técnicas visión artificial Yesid Eugenio Santafé Ramón, Luis Enrique Mendoza, César Augusto Peña	113
Capítulo 36. Combustibles celulolíticos: <i>Thermoanaerobacterium saccharolyticum</i> Frank Carlos Vargas Tangua	117

PRESENTACIÓN

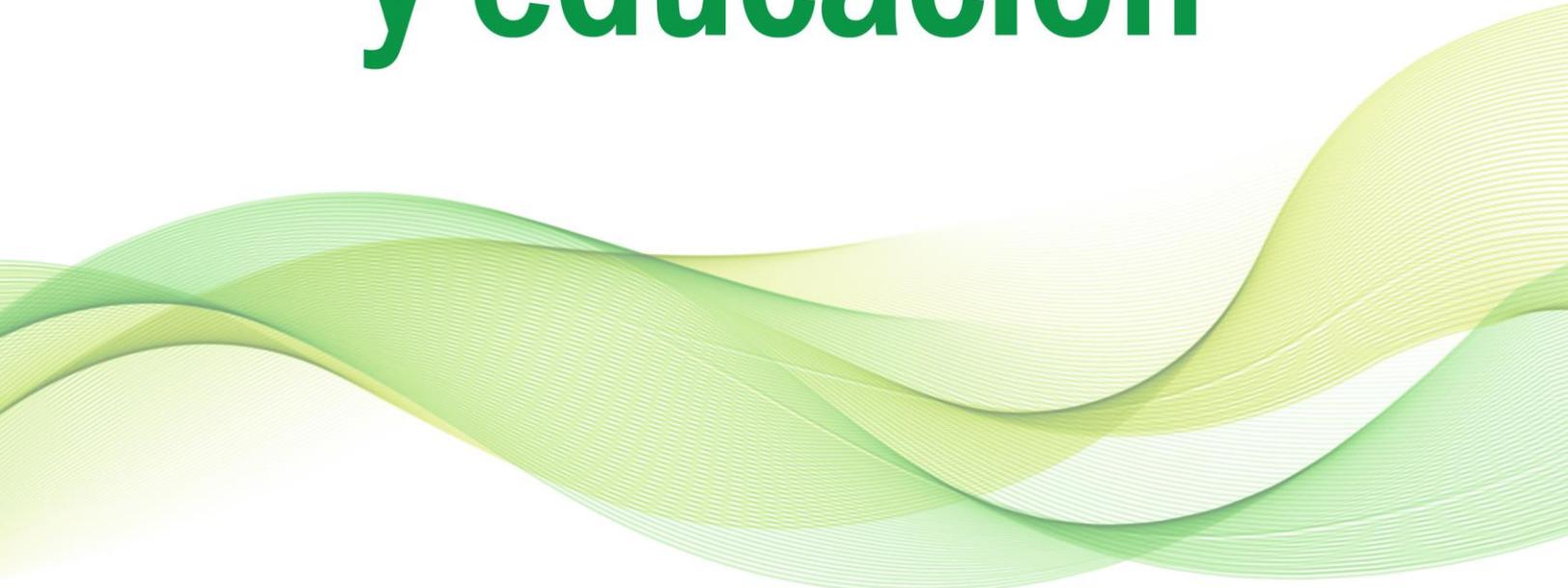
Como estrategia de internacionalización del currículo, y con el ánimo de intercambiar experiencias y transferir conocimiento que aporte a la solución de necesidades académicas, investigativas, sociales y empresariales de la región, que se relacionen con las nuevas tendencias en el área de ingeniería, la Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, presenta este libro, *La praxis en la ingeniería y su aporte al desarrollo regional*, con diferentes capítulos que obedecen a cuatro ejes temáticos: 1) Ciencias básicas y educación: enseñanza y proyección social de la ciencia, 2) Ciencia computacional: bioinformática, computación científica, 3) Ciencias ambientales y de la tierra: adaptación al cambio climático y la seguridad hídrica, agroindustria y seguridad alimentaria y 4) Innovación industrial: eficiencia energética, control y automatización, mantenimiento y gestión de activos.

Agradecemos a los autores (sedes San Gil, Yopal y Chiquinquirá e instituciones externas) y a los integrantes de los comités académico y científico que conformaron este libro, cuya confianza y esmerado trabajo han hecho posible los logros obtenidos y que redundan en el aumento de la calidad y la visibilidad de los trabajos realizados por los profesionales de las ciencias naturales e ingeniería.

Esperamos, que estos contenidos sean de su interés y un valioso aporte para el fortalecimiento de los procesos de formación académica e investigativa, así como para el desarrollo de nuestro entorno.

Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
UNISANGIL

1) Ciencias básicas y educación



Capítulo 1. Desarrollo de una herramienta educativa que coadyuve al aprendizaje de niños con discalculia disaritmética

Development of an educational tool that coades to the learning of children with disarithmetic discalculia

Edisson Rafael Caicedo Rojas, Fundación Universitaria de San Gil - UNISANGIL
Chiquinquirá, Colombia

ercaicedo@unisangil.edu.co

Palabras clave: entorno, IDE, lenguaje, programación.

I. INTRODUCCIÓN

La niñez es la época donde la mayoría de los seres humanos adquieren conocimientos que sirven de sustento para enfrentar toda nuestra vida. El niño adquiere estos conocimientos con los padres, su familia, los docentes y los otros niños que le rodean en los claustros educativos a donde asisten.

En el desarrollo de la adquisición del aprendizaje, los niños desarrollan capacidades y, así mismo, se pueden detectar falencias en el aprendizaje normal de los conocimientos, algunos que por el desconocimiento de padres y docentes pasan inadvertidos, con el argumento que a los niños o niñas se les dificultan las matemáticas por herencia u otro motivo, dejando de lado los temas médicos y psicológicos. Se estima que alrededor del 1% de los niños en edad escolar muestran trastorno del cálculo (se da en la misma proporción entre niños y niñas). Aunque se desconocen los genes implicados, se sabe que existe una clara predisposición genética [1].

El cerebro es la máquina gracias a la cual se producen todas las formas de aprendizaje. Naturalmente, el cerebro es también el mecanismo natural que pone límites en el aprendizaje. Determina lo que puede ser aprendido, cuánto y con qué rapidez. El conocimiento de cómo aprende el cerebro podría tener, y tendrá, un gran impacto en la educación [2].

Solo comprendiendo cómo el cerebro adquiere y conserva información y destrezas seremos capaces de alcanzar los límites de su capacidad para aprender. Las investigaciones neurocientíficas ya han arrojado datos sobre cómo aprende el cerebro. En los últimos años han empezado a producirse interacciones entre educadores y científicos cerebrales. Estos encuentros indicarán si las

percepciones de la neurociencia podían inspirar la agenda de las investigaciones en la educación [2].

Por esta razón, el presente proyecto pretende mostrar los problemas que se pueden presentar en los niños y niñas que cursan básica primaria en el municipio de Chiquinquirá, Boyacá, en cuanto al aprendizaje de la asignatura matemáticas, enfocado en contrarrestar un problema en el aprendizaje denominado *discalculia disaritmética*.

II. ANTECEDENTES

Se ha visto que una forma de estimular los sentidos es con el uso de la computadora y en su defecto el uso de *software* puesto que nos permite unir diversos medios, tales como el texto, audio, video imágenes y animaciones, logrando introducir al usuario en un ambiente computacional.

De otra parte, el trabajo educativo, uno de los puntos nodales de la enseñanza, es la planeación del trabajo docente. Determinar qué se tiene que enseñar, cómo se va a enseñar, qué recursos se van a utilizar y cómo se va a evaluar el trabajo planteado, son preguntas que están presentes, de manera constante, en el maestro de cualquier nivel. Recientemente, con la introducción del cómputo educativo en las escuelas, se ha hecho imprescindible tomar en cuenta las herramientas informáticas dentro de la planeación educativa. Las modalidades de uso que se hacen de los diferentes programas educativos pueden ser muchas y muy interesantes, pero serán verdaderamente productivas en la medida que los docentes sepamos utilizarlas con efectividad y en los momentos adecuados del proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes [3].

III. PROBLEMAS DE APRENDIZAJE

Las dificultades en el aprendizaje se refieren a un grupo de trastornos que, con frecuencia, suelen confundirse

entre sí. Las razones fundamentales de tal confusión son: la falta de una definición clara, los solapamientos existentes entre los diferentes trastornos que integran las dificultades en el aprendizaje, sobre todo cuando median aspectos de privación educativa y social, y, en tercer lugar, la heterogeneidad de la población escolar a la que se refieren [4].

La *discalculia* del desarrollo es un trastorno específico del aprendizaje que afecta a la adquisición del conocimiento sobre los números y el cálculo en el marco de un nivel intelectual normal y que no está causado por privación escolar o un mal método de aprendizaje. Un niño con *discalculia* puede experimentar dificultad con los aspectos más básicos del procesamiento numérico y del cálculo [5].

Durante el trabajo educativo, uno de los puntos nodales de la enseñanza, es la planeación del trabajo docente. Determinar qué se tiene que enseñar, cómo se va a enseñar, qué recursos se van a utilizar y cómo se va a evaluar el trabajo planteado, son preguntas que están presentes, de manera constante, en el maestro de cualquier nivel. Recientemente, con la introducción del cómputo educativo en las escuelas, se ha hecho imprescindible tomar en cuenta las herramientas informáticas dentro de la planeación educativa. Las modalidades de uso que se hacen de los diferentes programas educativos pueden ser muchas y muy interesantes, pero serán verdaderamente productivas en la medida que los docentes sepamos utilizarlas con efectividad y en los momentos adecuados del proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes [6].

IV. RESULTADOS

Una vez revisada la documentación relacionada, establecidos los problemas a los que se ven expuestos los niños y niñas con problemas de aprendizaje, se optó por el diseño de una aplicación móvil para dispositivos con sistema operativo Android, la cual se conecta a un servidor web en el que se almacena la puntuación obtenida en el desarrollo de los juegos, permitiendo a los docentes y padres de familia descargar los resultados en formato pdf.

Para el desarrollo de esta aplicación móvil, se diseñó, bajo los parámetros de la técnica ágil de desarrollo de *software Xp* (programación extrema), mediante sus cuatro fases (Planificación, Diseño, Codificación y Pruebas), obteniendo en cada una los resultados esperados, que conllevaron al cumplimiento de los objetivos planteados. Adicionalmente, para su correcto funcionamiento, la aplicación fue parametrizada mediante el patrón de

arquitectura de *software* “Modelo-Vista-Controlador”, el cual se basa en la conexión de una aplicación web, móvil o de escritorio a un controlador elaborado en lenguaje de programación PHP llevando la información a una base de datos elaborada en MySQL.

Math4kids fue concebido con el propósito de ser una herramienta que permite a los docentes tener un apoyo para la enseñanza de las matemáticas en estudiantes de básica primaria, a partir de la cual pueden identificar si los educandos tienen síntomas asociados a la *discalculia disaritmética*.

Cuenta con un pantallazo inicial en el cual se muestran las dos opciones de juegos para la elección del niño (Figura 1), una vez selecciona el juego, deberá ingresar el usuario y contraseña, el cual permite en un servidor web almacenar los datos del progreso del usuario que está interactuando con la aplicación.



Fig. 1 Pantallazo inicial de **Math4kids**, aplicación para niños con *discalculia disaritmética*.

V. CONCLUSIONES

Esta solución no consiste en insistir en lo mismo que se ha hecho en clase una y otra vez, sino en enseñar al estudiante a manipular los números desde distintas perspectivas y dejar de lado los procedimientos memorísticos, en definitiva, una enseñanza más práctica y didáctica.

En lugar de enseñar a un niño que 3×4 son 12, hay que lograr que sea consciente de que 12 se puede representar de diversas formas, como $12 - 1$ o como $8 + 4$.

Math4kids no presume ser una solución al problema de la *discalculia* en los niños, pero pretende dar alternativas

a los docentes y padres de familia para coadyuvar al mejoramiento de la situación de sus hijos y educandos.

REFERENCIAS

- [1] M. Rosselli, «La Neuropsicología del Desarrollo Típico y Atípico de las Habilidades Numéricas». *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, vol. 11, n° 11, pp. 123-140, 2011.
- [2] S. J. Blakemore y U. Frith, *Cómo aprende el cerebro, las claves para la educación*, Barcelona: Ariel, 2007.
- [3] B. M. Basantes Erazo, «M-learning como recurso educativo para el apoyo a problemas de aprendizaje», Ambato Ecuador, 2018.
- [4] J. F. Romero Pérez y R. Lavigne Cervan, *Dificultades en el aprendizaje: unificación de criterios diagnósticos*, Sevilla: Tecnographic, S.L., 2004.
- [5] J. García-Orza, «Conferencia: Dislexia y *discalculia*. ¿Extraños compañeros de viaje?», Madrid, 2012.

2) Ciencia computacional



Capítulo 2. Evolución del software AEWS, de una Plataforma Web hacia un Sistema Inteligente

Evolution of AEWS Software, from a Web Platform to an Intelligent System

Luz Yamile Caicedo Chacón, docente
Cristian Noé Cárdenas Parra, egresado
Jorge Eduardo Gómez Pinzón, egresado
Jeniffer Tatiana Ortiz Bernal, egresado

Fundación Universitaria de San Gil – UNISANGIL
San Gil, Colombia

lcaicedo@unisangil.edu.co
cristiancardenas@unisangil.edu.co
jorgegomez@unisangil.edu.co
jenifferortiz@unisangil.edu.co

Palabras clave: análisis de datos, desarrollo de *software*, inteligencia de negocios.

I. INTRODUCCIÓN

Con el propósito de implementar una plataforma para mantener el registro de las atenciones dadas a los estudiantes a través de la oferta de servicios que se dan por las estrategias de seguimiento y acompañamiento del Programa de Apoyo y Seguimiento Académico PASA de UNISANGIL, se desarrolló un *software* denominado Sistema de Alertas Tempranas Académicas AEWS, que actualmente se encuentra en fase de implantación y listo para entrar en funcionamiento.

Durante el proceso de desarrollo se contó con la participación de estudiantes y egresados del Programa Ingeniería de Sistemas. Al principio, se concibió una herramienta para automatizar procesos, a partir de la necesidad de entregar informes más complejos y elaborados, se dio paso a una nueva iteración, que entrega reportes gráficos que hacen parte de una aplicación transaccional. Como producto de la evolución del sistema, surgió la necesidad de contar con el registro histórico de la información, para realizar exploraciones sobre los datos y, de esta manera, dar paso a una herramienta de inteligencia de negocios que permita apoyar el proceso de toma de decisiones en la Institución.

II. MARCO DE REFERENCIA

En el marco de la regulación generada por el Ministerio de Educación Nacional y con el fin de generar los índices que permiten medir la calidad en la educación superior,

se han generado una serie de lineamientos desde el año 2008, que fueron aplicados por las instituciones de educación superior y generaron tanto estudios como la construcción de aplicaciones *software* para automatizar la labor y generar informes que presenten evidencias sobre el impacto de la aplicación de estrategias y programas de apoyo a estudiantes con el fin de evitar el abandono de las aulas de clase. Estas experiencias exitosas realizadas por algunas universidades del país como: Universidad de Cartagena, Universidad Autónoma de Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, Politécnico Gran Colombiano, entre otras; se encuentran registradas en el texto Estrategias para la Permanencia en Educación Superior: Experiencias Significativas [1].

Los lineamientos y las estrategias a implementar para la implementación de un programa integral de permanencia y graduación que ayuda a las instituciones de educación superior y a los pares académicos a evaluar la capacidad institucional para gestionar la permanencia en cumplimiento de los requisitos de acreditación en alta calidad, se encuentran registrados en la *Guía para la implementación del modelo de gestión de permanencia y graduación estudiantil en instituciones de educación superior*.

Esta *Guía* se nutre con los productos generados a partir de la realización de varios estudios relacionados con la deserción y la retención estudiantil, se definen los cuatro factores asociados a la deserción: individual, académico, socio económico e institucional y define un componente de cultura organizacional, así como una caja de herramientas para poner en funcionamiento este programa y contar con servicios integrales que pueden ser

cuantificados y evaluados con el fin de conocer el impacto y apoyar el proceso de toma de decisiones [2].

III. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del *software*, se utilizó la metodología ágil Scrum, que trabaja de forma iterativa e incremental y permite entregar productos al final de cada sprint que se van integrando al proyecto macro.

El trabajo fue acompañado por la documentación que se registra en las plantillas definidas para cada fase del proceso. Con el equipo de desarrollo se programaron reuniones semanales para revisar el avance y evaluar el trabajo desarrollado, de esta manera conocer las dificultades presentadas e integrar a la plataforma los productos elaborados.

La metodología Scrum, al igual que las recientes metodologías de desarrollo de *software* permite la participación activa del cliente durante todo el proceso y, de esta manera, garantizar el cumplimiento de los requerimientos definidos en las historias de usuario. En la Figura 1, se presenta una imagen representativa de la metodología.



Fig. 1 Esquema gráfico de la metodología Scrum para el desarrollo de *software* [3].

En la segunda fase de desarrollo, se realizó la primera exploración con una herramienta de inteligencia de negocios con licencia de *software* libre denominada Pentaho, se continuó utilizando la metodología Scrum. Esta fase inició con el diseño de una bodega de datos, la cual fue modelada utilizando un modelo híbrido entre estrella y copo de nieve.

Posteriormente se diseñaron consultas para extraer los datos desde las bases de datos institucionales y de esta

manera realizar el proceso extracción, transformación y carga, para llevar los datos a la bodega de datos. También se utilizó la herramienta de minería de datos con que cuenta la suite llamada Weka para hacer las primeras exploraciones de búsqueda de patrones de información relacionadas con la deserción, permitiendo contrastar los datos analizados estadísticamente con los resultados arrojados por esta.

En esta etapa se consultaron algunas metodologías para realizar exploraciones y la seleccionada fue CRISP-DM, que organiza el proceso de minería de datos en seis fases que actúan entre ellas de forma iterativa (Figura 2).

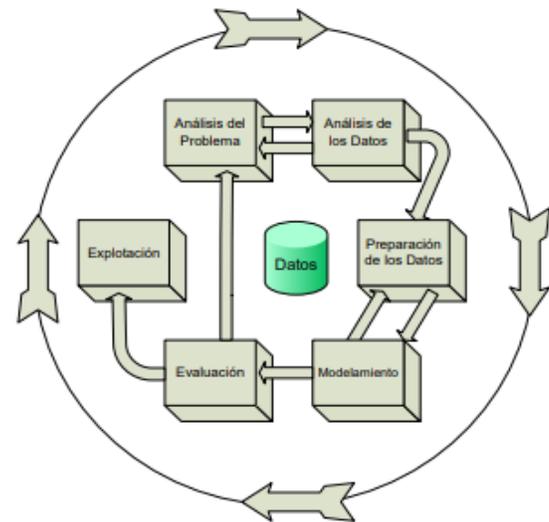


Fig. 2 Esquema que representa las fases de la metodología CRISP-DM [4].

La secuencia de las fases no es estricta: entre las diferentes fases se permite un movimiento hacia adelante como hacia atrás. El resultado de cada una de ellas determina qué tarea particular debe hacer después y las flechas guían las dependencias más importantes y frecuentes. En la Figura se observa un círculo externo que simboliza la naturaleza cíclica de los proyectos de análisis de datos. El proyecto no se termina una vez que la solución se despliega. La información descubierta durante el proceso y la solución desplegada pueden producir nuevas iteraciones del modelo. Los procesos de análisis subsiguientes se beneficiarán de las experiencias previas. [5]

IV. RESULTADOS

- Plataforma web diseñada para funcionar en cualquier equipo de cómputo o dispositivo móvil, que permite realizar la caracterización de los estudiantes, registrar los resultados de las pruebas genéricas de conocimiento para ser comparados con los resultados de las pruebas

Saber 11, permite hacer el registro de la asistencia de los estudiantes a clase y generar informes en diferentes formatos como textual y gráfico para alimentar los informes que PASA debe presentar a los directivos de la Institución.

- Al contar con una herramienta que realizaba la caracterización de los estudiantes, se utilizó como instrumento de recolección de información en el marco del estudio institucional de permanencia y deserción.
- Bodega de datos que permite realizar el proceso de extracción, transformación y carga de la información histórica para realizar procesos de análisis bien sea utilizando herramientas como minería de datos o a través del diseño de cubos OLAP.
- Sistema que permite gestionar semáforos de riesgo para la generación de alertas tempranas relacionadas con la deserción estudiantil, para aumentar el índice de retención de estudiantes.

V. CONCLUSIONES

Las buenas prácticas en los procesos de desarrollo de *software* permiten realizar muy buenos productos, para alcanzar la satisfacción del cliente.

La evolución del sistema AEWS permite considerar nuevas iteraciones en el desarrollo para fortalecer la plataforma y convertir esta herramienta en un sistema inteligente para apoyar los procesos de toma de decisiones.

Actualmente el sistema AEWS requiere nuevos desarrollos en el módulo del psicólogo, que permita registrar las atenciones realizadas desde que ingresa el estudiante para alcanzar mayor cobertura sobre la labor desarrollada por PASA.

Es necesario contar con un módulo para realizar el análisis de los resultados de las pruebas Saber 11 y Saber Pro para todos los estudiantes en la Institución y de esta manera poder conocer el impacto del proceso de formación a partir de la comparación de los dos procesos de evaluación, como lo demanda actualmente el Ministerio de Educación Nacional.

En el campo de la minería de datos, se pueden aplicar modelos de aprendizaje automático con el fin de llegar a un modelo predictivo; también se deben continuar explorando las variables contenidas en la bodega de datos con Pentaho, empleando diferentes técnicas de minería y cubos OLAP, para conocer el entorno en el que se encuentran los estudiantes y, en consecuencia, poder

definir nuevas estrategias de acompañamiento a los estudiantes.

REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Educación Nacional. Estrategias para la Permanencia en Educación Superior: Experiencias Significativas. 2012.
- [2] Ministerio de Educación Nacional. *Guía para la implementación del modelo de gestión de permanencia y graduación estudiantil en instituciones de educación superior*. 2015.
- [3] Judicaël Paquet, J. Modelo V vs. Scrum: entiende la diferencia, 2018 [En Línea]. Disponible en: <https://www.myagilepartner.com/blog/index.php/2018/10/02/scrum-vs-v-model/>
- [4] Daedalus. Técnicas de modelado predictivo de la contaminación en la ciudad sostenible, 2012 [En Línea]. Disponible en: <http://www.daedalus.es/blog/es/whitepapertecnicas-de-modelado-predictivo-de-la-contaminacion-en-la-ciudad-sostenible>
- [5] Román, J. CRISP-DM: La metodología para poner orden en los proyectos, 2016 [En Línea]. Disponible en: <https://www.sngular.com/es/data-science-crisp-dm-metodologia/>

Capítulo 3. Software para calcular índice de calidad del agua del río Fonce y georreferenciar puntos de muestreo

Software to calculate Fonce river water quality index and georeferenciate sample points

Henry Javier Barón González, docente
Sergio Andrés Peña Perea, docente
Alberto Luis Rincón Barajas, estudiante

Fundación Universitaria de San Gil – UNISANGIL
San Gil, Colombia

hbaron@unisangil.edu.co
speña@unisangil.edu.co
aluisrincon@unisangil.edu.co

Palabras clave: georreferenciar, índice de calidad de agua, muestreo, *software*, aplicación Web Progresiva, *serverless*.

I. INTRODUCCIÓN

El Índice de Calidad del Agua (ICA) es un indicador que varía entre (0,1) y señala el grado de calidad de un cuerpo hídrico en términos de bienestar humano, independiente de su uso [1]. Toma en cuenta factores ambientales como el oxígeno disponible, materia orgánica, mineralización, temperatura, acidez, entre otros, con el objetivo de proporcionar indicios de contaminación.

“La Corporación Autónoma Regional de Santander - CAS realiza monitoreos periódicos de calidad de agua en nueve puntos del río Fonce y en trece puntos sobre sus tributarios (ríos Taquiza, Pienta y Mogoticos y en las quebradas Moraria, Seca, Chorrera, El muerto, Cementerio, Sobacuta y Curití)” [2]. De igual forma, estudiantes de UNISANGIL realizan muestreos para determinar la calidad del agua como parte de su proceso académico y desarrollo de actividades prácticas.

Los datos que se obtienen en campo algunas veces son imprecisos debido a que se registran manualmente en libretas, formatos y hojas de recolección, para luego ser llevados y organizados por un investigador en hojas de cálculo. “Esta práctica hace que se incremente la posibilidad de pérdida o distorsión de la información debido al error humano”, según afirma Duan, 2013 [3].

De igual forma, en 2017 Vizcaino [4] afirma que “las mediciones producen una estructura *espacio-temporal*,

relacionada y no uniforme, que puede entenderse mejor mediante métodos numéricos, estadística y georreferenciación”. De igual forma, es importante mencionar que el desarrollo de internet y las redes de comunicación alámbricas e inalámbricas, “han permitido el crecimiento de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y simplificar tareas que generaban amplios rangos de tiempo y recursos” [5].

Ante esta problemática, se está desarrollando la Aplicación Web Progresiva (PWA), encargada de capturar los datos en campo sin importar las condiciones de conectividad; incluye un panel de administración (*dashboard*) que permitirá a los estudiantes e investigadores de la universidad a calcular el ICA, gestionar, georreferenciar los datos provenientes de los muestreos y generar los reportes correspondientes a cada punto georreferenciado.

El desarrollo de la herramienta informática contribuirá a reducir los tiempos de recolección de datos, aumentará la confiabilidad de la información, facilitará la georreferenciación de los puntos de muestreo y generará el cálculo del índice de calidad de agua (ICA) de forma eficiente y confiable.

II. DESARROLLO DEL PROYECTO

La primera etapa del proyecto se ejecutó en un período de seis meses y su alcance estaba orientado a generar un producto mínimo viable que permitiera validar las tecnologías a usar, en especial las que permiten el funcionamiento en condiciones de baja o nula conectividad, las bases de datos en línea y la lógica de

servidor delegada al proveedor (*serverless*). En la Figura 1 se presenta el diseño de la interfaz del dispositivo móvil, que permite identificar el punto donde se tomarán las muestras en campo para posteriormente complementar dicha información con los datos obtenidos en el laboratorio y con esta información generar el cálculo del ICA.

Los requerimientos principales fueron identificados y agrupados en fases que generaban liberaciones de *software* mediante integraciones continuas. De igual forma, se construyó la arquitectura que permite el funcionamiento, tanto online como offline, como se evidencia en la Figura 1, el empaquetamiento de la aplicación para ser instalada en dispositivos móviles, el desarrollo de funciones para la lógica de servidor y la generación de reportes como los que se presentan en la Figura 2.

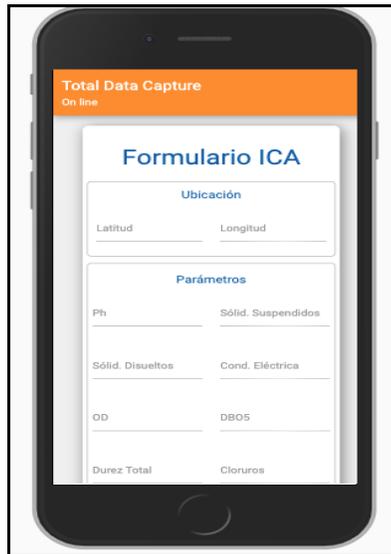


Fig. 1 Aplicación para la captura de datos.



id	ICA	IWTotal	Peso general Total	lat	long	Comentarios
-L14GmxUpkIDn1CtVFrK	38.54	751.56	36.5	6°17'33.9"	73°08'35.4"	Río Pienta (Charalá)
-L14ILUGYR6V_4GEZQ3H4	60.39	1177.64	36.5	11111	222222	Primer punto (Charalá) II
-L17oXV_sFhRRdvJNq	60.39	1177.64	36.5	3333	44444	test Alberto
-L199pnhHsMADrh_uvEu	60.39	1177.64	36.5	6.2928	73.1432	Punto 1 R. Pienta (Charalá)
-L19AQ8YNIvUe8B1VGOH	53.24	1038.22	36.5	6.2839	73.1528	Punto 2. Riachuelo (Piscina)
-L1986Z3wWVxvG'YbY-M	54.33	1059.46	36.5	6.2974	73.1461	Punto 3. (Arenera) Salida de Charalá
-L198WR5comCFb6XD1-K	60.84	1186.31	36.5	6.3716	73.1645	Punto 4. Quebrada Juan Curi
-L19CMJTScoqKpVDIT-G1	58.77	1145.96	36.5	6.3727	73.1481	Punto 5. Aguas abajo Q. Juan Curi
-L19CVUJEUyYvNvXmgN	57.21	1115.67	36.5	6.4329	73.1559	Punto 6. Aguas abajo Vert Paramo
-L190YmB8fEqZzQKuWnH	43.6	850.28	36.5	6.4524	73.1454	Punto 7. Curtivalle vertimiento
-L19E35pfcD2AKivcSG	58.2	1134.98	36.5	6.4584	73.1426	Punto 8. Aguas abajo PTAR Valle
-L19EdDpcQe_O-OyWcW	58.44	1139.63	36.5	6.4781	73.1187	Punto 9. Puente Miranda Río Fonce
-L19FP3S_Lu5QEgF3yF	56.09	1093.76	36.5	6.4810	73.1137	Punto 10. Balneario Monas R Mogollicos
-L19FK1RR_CuesvWnh	58.04	1131.77	36.5	6.4904	73.1187	Punto 11. Desembocadura R Mogollicos

Fig. 2: Vista generada en el Dashboard de la tabla de resultados.

En etapas posteriores se diseñó la estructura de las bases de datos y se implementó la lógica de la evaluación de los parámetros medio ambientales.

Los métodos del cálculo del ICA se desarrollaron teniendo en cuenta la plantilla usada por el Ideam, la cual permite evaluar hasta 19 variables y ampliar con metadatos como ubicación del punto de muestreo y comentarios adicionales.

Para finalizar, se georreferenciaron los puntos de muestreo, como se puede evidenciar en la Figura 3, se validó el funcionamiento de la plataforma mediante el cálculo del ICA de acuerdo con los datos obtenidos en salidas de campo y campañas realizadas por estudiantes de ingeniería ambiental e investigadores de UNISANGIL.

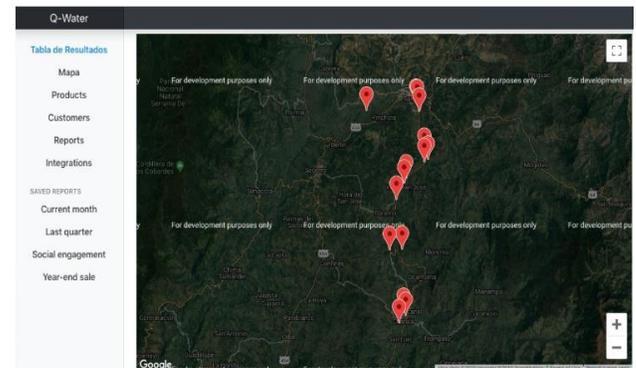


Fig. 3 Georreferenciación puntos de muestreo.

III. METODOLOGÍA

Se trata de una investigación cuantitativa, enfocada al análisis y seguimiento de datos de calidad de agua en fuentes superficiales, que incluye un componente tecnológico para la captura de datos y georreferenciación de puntos de muestreo. El proyecto se divide en cinco fases: definición de los requerimientos de la aplicación, diseño de la plataforma tecnológica, georreferenciación de la información, sincronización de datos *on* y *off line* y pruebas de integridad y confiabilidad de la información.

El desarrollo del *software* siguió la metodología ágil SCRUM (Figura 4), la cual se fundamenta en una estrecha integración del equipo (comunicación y reuniones constantes) y el desarrollo de *software* en ciclos definidos (generalmente de dos a cuatro semanas) que generan pequeños entregables con versiones mejoradas y ampliadas de la aplicación.



Fig. 4: Metodología de desarrollo del *software* SCRUM.

Se tomaron los requerimientos del proyecto, se organizaron, se priorizaron y se estimaron tiempos de desarrollo (*backlog*); luego se ordenaron en grupos de funcionalidades similares para ser desarrolladas en *sprint* (*sprint backlog*) y al finalizar cada ciclo de desarrollo se realiza una presentación informal al grupo de trabajo, se recibe retroalimentación y se realizan pruebas de integración.

IV. RESULTADOS

Como producto de desarrollo del proyecto se enuncian los siguientes resultados parciales:

- Se desarrolló una aplicación web progresiva con capacidad de funcionamiento de forma *online* y *offline*.
- La aplicación es compatible en diferentes dispositivos con Sistema Operativo Android e iOS.
- Se implementaron las bases de datos de forma local y remota con volcado de datos, verificación de conexión y sincronización de información optimizada para condiciones de baja conectividad.
- Se desarrolló la lógica que permite calcular el Índice de Calidad del Agua (ICA) con mayor precisión y de acuerdo con la metodología usada por el Ideam.
- Se implementó la generación y descarga de reportes en formato CSV (*comma-separated values*) para ser analizados y utilizados para nuevos reportes estadísticos.
- La herramienta informática permite disminuir el tiempo requerido para el cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA).

REFERENCIAS

- [1] “Indicadores de Calidad de Agua”, Ideam, 2019. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/agua/indicadores1>. [Accedido: 5 de agosto de 2019].
- [2] Corporación Autónoma regional de Santander – CAS, Mesa de trabajo febrero de 2016.

- [3] W. Duan, *et al.*, “Spatiotemporal evaluation of water quality incidents in Japan between 1996 and 2007”. *Chemosphere*, 93(6), pp. 946-953, 2013.
- [4] Vizcaíno, I. P., Carrera, E. V., Muñoz-Romero, S., Cumbal, L. H., y Rojo-Álvarez, J. L. “Water Quality Sensing and Spatio-Temporal Monitoring Structure with Autocorrelation Kernel Methods. Sensors”, 2017.
- [5] Carrizo, D., Moller, C. y Diaz, E. “Framework for selecting solutions based on Geographic Information Systems” | “Marco de Selección de Soluciones basadas en Sistemas de Información Geográficos”, en *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI*, 2016. DOI: 10.1109/CISTI.2016.7521501.

Capítulo 4. La evidencia digital. Principios básicos

Digital evidence. Basic principles

Marcos Fernando Reyes Álvarez, docente
Fundación Universitaria de San Gil – UNISANGIL
San Gil, Colombia.

mreyes@unisangil.edu.co

Palabras clave: cadena de custodia, evidencia digital, peritaje informático.

I. INTRODUCCIÓN

En los casos judiciales se habla de EMP (elemento material probatorio). La Defensoría del Pueblo define elementos materiales probatorios y evidencia física así: “productos o instrumentos del delito que pueden ser presentados en el juicio oral, que contribuye a obtener información para el esclarecimiento de los hechos” [1]. (Ley 906 de 2004 enuncia lo que constituye la evidencia: documentos de toda índole, grabaciones, fotografía, videos, cámaras de vigilancia, mensajes de datos, internet, correo electrónico, telefax o similar, regulados por la Ley 527 de 1999 o las normas que la sustituyan, adicione o reformen).

Desde hace unos años se ha venido observando un fenómeno en el ámbito jurídico: la falta de capacitación tecnológica. El factor clave es la evolución constante de la tecnología, causante de que las técnicas usadas por los expertos en el día de hoy, mañana no sean igualmente efectivas y se deba recurrir a nuevos métodos para demostrar las mismas leyes, pero ya con nuevos argumentos y procesos técnicos.

II. BASES DE LA PRUEBA ELECTRÓNICA

A. Abogados

Se debe diferenciar entre prueba electrónica (también llamada e-prueba, prueba tecnológica, prueba informática, prueba digital) [2], y la prueba digital, donde la primera hace referencia a los dispositivos físicos, computadores, celulares, *tablets*, *ipods*, memorias, discos duros y todo elemento material con la capacidad de almacenar información, mientras que la evidencia digital [3] se refiere al contenido, a la información, a los documentos por examinar, los archivos, audios, videos, aplicaciones, fotos, información volátil, documentos en

general y la trazabilidad dejada como rastro a seguir por parte del perito examinador [4].

El abogado debe tener claro ¿cómo incorporar la prueba electrónica al proceso jurídico?, además, los jueces y magistrados tienen la perspectiva de que la prueba electrónica requiere de la labor de profesionales adicionales, los cuales ayudan a dotar de validez y eficacia procesal a la prueba en el momento de incluirla en un proceso judicial [2].

B. Peritos informáticos

El perito informático tiene la tarea de preservar las evidencias digitales, las cuales se derivan del contenido electrónico para ser aportadas al juicio. Para cumplir esto, se deben realizar copias forenses exactas, generando sus *hash* (algoritmo matemático que transforma cualquier bloque arbitrario de datos en una nueva serie de caracteres con una longitud fija) [5], dejando una copia con el perito y otra con un testigo de confianza (en países como España se utiliza el notario como esta persona de confianza para depositar una copia de un peritaje).

Un ejemplo puede ser el aporte de un correo electrónico o un mensaje de *WhatsApp*, el cual se incorpora a un documento, haciendo constar la existencia de dichos mensajes, otorgándole fe pública (notario en España) al acceso a la cuenta de correo o el móvil. En Colombia esta fe pública la da el mismo perito por medio de la garantía de todos sus procedimientos aplicados y su ética profesional, sin embargo, aparte de la fe pública que se pueda dar de la veracidad de la evidencia, se debe demostrar técnicamente [2].

El proceso pericial se puede desarrollar en los siguientes pasos [6]: a) identificación del incidente o proceso por realizar, b) acotación del entorno por investigar, c) recopilación de evidencias, d) aplicación de diferentes técnicas de investigación, e) preservación de evidencias, f) análisis de evidencias, g) documentos y resultados, h) ratificación en juzgado y defensa del informe.

Debe existir un análisis realizado por el perito [7], el cual es un informe ejecutivo con el detalle de los procedimientos técnicos llevados a cabo para analizar la evidencia y dar su aporte al abogado para que este pueda incorporarlo al caso judicial. La estructura del informe pericial [2] se puede resumir así: firma de la pericia, resumen ejecutivo, objeto del encargo (antecedentes y objetivos), fuentes de información, análisis (sin conclusiones), limitaciones encontradas para la realización del trabajo, conclusiones, currículum del perito, anexos.

Al realizar una pericia forense en informática existen al menos siete pasos que se deben efectuar para hacerla de manera competente y válida [8]: a) utilizar medios forenses estériles, b) mantener la integridad del medio original, c) identificar las posibles evidencias en la escena del delito, d) etiquetar, controlar y transmitir adecuadamente las copias de los datos, impresiones y resultado de la investigación, e) análisis de los datos identificados, f) presentación y sustentación de resultados, g) validación y verificación de los procedimientos aplicados.

C. Prestadores de servicios de confianza

En España los prestadores de servicios de certificación son supervisados y acreditados por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo del Gobierno. Además, existen otras entidades capacitadas para certificar digitalmente cualquier elemento considerado como prueba, entidades como: la policía, peritos, notarias y guardia civil.

Los prestadores de servicios de confianza pueden ser privados (servicios privados de peritaje) o públicos (Fiscalía), los cuales tienen sus equipos humanos, tecnológicos y laboratorios para llevar a cabo los procesos de administración de la evidencia digital.

Estos servicios de peritaje informático son un factor innovador y diferencial, pues no es común encontrar empresas dedicadas a estas labores.

En Colombia el Ministerio de Justicia determina desde el punto de vista jurídico y penal la legislación, en cuanto a delitos informáticos [9]. Por su parte Mintic (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia) ha documentado el proceso sugerido a seguir para el manejo de la evidencia digital [10]. Este proceso igualmente tiene como fundamentos normas y documentos como: NIST 800-86, ISO/IEC 27035, ISO/IEC 27000, ISO/IEC 27001, *Manual de manejo de*

evidencias digitales y entornos informáticos. Versión 2.0, OEA.

Jurídicamente hablando de la evidencia digital en Colombia, en la Ley 527 de 1999, artículos 11 y 12, se reglamenta la admisibilidad y fuerza probatoria de los mensajes de datos, e indica los criterios para valorar probatoriamente un mensaje de datos [11]. En Latinoamérica, los cibercrimes han sido el motivo que ha unido a todos los gobiernos a preocuparse por el mundo digital [12]. El delito cibernético tomó una cierta ventaja en el momento que empezó a usarse el internet, los mismos gobiernos empiezan a legislar en referencia a los delitos informáticos, y el factor principal para poder presentarlos dentro de un juicio es la evidencia digital [13].

Proyectos como: Adalid [14], Cesjul [15], Cyberlawyers [16], están realizando una tarea educativa y, a su vez, de prestación de servicios en estos temas.

D. Notario o tercero garante de confianza

En España, se usa el notario para ayudar a reforzar la validez y certificación de la evidencia digital, en Latinoamérica se usa el concepto de garante de confianza, tal como lo es el primer respondiente, además, se puede usar ese tercero de confianza en calidad de testigo de la misma [17].

E. Jefe o administrador de tecnología

El jefe de sistemas de una empresa es el responsable del almacenamiento, conservación, integridad y confidencialidad de la información, siendo esta una potencial evidencia digital en un caso judicial en el cual se vea involucrada la empresa o alguno de sus integrantes. El administrador de tecnología tiene en sus manos la potestad de aportar, a los investigadores de la policía judicial, todo el material digital que ha venido siendo debidamente protegido y salvaguardado para ser usado en las investigaciones [18].

III. CADENA DE CUSTODIA

La cadena de custodia se refiere los actos que tienen como finalidad garantizar la autenticidad, inalterabilidad e indemnidad de la prueba, desde la ubicación, fijación, recolección, embalaje, traslado y presentación en debate de la evidencia digital. Se debe garantizar que el procedimiento utilizado sea exitoso. Garantizar que la evidencia recolectada en la escena es la misma presentada en el tribunal [19].

Las fases fundamentales en el proceso de cadena de custodia [20] son: a) garantizar la indemnidad de la prueba, b) evitar alteraciones, sustituciones, contaminaciones o destrucciones, c) la evidencia presentada en el tribunal debe ser la misma recolectada en la escena. * Se debe bloquear la escritura en el dispositivo [21].

IV. CONCLUSIONES

En Europa y algunos países desarrollados vienen trabajando con la evidencia digital, llevándola a un punto de mayor confiabilidad (para jueces, magistrados y abogados) y en cuanto a la asimilación de los procesos técnicos y documentales utilizados por parte del sector judicial en relación con la incorporación de las evidencias digitales.

En Latinoamérica y en países como Colombia, existen regulaciones que incorporan conceptos relativos a la evidencia digital, pero no existen procesos definidos para el análisis técnico, ya que permanentemente aparecen diferentes programas, tecnologías y mecanismos de comunicación que exigen formas diferentes de análisis y gestión. Por lo tanto, la mayor garantía para el éxito de una prueba en un caso judicial, es la adecuada administración de la cadena de custodia.

REFERENCIAS

- [1] Ramajudicial.gov.co. (2019). Información - Rama Judicial. [Online] Disponible en: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)) [Consultado el 12 de agosto de 2019].
- [2] R. Oliva León y Sonsoles Valero Barceló, Ecija.com, 2019. [Online]. Disponible: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)). [Acceso: 04- agosto-2019].
- [3] L. Paus, "5 consejos para no invalidar la evidencia digital en análisis forense | WeLiveSecurity", WeLiveSecurity, 2019. [Online]. Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)) [Accessed: 08- Sep- 2019].
- [4] S. Acurio del Pino, *Introducción a la informática forense*, Alfa-redi.org, 2019. [Online]. Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)). [Accessed: 08- Sep- 2019].
- [5] "¿Qué es un hash y cómo funciona?", Latam.kaspersky.com, 2019. [Online]. Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)) [Accessed: 08- Sep- 2019].
- [6] S. Acurio del Pino, *Manual de manejo de evidencias digitales y entornos informáticos. Versión 2.0*, Oas.org, 2019. [Online]. Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)) [Accessed: 08- Sep- 2019].
- [7] J. Orrego Pinzón and J. Vargas Roa, *Manual para el manejo de la evidencia digital*, Issuu, 2019. [Online]. Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)). [Accessed: 08- Sep- 2019].
- [8] J. Cano, "Administración de la evidencia digital de la teoría a la práctica", Acis.org.co, 2019. [Online]. Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)). [Accessed: 08- Sep- 2019].
- [9] "La evidencia digital", *Informática forense Colombia*, 2019. [Online]. Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)). [Accessed: 06- Sep- 2019].
- [10] "Evidencia digital - Seguridad y privacidad de la información", Mintic.gov.co, 2019. [Online]. Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)). [Accessed: 06- Sep- 2019].
- [11] D. Torres, J. Cano and S. Rueda, "Evidencia digital en el contexto colombiano", ACIS, 2019. [Online]. Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)). [Accessed: 08- Sep- 2019].
- [12] "Evidencia digital: la tecnología al servicio de la policía en Latinoamérica", Hsbnoticias.com, 2019. [Online]. Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)) [Accessed: 08- Sep- 2019].
- [13] V. Lasso Vivas, "Estado del peritaje informático de la evidencia digital en el marco de la administración de la justicia en Colombia", Especialización, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Unad, 2019.
- [14] "Evidencias digitales, manejo legal y técnico para abogados e ingenieros", Adalid Corp., 2019. [Online]. Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)). [Accessed: 08- Sep- 2019].
- [15] "Inicio - Cesjul", Cesjul, 2019. [Online]. Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)). [Accessed: 08- Sep- 2019].
- [16] M. Reyes Álvarez, "Cyberlawyersgroup - Somos cyberlawyersgroup", Cyberlawyersgroup.com, 2019. [Online]. Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)) [Accessed: 08- Sep- 2019].
- [17] J. Abello Gual, "La responsabilidad penal del notario en Colombia en el ejercicio de sus funciones públicas. Estudio desde la perspectiva del derecho penal económico*", Scielo.org.co, 2019. [Online]. Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)). [Accessed: 10- Aug- 2019].
- [18] "Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) para la justicia", Ramajudicial.gov.co, 2019. [Online]. Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)) [Accessed: 06- Aug- 2019].
- [19] Fiscalía.gov.co, 2019. [Online]. Disponible: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)). [Acceso: 12- agosto-2019].
- [20] J. Cano, "Introducción a la informática forense", ACIS, no. 96, pp. 64-73, 2006.
- [21] D. Jaramillo Arciniegas and M. Torres Moncada, "Estado del análisis forense digital en Colombia", Repository.unimilitar.edu.co, 2019. [Online]. Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)) [Accessed: 08- Sep- 2019].

Capítulo 5. Realidad aumentada para conservar especies nativas como las orquídeas

Augmented Reality to conserve native species such as orchids

Juan Carlos Sánchez Pedroza, Kevin Santiago Vega Otálora, Carlos Alberto Aguilar Carreño
Fundación Universitaria de San Gil - UNISANGIL
San Gil, Colombia

juansanchezp@unisangil.edu.co
kvega@unisangil.edu.co
carlosaguilar@unisangil.edu.co

Palabras clave: orquídeas, aplicativo móvil, realidad aumentada, Parque Temático Virtual, Virolín.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico avanza muy rápido y, a su vez, las tecnologías de información y comunicaciones (TIC), por ello se han acelerado las necesidades de crear contenido digital; un ejemplo es la incorporación de dichos avances al turismo para la comercialización y difusión de información.

Una parte del nuevo desarrollo se conoce como realidad aumentada [1], cuyo nombre hace referencia a una realidad mixta donde se combinan el entorno físico y el virtual, un ejemplo es un juego muy popular llamado Pokemon GO, donde en un mapa del mundo real se puede interactuar en el juego al instante.

“La tecnología de la realidad aumentada ofrece diferentes posibilidades para realizar desplazamientos a contextos de formación fuera de los escenarios tradicionales, interaccionar en tiempo real con la realidad, visualizar fenómenos no perceptibles y comparar un objeto o fenómeno desde diferentes perspectivas” [2].

Si se limita a la realidad, como aquello que solo se percibe a través del sentido de la vista, se define a la realidad aumentada como un desarrollo tecnológico que añade elementos virtuales a la realidad existente, se dice que aumenta la realidad. La definición anterior, se restringe al sentido de la vista porque los elementos generados por una aplicación de RA, en principio, solo son visuales. Si bien se les puede manipular, carecen de un estado de congregación de la materia y de propiedades químico-físicas propias de un objeto real [3].

Entiéndase por objetos reales a aquellos que son tangibles y observables, mientras que por objetos virtuales a los

que se generan por medio de un proceso artificial o informático. Paul Milgram, uno de los pioneros de la realidad aumentada, escribió: “Un objeto real, es cualquiera que tiene existencia real y objetiva” [4].

En Virolín, lugar ubicado en la vía entre Charalá y Duitama en el departamento de Santander hay productos que se pueden dar a conocer, específicamente las orquídeas de las cuales muchas son únicas a nivel mundial.

Por medio del desarrollo de un prototipo se pretende crear un registro sobre los diferentes tipos de orquídeas para fomentar estrategias en mecanismos de cultivos [5] permitiendo establecer alternativas productivas sostenibles para comunidades sin contar con conocimientos técnicos [6].

La estrategia de conservación consiste en compartir las investigaciones científicas realizadas sobre los especímenes identificados de orquídeas de Virolín, para iniciar educación ambiental por medio de una aplicación donde fomenta tipo, cuidado, siembra del objeto de estudio.

Dicha aplicación muestra las orquídeas que en él están programadas por medio de la realidad aumentada, para ello se han utilizado varias herramientas como Google Sketchup, Unity y Blender.

II. DESARROLLO DEL PROYECTO

A. Antecedentes o situación inicial

Para iniciar el proyecto fue necesario realizar salidas de campo para la obtención de la información relacionada al proyecto, como los tipos, la siembra y los cuidados de las orquídeas.

En las visitas que se realizaron al sitio se observó el proceso de siembra de las orquídeas donde se evidencia que es algo muy artesanal, se usan diferentes tipos de madera para su siembra, uno recomendado es el café ya que cuenta con una carcasa rugosa similar a un corcho, este tipo de flor es epífita, es decir, “crece sobre otro vegetal u objeto usándolo solamente como soporte y no se alimenta de él” [2][6].

Las orquídeas son un recurso importante para la región, sin embargo, es poco conocido el proceso de siembra y los cuidados que debe tener con este tipo de plantas, por ello es importante la realización de este proyecto para que por medio de una aplicación móvil se puedan fomentar y preservar las especies nativas. La Figura 1 hace referencia al modelo de flor para inicio de app.



Fig. 1. Modelo de flor [8].

B. Metodología

En el proceso de desarrollo e implementación de la aplicación se compararon varias herramientas de desarrollo que se ofrecen actualmente en el mercado entre ellas Corel Draw, Photoshop, Gimp, entre otros.

Para el desarrollo se dividió el proyecto en varias etapas como la edición de imágenes donde se eligió Gimp por ser una herramienta de código abierto, se usó para editar la imagen original para su creación en 3D y, a su vez, la creación de los *target market* o códigos QR [9].

En la siguiente fase se usó el programa Google Sketchup para el modelado de la imagen ya que en su versión gratuita se pueden crear buenos diseños, donde se inició con una imagen plana añadiendo capa por capa para que se pueda apreciar desde cualquier ángulo en tres dimensiones. La Figura 2 hace referencia al modelo en Sketchup.

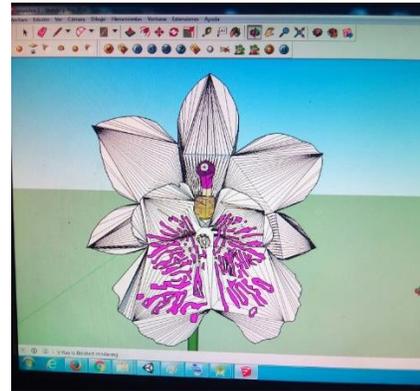


Fig. 2. Modelo en Sketchup [12].

Para la parte del render se eligió Blender, pues es una excelente herramienta libre y brinda los acabados que se necesitan para el modelo.

Continuando el desarrollo de la aplicación se eligió una herramienta muy útil llamada Unity que tiene muchos *plugins* para trabajar con realidad aumentada, se eligió Vuforia por dar licencia de uso gratuito limitado para la creación del App [10].

Cada modelo está ligado a su respectivo *target market*, cuando la cámara detecta alguno reproduce el contenido digital que en él esté programado.

Vuforia es el *plugin* encargado de la interacción de la cámara y el resto de la aplicación [11].

Para la prueba de escritorio se usó la aplicación solo con un objeto en 3D en la base de datos determinando que el tamaño del objeto dependía del tamaño del *target market*.

III. CONCLUSIONES

En el análisis realizado se detectó que las TIC brindan una oportunidad única para el desarrollo de contenidos digitales enfocados a temas específicos, en este caso para que facilite el aprendizaje y conocimiento de los tipos de orquídeas que se encuentran en la región sin estar allí presentes, lo cual se pudo lograr con la implementación de la realidad aumentada.

La sostenibilidad del proyecto se alcanzará en la medida que este se desarrolle de manera adecuada, por lo pronto se realizó un Beta de la aplicación y sus posibles usos, ya que se puede implementar en cualquier tipo de dispositivo móvil facilitando el crear y difundir contenido digital.

El desarrollo tecnológico y de investigación relacionado a la realidad aumentada, no cuenta con avances significativos en proyectos de floricultura, que sean

directamente enfocados hacia la misma y este estudio es una primera exploración que permite acercar la tecnología a las ciencias naturales para promocionar los productos de la región.

REFERENCIAS

- [1] I. Berdrola. (2019, Ago 21). *Que es la realidad aumentada* (1er. ed.) [Online]. Available: <https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-realidad-aumentada>.
- [2] J. Cabero, J. Barroso (2019, Oct 15). *Ecosistemas digitales con realidad aumentada* (1er. ed.) [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6159671>.
- [3] Gómez Vargas, I. (2016). Diseño y desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles de realidad aumentada [Ebook] (p. 1). México. Retrieved from <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/24066/Tesis%20Maestr%C3%ADa%20PTA%20G%C3%B3mez%20Vargas%20Isidro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [4] Milgram, P., Kishino, F. (1994) A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEEE Transactions on Information and Systems*, 77(12) (pp. 1321-1329).
- [5] T. Tendencias. (2019, Jul 5). *Cómo iniciarse en el cultivo* (1er. ed.) [Online]. Available: <http://agriculturers.com/como-iniciarse-en-el-cultivo-que-salvara-el-planeta-interior-y-vertical/>.
- [6] W. Wikipedia. (2019, Ago 30). *Planta epífita* (1er. ed.) [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Planta_ep%C3%ADfita.
- [7] I. Infoagro. (2019, Jul 11). *Cultivo de orquídea* (1er. ed.) [Online]. Available: http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_orquidea.asp.
- [8] Asorquisan. (2014, Nov 1). *Exposición de orquídeas* (1er. ed.) [Online]. Available: <http://asorquisan.blogspot.com/>.
- [9] G. Gimp. (2019, Jun 5). *Gimp* (1er. ed.) [Online]. Available: <http://www.gimp.org.es/>.
- [10] W. Wikipedia. (2019, Abr 16). *Unity* (1er. ed.) [Online]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Unity_\(motor_de_juego\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Unity_(motor_de_juego)).
- [11] P. Ptc. (2019, Jul 5). *Vuforia* (1er. ed.) [Online]. Available: <https://www.ptc.com/es/products/augmented-reality>.
- [12] J. Sánchez. (2019, Jul 11). *Figuras* [Offline].

3) Ciencias ambientales y de la tierra



Capítulo 6. Sostenibilidad hídrica en la microcuenca Curití, municipios de Curití y San Gil, Santander, período 2010-2017

Water sustainability in the Curití Micro-basin, municipalities of Curití and San Gil Santander period 2010-2017

Edgar Rodríguez Díaz, Fundación Universitaria de San Gil – UNISANGIL
Coautor: Luis Alberto Vargas Marín

San Gil, Colombia

erodriguez@unisangil.edu.co
lvargas@umanizal.edu.co

Palabras clave: recurso hídrico, índice uso de agua, parámetros físico químicos, índice de vulnerabilidad.

I. INTRODUCCIÓN

La escasez de los recursos hídricos de calidad surge como un problema ambiental importante a nivel mundial. Colombia no cuenta con un sistema de información continua y sectorial de uso del agua [1]. La microcuenca debe ser considerada desde un principio como un ámbito de organización social, económica y operativa, además de la perspectiva territorial e hidrológica tradicionalmente considerada [2].

El propósito de este estudio es realizar la evaluación de la oferta y demanda hídrica de la microcuenca de Curití, bajo el criterio de indicadores hídricos con la intencionalidad de poder desarrollar un proceso de cuantificación de la oferta hídrica y de la demanda hídrica.

II. DESARROLLO DE CONTENIDOS

La zona de estudio corresponde a la microcuenca quebrada Curití, ubicada en la parte central del departamento de Santander, hacia el margen derecho de la provincia Guanentá [3]. El tema objeto del presente proyecto se enmarcó dentro del tipo de investigación cuantitativa, descriptiva y analítica, puesto que comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos. El proyecto se abordó a partir del desarrollo de tres grandes fases:

- La primera fase: la oferta hídrica total y disponible.
- La segunda fase: se hizo la evaluación de la demanda de agua, basado en la demanda doméstica, pecuaria,

agrícola y comercial, luego se hizo una evaluación de la calidad del agua basado en parámetros físico-químicos y en el índice biológico BMWP-Col (Biological Monitoring Working Party, modificado para Colombia) según la metodología propuesta por Roldán.

- La tercera fase: consistió en analizar los resultados obtenidos con respecto a la oferta hídrica y a la demanda hídrica, se realizó la evaluación del índice de uso de agua, del índice de regulación hídrica y, por último, la vulnerabilidad que tuvo como fin determinar el estado en el que se encontró el recurso hídrico de la microcuenca.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La microcuenca Curití, presenta un régimen pluviométrico mono modal, como se puede apreciar en la Figura 1 donde analizando los datos globales, se puede observar que los valores de ETP y ETR no son muy diferentes y que solo en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, no se satisfacen las necesidades de la ETP, lo que confirma las características climáticas de la micro cuenca que se puede calificar de zona húmeda.

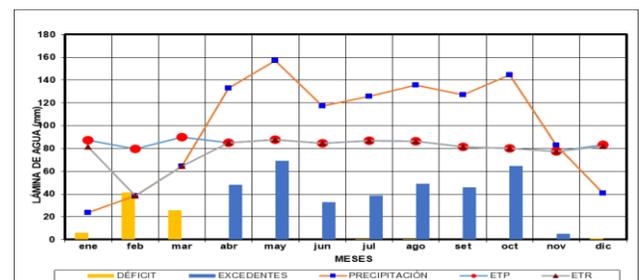


Fig. 1 Evolución temporal de la precipitación, ETP y ETR en el año hidrológico.

En la Tabla 1, se pueden observar los datos obtenidos como oferta hídrica disponible en las quebradas tributarias de la micro cuenca Curití, con un promedio de oferta hídrica de 1,649 m³/s.

TABLA 1. OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE EN LA MICROCUENCA CURITÍ

Mes	Qs Cajonera (m3/s)	Qs Curití M1 (m3/s)	Qs Curití M2 (m3/s)	Qs Curití Salida (m3/s)	Promedio
Enero	0	0	0,01	0,02	0,0075
Febrero	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0
Abril	0,37	0,69	1,16	2,16	1,095
Mayo	0,83	1,54	2,58	4,77	2,43
Junio	0,86	1,6	2,69	4,96	2,5275
Julio	0,83	1,54	2,58	4,76	2,4275
Agosto	0,99	1,85	3,09	5,7	2,9075
Septiembre	0,93	1,73	2,89	5,32	2,7175
Octubre	1,17	2,19	3,66	6,72	3,435
Noviembre	0,61	1,13	1,89	3,48	1,7775
Diciembre	0,16	0,29	0,49	0,9	0,46
Promedio	0,563	1,047	1,753	3,233	1,649

Al hacer un análisis respecto a la Tabla 2, sobre la demanda hídrica, la doméstica muestra mayor valor de presión sobre el recurso hídrico, esto se da por abastecer acueductos rurales y los acueductos municipales de Curití y San Gil tercera capital en Santander, le sigue la pecuaria con un aumento en la demanda ejercida por la alta presencia de galpones dedicadas a la avicultura, en la zona de recarga hídrica.

TABLA 2. DEMANDA TOTAL DE LA MICROCUENCA CURITÍ

Clase de Consumo	Caudal Asignado (l/s.)	Porcentaje
Demanda uso domestico	189,7	82,05%
Demanda de uso agrícola	18,4	7,96%
Demanda de uso pecuario	22,2	9,6%
Demanda de uso comercial	0,9	0,004%
Demanda hídrica	231,2	

A. Calidad del agua

Según la Figura 2, las concentraciones de coliformes fecales reportadas en los períodos de febrero a julio evidencian el incumplimiento en el límite máximo permitido (consumo humano y doméstico por tratamiento convencional).

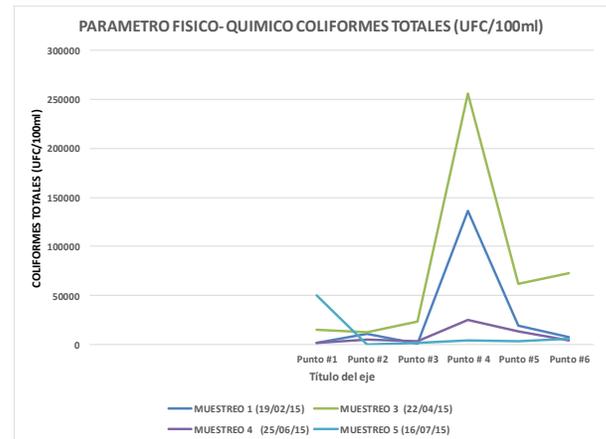


Fig. 2 Parámetro físico- químico coliformes totales quebrada Curití.

Para analizar los datos y evaluar el impacto ambiental generado sobre la fuente hídrica, se calculó el índice biológico BMWP-Col (Biological Monitoring Working Party, modificado para Colombia) según la metodología propuesta por Roldán, como se aprecia en la Figura 3, se encontró un número de 7 familias y 39 especies, durante el muestreo realizado entre los meses de febrero a julio del 2015. Los valores estuvieron entre 4,0 y 6,3 (datos con base en la categoría de calidad según el índice de BMWP/Colombia [5]), de tal forma que del punto 1 hasta el punto 5 se encontró clasificado como aguas contaminadas y el punto 6 fue catalogado como fuertemente contaminada.

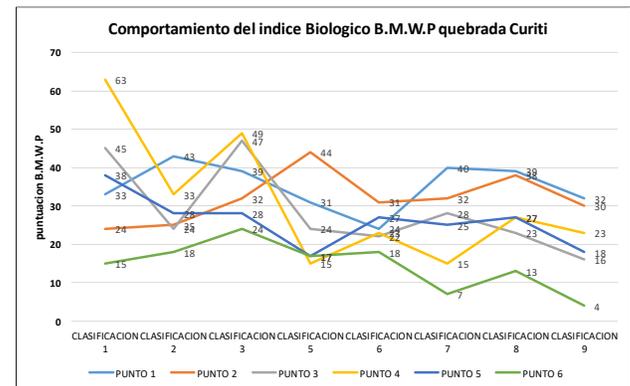


Fig. 3 Comportamiento del índice biológico en la quebrada Curití.

IV. CONCLUSIONES

Realizado el análisis climático multianual para la microcuenca de la quebrada Curití, se encontró que su comportamiento es monomodal con precipitaciones altas en los meses de abril a noviembre y períodos de baja precipitación entre diciembre y marzo.

Se encontró una demanda hídrica de $0,231\text{m}^3/\text{s}$ y una oferta hídrica de $1,649\text{m}^3/\text{s}$, lo que nos dio como resultado 14,011, esto nos interpreta que la presión de la demanda es moderada, con respecto a la oferta hídrica. Se encontró un valor del índice de regulación hídrica de 0,71, es decir, la capacidad de la microcuenca para retener y regular es media y la microcuenca solo se vería en riesgo de déficit hídrico por la presencia de eventos extraordinarios como el fenómeno cálido del pacífico, el niño.

Con los datos obtenidos en el índice de uso de agua, se puede concluir que la quebrada Curití tiene una demanda basada en el abastecimiento de acueductos municipales y veredales, con su expansión pueden llegar a generar una alta presión al recurso hídrico.

Según los análisis de los parámetros físico-químicos la quebrada Curití se clasificó como con aguas ligeramente contaminadas, razón por la cual podría ser precursora de enfermedades infecto contagiosas.

REFERENCIAS

- [1]. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2005). *Encuesta nacional agropecuaria*. Bogotá, Dirección de Difusión, Mercadeo y Cultura Estadística del Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, 227 p. [Online]. Available: https://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/ENA/ENA_2005.pdf
- [2]. A Latorre, M, Norberto, “La microcuenca como elemento de estudio de la vulnerabilidad ambiental”. Centro de Estudios en Geografía humana. Colegio de Michoacán. México. 2010.
- [3]. Cárdenas, Y., Quintero, C., y Torres, L., “Estimación de la recarga hídrica derivada de la precipitación en la microcuenca quebrada Curití”. Tesis de grado pregrado. Programa de Ingeniería Ambiental. UNISANGIL. San Gil, Colombia. Feb. 2010.
- [4]. Corporación Autónoma Regional de Santander CAS. Estudios soporte para la reglamentación de vertimientos de la quebrada Curití. 2017.
- [5]. G. Roldán. *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Medellín, Editorial Universidad de Antioquia, 170 p. 2003.

Capítulo 7. Análisis de calidad del agua mediante el uso de dispositivos móviles – Caso río Fonce

Water quality analysis through the use of mobile devices - Fonce river case

Sergio Andrés Peña Perea, docente
Henry Javier Barón González, docente
Alberto Luis Rincón, estudiante

Fundación Universitaria de San Gil – UNISANGIL
San Gil, Colombia

spena@unisangil.edu.co
hbaron@unisangil.edu.co
aluisrincon@unisangil.edu.co

Palabras clave: calidad del agua, tecnología del agua, contaminación hídrica.

I. INTRODUCCIÓN

Para conocer la calidad del agua de fuentes superficiales, se utilizan índices, con los cuales se puede determinar el estado del agua y sus características, permitiendo conocer su uso potencial. Es el caso del Índice de Calidad del Agua, ICA, que es un número único que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua, y su uso es cada vez más popular para identificar las tendencias integradas a los cambios en la calidad del agua [1].

Se evaluó la calidad del agua en el río Fonce en el tramo comprendido entre el municipio de Charalá y el municipio de Pinchote en el departamento de Santander. Para lo anterior, se utilizó una aplicación para dispositivos móviles – App, denominada Q-Water, desarrollada por el Grupo de Investigación Hydra de UNISANGIL, que permite determinar el índice ICA según procedimiento establecido por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ideam [2], con el fin de realizar pruebas de su operatividad y determinar la calidad del agua de este importante recurso vital para el desarrollo local.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación de tipo cualitativa aplicada en este estudio, está encaminada a determinar la calidad del agua en el río Fonce como unidad básica característica, utilizando el estudio de caso [3]. La zona de estudio corresponde al valle aluvial de la cuenca alta del río Fonce [4], entre los 1131 m.s.n.m. hasta los 1290

m.s.n.m. entre los municipios de Charalá y Pinchote. Se realiza un solo muestreo de tipo puntual en dos días (período de invierno) en 15 estaciones de muestreo en una longitud de 40 kilómetros de recorrido del río, ver Figura 1.

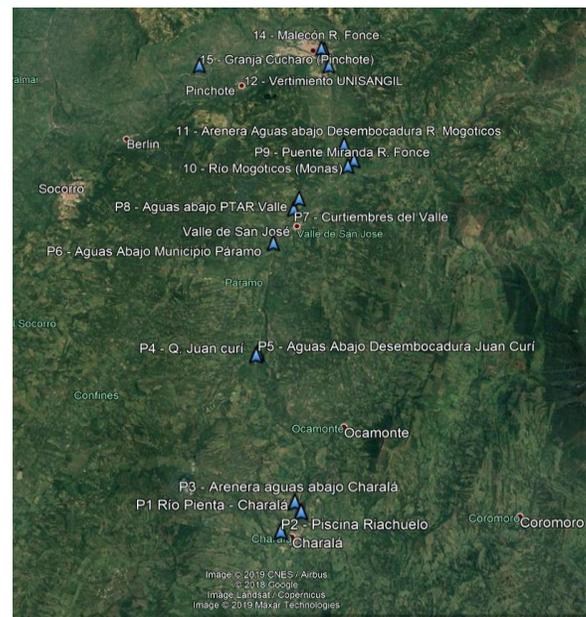


Fig. 1 Estaciones de muestreo sobre río Fonce.

Fuente: Los autores, imagen LANDSAT 2018 – Google Earth.

Para la lectura de parámetros asociados a la calidad del agua, se toman valores en campo de pH, Temperatura (°C), Oxígeno Disuelto – OD (mg/l), conductividad – COND (µS), y en el laboratorio de aguas de UNISANGIL se procesan las muestras para determinación de turbiedad (NTU), Nitritos (NO₂ -/l), Nitratos (NO₃ -/l), sólidos suspendidos totales (mg/l),

coliformes totales (UFC/100 ml), DQO (mg/l), DBO (mg/l).

La aplicación utilizada para el cálculo del ICA se denomina Q-Water, que posee un formulario para ingreso de datos de cada uno de los valores involucrados en el cálculo de ICA. Ver Figura 2. Esta aplicación fue desarrollada con los lenguajes de programación Web, pero dotada con los beneficios de las aplicaciones nativas como trabajar *offline*, acceso a los sensores y notificaciones *push*, y envía los datos remotamente a la base de datos alojada en los servidores de google que manejan la plataforma Firebird.



Fig. 2 Pantalla principal Aplicación Q-Water.

La aplicación realiza la ponderación de parámetros según metodología establecida por el Ideam, dependiendo del peso en importancia de cada uno y reporta los resultados en una tabla en programa Excel, que luego es organizada para la observación de los resultados.

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los puntos o estaciones de muestreo y su ubicación se pueden observar en la Tabla 1.

TABLA 1. UBICACIÓN DE ESTACIONES DE MUESTREO

PUNTOS DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN	MUNICIPIO
1	Río Pienta ates del casco urbano (gallera)	Charalá
2	Riachuelo antes del puente, (piscina)	Charalá
3	Salida de Charalá, adelante de la arenera, después de la unión de los ríos	Charalá
4	Sobre la quebrada Juan Curí	Páramo
5	Adelante de la desembocadura de la quebrada Juan Curí, sobre el río Fonce	Páramo
6	Aguas abajo sobre el río Fonce después del casco urbano del Páramo (antes de la entrada)	Páramo
7	Curtivalle	Valle de San José
8	Aguas abajo de río Fonce, después de la PTAR del Valle de San José	Valle de San José
9	Puente Miranda, Río Fonce	Valle de San José
10	Río Mogotícos, Balneario Monas, (arenas)	Valle de San José
11	Sobre el río Fonce, después de la unión con el río	Valle de San José

	Mogoticos (arenera)	
12	UNISANGIL	San Gil
13	Quebrada Curití, (parque Gallineral)	San Gil
14	Sobre el río Fonce, (malecón)	San Gil
15	Sobre el río Fonce, vereda la Granja del Cucharo, Pinchote	Pinchote

Luego del análisis de las muestras en el laboratorio de aguas de UNISANGIL, se obtuvieron los valores de los parámetros asociados al Índice de Calidad ICA, los valores de los parámetros se pueden observar en la Tabla 2.

TABLA 2. DATOS DE PARÁMETROS OBTENIDOS EN MUESTREO DE AGUA

PUNTOS DE MUESTREO	PARÁMETROS											
	pH	T(°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad (µS/cm)	Turbiedad (NTU)	Nitritos (NO ₂ -/l)	Nitratos NO ₃ -/l	Sólidos suspendidos totales (mg/l)	Coliformes totales (UFC/100 ml)	E.Coli (UFC/100 ml)	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)
1	7,325	17,45	7,7425	38,05	3,405	0,03	0,09	3	46000	23500	22,5	1,25
2	7,413	19,25	7,4975	88,2	6,96	0,044	0,18	10	89000	77000	24,3	2
3	7,538	17,8	7,83	94,55	5,245	0,037	0,15	6,5	61000	20000	29,8	1,8
4	7,508	16,68	7,3725	50,65	9,165	0,0395	0,16	3	27500	1000	17,3	0,9
5	7,488	13,9	7,63	92,9	9,45	0,0425	0,17	17,5	34500	5000	17,5	1
6	7,735	13,2	7,7025	118,15	11,65	0,041	0,525	15,5	33500	4500	14,8	1,2
7	7,72	13,1	7,635	111,25	23,36	0,099	0,4	15	83500	15000	32,2	4
8	7,76	18,4	7,645	92,9	8,52	0,0475	0,19	11,5	49000	5500	24,1	1,2
9	7,583	19,4	7,42	43,95	18,4	0,048	0,195	18,5	36500	3000	32,2	0,95
10	7,818	18,65	7,61	115,5	10,395	0,0315	0,125	10	43500	6000	36,3	1,4
11	7,843	19,63	7,5825	88	13,4	0,049	0,2	14,5	37500	5500	31	0,75
12	7,525	23,25	7,38	78,8	15,55	0,058	0,235	20,5	12000	1000	15,8	1,45
13	7,63	21,43	7,685	144,95	47	0,0705	0,285	45	28000	7500	15,5	1,75
14	7,793	21,03	7,77	75,7	405,5	0,6445	0,78	366	24500	16000	45,7	3,2
15	7,85	18,38	7,74	72	164	0,2905	0,575	125	61000	36000	30,5	2,95

Los resultados obtenidos representan el estado del agua en el momento en que se tomaron las muestras (temporada de lluvias) dado el alcance del proyecto, sin definir relaciones causales entre variables y sus valores. Según la Resolución 0883 de 2018 que establece los valores máximos permisibles para los parámetros de vertimientos a fuentes superficiales de agua, en todos los puntos de muestreo se exceden los valores de nitratos (NO₃ -/l), excepto en el punto 1 ubicado en el río Pienta. También los valores de los sólidos suspendidos totales (SST-mg/l) están por encima de los permitido en los puntos 14 y 15, ubicados en el malecón sobre el río Fonce y aguas debajo de la vereda La Granja del Cucharo en el municipio de Pinchote respectivamente.

Los datos fueron introducidos en el formulario digital de la aplicación móvil Q-Water que permite el cálculo del índice ICA, lo que arrojó los resultados de la Tabla 3.

TABLA 3. VALORES DEL ICA REPORTADOS POR EL APLICATIVO Q-WATER

Puntos de muestreo	Lugar / Ubicación	Valor del ICA
1	Río Pienta antes del casco urbano (gallera)	60,39
2	Riachuelo antes del puente, (piscina)	53,24
3	Salida de Charalá, adelante de la arenera, después de la unión de los ríos	54,33
4	Sobre la quebrada Juan Curí	60,83
5	Adelante de la desembocadura de la quebrada Juan Curí, sobre el río Fonce	58,76
6	Aguas abajo sobre el río Fonce después del casco urbano del Páramo (antes de la entrada)	57,21
7	Curtivalle	43,60
8	Aguas abajo de río Fonce, después de la PTAR del Valle de San José	58,2
9	Puente Miranda, Río Fonce	58,44
10	Río Mogoticos, Balneario Monas (areneras)	56,09
11	Sobre el río Fonce, después de la unión con el río Mogoticos, (arenera)	58,03
12	UNISANGIL	57,12
13	Quebrada Curití, (parque Gallineral)	50,1
14	Sobre el río Fonce, (malecón)	42,45
15	Sobre el río Fonce, vereda la Granja del Cucharo, Pinchote	43,66

A nivel general, la calidad del agua en el río Fonce es regular (color amarillo representativo de Índice de Calidad del Agua Regular). Los puntos que presentaron una ICA con valores más altos están ubicados en inmediaciones de una industria de curtido de cueros (Punto 7 en el municipio de Valle de San José) con un valor del ICA de 43.6, y en los puntos ubicados en el malecón sobre el río en la ciudad de San Gil (ICA = 42.45) y aguas abajo de la vereda La Granja del Cucharo (ICA = 43.66).

Aunque los resultados solo permiten conocer el estado del agua en el momento en que se tomaron las muestras (por ser muestreo puntual y toma de una sola muestra), se puede inferir que los puntos en los cuales se presentan actividades industrial, turística y de tipo pecuario se tiene una calidad del agua del río desfavorable, y la utilización del agua para diferentes usos, requiere un tratamiento no solo para disminuir el impacto causado por estas actividades, sino que también para utilizar el agua y no causar un perjuicio al ser humano.

La aplicación móvil Q-Water es bastante confiable y puede utilizarse para determinar el ICA cualesquiera sean

las fuentes superficiales objeto de investigación, y su uso fue corroborado utilizando la matriz de cálculo empleada por el Ideam para determinar este índice de calidad del agua.

III. CONCLUSIONES

Con la utilización de la herramienta *software* Q-Water para determinar el índice de calidad del agua ICA fue posible conocer que el río Fonce, en período de invierno, presenta unas condiciones poco confiables para actividades turísticas y de uso del agua para abastecimiento humano y pecuario, según los valores del ICA reportados, se alude entonces requerir de tratamientos de agua para las actividades que vierten sus residuos líquidos sobre la fuente hídrica para lograr reducir y mitigar el impacto causado.

La investigación resalta el uso de herramientas tecnológicas para el trabajo de monitoreo de la calidad del agua, haciendo la labor más amigable con los usuarios y reduciendo el tiempo para el procesamiento de datos y reporte de resultados de las campañas de monitoreo de agua con fines de investigación en el área ambiental y de gestión de recursos hídricos.

REFERENCIAS

- [1] N. Samboni, Y. Carvajal, and J. Escobar, “Parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua, estado del arte”, *Ingeniería e Investigación*, vol. 27, pp. 172-181, 2007.
- [2] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ideam. Formato Común Hoja Metodológica: Índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA).
- [3] Muñiz, M. "Estudios de caso en la investigación cualitativa". División de Estudios de Posgrado Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Psicología. México (2010): 1-8.
- [4] Corporación Autónoma Regional de Santander, CAS. *Política pública de protección, conservación y restauración de la cuenca del río Fonce*. Año 2016.

Capítulo 8. Evaluación del uso del recurso hídrico en los sistemas productivos agroindustriales de la cuenca del río Fonce bajo metodología PER

Assessment of the use of water resources in the agro-industrial production systems of the Fonce river basin under methodology PER

Wilson Gamboa Contreras, Jorge Alberto Neira Tavera, Luis Eduardo Cobos Ramírez
Fundación Universitaria de San Gil - UNISANGIL
San Gil, Colombia

wgamboa@unisangil.edu.co
jorgeneira@unisangil.edu.co
luiscobos@unisangil.edu.co

Palabras clave: recurso hídrico, fuentes hídricas, agroindustria, metodología PER.

conformantes de la cuenca, teniendo como referente los establecimientos productivos de estos municipios.

I. INTRODUCCIÓN

Esta investigación presenta los resultados sobre la utilización y el gasto del recurso hídrico de la cuenca del río Fonce, la disposición de residuos sanitarios, el manejo del recurso hídrico y los instrumentos de gestión ambiental en el sector productivo de la cuenca hidrográfica del río Fonce. Los temas incluidos son fundamentales para el desarrollo de un análisis de manejo y utilización del recurso hídrico, de acuerdo con el boletín anual de protección ambiental realizado por el Dane.

La metodología ejecutada para el desarrollo de este proyecto fue el modelo Presión – Estado – Respuesta, PER, el cual propone una metodología causal de los principales problemas relacionados. El modelo consiste en el establecimiento de la interrelación entre las actividades humanas (presión) y su impacto en el estado del medioambiente (Estado), con ello se generan las acciones a realizar para atender la problemática en cuestión (respuesta). Esto de manera sistemática representa un marco conceptual adecuado para el planteamiento de indicadores que, además de reflejar una problemática en común, permite establecer la efectividad de las acciones para mejorar el estado ambiental en referencia a la presión de la actividad antropogénica [1].

Para el desarrollo de este sistema metodológico se ejecutó una herramienta de recopilación de información con el fin de abordar los indicadores correspondientes a los factores de influencia de la cuenca hidrográfica del río Fonce; realizando puntos de muestreo en los municipios

El diseño de la muestra fue probabilístico, estuvo delimitado por la rama de actividad económica, ambiente socio demográfico y ubicación dentro de la zona y/o alcance temático al interior de cada factor delimitante, se seleccionaron los establecimientos mediante Muestreo Aleatorio Simple (EST-MAS) probabilístico.

II. INDICADORES

La evaluación a través de indicadores facilita la medición y el seguimiento de las prácticas en los sistemas productivos. Es necesario llevar a cabo esta actividad bajo los mismos criterios de valoración cualitativos o cuantitativos para que los resultados sean comparables, de manera que se pueda seguir la trayectoria de un mismo ecosistema a través del tiempo, o realizar comparaciones entre diferentes sistemas productivos en varios estados de transición [2] [3].

Indicadores modelo PER

Este modelo de indicadores se basa en la lógica causal de acción y respuestas, relacionando el desarrollo socio-económico bajo condiciones y dinámicas ambientales cambiantes.

Los indicadores de presión describen las intervenciones directas e indirectas que las actividades humanas ejercen sobre el medio natural [4].

Los indicadores de estado evalúan cuantitativa y cualitativamente el estado de los recursos naturales y del medio ambiente. Se refieren a la calidad del ambiente, así como a la cantidad y estado de los recursos naturales.

Dichos indicadores constituyen generalmente los objetos de políticas de protección ambiental. En este tipo de indicadores, se incluyen los efectos a la salud de la población y a los ecosistemas, causados precisamente por el deterioro de la calidad ambiental [5].

Los indicadores de respuesta son el resultado de las presiones sobre el medio ambiente; se generan diferentes respuestas desde el orden socio-político para evitar, corregir, mitigar o cambiar tendencias en el comportamiento de los individuos o de las políticas que por diferentes razones resultan lesivas al medio ambiente. Estos indicadores presentan los esfuerzos realizados por la sociedad o por una institución para reducir o mitigar la degradación del ambiente [4].

La selección de los indicadores de Presión, Estado y Respuesta (PER) que mayor incidencia tienen en el manejo del recurso hídrico en los sistemas productivos de la cuenca hidrográfica del río Fonce, se realizó con ayuda de un panel de expertos, los cuales registraron 22 indicadores para la construcción de la herramienta de recopilación de información (encuesta), de los cuales: 7 indicadores fueron de presión, 7 de estado y 7 de respuesta [6].

Estos indicadores permiten generar un total de 43 preguntas, las cuales facultaron a la herramienta para brindar la información necesaria mediante análisis estadístico, despejando las variables requeridas según los parámetros establecidos por el Dane para un estudio de cuenca hidrográfica y consumo de agua en Colombia.

III. RESULTADOS

Para la ejecución de esta herramienta de recolección de información, la unidad de observación, unidad de muestreo y unidad de análisis corresponde a los establecimientos productivos ubicados en los municipios Ocamonte, Charalá, Valle de San José, Páramo y San Gil. Teniendo como base de argumentación los datos informativos de la unidad productiva, como su área, constitución jurídica, ambiente socio demográfico, tiempo de funcionamiento, número de trabajadores, tipo de proceso y actividad económica; puesto que estos factores están intrínsecamente ligados de forma directamente proporcional al uso y manejo del recurso hídrico.

Teniendo como referencia los 5 municipios donde se realizó la muestra aleatoria, se obtuvo: Páramo con 31 encuestas, Valle de San José 26, Charalá 22, San Gil 15 y Ocamonte 12, para un total de 106 unidades productivas y/o empresas visitadas de las cuales 88 se encuentran en

el sector rural, 16 en el sector urbano y 2 poseen establecimientos tanto rurales como urbanos.

En la Figura 1 se observa la división de sistemas productivos por actividad económica encontrados en la cuenca hidrográfica del río Fonce, demarcando que los productos más representativos de la zona evaluada están relacionados directamente con la agricultura siendo así, que el 55% se basa en la producción agrícola, en su mayoría cultivos de café, caña de azúcar, cultivos de pan coger y los productos derivados del proceso de estos, además de subproductos que son comercializados, procesados o utilizados para consumo o aprovechamiento de la unidad productiva. El 25% representado en el sector pecuario corresponde a la producción bobina, avícola y piscícola de la zona el cual representa otros productos importantes producidos en la región encuestada. Finalmente, el 20% corresponde al sector industrial, el cual prioriza la transformación y producción de materia prima de los sectores agrícola y pecuario, dando como referencia la gran importancia del sector agro industrial en la cuenca del río Fonce.



Fig. 1. División de sistemas productivos por actividad económica

Se obtuvo como resultado un promedio de consumo por unidad productiva de 44.9 m³/mes, el cual excluye a los productores piscícolas los cuales mantienen un promedio de consumo de 4427.75 m³/mes, lo que representa un aumento significativo de más 1000% con respecto a otras actividades económicas, destacando que la actividad piscícola es abastecida por fuentes hídricas superficiales, de las cuales se realiza el pago de concesiones y regulación por parte de las entidades gubernamentales.

Con respecto al abastecimiento de las demás unidades productivas se obtuvo como resultado que el 41% son abastecidas por fuentes hídricas superficiales, el 36% por acueductos veredales, el 2% por recolección de aguas lluvias, y el 20% al abastecimiento por acueducto, este

último corresponde a las unidades ubicadas en el sector urbano.

El volumen de aguas residuales generadas está ligado a la actividad económica de cada unidad productiva, observando que en promedio el 70% del consumo hídrico de cada unidad productiva se convierte en aguas residuales. En la Figura 2 se observa que el principal medio utilizado por las unidades productivas para la disposición final de las aguas residuales es en pozo séptico, representado en un 65%. Existe un 14% de la muestra que realiza algún tratamiento antes de una disposición final, sin embargo, es de acotar que el procedimiento que se realiza solo corresponde a los factores físicos, sin contar con análisis químicos periódicos que validen la eficiencia del tratamiento. El 19% corresponde a la disposición por alcantarillado el cual es comprendido en las unidades productivas del sector urbano. Finalmente, se encuentra un porcentaje del 2% que realiza la disposición de aguas residuales directamente en los afluentes hídricos superficiales.



Fig. 2 Disposición de aguas residuales en las unidades productivas.

Finalmente, en el módulo de respuesta se hace imprescindible el conocimiento por parte de los agentes de incidencia de la cuenca (unidades productivas), con respecto de la normatividad vigente que rige la cuenca hidrográfica del río Fonce, esto con el fin de dar cumplimiento a dicha normatividad. Obteniendo un cuarenta y ocho por ciento (48%) de encuestados con conocimiento de la normatividad, de lo cual se puede concluir que la falta de capacitación es un factor influyente para el cuidado del uso de la cuenca.

IV. CONCLUSIONES

El modelo metodológico PER es una herramienta eficiente para dar cumplimiento al análisis de problemáticas medio ambientales, ya que permite

visualizar la incidencia basándose en la presión ejercida, el estado actual y los mecanismos de respuesta.

Los vertimientos contaminantes que se descargan a las fuentes hídricas que, aunque no obtienen la más alta ponderación porcentual, generan un aumento en la presión antropogénica sobre los recursos de la vertiente.

El desarrollo de actividades para la conservación del recurso hídrico, es importante para mejorar la participación de instancias públicas en la zona, puesto que, durante los últimos años, no se han desarrollado acciones con tal fin, en su defecto, ha sido la comunidad la que se ha organizado para preservar sus fuentes hídricas y las mismas juntas veredales para poder obtener beneficios sin llegar a generar afectaciones a los recursos naturales.

El desarrollo de proyectos influyentes en las cuencas hidrográficas, buscan crear conciencia y capacitar a los sectores incidentes de las cuencas en pro de un mejor uso y cuidado de las mismas.

REFERENCIAS

- [1] R. Quiroga, Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe, Manuales 55 Santiago de Chile, diciembre de 2007.
- [2] C. Bonilla and Y. León, “Propuesta metodológica para indicadores ambientales del recurso hídrico asociado a sistemas grícolas de Fómeque, Cundinamarca”, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 2016.
- [3] R. Martínez, “Metodologías participativas de investigación: un aporte agroecológico, al desarrollo endógeno”, *Abra*, vol. 23, No. 32, pp. 19–33, 2012.
- [4] M. Pérez, “Marco conceptual y metodológico para la construcción de indicadores ambientales. Nicaragua”, *Sist. Nac. Inf. Ambient.*, pp. 1–14, 2003.
- [5] Instituto Nacional de Ecología, “Avances en el desarrollo de indicadores para la evaluación del desempeño ambiental en México” *Dir. Gen. Gestión e Inf. Ambient.*, 1997.
- [6] Semarnat, “Indicadores básicos del desempeño ambiental”, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012.

Capítulo 9. Bioadsorción con cáscara de plátano verde para remoción de cromo hexavalente en residuos líquidos de laboratorio

Bioadsorption with green banana hand for removing hexavalent chrome in laboratory liquid waste

Área temática: Adaptación al cambio climático y seguridad hídrica

Diana Patricia Torres Solano, Fundación Universitaria de San Gil UNISANGIL,
Programa de Ingeniería Ambiental
San Gil, Colombia

dtorres@unisangil.edu.co

Palabras clave: bioadsorción, cromo hexavalente, remoción, residuos peligrosos.

I. INTRODUCCIÓN

En el país la información de generación de Respel, tanto a nivel público como privado, se encuentra dispersa o no está sistematizada; es decir, no es posible conocer datos de la generación de residuos en todas las regiones del país. Y si se realiza esta revisión a nivel de laboratorios académicos de enseñanza media y superior, la mayoría de ellos no identifican y cuantifican sus residuos peligrosos, no revisan las posibilidades para la valoración y reutilización de los mismos y no cuentan con sistemas de tratamiento para sus desechos líquidos [1]

La generación de este tipo de residuos en los laboratorios de UNISANGIL es variable y de baja cantidad, en su mayoría pueden neutralizarse antes de su vertimiento final al desagüe, pero los residuales de DQO por su adición concentrada de sustancias principalmente $K_2Cr_2O_7$, Ag_2SO_4 y $HgSO_4$ no pueden neutralizarse en los laboratorios, por su contenido de metales pesados como cromo, plata y mercurio; por tanto, se requiere de tratamientos específicos, que permitan su tratamiento como es el caso de los procesos de bioadsorción.

Al realizar una revisión de antecedentes se encuentran trabajos como el realizado por Espinosa & Mera [2] quienes investigaron sobre alternativas ambientales para la remoción de cromo hexavalente en los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño; donde se trabajaron dos alternativas de tratamiento, la fotocatalisis heterogénea empleando TiO_2 como catalizador y la bioadsorción utilizando cáscara de plátano verde como bioadsorbente; como resultado se alcanzó una remoción del $96,07 \pm 0,65\%$ para fotocatalisis y del $99,94\% \pm 0,01$ para el proceso de bioadsorción. Los procesos de

bioadsorción también han sido empleados para la remoción de metales pesados en aguas residuales industriales, ejemplo de ello es una investigación en la que se empleó cáscara de banano deshidratada para la remoción de metales como el plomo y cromo en aguas residuales industriales y se alcanzó un porcentaje máximo de bioadsorción de $80\% \pm 1,75$ para el plomo (II) y $51,2\% \pm 5,48$ para el cromo (VI) [3]. De igual modo, pueden utilizarse diversos materiales naturales como la cáscara de naranja, papa, arroz, semillas, entre otros, para realizar procesos de bioadsorción de metales pesados, analizando variables como pH, tamaño de partícula, tiempo de contacto y cantidad de material bioadsorbente que son los que determinan la eficiencia de los tratamientos, pues los subproductos de la agricultura, principalmente los que contienen celulosa y lignina, son potenciales adsorbentes de cromo en aguas residuales y adicional a ello representan un tratamiento de bajo costo [4].

A través del proceso de caracterización de residuos desarrollado en el laboratorio de aguas de UNISANGIL, se pudo determinar que eran los residuales de DQO los que por su composición se seleccionaron para evaluar la remoción de cromo hexavalente a través de procesos de bioadsorción; basados en la experiencia de otros trabajos como los antes enunciados, en los que se emplearon diversos materiales naturales, analizando variables como pH, tamaño de partícula, tiempo de contacto y cantidad de material bioadsorbente. Pues las técnicas de remoción convencionales de metales en solución, representan un alto costo y en presencia de bajas concentraciones del contaminante son poco efectivas [5]. Es por ello que técnicas de origen biológico como la bioadsorción, la biorremediación, o la fitorremediación se convierten en un procedimiento alternativo, competitivo y de bajo costo [4].

II. METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló en el laboratorio de aguas de UNISANGIL. Se seleccionaron los residuos de los análisis de DQO ya que que por su composición de residuos de Cromo, Plata y Mercurio no podrían ser sometidos a procesos neutralización para vertimiento, por tanto, son sometidos a un proceso de almacenamiento, y se generan en mayor cantidad en el laboratorio; para con ellos realizar las pruebas de bioadsorción.

El proceso se inició con el secado, molienda y tamizado de la cáscara de plátano verde, hasta alcanzar un diámetro de partícula de 75 μm , se realizaron los montajes necesarios para poner en contacto el bioadsorbente, con 20 ml de residuos líquidos con una concentración de cromo inicial promedio de 1.03 mg/l, bajo el análisis de tres variables y las posibles combinaciones entre las mismas, es decir, para cada rango de pH se realizaron ensayos con cada uno de las cantidades de bioadsorbente y tiempos de contacto propuestas, realizando tres réplicas para cada combinación utilizada; determinando así la influencia de las mismas en la eficiencia de los tratamientos. Las variables que se consideraron fueron tiempo de contacto en el que se utilizaron 1, 2 y 3 horas; el pH, analizando los niveles 4.84, 5.24 y 5.7 y la cantidad de bioadsorbente donde se trabajaron ensayos para 0.2, 0.5 y 1.5 gramos.

III. RESULTADOS

Los residuales de DQO tienen un pH de -3.8, por tanto, se realizó una neutralización con NaOH con el objetivo de lograr la sedimentación de sulfatos, para evitar interferencias en el proceso de bioadsorción de cromo y alcanzar los pH a evaluar. El tamaño de partícula utilizado para todos los ensayos fue de 0.75 μm lo que garantiza una mayor superficie de contacto entre esta y el líquido a tratar. En total se realizaron 81 pruebas, a continuación se describen los datos más relevantes.

Teniendo en cuenta un valor de cromo promedio inicial de 1.03 mg/l; los mayores porcentajes de remoción de cromo VI como se muestra en la Figura 1, se alcanzaron cuando se utilizaron 0,2 g de cáscara de plátano verde, llegando a un porcentaje promedio de remoción del 75,642 \pm 1.53%, que es muy cercano al alcanzado con una masa de 0,5 g. en el que se manejan medias del 75.077 \pm 1.713%. Es decir, la eficiencia de remoción disminuye al aumentar la cantidad de tartar utilizado.

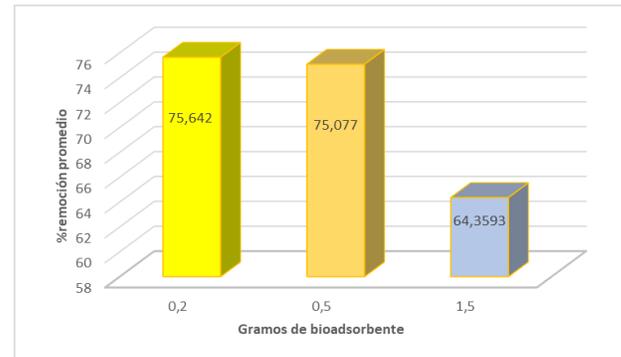


Fig. 1 Porcentaje de remoción con respecto a la cantidad de bioadsorbente.

En cuanto al pH como se muestra en la Figura 2 cuando el pH es de 5,24 se presentan los mayores porcentajes de remoción de cromo VI el 75,0163 \pm 1.712%. Con valores de pH inferiores a 5, el porcentaje de remoción se ubica por debajo del 70% y cuando el pH se acerca a 6 también se presenta una disminución en cuanto al porcentaje de remoción. Pues las variaciones de pH pueden favorecer o no la concentración de protones y que se dé o no una competencia con los iones metálicos por ocupar los sitios de unión en el bioadsorbente.

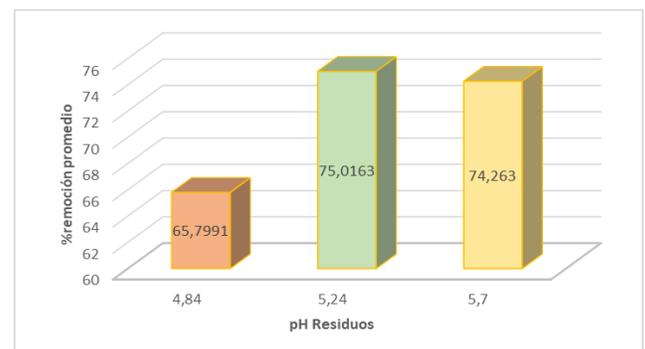


Fig. 2 Porcentaje de remoción con respecto a las variaciones de pH de los residuos.

En relación con el tiempo de contacto de los residuos con el bioadsorbente, como se observa en la Figura 3, el porcentaje de remoción promedio de Cr VI para los ensayos realizados es similar siendo el 71.459 \pm 1.741% para 1 hora, 63.138 \pm 1.741% para 2 horas y 74.482 \pm 1.741% para las 3 horas. Es decir, el tiempo de contacto no tiene un efecto significativo sobre el porcentaje de remoción.

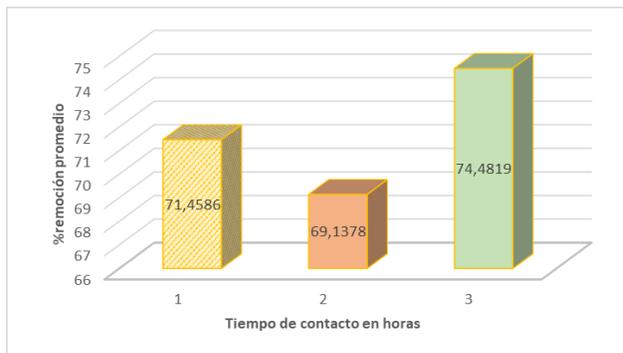


Fig. 3 Porcentaje de remoción con respecto a las cantidades de bioadsorbente.

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo con el análisis de varianza realizado, se pudo establecer que los factores cantidad de cáscara de plátano verde y pH de los residuos, tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el porcentaje remoción de cromo VI con un 95,0% de nivel de confianza. Contrario a esto el tiempo de contacto con el bioadsorbente no se considera un factor determinante para el proceso desarrollado.

Finalmente, al revisar el cumplimiento con respecto a lo establecido por la Resolución 0631 de 2015 con respecto a la concentración máxima permisible de cromo para vertimientos puntuales que es de 0.5 mg/L, los 81 ensayos realizados cumplieron con ese parámetro mínimo, evidenciando con esto la eficiencia de la cáscara de plátano verde para la remoción de Cr VI.

REFERENCIAS

- [1] Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Política ambiental para la gestión integral de residuos o desechos peligrosos. (2005). [En línea]. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Polit%C3%ACcas_de_la_Direcci%C3%B3n/Pol%C3%ADtica_Ambiental_para_la_Gesti%C3%B3n_Integral_de_Residuos_o_Desechos_Peligrosos.pdf
- [2] G. Espinosa & G. Mera. “Alternativas ambientales para la remoción de cromo hexavalente en residuos líquidos de los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño”. Tesis de grado Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio ambiente. Universidad de Manizales. 2015
- [3] Castro, B. “Uso de la cáscara de banano (*Musa paradisiaca*) maduro deshidratada (seca) como proceso de bioadsorción para la retención de metales pesados, plomo y cromo en aguas contaminadas”. Trabajo de grado previo a la obtención del título de magíster en impactos ambientales. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 2015.
- [4] R. Marandi. “Biosorption of Hexavalent Chromium from Aqueous Solution by Dead Fungal Biomass of *Phanerochaete crysosporium*: Batch and Fixed Bed Studies”. *Canadian Journal on Chemical Engineering & Technology*, vol. 2, No. 2. 2011 [En línea]. Disponible en:

- <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.469.5706&rep=rep1&type=pdf>
- [5] N. Egg, S. Salvarezza, R. Azario, N. Fernández & M. García. “Adsorción de cromo hexavalente en la cáscara de arroz modificada químicamente”. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, vol. 3, No. pp. 141-151. 2012.

Capítulo 10. Diseño de un sistema de calentamiento de agua residencial por energía solar

Design of a water heating system through solar energy for residential use

Andrés David Bonilla Cortés, Fundación Universitaria de San Gil - UNISANGIL
Chiquinquirá, Colombia

abonilla@unisangil.edu.co

Palabras clave: calentamiento de agua, energía solar, termosifón, tubos evacuados simples.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la mayor cantidad de energía consumida en el planeta proviene de los combustibles fósiles, estos son responsables de grandes problemas medioambientales de gran relevancia en la humanidad. Uno de los principales usos de la energía es el calentamiento de fluidos, en particular de agua.

El calentamiento de agua a través de la energía solar térmica, como fuente de energía renovable, se ha convertido en un campo de desempeño a nivel ingenieril y contribuir con esta área se establece como objetivo de este proyecto al diseñar y construir un sistema de calentamiento de agua para uso residencial asistido por energía solar como fuente de energía principal, orientado al desarrollo socioeconómico y ambiental en el área rural. A fin de evaluar su desempeño, el sistema fue instalado en una zona rural del municipio Mesa de los Santos, Santander.

II. METODOLOGÍA

El sistema se propone con un subsistema de captación de energía basado en los últimos avances tecnológicos disponibles como lo tubos evacuados simples que trabajan con circulación por termosifón; un subsistema auxiliar de calentamiento por resistencias eléctricas y un tanque de almacenamiento aislado.

A. Descripción del sistema del calentador de agua con captación de energía por tubos evacuados simples

El sistema solar térmico de calentamiento de agua está compuesto por diversos subsistemas. Ver Figura 1. Trabaja por termosifón y flujo natural [1], y funciona por gravedad a baja presión, por tanto, se garantiza que la salida del agua del tanque domiciliario esté por encima del tanque térmico aislado, para suministrar agua por gravedad al sistema (Ver Figura 2).

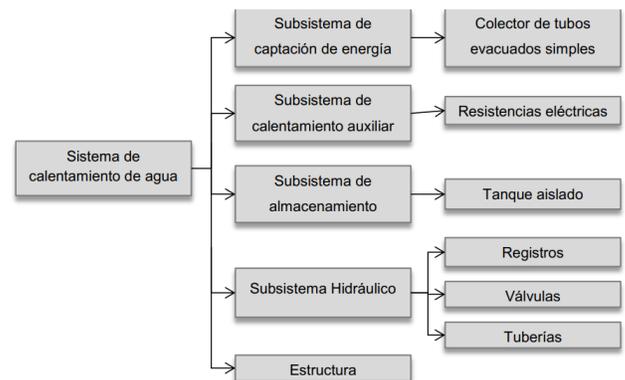


Fig. 1 Subsistemas y elemento que componen el sistema de calentamiento de agua.

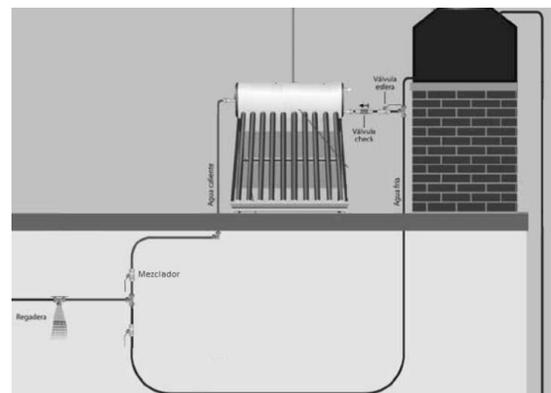


Fig. 2 Instalación del calentador solar térmico.

B. Diseño del calentador de agua solar basado en un modelo matemático

El diseño del calentador de agua solar con tubos de vacío de contacto directo, agrupa varios parámetros de diseño, siendo estos la base para la construcción del calentador. Por lo tanto, se realizó un modelamiento con el fin de tener una base de diseño. También se evalúan ciertas recomendaciones de diseño dadas por los fabricantes, manuales de diseño para colectores solares y recomendaciones de normas técnicas. En la Figura 3 se

aprecian los diferentes resultados de los modelos matemáticos desarrollados [2].

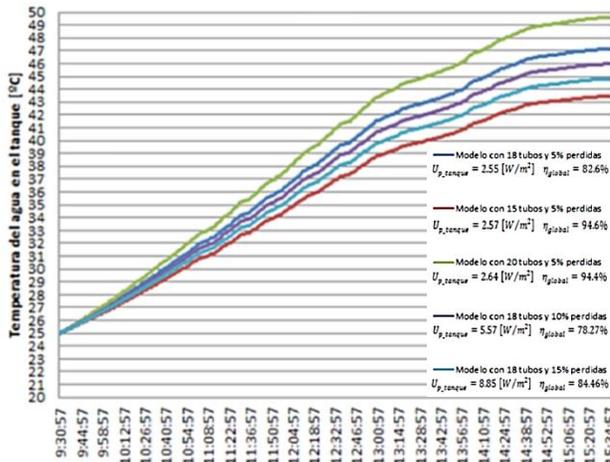


Fig. 3 Temperatura del agua en el tanque vs. horas diurnas.

La variación entre los 5 modelos matemáticos desarrollados es tan solo de 2°C en promedio, por lo que se corroboró que los parámetros de diseño obtenidos a partir de las recomendaciones dadas por los diversos fabricantes de tubos, los manuales y las Guías Técnicas Colombianas, GTC, cumplen con los requisitos del calentador, mostrando un buen comportamiento teórico dado por el modelo que contiene 18 tubos de vacío y un 5% de pérdidas de la energía en el tanque de almacenamiento [3].

La curva teórica del comportamiento nocturno de la temperatura del agua al interior del tanque de almacenamiento aislado se presenta en la Figura 4. Se obtuvo tras el cálculo del coeficiente global de pérdidas de energía del tanque de almacenamiento.

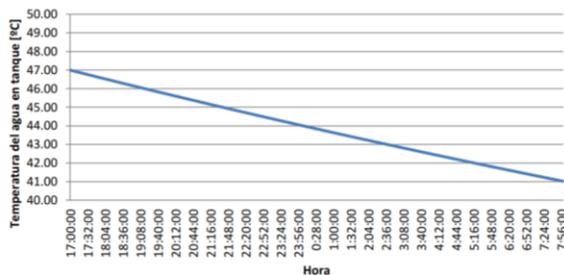


Fig. 4 Temperatura del agua en el tanque vs horas nocturnas.

III. RESULTADOS

Posterior a la construcción e instalación se monitoreó el comportamiento de la temperatura interna del agua en el tanque, dicho comportamiento depende directamente de la irradiación incidente sobre los tubos colectores (Ver Figura 5).

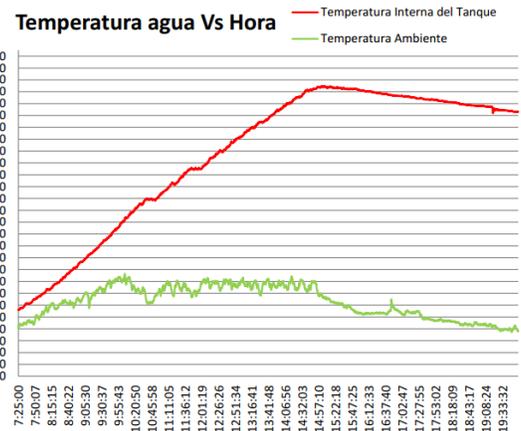


Fig. 5 Temperatura vs. horas.

Al evaluar el sistema con la metodología del Valor Presente Neto, VPN, durante el tiempo de vida útil de 20 años, se obtiene un valor de \$3.013.150 COP. Se realizó comparación con los métodos convencionales de calentamiento de (Ver Tabla 1) [3].

TABLA. 1 MEDICIÓN DE VPN DE CALENTADOR SOLAR, ELÉCTRICO Y GAS NATURAL

Calentador de agua	Costo/Persona/Mes
Calentador solar	\$ 3.013.150,00
Calentador eléctrico	\$ 5.853.312,00
Calentador gas	\$ 6.451.710,00

III. CONCLUSIONES

Se destaca la evaluación de la eficiencia global real del sistema, la cual fue de 78.6%, obteniendo temperaturas de trabajo cercanas a 59°C.

Se realizó la estimación del costo total de producción, incluyendo la instalación, operación y mantenimiento, el cual fue de \$3.013.150 COP.

Se pudo establecer la viabilidad económica por medio del análisis de VPN respecto a los sistemas de calentamiento por energía eléctrica y por gas natural.

REFERENCIAS

- [1] Guía Técnica Colombiana GTC 108, "Especificaciones para sistemas de calentamiento de agua con energía solar, destinada al uso doméstico", Icontec, Bogotá D.C, 2004.
- [2] N.E Jaimes, y S.A Rivero, "Diseño y construcción de un colector solar de tubos de vacío". Trabajo de grado de ingeniería mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 2012.
- [3] A.D. Bonilla y S.A Cáceres, "Diseño y construcción de un sistema de calentamiento de agua para uso residencial por energía solar", Trabajo de grado de ingeniería mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 2014.

Capítulo 11. Tecnología limpia para el tratamiento de residuos mineros en Vetas, Santander

Clean technology for the treatment of mining waste in Vetas, Santander

Walter Pardavé Livia, Universidad de Santander, Facultad de Ingenierías, Grupo Ambiental de Investigación Aplicada, Bucaramanga, Colombia

wpardaveudes@gmail.com

Palabras clave: tecnología limpia, residuo minero, pasivo ambiental.

municipio de Vetas (Santander) y el municipio de Berlín (Santander) que en este momento es una vía totalmente destapada y sin algún tipo de pavimento [3].

I. INTRODUCCIÓN

Desde la primera incursión del hombre en el campo del extractivismo y la minería siempre ha existido la problemática sobre el qué hacer con los residuos que dejan estos procesos, llamados recientemente PAM (pasivos ambientales mineros), que no son otra cosa que la sobras y el material considerado no útil, o que por sus características no proporciona una capitalización adecuada, sin embargo, a pesar de no ser útiles en términos económicos estos si producen marcados impactos ambientales en el área donde se encuentran, tales como: drenajes ácidos de mina, retorno de aguas que contienen productos químicos nocivos a los acuíferos, erosión debido a relaves inestables y la desertificación por mencionar algunos [1].

Actualmente la preocupación creciente por el cuidado del medio ambiente ha conllevado a la regulación de las leyes y a la búsqueda de alternativas de reciclaje que logren reducir al máximo posible los impactos ambientales negativos y transformen los PAM en productos útiles a la sociedad [2].

De acuerdo con lo anterior, han tomado un nuevo impulso los procesos de separación gravimétrica de minerales tales como mesas Wilfley, concentradores Knelson, espirales Humphreys, etc. los cuales en su funcionamiento solo necesitan de una corriente de agua, lo que reduce al mínimo el riesgo de contaminación por químicos en cuerpos acuíferos cercanos.

Partiendo de esta idea se propone esta tecnología limpia que busca darle una aplicación a los residuos sólidos cianurados que produce la empresa minera del municipio de Vetas y que son visibles en la Figura 1, tratarlos mediante un separador en espiral Humphreys y con ellos producir un material apto para conformar un agregado de concreto capaz de cumplir la normas técnicas para la pavimentación de vías terciarias como la que une el



Fig. 1 Residuos mineros en el municipio de Vetas, Santander.

II. METODOLOGÍA, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La metodología empleada fue la experimental, donde se realizó lo siguiente:

- Caracterización química y mineralógica de los residuos.
- Pruebas con concentradores para recuperar oro.
- Fabricación de material de construcción con los residuos.

Para las pruebas de concentración es necesario dar valores máximos y mínimos para cada uno de los factores experimentales, en este caso el flujo de pulpa fue establecido con la mínima potencia que entrega la bomba adaptada del hidrociclón y el máximo como el flujo donde la pulpa empieza a derramarse por las paredes del espiral. El separador rifles para tener en cuenta es el que controla los mixtos y para efectos del diseño se tomó como 1 el rifle totalmente abierto y como 0 el rifle totalmente cerrado. En la Figura 2 se observa el perfil de

colas, mixtos y concentrados a través del espiral. En cuanto a la granulometría, se optó por un tamaño de partículas máximo de 0,297 mm que es el equivalente al pasante malla 50 y un valor mínimo de 0,149 mm que corresponde al retenido en malla 100. A pesar de que las fuentes teóricas sitúan el rango de acción de los espirales a un tamaño de partícula de máximo pasante malla 10 (2 mm) y mínimo de retenido malla 20.



Fig. 2 Colas, mixtos y concentrados en el espiral.

Una vez obtenidos los concentrados de cada una de las 8 pruebas se procedió a extraer el agua a través de un filtro-prensa y posterior secado en estufa. Ya con el mineral seco se procede a realizar ensayos al fuego a cada una de las muestras para determinar el contenido de oro presente y establecer cuál fue la mejor combinación de variables.

Luego se procedió a elaborar el material de construcción, haciendo que los residuos sean los agregados finos junto con arena fina, la relación entre arena fina y residuos será la única variable para tener en cuenta al momento de definir la resistencia de las probetas. Los porcentajes seleccionados fueron 0%, 10%, 50%, 90% y 100%. Por esto se requiere caracterizar también las arenas a usarse, que en este caso, aprovechando la cercanía al municipio de Vetas, serán provenientes de la arenera “La Peña”, dado que reducirían los costos de transporte.

Se realiza una caracterización granulométrica y, además, dado que la arena es extraída a cielo abierto con un método poco tecnificado se realizó una prueba de contenido de impurezas orgánicas las cuales pueden afectar el rendimiento del concreto (Ver Figura 3).



Fig. 3. Fabricación y curado de probetas.

III. CONCLUSIONES

Se realizó la concentración gravimétrica de los relaves a través de un espiral Humphreys de 6 vueltas, alimentado con una pulpa al 2% porcentaje en peso, variando el flujo de pulpa, la apertura de los reflex y la granulometría, siendo la granulometría la que presenta mayor influencia en el aumento de la ley de oro en los concentrados.

Se fabricó concreto tipo D usando los residuos provenientes del espiral en distintas concentraciones y se analizaron las curvas de desarrollo de resistencia de cada una, de las cuales las composiciones de 50% y 90% son las que presentan mayor aptitud para la construcción de placa huella, dado que la resistencia a la compresión que alcanzan cumple con los parámetros establecidos por la norma INV E-410, del Instituto Nacional de Vías, Invías.

El autor agradece a los ingenieros Fabián Corredor e Iván Jaimes, por las pruebas realizadas.

REFERENCIAS

- [1] Arango, M.; Olaya, Y. Problemática de los pasivos ambientales mineros en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 15(3), 125-133. 2012.
- [2] Infante, C. Pasivos ambientales mineros: barriendo bajo la alfombra. OCIMAL. Recuperado de <https://www.ocmal.org/wp-2011>.
- [3] Bouso, J.L. Las espirales de concentración y su vuelta a la actualidad. XXIV Convención de Ingenieros de Minas, Perú. 1999, pp. 2-3. 2000.
- [4] Instituto Nacional de Vías. Resistencia a la compresión de cilindros de concreto. INV E-410-07; 2007. (s.f.).
- [5] Cárdenas, F. J. Propuesta de uso de relaves de mina polimetálica en la fabricación de unidades de albañilería – caso ex unidad minera Mercedes 3. Tesis de pregrado: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 128 p. 2019.
- [6] Gutiérrez, J. Reaprovechamiento y remediación de pasivos ambientales mineros. *Revista Advocatus*, Facultad de Derecho de la Universidad de Lima, 25(1), 53-55. content/uploads/2017/03/pasivos_22.pdf

Capítulo 12. Cáscaras de frutas para remoción de Cu, Fe y Zn desde efluentes mineros

Fruit peels for Cu, Fe y Zn removal from mining effluents

Walter Pardavé Livia, Universidad de Santander, Facultad de Ingenierías, Grupo Ambiental de Investigación Aplicada, Bucaramanga, Colombia

wpardaveudes@gmail.com

Palabras clave: cáscaras de frutas, metales pesados Cu, Fe y Zn, efluentes mineros.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las crisis ambientales de mayor resonancia a la que el hombre se está enfrentando es la contaminación del agua [1]. El agua es un nexo importante en la vida humana y su interconexión es de múltiples maneras, con la salud, los alimentos, la energía y la economía [2]. El aumento sin precedentes de los contaminantes y la urgente búsqueda de alternativas para su resolución, representa un tema clave en el manejo de contaminantes ambientales. Metales pesados como mercurio (Hg), cadmio (Cd), cromo (Cr), arsénico (As), plomo (Pb) y níquel (Ni) son los principales contribuyentes a los altos grados de contaminación y dificultad de tratamiento de estos líquidos [3]. El término metal pesado, engloba a metales y metaloides con densidades altas (mayor a $4 + 1 \text{ g/cm}^3$), peso y masa atómica por arriba de los 20 y toxicidad en bajas concentraciones y el tipo de compuesto o metabolito que llegan a formar, por ejemplo el metilmercurio, compuesto tóxico para el organismo [3].

La mayor dificultad con estos es su efecto silencioso, no llega a apreciarse hasta que el impacto incluso es irreversible, sobre todo en temas de salud [4]. Las afecciones, resultado de la exposición prolongada o bioacumulación de metales resulta alarmante, estas van desde daños a órganos vitales hasta efectos cancerígenos [5].

Estos contaminantes acuosos provienen de fuentes industriales, agrícolas y domésticas, tal cual se esquematiza en la Tabla 1. Es de conocimiento que las actividades mineras no solo traen beneficios económicos, sino que en sus operaciones de molienda, flotación, fundición y refinación de metales descargan un buen porcentaje de potenciales elementos peligrosos al entorno circundante [6].

TABLA 1. FUENTES DE LOS CONTAMINANTES DEL AGUA [2]
Contaminantes del agua

Industriales
•Contaminantes orgánicos
•Derrames de petróleo
•Residuos radiactivos
•Metales pesados
Agrícolas
•Fertilizantes, pesticidas
•Herbicidas, insecticidas
Domésticos
•Residuos de lavado
•Desechos domésticos

II. METODOLOGIA

Se pusieron en contacto el bioadsorbente (cáscara de frutas) y la disolución problema haciéndose pasar por el filtro de columna en un tiempo de 3 horas a temperatura ambiente de 22°C, pH de la solución de 7 a un tamaño de partícula de 0.225 mm establecido previamente (tamiz N° 60 según la ASTM), una densidad de empaque en peso de 100 gr y altura variable por las diferentes densidades del bioadsorbente utilizado.

Después de la puesta en marcha del filtro y el período respectivo de cada corrida, se tomó la muestra con una pipeta de 10 ml en un muestreador de 5 ml, fue etiquetado y trasladado al laboratorio de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Laboratorio CITBM. Ver Figura 1), para el análisis mediante FRX. El tiempo que duró realizar los tratamientos y muestreo fue de cinco días.



Fig. 1 Montaje de tratamiento aplicado.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El pH y los sólidos suspendidos totales (SST) de la solución fueron medidos antes y después del tratamiento de bioadsorción, el pH inicial fue 7.3 y el final de 4.6, 6.6, 5.8, 6.2, 6, 7, 6.7, 6, 6.2, 6.7 correspondientes a los tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9 y T10). En los diez tratamientos hubo una disminución del pH final con respecto al inicial. En cuanto a los SST el valor inicial también difiere con los valores después de los tratamientos, este aumento de 740 mg/l a 960 mg/l, 1520 mg/l, 1050 mg/l, 892 mg/l, 960 mg/l, 1010 mg/l, 1060 mg/l, 970 mg/l, 862 mg/l y 1140 mg/l para T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9 y T10 respectivamente, se le atribuye al hecho de que en el diseño del filtro no se consideraron algunos mecanismos de retención de sólidos, como lo hicieron algunos investigadores, pues la naturaleza orgánica de los bioadsorbentes y el tamaño de la partículas influyeron en que fueran arrastradas durante el proceso.

A. Superficie de respuesta

En la Figura 2 se observan las proporciones de las cáscaras de frutas (fibra de plátano, fibra de coco y fibra de naranja) óptimas que permiten tener la máxima remoción de metales pesados. Se comprobó cómo las proporciones de fibra de coco por sí solas presentan un comportamiento positivo muy alto en la remoción del cobre.

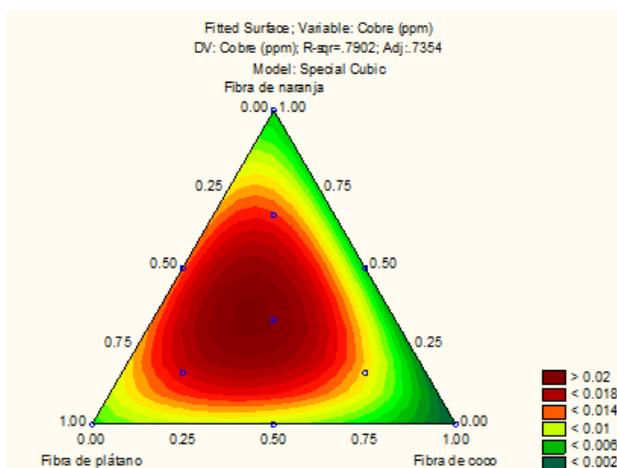


Fig. 2. Superficie de respuesta de contorno para la remoción del cobre.

IV. CONCLUSIONES

El modelo estadístico Diseño Simplex Lattice, mediante la metodología de superficie de respuesta triangular, permitió establecer que respecto a los tratamientos de bioadsorción aplicado en la remoción de cobre, hierro y plomo: que las cáscaras de coco tuvieron una mayor participación en la remoción del cobre, las de coco fueron mejores en la remoción del hierro y la que tuvo mayor actuación en la remoción del plomo fueron las cáscaras de naranja.

Los porcentajes de remoción más óptimos alcanzados en los tratamientos fueron como sigue: El tratamiento dos (T2), con cáscaras de coco (100 gr) fueron eficientes en cobre con 96.36%; para el hierro el tratamiento dos y seis (T2 y T6) compuestas por coco (100 gr) y coco-naranja (50 gr cada uno), se obtuvo 91.54 % y 92.05%, respectivamente.

Los filtros bioadsorbentes con materiales lignocelulósicos (cáscaras de frutas) fueron eficientes en la remoción de metales pesados (cobre, plomo y zinc) del efluente minero. Los resultados obtenidos muestran que son una alternativa viable con el ambiente para remover metales pesados presentes en los efluentes de origen minero.

Por su naturaleza orgánica y procedencia de “residuos”, pueden ser más valorizados y aprovechables ambientalmente.

REFERENCIAS

- [1] Ahuja, S., Larsen, M. & Eimers, J. Comprehensive water quality and purification. Elsevier, 103-121. 2014.
- [2] Yadav, M., Gupta, R. & Kumar, R. Advances in Water Purification Techniques. En Chapter 14 - Green and Sustainable Pathways for Wastewater Purification (pp. 355-383). 2019.
- [3] Yu, X.-L. & He, Y. Optimal ranges of variables for an effective adsorption of lead (II) by the agricultural waste pomelo (Citrus grandis) peels using Doehlert designs. Scientific Reports, 8 (1), 729. 2018.
- [4] Romero, K. Contaminación por metales pesados. *Científica Ciencia Médica*, 12(1), 45-46 2009.
- [5] Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M. & González, E. Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 16(2), 66-77. 2016.
- [6] Zhou, Z., Chen, Z., Pan, H., Sun, B., Zeng, D., He, L., Zhou, G. Cadmium contamination in soils and crops in four mining areas. China. *Journal of Geochemical Exploration*, 72-84. 2018 content/uploads/2017/03/pasivos_22.pdf

Capítulo 13. Estimación de la erosión hídrica en suelos desnudos del municipio de Curití, Colombia

Estimation of water erosion in bare soils municipality Curití, Colombia

William Guerrero Salazar, docente
John Arenales A., egresado
Steven Arenales A., egresado
José María Camacho G., egresado

Fundación Universitaria de San Gil – UNISANGIL
San Gil, Colombia

wguerrero@unisangil.edu.co
arenalesjohn@hotmail.com
camacho_014@hotmail.com
stevenarenales@gmail.com

Palabras clave: erosión hídrica, régimen pluviométrico, relieves escarpados, parcelas de escorrentía.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

I. INTRODUCCIÓN

La erosión reduce la fertilidad y la capacidad de infiltración y posterior almacenamiento de agua en el suelo, por lo tanto, perder suelo es perder agua. Cuando se pierde la estructura, se reduce la tasa de infiltración, la escorrentía aumenta y la capacidad de almacenamiento de agua disminuye [1].

Este artículo contiene la estimación de la erosión hídrica superficial en suelos con relieves escarpados desprovistos de vegetación de las veredas El Uvo e Irapiro del municipio de Curití. El estudio contempla una descripción de la erosión en Colombia, sus grados y magnitud.

II. EROSIÓN EN COLOMBIA

Según la "línea base de degradación de suelos por erosión" [2], el 40%, de la superficie en Colombia, presenta algún grado de degradación de suelos por erosión. De esta parte del territorio afectado, el 20% presenta erosión ligera, el 17% erosión moderada, el 3% erosión severa y el 0,2% erosión muy severa. La clase de erosión más recurrente es la laminar, y su manifestación en el terreno no se presenta sola, sino como una combinación.

Santander es un departamento afectado, tanto por la magnitud como por la severidad de la erosión [3] [4].

La metodología desarrollada se basó en los lineamientos del Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión empleada por el DEAM- MADS - UDCA [5].

En el desarrollo de dichas etapas se instalaron 4 parcelas experimentales, cada una con unas dimensiones de 5 metros de ancho por 10 metros de largo y con pendientes superiores al 70%; tomando muestras durante un año hidrológico; las que se analizaron de forma independiente e integrada. Adicionalmente en estas parcelas se incorporaron clavos de erosión y así poder establecer la movilidad y sedimentación de suelo.

Se realizó la evaluación de la erosión actual y potencial con base en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) desarrollada por Wischmeier and Smith (1965) [6]. La función que describe el proceso se expresa en la ecuación 1.

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad \text{Ecu.1}$$

Posteriormente se incluye la clasificación de rangos de erosión propuesta por la FAO [7].

IV. RESULTADOS

- *Localización.* La zona de estudio se ubica en el municipio de Curití (Santander), específicamente en las coordenadas expuestas en la Tabla 1.

TABLA 1. LOCALIZACIÓN PARCELAS DE ESCORRENTÍA

Municipio	Parcela No.	Vereda	N	S	Altura m.s.n.m.
Curití	1	El Uvo	1112386	1227243	1584
	2	El Uvo	1112520	1227158	1486
	3	Irapiré	1114413	1226880	1843
	4	Irapiré	1117288	1226842	1922

- *Análisis climatológico.* El balance hídrico de las veredas El Uvo e Irapiré, permitió conocer una precipitación de 1067 mm.año⁻¹, donde se identifican tres períodos, uno lluvioso durante los meses de septiembre, octubre y noviembre en donde se genera alta escorrentía superficial, un período seco durante los meses de diciembre a febrero, en donde se presenta déficit de agua en el suelo, seguido de nuevo de un período lluvioso entre los meses de marzo a agosto.

- *Parámetros físico químicos:* En las parcelas 2 y 4 se presentan los valores más altos de densidad aparente con un valor de 1,32 gr/cm³, siendo estos datos coherentes con los registros en suelos pesados, los valores más bajos se encontraron en la vereda El Uvo 1,25 gr/cm³, pero al igual que en la vereda Irapiré, estos valores indican presencia considerable de arcillas (suelos altamente susceptibles de ser erosionados por el agua). Entretanto, los análisis químicos permiten apreciar que los suelos estudiados son fuertemente ácidos, con bajos contenidos de MO, P, Ca, Mg, K, Na.

- *Erosión hídrica potencial.* Los resultados muestran una erosión potencial de 86,09 Tn.ha⁻¹.año para parcelas con pendientes entre el 70 y el 75%; y de 206,51 Ton.ha⁻¹.año para las que presentaban más del 75% de pendiente.

- *Erosión actual.* Los valores advierten que la parcela 3, ubicada en Irapiré, presenta el mayor grado de erosión con 86,09 Tn.ha⁻¹; seguida de la parcela 1, en El Uvo, con una erosión de 73,10 Tn.ha⁻¹.

La sedimentación promedio registró mayores valores en la parcela 3, con datos proyectados por año de 65,57 Tn.ha⁻¹, seguida de la parcela número 1 con 53,63 Tn.ha⁻¹.año.

La erosión neta confirma los valores anteriores, estableciendo que a mayor pendiente mayor es la erosión, como se puede observar en la parcela 3 que tiene una

pendiente superior del 75% y registró los valores más altos de erosión neta con un valor de 83,51 Tn.ha⁻¹, los menores valores fueron de 26,07 Tn.ha⁻¹ en la parcela 4.

Respecto al suelo movilizado se pudo apreciar que en las parcelas ubicadas en la vereda El Uvo con pendientes del 70 y 75% se vieron los valores más grandes de suelo movilizado con 79,72 Tn.ha⁻¹.año y 73,58 Tn.ha⁻¹.año respectivamente.

- *Análisis químico.* Se pudo determinar que los suelos de las veredas El Uvo e Irapiré perdieron grandes contenidos de materia orgánica en relación con sus condiciones iniciales, las que se establecieron en un orden del 2,3% y registraron cambios en los contenidos de P, Al³⁺, Al, Ca, Mg, K, Na asociados a la dilución del mineral y su transporte con la escorrentía.

V. CONCLUSIONES

La erosión registrada en el año 2016 en suelos desnudos y escarpados en las veredas El Uvo e Irapiré se considera fuerte con valores medios de 86,09 Tn.ha⁻¹.año.

La erosión potencial está determinada por el factor LS y R ya que las zonas consideradas con erosión fuerte son las que presentan los valores más altos para ambos factores; sin embargo, la posibilidad de incrementar el grado de erosión a severa está determinado por el factor C y P, cobertura vegetal y prácticas agronómicas respectivamente, factores que inciden sustancialmente en la pérdida de suelo.

El método de clavos de erosión incorporado en las parcelas de escorrentía resulta adecuado para la cuantificación, estimación y análisis de la erosión hídrica por escorrentía superficial directa, al introducir parámetros que permiten establecer un análisis entre pérdidas, movilización y sedimentación de material, logrando generar balances de masa que en últimas aproximan más los datos a condiciones reales de campo.

Los valores de precipitación media anual en el municipio alcanzan máximas de 1067 milímetros, que ocasionan valores de erosividad muy altos en la zona de montaña del orden de los 86.09 Tn.ha⁻¹.año.

Realizando una estimación teórica y proyectando la incorporación de prácticas agronómicas de conservación de suelo (cultivos en fajas, con valores en el coeficiente de conservación de suelo, P igual a 0.4 o 0.3), las pérdidas de suelo se verían ampliamente disminuidas, hasta en un 60% de los valores actuales.

REFERENCIAS

- [1] Lal, R. Agronomic consequences of soil erosion. In: Penning de Vries, F.W.T.; Agus, F.; Kerr, J. Eds. Soil erosion at multiple scales. Principles and methods for assessing causes and impacts, Cabi Publishing and Ibsram. Pp. 149-160. (1998)
- [2] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, MADS. *Política para la gestión sostenible del suelo*. Bogotá D.C.: Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana. Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. 62 - 147 p. (2015).
- [3] USDA. *Claves para la taxonomía de suelos*. 10a. ed. Washington D.C.: Soil Survey Staff. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservación de Recursos Naturales. (2006).
- [4] Ideam. Programa de monitoreo y seguimiento a la degradación de suelos y tierras. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental Grupo de Suelos y Tierras. (2014).
- [5] Ideam, U.D.C.A. Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión. Bogotá D.C., Colombia. 2015.
- [6] Wischmeier, W. H. and Smith D.D. “Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning”. U.S. Department of Agriculture Handbook, No. 537. 1965.
- [7] FAO. “A provisional methodology for soil degradation assessment”. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma. 1979.

Capítulo 14. Biorremediación microbiana de suelos contaminados con hidrocarburo en la antigua área de tratamiento biológico (ATB) de la Gerencia Refinería Barrancabermeja

Microbial bioremediation on hydrocarbon contaminated soil in former biological treatment area (atb) in Barrancabermeja Refinery

William Guerrero Salazar, docente Fundación Universitaria de San Gil – UNISANGIL
Oscar Javier Leal Guerrero, docente Fundación Universitaria de San Gil – UNISANGIL
Debbie Andrés Cadena Agudelo
Erlig Diana Jiménez Becerra

San Gil, Colombia

wguerrero@unisangil.edu.co
oleal@unisangil.edu.co
debica21@gmail.com
dianajimenezbecerra@gmail.com

Palabras claves: Biorremediación microbiana, bioestimulación, bioaumentación, ensayo de tratabilidad, prueba piloto en campo.

I. INTRODUCCIÓN

El tratamiento por biorremediación microbiana es un proceso biológico utilizado ampliamente a nivel mundial en la descontaminación de suelos y materiales contaminados con hidrocarburos del petróleo. Este trabajo incorpora la aplicación de la tecnología de biorremediación microbiana en el pasivo ambiental existente en la antigua área de tratamiento biológico “ATB” de la Gerencia Refinería de Barrancabermeja que presenta suelos contaminados con contenidos de hidrocarburo hasta del 30% (30000 mg/kg) producto de que a lo largo de su operación, recibió todos los lodos aceitosos que en el funcionamiento normal de la refinería se generaban. Los resultados alcanzados lograron demostrar una reducción significativa de la concentración de hidrocarburos contenidos en el suelo contaminado (hasta del 73%) en diez (10) semanas de duración del proceso de biodegradación. [1]

II. METODOLOGIA

El proyecto se llevó a cabo en las instalaciones de la Gerencia Refinería de Barrancabermeja, en la antigua área de tratamiento biológico (ATB), la cual cuenta con una extensión de once (11) hectáreas. El desarrollo experimental se realizó a través de las siguientes etapas: a) muestreo de suelos; b) caracterización fisicoquímica y microbiológica del suelo contaminado y analizada en un

laboratorio certificado (laboratorio de servicios industriales UIS), así como análisis de campo por medio de un equipo Kit Retorta; c) evaluación de variables (pH, humedad, contenido de hidrocarburos totales y microorganismos presentes) durante el proceso de biorremediación microbiana; d) obtención de un Consorcio Microbiano degradador de hidrocarburo; e) ensayo de tratabilidad a través de una prueba a escala de laboratorio; f) prueba piloto en campo; g) seguimiento y control al proceso de biorremediación del suelo contaminado; y h) análisis y evaluación del sistema de biorremediación microbiana. Teniendo en cuenta que el área de estudio presenta tres (3) zonas o pistas con puntos calientes o de mayor concentración de hidrocarburo (% de Hidrocarburo), se procedió a tomar como referencia para el presente estudio, el suelo que presenta esta consideración. Conociendo la gran eficiencia y versatilidad de las *Pseudomonas sp* para degradar hidrocarburos contenidos en suelos, se procedió con el procesamiento del consorcio microbiano el cual consistió en la mezcla de un producto comercial y la muestra de suelo extraída del área objeto de estudio. Después de esto, se implementó una prueba a escala laboratorio que permitiera evaluar el comportamiento del material en presencia del consorcio y la eficiencia de este en la biodegradación del hidrocarburo contenido en la matriz objeto de estudio. Se realizó el montaje de tres (3) recipientes con suelo contaminado con hidrocarburo y se definió con base en los resultados del análisis de porcentaje de hidrocarburo realizados a la muestra de suelo, se empleó la técnica de bioaumentación y bioestimulación en dos (2) recipientes, aplicando como producto biodegradador de hidrocarburo el consorcio

microbiano desarrollado. Para el tercer recipiente no se empleó ningún tipo de producto, a fin de determinar la capacidad degradadora de los microorganismos nativos presentes en el suelo contaminado, solo bajo condiciones controladas de humedad y suministro de aireación por medio de volteos. De esta forma, el ensayo de tratabilidad se desarrolló durante diez (10) semanas en las instalaciones del laboratorio de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de la Refinería de Barrancabermeja, bajo condiciones constantes y en la cual se realizaron actividades de seguimiento y control fisicoquímico y microbiológico de los parámetros de interés, que permitieron determinar las capacidades biodegradativas en términos de reducción de la concentración de hidrocarburo y el comportamiento de los microorganismos degradadores presentes en el material en proceso contenido en cada uno de los recipientes. Posterior al ensayo de tratabilidad del suelo contaminado, se procedió a realizar a este proceso de biorremediación, una prueba piloto en campo con las mismas condiciones de aplicación del consorcio microbiano en los recipientes A y B, e iguales características de las muestras de suelo contaminado, empleadas en el desarrollo del montaje del ensayo de laboratorio, excepto la aplicación de un nutriente líquido como una medida de bioestimulación adicional al material en proceso contenido en la pista C; lo anterior, con el fin de validar los resultados alcanzados durante esta primera fase de experimentación. Esta prueba piloto se desarrolló en un tiempo igual al empleado durante el ensayo de tratabilidad (10 semanas) y fue implementado en un sitio ubicado en el interior del área de tratamiento biológico (ATB), de manera que las condiciones bajo las cuales estuvo expuesto el piloto de campo se asimilaran lo más cercano posible a las condiciones reales bajo las cuales está emplazado el área objeto de estudio. Para esto, se realizó el montaje de pistas o eras de tratamiento piloto con dimensiones de 1,0 m de ancho, 1,5 m de largo y 0,3 m de espesor, correspondiente a un volumen de 0,45 m³ de material en proceso de biorremediación contenido en cada pista de tratamiento.

III. RESULTADOS

- Características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo contaminado. Los resultados obtenidos de la caracterización del suelo contaminado objeto de estudio, permitieron establecer, frente a los parámetros incluidos en el protocolo Louisiana 29B, que éstos presentan niveles aceptados para la estabilización de suelos contaminados, ver Tabla 1.

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CONTAMINADO
OBJETO DE ESTUDIO

PARÁMETRO	RESULTADO	NORMA 29B*	MÉTODO
Hidrocarburo Totales %	18,64	? 1%	Extracción Soxhlet/Gravimétrico
pH (Unidades de pH)	7,26	6-9	Potenciométrico
Conductividad (µS/cm)	2080	? 4000	Conductivimétrico
Cinc (mg Zn/Kg)	1283	? 500	Absorción atómica
Arsénico (mg As/Kg)	0,060	10	Absorción atómica /Generación de Hidruros
Selenio (mg Se/Kg)	66,00	10	Absorción atómica /Generación de Hidruros
Mercurio (mg Hg/Kg)	0,18	10	Absorción atómica /Generación de Hidruros
Plomo (mg Pb/Kg)	63,8	500	Absorción atómica
Cromo Total (mg Cr/Kg)	27,0	500	Absorción atómica
Cadmio (mg Cd/Kg)	1,10	10	Absorción atómica
Cromo Hexavalente (mg/Kg)	? L.D.	5	Espectrofotométrico
Bario (mg Ba/Kg)	57,9	20000	Absorción atómica
RAS	2,27	? 12	Cálculo Matemático
PSI	2,22	? 15	Cálculo Matemático
Cloruros (mg Cl/Kg)	654	.....	Argentométrico
Calcio (mg Ca/Kg)	7852	.....	Absorción atómica
Magnesio (mg Mg/Kg)	2034	.....	Absorción atómica
Sodio (mg Na/Kg)	878	.....	Absorción atómica
Plata (mg Ag/Kg)	? 0,33	.....	Absorción atómica
Humedad (%)	-	.....	Gravimétrico

- Ensayo de tratabilidad. Durante el ensayo se monitorearon y controlaron las siguientes variables del material en proceso de biorremediación: hidrocarburos totales del petróleo (TPH), microorganismos, pH y Humedad. Para el caso del comportamiento del TPH, los resultados mostraron cambios significativos en los valores presentes en las pistas A y B, correspondientes al suelo contaminado que fue sometido a la aplicación sistemática semanal del consorcio microbiano (bioaumentación), al control de humedad y el suministro de aireación por medio de volteos periódicos, lo que permitió alcanzar porcentajes de remoción de hidrocarburo de 71% y 66% para las pistas A y B respectivamente. La reducción de la concentración de TPH en la pista C no mostró cambios significativos, alcanzando un porcentaje de reducción de 24%. Para el caso de los resultados obtenidos en los recuentos de microorganismos, se observó que se presentaron cambios significativos de la población microbiana en las pistas A y B, encontrando valores finales en los recuentos del orden de 10⁶(UFC/ml); por su parte el crecimiento microbiano en la pista C no registró aumentos en la población microbiana, presentando valores promedio en los recuentos del orden de 10³(UFC/ml). Por su parte, el comportamiento del potencial de hidrógeno del suelo en proceso de tratamiento presentó valores relativamente neutros y la humedad fue manipulada (valor optimo de 30%) para garantizar que los microorganismos mantuvieran condiciones propicias para su crecimiento y actividad degradadora del hidrocarburo contenido en el suelo contaminado.

- Prueba piloto. Durante la prueba piloto en campo se observó que se presentaron cambios significativos en los valores de TPH en cuanto a la disminución de la concentración del hidrocarburo en las pistas A, B y C, no obstante, cabe anotar que debido a que la reducción del porcentaje de hidrocarburo en la pista C durante la prueba piloto venía presentando el mismo comportamiento mostrado en el ensayo de tratabilidad, se decidió a partir de la cuarta semana de la prueba, incorporar medidas tendientes a la bioestimulación de las poblaciones microbianas existentes; para esto, se llevo a cabo la aplicación de un nutriente compuesto por sales de Cloruro de Potasio, Fosfatos de Amonio y Urea disueltas y balanceadas en solución acuosa en mezcla física, sin reacción química [2.], que favoreciera el metabolismo microbiano. Los porcentajes globales de remoción de hidrocarburo durante el periodo de biorremediación evaluado alcanzaron valores de 73%, 72% y 46% frente al contenido inicial del hidrocarburo presente en las pistas A, B y C respectivamente (ver Figura 1), mismos resultados que representan mejores tasas de biodegradación comparados con los arrojados en la investigación de DUA M en el 2002[3.], sobre la biodegradación de hidrocarburos en una refinería utilizando consorcios de nuevas cepas bacterianas. Lo anterior indica que la aplicación de técnicas de bioaumentación y biestimulación en las pistas de tratamiento A, B y C, generaron en forma eficaz el aumento de la población microbiana y la potencialización de la actividad metabólica degradadora requeridas para propiciar procesos de biorremediación eficientes como lo establece GLAZER en los estudios realizados en 2007[4.].

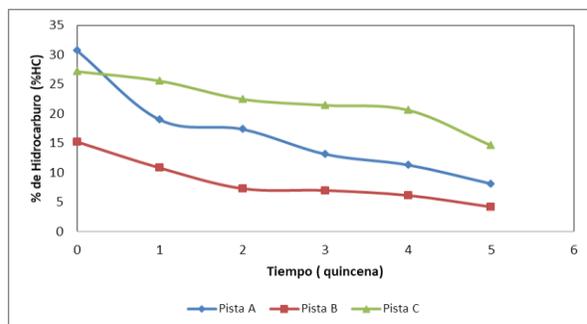


Fig. 1 Cinética de biodegradación de hidrocarburos durante prueba a escala piloto. (Masa de tierra: 675 kg).

Los resultados obtenidos en los recuentos de microorganismos evidenciaron claramente el aumento significativo de la población microbiana en las pistas A y B, encontrándose en los recuentos valores finales mayores del orden de 10^6 (UFC/ml). En la pista C, se evidenció el crecimiento microbiano a partir de la cuarta semana, alcanzando recuentos de microorganismos el orden de 10^7 (UFC/ml) para la última semana de la

prueba piloto campo. Los resultados de la variación del pH fueron ratificados con los resultados obtenidos en la fase de campo, los cuales arrojaron que los valores están próximos a la neutralidad; en la pista C se evidenció un leve aumento, el cual estaría asociado a la aplicación del nutriente inorgánico en forma líquida, sin afectar el desempeño del proceso de biorremediación microbiana (el pH del nutriente oscila entre 6.8 y 7.2). Finalmente, la humedad presentó rangos similares a los obtenidos en el ensayo de tratabilidad con relación a las condiciones iniciales y comportamiento producto de la manipulación requerida del contenido de humedad en el material en proceso de tratamiento.

IV. CONCLUSIONES

La estrategia de implementación del ensayo de tratabilidad y escalamiento a una prueba piloto en campo, permitió validar los resultados obtenidos y establecer oportunidades de mejora durante del proceso de biorremediación.

La implementación de la técnica de bioestimulación mediante la adición de un nutriente líquido en la pista C durante la prueba piloto en campo, propicio condiciones de mejoramiento de la cinética de la degradación del hidrocarburo.

El proceso de biorremediación microbiana implementado con la aplicación de la técnica de bioaumentación por medio de la adición al suelo contaminado de un consorcio microbiano desarrollado exclusivamente para este proyecto, permitió alcanzar tasas de biodegradación significativas y porcentajes de remoción de hidrocarburos del 71% durante un periodo de diez (10) semanas.

La aplicación de la tecnología de biorremediación microbiana *in situ* en procesos de descontaminación del pasivo ambiental “antigua área de tratamiento biológico ATB)” representa una alternativa tecnológica viable frente a las alternativas existentes para desarrollar tratamientos *ex situ* que requieren del traslado de la contaminación al área de tratamiento seleccionada.

REFERENCIAS

- [1] Cadena A. Biorremediación microbiana de suelos contaminados con hidrocarburo en la Antigua área de tratamiento biológico de la Gerencia Refinería Barrancabermeja, Colombia. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga (2013).
- [2] Coulon F. Estudio del efecto de la formulación de fertilizantes y bioaumentación sobre biodegradación y la lixiviación de los crudos y productos refinados en los suelos, 2012.
- [3] Dua, M; Singh, A; Sethunathan, N; Johri, AK. (2002). Biotechnology and bioremediation: successes and limitations. Appl Microbial Biotechnol. 59 (2-3): 143-52.
- [4] Glazer, AN; Nikaido H. (2007). Microbial biotechnology: Fundamentals of applied microbiology. 8: 510-28.

Capítulo 15. Parámetros de calidad en el crecimiento de hortalizas sobre aguas residuales porcinas

Parameters of quality in the growth of vegetables on pig wastewater

Mayerlin Orjuela Angulo, docente
Luisa Fernanda Torres López, ingeniera agrícola
Fidelino López Bernal, docente

Fundación Universitaria de San Gil – UNISANGIL,
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Yopal Colombia.

morjuela@unisangil.edu.co
luisatorres@unisangil.edu.co
inagricolafib@gmail.com

Palabras clave: área foliar, color, grosor de hoja, hortalizas

características fisiológicas como área foliar perímetro foliar, peso, color, firmeza, espesor el día de la cosecha.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de hortalizas ha venido creciendo paulatinamente a una tasa promedio anual de 5% representando a exportaciones mundiales por más de 122 millones de toneladas por hectárea. En ciertos casos la fisiología de algunas hortalizas como la espinaca, las lechugas, el brócoli y la coliflor se destaca por superar el crecimiento promedio significativamente [1].

De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar la incidencia de algunos parámetros de calidad en el desarrollo de algunas hortalizas, bajo un sistema de filtrado natural con aguas de lixiviados de origen porcino, en la vereda Valle Verde del municipio de Aguazul, Casanare, Colombia, bajo condiciones ambientales normales, ya que hasta el momento se desconoce algún tipo de recomendación específica que siga algún lineamiento. Por lo cual al no haber ninguna práctica singular todo lo que se pueda implementar en dichos cultivos es válido, siempre y cuando se mantenga una trazabilidad ejemplar y sea amigable con el medio ambiente.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron algunas hortalizas como lechuga (*Lactuca sativa* var.) repollo (*Brassica oleracea* var. *Capitata*), brócoli (*brocoli* var. *calabresses*), ubicadas en la vereda Valle Verde en las coordenadas geográficas norte 5°12'20.71", longitud oeste 72°31'02.09" municipio de Aguazul, Casanare. Una vez instalado el sistema de filtrado natural que retiene la parte sólida de las excretas porcinas producidas por 18 cerdos, se evaluaron

Para determinar las características anteriores se tomaron 8 muestras por cada planta. En total se tomaron 4 plantas por surco de cada especie (lechuga, repollo, brócoli). Se tomaron registros el día de cosecha de espesor de hoja con un calibrador marca Mitutoyo 500-196-30 Advanced. La información correspondiente al peso por hoja, se calculó con una balanza tipo JAZ ACS. El color de la capa superficial del fruto de la hoja (ángulo hue; °h) se estableció utilizando un colorímetro Minolta CR400 (Konica Minolta, Ramsey, NJ, USA); para la medición de área foliar y perímetro foliar se utilizó el medidor imageJ, el cual determina el área por imágenes en formato jpg.

Para el análisis de comportamiento de cada una de las variables se utilizó el programa estadístico IBM-SPSS v, 22 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA), con el cual se realizaron los *boxs plot* y el análisis de correlación para las variables antes descritas. Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva, considerando la desviación estándar como factor de dispersión.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de correlaciones muestra (Tabla 1), que a medida que aumenta el área foliar del repollo también se incrementa el peso, el espesor y la firmeza ($r=0,981$ $r=0,841$ y $r=0.877$ respectivamente). Mientras que el color disminuye. Esto es propio de cultivares de hortalizas, Según [3], “el cambio de color durante la poscosecha se presenta por degradación de la clorofila y por la síntesis de otros pigmentos como antocianinas y carotenoides entonces se puede inferir que el color medido como ángulo Hue (°h) representa el color o tonalidad, que varía de 0° en color rojo puro a 180° en

color verde puro. Según lo anterior se puede inferir que sobre los lixiviados porcinos se evidencia crecimientos regulares de algunos cultivares.

La ganancia en la tasa de crecimiento es el resultado del peso ganado en una unidad de tiempo para un cultivo en relación con el ambiente, donde se registran algunos valores de referencia para el brócoli cercanos a 3 g/día entre dos meses y tres meses, lechuga presentó un desarrollo entre 1.7 g/día y repollo con un peso no mayor a 2.5 g/día, lo cual indica que esta tasa no es la ganancia hídrica del fruto en sus tejidos, se debe aclarar que el mayor peso presente es el del brócoli ya que el desarrollo de tronco fue atípico con una altura medida desde borde de raíz hasta la punta sin hoja de 1,04m.

TABLA 1. MATRIZ DE CORRELACIÓN DE VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DURANTE EL CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE REPOLLO

Correlaciones (repollo)						
	área	peri	peso	grosor	color	firmeza
área	1	0,221	,981*	0,841	-0,667	0,877
peri	0,221	1	0,403	0,115	0,565	-0,226
peso	,981*	0,403	1	0,806	-0,513	0,781
grosor	0,841	0,115	0,806	1	-0,693	0,656
color	-0,667	0,565	-0,513	-0,693	1	-0,868
firmeza	0,877	-0,226	0,781	0,656	-0,868	1

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Área de fruto (mm²), perímetro del fruto (mm), Peso del fruto (g), grosor del fruto (mm), ángulo de color Hue (°Hue), firmeza de fruto en N.

Para el caso de la lechuga el análisis de correlaciones muestra (Tabla 2), que a medida que aumenta el área en el cultivar de lechuga también se incrementa el peso ($r=0,733$), mientras que cuando aumenta el peso disminuye la firmeza ($r=-0,773$), de acuerdo con las características climáticas de la zona se y según [4] se puede determinar que “este comportamiento es atípico debido a que durante las épocas de verano no son importantes las variables de temperatura. Sin embargo, si aumentan las temperaturas nocturnas y se reduce la intensidad lumínica, la formación de cabezas se observa estrés y el número de hojas aumenta. Esto podría implicar que deben existir algunos niveles adecuados de carbonos hidratados presentes en la planta para permitir una diferencia significativa en el fruto [5].

TABLA 2. MATRIZ DE CORRELACIÓN DE VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DURANTE EL CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE LECHUGA

Correlaciones (lechugas)						
	área	peri	peso	grosor	color	firmeza
Área	1	-0,881	0,733	0,736	-0,151	-0,31
peri	-0,881	1	-0,896	-0,832	0,295	0,72
peso	0,733	-0,896	1	0,507	0,106	-0,773
grosor	0,736	-0,832	0,507	1	-0,758	-0,533
color	-0,151	0,295	0,106	-0,758	1	0,268
firmeza	-0,31	0,72	-0,773	-0,533	0,268	1

Área de fruto (mm²), perímetro del fruto (mm), Peso del fruto (g), grosor del fruto (mm), ángulo de color Hue (°Hue), firmeza de fruto en N.

IV. CONCLUSIONES

- La viabilidad de estos cultivos se expresa en la mitigación en olores provenientes de las excretas de los porcinos, las cuales generan una problemática social y cultural.
- Algunas de las variables que inciden en el crecimiento de repollo, brócoli y lechuga son de factor edáfico y climático.
- El color y la firmeza fueron variables determinantes en este estudio, debido a que son parámetros en selección y clasificación que permiten no solo conocer el estado de maduración sino algunas características organolépticas que deben ser analizadas en estudios posteriores.
- Se deben escoger para un próximo estudio variedades de hortalizas que se adapten a las condiciones climáticas y edafológicas del lugar.

REFERENCIAS

- [1] Asohofrucol. “Plan Hortícola Nacional”. Obtenido de asohofrucol.com.co: http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_28_PHN.pdf (28 de 8 de 2018).
- [2] Kays, S.J. *Postharvest biology*. Ed. Exxon Press, Athens, G.A. (2004).
- [3] Angulo, M. O. “Incidencia de las características edáficas y climáticas en el desarrollo del fruto de ciruela variedad Horvin, en el municipio de Nuevo Colón- Boyacá”. Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá, 26 de mayo. (2016).
- [4] Linke, M.; Kläring, H.P. “Effect of different preharvest conditions on the postharvest keeping quality of greenhouse tomatoes”. *Acta Hort.* 654: 213-220. (2004).
- [5] González de Chaves, A. “Estudio del comportamiento de cultivares de brócoli y determinación de las necesidades hídricas y el coeficiente” *Kc*, 42 (2016).

Capítulo 16. Identificación del uso de agroquímicos en la vereda La Manga municipio de Yopal

Identification agrochemical use on the village La Manga – Yopal

Leidy M. Vargas T., docente Fundación Universitaria de San Gil – UNISANGIL
Yopal, Colombia

lvargas2@unisangil.edu.co

Palabras clave: agroquímicos, contaminación, acciones que contribuyan a la calidad de vida y del ambiente, estimación, recurso hídrico.

I. INTRODUCCIÓN

La gestión integrada de los recursos hídricos es un concepto que soporta una respuesta a la crisis generada por el crecimiento poblacional y la contaminación, creyendo ser una crisis de gobernabilidad [1]. En países como Colombia y Brasil, donde la oferta hídrica es importante, la gestión integrada del agua es una prioridad, viéndose disminuido el abastecimiento del agua de forma creciente [2], el uso de productos agroquímicos es una práctica tradicional en la agricultura, alcanzando su mayor impacto en las zonas de regadío, donde el uso de agroquímicos o fertilizantes se ha intensificado [3], convirtiéndose el recurso en transportador de desechos líquidos y sólidos causando un efecto negativo ambiental [4].

Dentro de las actividades económicas productivas de la parte alta de la cuenca del río Cravo Sur en el departamento de Casanare está la agricultura, primando diferentes cultivos [5], diversas investigaciones muestran la relación entre la calidad del recurso y las actividades agrícolas, de esta manera se realizó el Taller Nacional de Alternativas Tecnológicas en el Sector Palmero, presentándose las tres principales tecnologías para un manejo integral de efluentes [6], en la zona norte del municipio de Ventaquemada, Boyacá, con alta producción de papa y zanahoria [7], se estimó la cuantificación de Mancozeb y Carbofurano detectándose y sobrepasando su valor de la normatividad vigente, dando afectación al medio, la adopción de tecnologías limpias, disminuye el impacto ambiental y el pago de tasas retributivas, recuperándose sub productos del tratamiento [8], estas situaciones llevaron a pensar si la población tenía algún conocimiento sobre los riesgos que puede llevar el uso de estos agroquímicos al recurso, se propuso como objetivo de la investigación determinar el grado de conocimiento por parte de la población frente al uso de estos compuestos para el establecimiento de

II. METODOLOGÍA

El presente es un estudio mixto que implica combinar los métodos cuantitativo y cualitativo en un mismo estudio debido a que describe una problemática, la registra y la analiza, como se hizo en el municipio de Yopal, Casanare, donde se inició con una búsqueda de información secundaria a fin de identificar sectores productivos, una entrevista a la población de la vereda La Manga con el fin de determinar los tipos de técnicas utilizadas para combatir las plagas presentadas en los diferentes cultivos. Se efectuaron salidas de campo, observaciones directas, registros fotográficos en algunos sitios de interés para el estudio, la encuesta se estructuró con un total de 14 preguntas y fue aplicada a una persona mayor de edad responsable de cada predio. Para el procesamiento de los datos se empleó el programa Excel 2010.

III. RESULTADOS

Se tomaron unidades familiares, a quienes se les solicitó información de la importancia de los vertimientos en las actividades diarias, y la diversidad de cultivos desarrollados, se reconoció que en las 100 viviendas localizadas en el área que corresponden a un 100% de la muestra, el 60% son propietarios de las fincas, el 10% son administradores y el 30% son administradores, para el 100% de la población encuestada que aseguró hacer uso de fertilizantes, el 100% utiliza fertilizantes de tipo químico y el 70% desconoce las afectaciones al recurso hídrico por el uso de fertilizantes, a continuación se presenta una gráfica que muestra los resultados obtenidos (Figura 1).

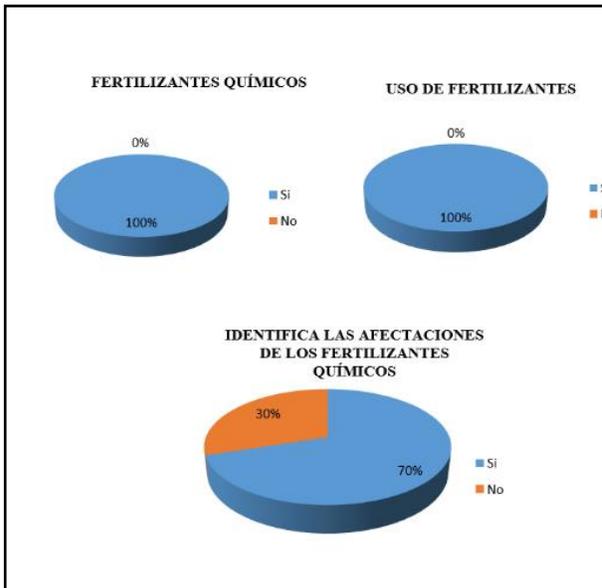


Fig. 1 Uso de fertilizantes; fertilizantes químicos; afectaciones por fertilizantes químicos.

En el proceso de análisis; se evidenció la diversidad de labranzas presentes en la zona, donde predomina el monocultivo y el riego con agua procedente del río, teniendo en cuenta la encuesta realizada se evidenció que el plátano es el producto que mayor se presenta en la zona, seguido por los cítricos, maíz, aguacate, yuca, melón, maracuyá y, por último, topoyo tal como se muestra en la Figura 2.

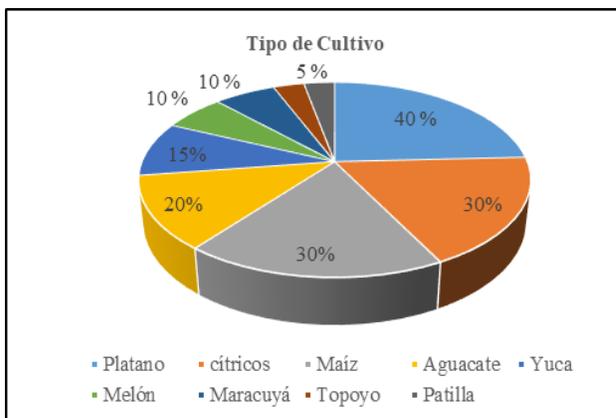


Fig. 2 Tipo de Cultivos desarrollados en la zona.

IV. CONCLUSIONES

Se evidencia la inexistencia de buenas prácticas ambientales, mitigación en el uso de agroquímicos, falta de educación ambiental, desconocimiento en el uso de técnicas sostenibles, por ende, falta de intervención del sector público, así mismo, se identificó que los

productores agrícolas hacen uso de fertilizantes químicos, se identificaron las diferentes variedades de productos sembrados en las zonas, estando el plátano en mayor porcentaje.

Las prácticas agrícolas inadecuadas, el establecimiento de cultivos sobre las rondas de los ríos, la utilización desmedida de plaguicidas, pueden generar impactos ambientales adversos como la sedimentación de las principales fuentes hídricas y el aumento de carga contaminante.

Es necesario implementar un Sistema de Gestión Ambiental que hará factible el liderazgo en la localidad y reducirá los riesgos que se pueden generar.

REFERENCIAS

- [1] C. Z. Rodríguez, “entre avances y retos Governance of water resources in Colombia: between progress and challenges,” no. 3, pp. 99–112, 2012.
- [2] M. M. Maroneze, L. Q. Zepka, J. G. Vieira, M. I. Queiroz, and E. Jacob-Lopes, “A tecnologia de remoção de fósforo: Gerenciamento do elemento em resíduos industriais,” *Rev. Ambient. e Agua*, vol. 9, no. 3, pp. 445–458, 2014.
- [3] Antônio Francisco Catário, “Contaminación difusa originada por la actividad agrícola de riego, a la escala de la cuenca hidrográfica,” Departamento de Agronomía, pp. 13–14, 2006.
- [4] C. A. Benjumea-Hoyos, C. L. Bedoya-Castaño, and D. A. Álvarez-Alzate, “Evolución En La Carga De Nutrientes De Ríos De Montaña Que Fluyen a Un Embalse, Cuenca Media Del Río Magdalena,” *Rev. EIA*, vol. 11(22), pp. 77–91, 2014.
- [5] C. Territorialmente, P. O. R. Las, and J. D. E. Corporinoquia, “POMCA del Río Cravo Sur,” 2007.
- [6] Fedepalma and J. C. Espinosa Camacho, “Rutas tecnológicas para el manejo integral de aguas residuales en las plantas de beneficio del sector palmero,” p. 76, 2015.
- [7] W. R. Alza Camacho, J. M. García Colmenares, and S. P. Chaparro Acuña, “Estimación del riesgo de contaminación de fuentes hídricas de pesticidas (Mancozeb y Carbofuran) en Ventaquemada, Boyacá - Colombia TT - Risk estimate of water sources contamination of pesticides (Mancozeb and Carbofuran) in Ventaquemada, Boyacá - Colomb,” *Acta Agronómica*, vol. 65, no. 4, pp. 368–374, 2016.
- [8] C. E. Moreno Mantilla, “Adoption of cleaner technologies by industry: a multi-method study on the effect of the application of limits of discharge and effluent charges in Santander, Colombia,” *Cuad. Adm.*, vol. 20, no. 33, pp. 49–78, 2007.

Capítulo 17. Optimización en la operación de un filtro percolador, con el fin de aumentar la eficiencia de remoción de carga orgánica

Trickling filter operational optimization, in order to increase the organic load removal efficiency

Juan Carlos Lozano Sierra, profesor asistente Fundación Universitaria de San Gil – UNISANGIL
Villanueva, Casanare, Colombia

jclozano@unisangil.edu.co

Palabras clave: filtro percolador, aguas residuales domésticas, optimización, carga orgánica.

I. INTRODUCCIÓN

El tratamiento biológico de las aguas residuales domésticas se puede realizar mediante al uso de microorganismos aerobios o anaerobios, los cuales se encuentran en medio suspendido (reactor de lodos activos) o en medio fijo (filtro percolador). En el departamento de Casanare, encontramos una gran variedad de sistemas de tratamiento (filtro percolador: Yopal y Villanueva, Lagunas: Pore, reactor de lodos: Paz de Ariporo), los cuales, a pesar del esfuerzo realizado por las empresas prestadoras de servicios, no logran cumplir con los límites máximos permitidos por la normatividad en cuanto a la calidad de los vertimientos a cuerpos de aguas superficial.

Un ejemplo de esta problemática, es la Empresa Espavi, en la ciudad de Villanueva Casanare, la cual, a pesar de operar continuamente el sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas (STARD), en los monitoreos de calidad contratados durante los últimos años con un laboratorio independiente, no se cumple con los límites máximos permitidos en la Resolución 631 de 2015.

En el presente documento, se hace una breve descripción del sistema de tratamiento, las condiciones iniciales de operación, se presenta el comportamiento histórico de los parámetros más relevantes en cuanto a la calidad del vertimiento (DBO₅, DQO, SST y Grasas & Aceites), y se muestran los resultados obtenidos luego de implementar algunas modificaciones en las condiciones de operación del sistema de tratamiento, las cuales forman parte de una consultoría contratada por ESPAVI con el autor [1].

II. STAR Y CONDICIONES INICIALES DE OPERACIÓN

El STARD del Municipio de Villanueva (filtro percolador), está formado por los siguientes componentes: Tratamiento preliminar (*by pass*, rejilla media, rejilla fina, desarenador, tanque de recirculación y sistema de bombeo). Tratamiento secundario (un filtro percolador y dos sedimentadores secundarios) y tratamiento de lodos (espesador y lechos de secado). Figura 1.

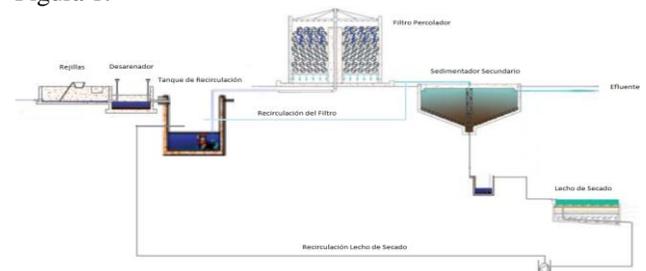


Fig. 1 Diagrama inicial STAR -Villanueva

Las aguas residuales domésticas, provenientes del alcantarillado combinado del municipio, ingresan al sistema por dos tuberías de 18” y 16”. A la entrada se encuentra un *by pass*, que es controlado mediante 2 compuertas, las cuales son cerradas cuando se observa un incremento en el caudal de entrada, normalmente en eventos de lluvia.

Posteriormente se encuentran dos líneas de tratamiento preliminar en paralelo, formados por rejilla media, rejilla fina y desarenador, las cuales operan alternadamente, mientras en una se efectúan las actividades de mantenimiento normales de la operación, la otra realiza el tratamiento de la totalidad del agua recibida.

Estas dos estructuras confluyen en un tanque de recirculación, en el cual están ubicados dos sistemas de bombeo con capacidad de hasta 100 litros por segundo

(lps), que al igual que en el caso anterior, operan en forma alternada. Adicionalmente, en este tanque se reciben las aguas provenientes del sistema de tratamiento de lodos (espesador y lechos de secado), y la recirculación del filtro percolador, la cual opera únicamente cuando el caudal de entrada es muy bajo, y se requiere mantener la carga hidráulica en el filtro, principalmente en horas de la noche.

El agua bombeada es llevada hasta el sistema de distribución de un filtro percolador de 18 m de diámetro y 5 m de altura, el cual está relleno de empaques plásticos. Una vez el agua residual doméstica (ARD) desciende a través del material, es recibida en la parte baja por una estructura de recolección y mediante un canal es distribuida de forma equitativa hacia dos sedimentadores secundarios de 22 m de diámetro cada uno. Por la parte superior de estos sedimentadores se recoge el agua clarificada, la cual luego de pasar por una canaleta *parshal* para la medición del caudal, es enviada mediante tubería de alcantarillado hasta el cuerpo receptor, denominado Caño Upia.

El lodo recogido en el fondo de los sedimentadores es retirado mediante un sistema de válvulas y mediante una bomba electrosumergible enviada hasta uno de los dos espesadores, que conectan con los lechos de secado. El agua sobrante es enviada por gravedad hasta el tanque de recirculación y los lodos deshidratados, son retirados manualmente hacia el sitio de disposición final (relleno sanitario).

III. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE LOS PARÁMETROS MÁS RELEVANTES

La empresa, dentro de sus obligaciones ambientales, tiene contemplada anualmente la realización de monitoreos compuestos a la entrada y la salida del sistema. A continuación, se muestra el comportamiento anual de los parámetros DBO₅, DQO, SST y Grasas & Aceites entre los años 2012 y 2019 [2][3][4][5][6][7][8][9].

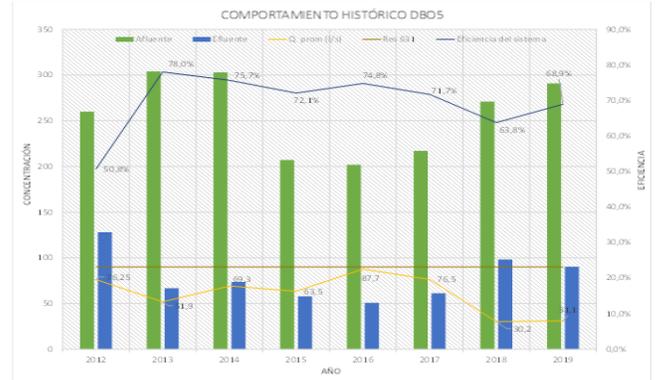


Fig. 2 Comportamiento histórico de la DBO₅



Fig. 3 Comportamiento histórico de la DQO

Durante este período, a pesar de los múltiples esfuerzos de la empresa Espavi por cumplir los límites máximos permitidos en la Resolución 631 de 2015, en ninguno de los eventos, fue posible reducir la DQO por debajo de los 180 mg/L que exige la norma. De otro lado, aunque para el caso de la DBO₅, en algunas ocasiones se lograron concentraciones por debajo de los 90 mg/L exigidos, nunca se alcanzaron valores por debajo de los 50 mg/L.

IV. NUEVAS CONDICIONES DE OPERACIÓN

Preocupados por esta situación, y luego de evaluar las diferentes alternativas de operación, en las que no se requiera de la construcción de nuevas estructuras, ni de grandes inversiones, se propuso la implementación de una nueva forma de operación, en la que se aprovecharan al máximo las instalaciones con las que cuenta actualmente el STARD. En ese orden de ideas, y luego de analizar las diferentes alternativas, se decidió ajustar el modo de operación, para que la planta funcionara como una mezcla entre un sistema de filtro percolador, acoplado con un sistema de lodos activados (Figura 4).

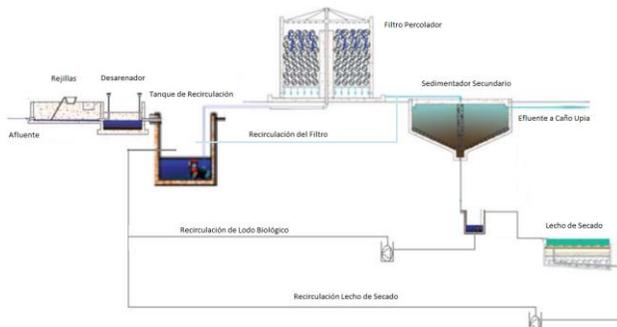


Fig. 4 Diagrama Actual STAR -Villanueva

La situación novedosa consiste en que, en lugar de enviar el lodo proveniente del fondo de los sedimentadores hacia el lecho de secado para su deshidratación, lo que se hizo fue devolver este lodo hasta el tanque de recirculación, donde allí los microorganismos presentes iniciaran el proceso de tratamiento, de manera semejante a un reactor de lodos activados.

Con esta opción, lo que se pretende es aumentar el contenido de sólidos suspendidos en el licor mixto (SSLM), y de esta forma convertir tanto el tanque de recirculación como el filtro percolador, en un reactor de lodos activados, lo que permitiría aumentar la eficiencia de tratamiento.

V. RESULTADOS

Luego de aproximadamente 3 meses de operación bajo estas nuevas condiciones de operación, la firma Aqualim realiza un monitoreo compuesto entre los días 4 y 5 de julio de 2019 obteniendo los siguientes resultados (Tabla 1).

TABLA 1. RESULTADOS MONITOREO COMPUESTO

PARÁMETRO	LUGAR	ENTRADA	SALIDA	Res	Eficiencia
	INFORME				
DBO5 (mg/L)		227	30.0	90.0	86.8%
DQO (mg/L)		529	79.2	180.0	85.0%
Grasas y Aceites (mg/L)		<8	<8	20.0	N.A.
SST (mg/L)		87	50	90.0	42.5%

A continuación (Figura 5), se presentan los comparativos históricos de los diferentes parámetros, junto al monitoreo realizado en el mes de julio.

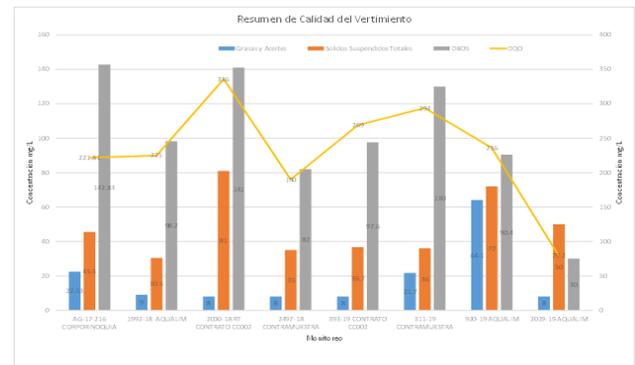


Fig. 5 Calidad del vertimiento durante los últimos años.

VI. CONCLUSIONES

Las modificaciones en el modo de operación de la planta, permitieron obtener los valores históricos más bajos de DBO₅ y DQO.

Para el caso de la DBO₅, de acuerdo con la Figura 2, la eficiencia máxima alcanzada corresponde al 78.0% para el 2013, con una entrada cercana a los 300 mg/L; por otro lado, cuando la concentración de entrada se reduce, de igual forma lo hace la eficiencia, como es el caso de los años 2015, 2016 y 2017, con eficiencias alrededor del 72%. Sin embargo, de acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 1, aunque la concentración de entrada es semejante a la de los años 2015 a 2017 (227 mg/L), la eficiencia del 86,8% es aproximadamente nueve puntos porcentuales más alto que el máximo valor histórico reportado.

Situación semejante sucede con la DQO, con una eficiencia máxima del 67.1% alcanzada durante el monitoreo del 2013, con concentraciones de entrada cercanas a los 600 mg/L. Cuando la concentración de entrada se reduce, la eficiencia del sistema se reduce también hasta un valor mínimo del 46.9% cuando la entrada está cercana a los 430 mg/L.

Finalmente, durante el monitoreo realizado en julio del presente año, no solo se alcanzó una eficiencia casi 17 puntos porcentuales más alta de la alcanzada históricamente (85%), sino que el efluente presentó valores muy por debajo de los valores históricos (79.2 mg/L) y por primera vez se logra cumplir con los niveles máximos permitidos en la norma correspondiente a los 180 mg/L.

VII. RECOMENDACIONES

Se propone continuar con las condiciones actuales de operación, mediante el bombeo del lodo biológico proveniente de los sedimentadores hacia el tanque de recirculación, lo cual permitió aumentar la eficiencia en la remoción de parámetros como DBO₅ y DQO y se cumple con lo establecido en la norma en cuanto a contenido de DBO₅, DQO, grasas y aceites y sólidos suspendidos totales.

Se considera necesario realizar un nuevo monitoreo en octubre, que permita confirmar los resultados obtenidos en el monitoreo de julio, este monitoreo debe ser compuesto y desarrollado por un laboratorio certificado por el Ideam para el desarrollo de este tipo de actividades.

REFERENCIAS

- [1] Lozano, J. C. (30 de julio de 2019). Contrato de consultoría 035 de 2019 cuyo objeto sea: "Realizar la evaluación ambiental del vertimiento de la *ptard* del municipio de Villanueva", 21-52. Yopal, Colombia.
- [2] Aqualim. (22 de junio de 2012). Informe de resultados No. 1743-12 y 1744-12. Resultados de laboratorio, 6. Yopal, Colombia.
- [3] Aqualim. (9 de julio de 2013). Informe de resultados No. 1730-13 y 1731-13. Resultados de Laboratorio, 7. Yopal, Colombia.
- [4] Aqualim. (30 de junio de 2014). Informe de resultados No. 1738-14 y 1739-14. Resultados de laboratorio, 15. Yopal, Colombia.
- [5] Aqualim. (12 de julio de 2015). Informe de resultados No. 2052-15 y 2053-15. Resultados de laboratorio, 7. Yopal, Colombia.
- [6] Aqualim. (24 de noviembre de 2016). Informe de resultados No. 3089-16 y 3090-16. Resultados de laboratorio, 9. Yopal, Colombia.
- [7] Aqualim. (25 de mayo de 2017). Informe de resultados No. 1588-17 y 1589-17. Resultados de laboratorio, 17. Yopal, Colombia.
- [8] Aqualim. (25 de junio de 2018). Informe de resultados No. 1921-18 y 1922-18. Resultados de laboratorio, 17. Yopal, Colombia.
- [9] Aqualim. (30 de marzo de 2019). Informe de resultados No. 919-19 y 920-19. Resultados de laboratorio, 23. Yopal, Colombia.

Capítulo 18. Evaluación del método Nendo Dango en forma de disco, con abono orgánico, en la germinación del Yopo (*Piptadenia aff. opacifolia*)

Evaluation of the Nendo Dango method in disc shape, with organic fertilizer for the
Yopo tree germination (*Piptadenia aff. opacifolia*)

Daniela Vargas Otálora, Johan Monroy Ramírez, Víctor Manuel Torres, Jhon Sarria Ospina
Fundación Universitaria de San Gil – UNISANGIL
Yopal, Colombia

djvargas@unisangil.edu.co
johanmonroy@unisangil.edu.co
vtorres@unisangil.edu.co
jsarria@unisangil.edu.co

Palabras clave: agricultura natural, yopo, fertilización, Nendo Dango, reforestación.

I. INTRODUCCIÓN

El método Nendo Dango fue desarrollado por el japonés Masanobu Fukuoka como una propuesta de agricultura natural [1]. En este proyecto se implementó el método Nendo Dango modificado en forma de disco para la germinación y desarrollo del árbol el yopo (*Piptadenia aff. Opacifolia*) por ser una especie endémica, representativa de la región, que por sus características (adaptación a suelos ácidos, fácil adaptación al clima y su alta capacidad de recuperación de suelos, entre otras) lo convierten en una especie apta para la reforestación y recuperación del suelo; así mismo, se usó suelo del corregimiento El Morro; los discos se elaboraron con arcilla y abonos orgánicos (gallinaza y equinaza) en diferentes proporciones (50-50% y 75-25%) y se estimó la eficiencia de cada uno de ellos. Posteriormente se determinó qué proporción fue la más eficaz para el crecimiento del Yopo (*Piptadenia aff. opacifolia*) a partir de la evaluación de variables como germinación, supervivencia, altura y masa seca aérea, y cuáles fueron los efectos que tuvo el método en el suelo.

II. LOCALIZACIÓN

El proyecto se desarrolló en el campus de Unisangil sede Yopal, se encuentra localizado dentro de las coordenadas geográficas 5°20'45" de latitud Norte, y 72°22'24" de longitud oeste a 390 m.s.n.m.; el suelo para el desarrollo del método se obtuvo del corregimiento El Morro encontrado en latitud 5°45'41" y longitud 72°45'58".

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Se implementaron cuatro tratamientos en bloques completamente al azar, y adicionalmente una cama testigo sembrada con el método convencional, estas contaban con dimensiones de 1 m de ancho, 4 m de largo y 0.50 m de alto. Se llenaron inicialmente con 10 cm de grava $\frac{3}{4}$ y 25 cm de suelo; posteriormente se tomaron muestras de cada una de las camas para el análisis de laboratorio inicial, se saturó el suelo y se dejó drenar por 24 horas hasta capacidad de campo.

Se elaboraron los encapsulamientos de semillas en forma de discos con los abonos orgánicos (gallinaza y equinaza), se definieron dos proporciones y su riego diario por medio de una prueba de laboratorio, siendo la número uno DT5 de 75% arcilla (60 g) y 25% abono orgánico (20 g), y la número dos DT2 50% arcilla (40 g) y 50% abono orgánico (40 g), finalmente se obtuvo un peso de 80 g, con una dimensión promedio de 65 a 80 mm de diámetro y 15 a 25 mm de altura por unidad experimental; el sistema de siembra fue tresbolillo con una distancia de 36 cm entre los discos y un total de 29 unidades experimentales (UE) por cama (ver Figura 1). El riego se efectuó una vez al día con una aplicación de 2,4 ml/UE.

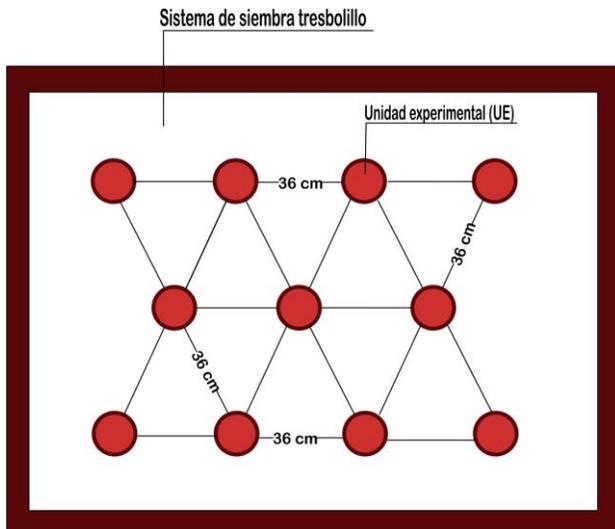


Fig. 1 Sistema de siembra implementado.

Se evaluaron 3 tratamientos que sobrevivieron: Un tratamiento testigo (sin abono), un tratamiento con gallinaza al 25% y 75% arcilla y un tratamiento con equinaza al 25% y 75% arcilla. Inicialmente se plantearon 29 observaciones por tratamiento, sin embargo, al finalizar los 77 días sobrevivieron las siguientes cantidades de plántulas:

Se realizó el análisis estadístico descriptivo por medio del programa SPSS y dentro de los análisis realizados en la aplicación se cuenta con el análisis estadístico de la normalidad Shapiro Wilk, se prueba la hipótesis nula de que los tratamientos provienen de una población con distribución normal, se establece que si el valor de P del resultado de la prueba es menor a 0,05 se rechaza el supuesto establecido, y posteriormente el análisis de varianza Anova que reflejó diferencias significativas y post- Anova para el estudio de las variables masa seca aérea y altura.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Altura

En la Figura 1 se puede evidenciar el comportamiento de los datos en la variable altura y estos tienden a agruparse mayormente de 10 a 35 cm, pero sus medias varían en cada uno donde en DT3 fue de 27.615 cm, DT1 18.545 cm, y DT5 16.428 cm.

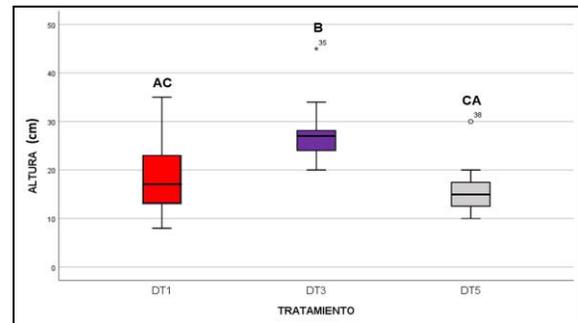


Fig. 2 Diagrama de cajas altura (cm) por tratamiento DT1 (testigo), DT3 (75% arcilla-25% gallinaza), y DT5 (75% arcilla-25% equinaza).

Por ende, realizando el post Anova (ver Tabla 1) se identificó que el tratamiento que tiene el mejor resultado en dicha variable es el DT3 (75% arcilla-25% gallinaza), ya que como se refleja en la Figura 2 la distribución de los datos en DT3 tiende a posicionarse en conjunto hacia una mayor altura con respecto a los demás.

TABLA 1. RESULTADOS DE PRUEBA POST ANOVA ENTRE TRATAMIENTOS HSD TUKEY

ALTURA				
(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencias de medias	Desv. Error	Sig.
DT1	DT3	-9,30*	2,53	0,002
	DT5	2,12	3,14	0,780
DT3	DT1	9,30	2,53	0,002
	DT5	11,42*	3,39	0,005
DT5	DT1	-2,12	3,14	0,780
	DT3	-11,42*	3,39	0,005

* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

Lo anterior ocurrió debido a la gallinaza, ya que evaluándola con respecto a la equinaza posee una mayor cantidad de macronutrientes vitales para el desarrollo de las plantas como lo son N, P, K, como se evidencia en la siguiente Tabla:

TABLA 2. ANÁLISIS QUÍMICO DE ABONOS ORGÁNICOS

VARIABLE	UNIDAD	GALLINAZA	EQUINAZA
Fósforo (P2O5)	%	0,54	0,31
Nitrógeno (N)	%	0,91	0,53
Contenido de Humedad	%	6,36	60,94
Carbono Orgánico Oxidable (CO)	%	6,07	11,47
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	Cmol/Kg	10,52	27,10
Conductividad Eléctrica (C.E)	dS/m	14,56	27,71
Potasio (K2O)	%	2,49	2,01
Relación Carbono/ Nitrógeno (C/N)		6,66	21,63

Fuente: Agrosavia Informe N° 4723-S18.

De igual manera, como ocurrió en el estudio desarrollado por “Moreno & Cuartas, 2014 en el que estimaron la eficiencia de este abono orgánico, resultando más eficiente la altura; en dicho estudio también se observó el comportamiento de las especies cuando están mayormente expuestas al sol o cuando se encuentran en la sombra, y se concluyó que este factor influye de manera importante en las primeras fases de vida de las plántulas y por ende en la altura” [1].

B. Masa Seca Aérea

El testigo presentó mejores resultados, esto se debió a que este no contaba con encapsulamiento de arcilla la cual presentó niveles de pH bastante ácidos (ver Tabla 3), afectando en gran parte el desarrollo de las plántulas en los demás tratamientos y generando problemas de desarrollo y crecimiento para las plantas; así mismo, “se alteran las poblaciones y las actividades de los microorganismos que intervienen en la mineralización de la materia orgánica y la transformación de nitrógeno y azufre” [2].

TABLA 3. MEDICIÓN DE PH DE LA ARCILLA UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DE LOS DISCOS

pH De Arcilla	Resultado
Medición 1	4.7
Medición 2	4.5
Medición 3	4.4
Promedio	4.53

Por otro lado, los tratamientos DT3 y DT5 tuvieron diferencias entre sí, puesto que DT3 obtuvo mejores resultados que DT5 como se evidencia a continuación en la Tabla 4.

TABLA 4. RESULTADOS DE PRUEBA POST ANOVA ENTRE TRATAMIENTOS HSD TUKEY

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencias de medias	Desv. Error	Sig.
DT1	DT3	7,27%	4,09%	0,190
	DT5	16,65%*	5,07%	0,006
DT3	DT1	-7,27%	4,09%	0,190
	DT5	9,38%	5,48%	0,213
DT5	DT1	-16,65%*	5,07%	0,006
	DT3	-9,38%	5,48%	0,213

* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05

El incremento en la producción de este tratamiento se explica porque el abono no solo retiene la humedad por más tiempo, sino que, además, es una fuente que libera los nutrientes de manera paulatina a través de todo el ciclo fenológico.

“En el abono orgánico habría una actividad enzimática constante en todo el ciclo, biodegradándolo y liberando iones que están disponibles para plantas y microorganismos” [3].

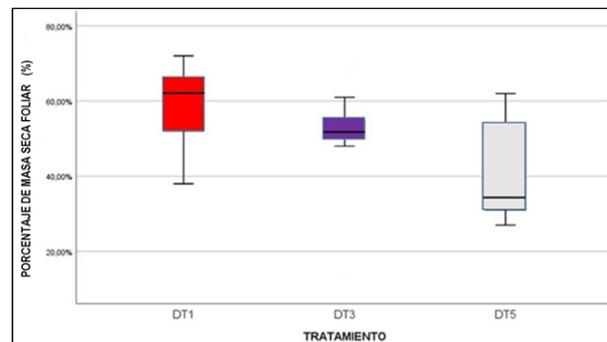


Fig. 3 Diagrama de cajas porcentaje de masa seca aérea por tratamiento DT1 (testigo), DT3 (75% arcilla-25% gallinaza), y DT5 (75% arcilla-25% equinaza).

El tratamiento que resulta más eficiente en la variable altura es el DT3 que está compuesto de 75% de arcilla y 25% de gallinaza, el cual es una opción viable para tener eficiencia en el porcentaje de masa seca aérea en comparación con los demás tratamientos y principalmente con el testigo, donde se evaluó el método convencional de siembra, en el que no se adicionó ningún compuesto alterno.

V. CONCLUSIONES

La proporción indicada a implementar cuando se usan abonos orgánicos es 75% de arcilla y 25% de abono orgánico, debido a que cuando se exceden estas cantidades como lo es el caso de 50% de cada parte, la semilla se ve afectada por las condiciones adversas en la que se encuentra debido al pH ácido que se puede presentar en ese ambiente.

El árbol de yopo obtuvo mejores resultados con la proporción 75% arcilla y 25% gallinaza, como se evidenció en la variable altura la cual mostró diferencias significativas respecto a las demás variables y tratamientos.

Existen diferentes factores que afectan el buen desarrollo de las plántulas siendo algunos controlables y otros no, como lo son la incidencia de radiación solar, la humedad, la temperatura y los patógenos que se llegan a presentar.

REFERENCIAS

- [1] Fukuoka, M. (1978). *Agricultura natural*. São Paulo: Nobel. Recuperado de http://www.academia.edu/download/36238348/APUNTES-Agricultura_Natural-Fukuoka_STUDER.pdf
- [2] Moreno, D., Cuartas, S. (2014). *Sobrevivencia y crecimiento de plántulas de tres especies arbóreas en áreas de bosque montano andino degradadas por ganadería en Colombia*. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v20n2/v20n2a09.pdf>
- [3] Sadeghian, S. (2016). La acidez del suelo. Programa de Investigación Científica Fondo Nacional del Café. Tomado de <https://www.cenicafe.org/es/publications/AVT0466.pdf>
- [4] Salazar-Sosa, E., H. I. Trejo Escareño, C. Vázquez-Vázquez y J. D. López-Martínez. (2007). Producción de maíz bajo riego por cintilla, con aplicación de estiércol bovino. *Rev. Int. Bot. Exp.*, 76: 169-185. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/573/57313040007.pdf>

Capítulo 19. Efecto de enmiendas órgano-minerales en propiedades de un suelo sembrado con *Stevia rebaudiana*

Effect of mineral organ amendments on properties of a soil planted with *Stevia rebaudiana*

Víctor Manuel Torres Lozano, docente Fundación Universitaria de San Gil - UNISANGIL
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
Yopal, Colombia

vtorres@unisangil.edu.co

Palabras clave: CIC, estevia, enmienda órgano-mineral, suelo.

I. INTRODUCCIÓN

Las enmiendas órgano minerales (OM) son usadas como complemento a la fertilización, se fundamentan en el principio de descomposición de la masa vegetal infestada de micro y meso organismos que permite la formación de humus y la liberación de sales minerales que contienen los principales nutrientes para las plantas [1]. Alrededor del mundo se han realizado diferentes estudios con OM, sin embargo, son pocas las investigaciones en las cuales se utilicen minerales de arcilla como la montmorillonita o bentonita, como constituyente de una enmienda aplicada en suelos cultivados, con el fin de observar su efecto en la retención de nutrientes (especialmente N), y características físico-químicas del suelo. En la siguiente investigación se evaluó el efecto de la aplicación de una enmienda OM a base de bentonita y lombricompost como complemento a la fertilización nitrogenada, en propiedades de un suelo neutro del Valle del Cauca (Colombia).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Laboratorio de Aguas y Suelos Agrícolas (Lasa), de la Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente (Eidenar), de la Universidad del Valle, en el municipio de Cali (Valle del Cauca-Colombia). El suelo utilizado fue de la vereda Caucaseco del municipio de Candelaria (Valle del Cauca - Colombia), con clasificación taxonómica *Fluventic Haplustepts*, moderadamente profundo, poca pedregosidad. La enmienda OM consistió en una mezcla entre el mineral de arcilla montmorillonita y lombricompost, las características se presentan en la Tabla 1.

TABLA 1. PROPIEDADES INICIALES DEL SUELO Y DE LOS COMPONENTES DE LA ENMIENDA OM

Propiedad	pH	NT (%)	CIC (cmol*kg ⁻¹)	MO (%)
Suelo	6,580	0,280	11,800	7,020
Lombricompost	6,586	1,000	103,922	20,000
Montmorillonita	9,185	0,064	30,608	0,000

El diseño experimental fue completamente al azar en materas, compuesto por siete tratamientos y tres réplicas por tratamiento, para un total de 21 unidades experimentales (UE). El factor correspondió a la mezcla de fertilizantes nitrogenados con enmienda OM en diferentes proporciones, con 6 niveles de variación y un testigo, manteniendo una dosis de 150 kg ha⁻¹ de N para cada tratamiento. Los tratamientos fueron la combinación de urea y fertilizante de liberación lenta (FLL) con enmienda OM, en proporciones de 0%, 50%, 75% y 100%. La aplicación de fertilizantes se hizo en una sola dosis directamente en la superficie del suelo, manteniendo un agotamiento máximo de 20% por debajo de su capacidad de campo, el experimento tuvo una duración de 88 días después de la siembra.

Como variables de respuesta se midieron el porcentaje de (MO) por el método de Walkley – Black, la (CIC) por acetato de amonio a pH 7,0, y porcentaje de (NT) por Kjeldahl. Se realizó un análisis estadístico descriptivo, verificación de la distribución normal y homogeneidad de varianzas por el método de Levene, se efectuó un análisis de varianza (Anova) entre los promedios de cada variable con el paquete estadístico R versión 3.3.2.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de NT estuvieron en el rango normal, según los rangos presentados por [2]. Sin embargo, se observó un incremento de 83% y 25% con respecto al testigo y la urea, con el uso de OM; resultados similares fueron encontrados por [3] en el cultivo de reygrass y [4] en el

cultivo de maíz; mostrando que las aplicaciones de enmiendas OM con minerales de arcilla aumentan el NT en el suelo en comparación con los fertilizantes de síntesis química. Es importante resaltar que los minerales de arcilla y la OM pueden retener nutrientes en forma disponible para la planta, ya que los nutrientes están ligados al complejo de adsorción [1], por lo que los valores de NT finales fueron mayores en los tratamientos con presencia de OM (Tabla 1).

Se observó un incremento de la CIC con respecto a la inicial en valores entre 14,6 - 16,3 $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ para todos los tratamientos y en comparación con el valor final del testigo se encontró un aumento entre 5,03 - 6,73 $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$. Las enmiendas compuestas con minerales de arcilla, promueven el aumento de la CIC del suelo, comportamiento similar al encontrado por [5], con aplicaciones de diferentes tasas de bentonita la CIC aumentó considerablemente en la primera capa del suelo, mostrando diferencias significativas con los demás tratamientos. El aumento en la CIC se debe a que la montmorillonita como parte de la enmienda OM, aumentó el valor de esta propiedad, siendo más significativo en combinaciones con FLL, de la misma forma que observaron [6] y [4] con enmiendas minerales; y [7] con enmiendas OM. La CIC del suelo es una propiedad que afecta la disponibilidad de nutrientes de las plantas, por lo que la aplicación de minerales de arcilla con fertilizantes orgánicos incrementa su valor, liberando compuestos como la lignina que absorben los cationes. Además, el mineral de arcilla aumentó la CIC del suelo puesto que estos materiales por sí mismos tienen alta capacidad de retención [7].

TABLA 2. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ENMIENDAS ÓRGANO MINERALES EN PROPIEDADES DEL SUELO

Treatmento	NT (%)		CIC ($\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$)		MO (%)	
T1 (testigo)	0,093 abc		21,367 b		2,150	
T2 (urea 100%)	0,136 ab		22,533 b		2,527	
T3 (urea 75% - OM 25%)	0,016 c		2,000 b		2,640	
T4 (urea 50% - OM 50%)	0,031 bc		24,200 b		2,083	
T5 (urea 100%)	0,039 abc		27,533 a		1,977	
T6 (urea 75% - FLL 25%)	0,024 bc		26,667 a		2,020	
T7 (urea 50% - FLL 50%)	0,170 a		27,267a		2,703	
Valores de F y P	F	P	F	P	F	P
	5,972	0,002	3,736	0,019	1,452	0,264

Según lo apreciado en la Tabla el T7 tuvo el mejor comportamiento en cuanto a NT, CIC y MO. La aplicación de diferentes tasas de montmorillonita, pudo haber afectado los procesos de transformación de la MO,

además, a medida que aumentaba la cantidad del mineral de arcilla los valores de MO fueron menores (Tabla 2). Esta disminución de la MO fue debido a que las dosis de abono orgánico contenidas en la enmienda OM fueron pequeñas, y a la influencia de variables climáticas como la temperatura, lo que hizo que la MO se transformara rápidamente, como sucede generalmente en suelos del trópico [1].

IV. CONCLUSIONES

El nitrógeno total del suelo y la CIC aumentaron con la aplicación de enmiendas órgano minerales en combinación 50% fertilizante de liberación lenta y 50% enmienda órgano mineral, en comparación con el testigo, la urea y el fertilizante de liberación lenta.

Las enmiendas órgano minerales en combinación con diferentes fertilizantes, mejoran las propiedades del suelo, además que disminuyen la cantidad de fertilizante usado en el cultivo de estevia.

AGRADECIMIENTOS

A Colciencias entidad financiadora del proyecto “Análisis regional de las sequías relacionadas con la variabilidad climática para la implementación de estrategias de adaptación en sistemas productivos agrícolas del Valle del Cauca”, dentro del cual se realizó este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). *Los fertilizantes y su uso*. Roma, Italia. Pp. 33-44. 2002.
- [2] V. González; M. Leal; J. Lillo; I. De Bustamante y P. Palacios. *Guía de caracterización edáfica para actividades de regeneración de aguas residuales en usos ambientales*. Red Consolider Tragua. Gobierno de España. En http://www.consolider-tragua.com/documentos/guia_caracterizacion_edafica.pdf. 2015.
- [3] D. Antille, R. Sakrabani and R. Godwin. Effects of biosolids-derived organomineral fertilizers, urea, and biosolids granules on crop and soil established with Ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45, 1605–1621. 2014.
- [4] N. Obregón, J. Díaz, M.C. Daza y H. Aristizábal. Efecto de la aplicación de zeolita en la recuperación de nitrógeno y el rendimiento de maíz. *Acta Agronómica*, 65 (1): 24-30. 2016.
- [5] J. Czaban and G. Siebielec. Effects of Bentonite on Sandy Soil Chemistry in a Long-Term Plot Experiment (II); Effecton pH, CEC, and Macro- and Micronrients. *Pol. J. Environ. Stud.* 22 (6): 1669-1676. 2013.
- [6] Civeira, G. y Rodríguez, M. 2011. Nitrógeno residual y lixiviado del fertilizante en el sistema suelo-planta-zeolitas. *Ciencia del Suelo* (Argentina). 29(2): 285-294.
- [7] M. Gholamhoseini, A. Ghalavand, A. Khodaei-Joghan, A. Dolatabadian, H. Zakikhani and E. Farmanbar. Zeolite-amended cattle manure effects on sunflower yield, seed quality, water use efficiency and nutrient leaching. *Soil & Tillage Research*, 126 (2013):193–202. 2013.

Capítulo 20. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad de agua de la quebrada El Turrón vereda La Niata – Yopal, Casanare

Aquatic macroinvertebrates as indicators of water quality of the creek El Turrón village, La Niata – Yopal, Casanare

Alba Lucía Pérez Granados, docente Fundación Universitaria de San Gil –UNISANGIL
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
Yopal, Colombia.

July Tatiana Castañeda Morales, ingeniera ambiental
Fernando Alberto Pérez Rincón, ingeniero ambiental
Yopal, Colombia.

agranados@unisangil.edu.co
julycastaneda@unisangil.edu.co
ferperez@unisangil.edu.co

Palabras clave: bioindicadores, calidad del agua, macroinvertebrados.

debido a que los pobladores de la zona manifiestan que el relleno sanitario el Cascajar, ubicado a unos pocos metros de la quebrada, ha vertido sustancias como lixiviados, y han observado presencia de aceites y grasas.

I. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas dulceacuáticos son considerados uno de los recursos naturales renovables más importantes para la vida en términos de su valor biológico. Estos ecosistemas también se destacan por contener una biota rica y variada, incluyendo una alta diversidad de peces y otros vertebrados, y una mayor diversidad de invertebrados, plantas y algas (Jonsson *et al.*, 2001). A pesar de la importancia de las fuentes hídricas, actualmente dichos ecosistemas han sufrido alteraciones antrópicas de todo tipo, como remoción de la vegetación ribereña, descargas de aguas residuales, contaminación por productos agroquímicos y materia orgánica proveniente de actividades como la ganadería que hacen que la calidad de la fuente sea alterada negativamente, por lo anterior, es necesario diseñar metodologías que ayuden a determinar de una forma económica y eficaz las alteraciones en el hábitat acuático, la evaluación de la calidad del agua se ha realizado tradicionalmente basada en los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. Sin embargo, en los últimos años, muchos países han aceptado la inclusión de los macroinvertebrados para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos [1].

La quebrada El Turrón fue una fuente de abastecimiento para la comunidad y sustento para las actividades económicas de la vereda como agricultura y ganadería, adicionalmente un hábitat importante para la flora y fauna de la región. En la actualidad no es usada para este fin

Dada la importancia de la quebrada El Turrón para la vereda La Niata, el presente estudio se enfocó en la evaluación y caracterización de la biota acuática, generando una información básica para estudios taxonómicos y ecológicos de diversos grupos de macroinvertebrados, los cuales actuaron como bioindicadores permitiendo evaluar la calidad de agua de El Turrón a través de la aplicación de indicadores biológicos como el IBF (Índice Biótico de Familias,) BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party) y ASPT (Average score per taxón).

II. DESARROLLO DE CONTENIDOS

Área de estudio

Se establecieron tres estaciones de muestreo en la quebrada El Turrón para el desarrollo del estudio, ubicadas en las siguientes coordenadas, A; N 05°25'24.5", W -072°18'52.3", B; N 05°24'53.02", W -072°18'20.3" y C; N 05°24'57.06", W -072°18'27.3. Esta fuente se encuentra localizada en el piedemonte del cerro conocido con el nombre de La Culebra con una altura aproximada de 350 m.s.n.m., temperatura promedio de 24°C y está influenciada por unos 1500 habitantes aproximadamente, que desarrollan sus proyectos productivos y residen en esta zona.

La primera estación está ubicada a escasos metros del relleno sanitario el Cascajar, la segunda se localiza después de la vía que conduce al municipio de Paz de Ariporo y, finalmente, la tercera se ubica cerca de las viviendas de los pobladores del sector.



Fig. 1 Localización de los puntos de muestreo. Fuente: Google. Maps

Muestreo de macroinvertebrados

La captura de macroinvertebrados se realizó con la metodología propuesta por Roldán 1996, que utiliza la red D-net para realizar muestreos en aguas lentas o con vegetación marginal, el tamaño de este instrumento es de aproximadamente un metro cuadrado y está sujeta a un tubo cuya longitud estimada es de 1.5 metros. El muestreo se hizo removiendo el sustrato que se encontraba en el fondo del cauce de la quebrada El Turrón, ubicando la red que encara a la corriente de agua y realizando movimientos oscilatorios de izquierda a derecha con la finalidad de capturar los organismos allí presentes. De igual manera, se efectuó el levantamiento de rocas, troncos, se colectó arena y vegetación acuática para su respectiva inspección, con el objetivo de muestrear los individuos adheridos a estos elementos.

Las muestras se almacenaron en recipientes plásticos con alcohol a los 70% de concentración, debidamente rotuladas y refrigeradas, identificadas por familia, orden y género en el laboratorio de la Fundación Universitaria de San Gil, sede Yopal.

II. RESULTADOS

Identificación de macroinvertebrados en la temporada de invierno-verano

En la Tabla 1 se observa la identificación de los taxones según su familia, orden y género de acuerdo con la temporada de invierno-verano y estaciones de muestreo.

TABLA 1. IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS SEGÚN SU FAMILIA, GÉNERO Y ORDEN EN LA QUEBRADA EL TURRÓN

IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS DE VERANO E INVIERNO								
FAMILIA	ORDEN	GÉNERO	VERANO			INVIERNO		
			E ₁	E ₂	E ₃	E ₁	E ₂	E ₃
Baetidae	Ephemeroptera	Psephenops	x	x	x			
		Baetis						x
Belostomatidae	Hemiptera	Lethocerus				x	x	x
		Telebasis	x	x	x			
Coenagrionidae	Odonata	Acanthagrion		x	x	x	x	x
		Argia				x	x	x
Corixidae	Hemiptera	Tenegobia Socialis				x		
Corydalidae	Neuroptera	Corydalus				x		
Elmidae	Coleoptera	Macrelmis						x
Hydropsichidae	Trichoptera	Helicopsyche				x	x	
		Smicridea						x
Leptophlebiidae	Ephemeroptera	Traverella						x
		Maruina	x	x	x			
Libellulidae	Odonata	Dythemis				x	x	
Psephenidae	Coleoptera	Molophilus	x	x	x			
		Psephenops						x
Psychodidae	Diptera	Clognia albipunctatus						x
		Baetodes	x	x	x			
Phylodactylidae	Coleoptera	Anchytarsus						x
Pyralidae	Lepidoptera	Sin determinar						x
Tipulidae	Diptera	Traverella	x	x	x			x
		Hexatoma						x
Tubificidae	Oligochaeta	Tubifex		x	x			x
Velidae	Hemiptera	Microvelia						x
		Stridulivelia						x
Cantidad de taxones.			44	31	32	47	42	35

En total fueron recolectados 231 ejemplares clasificados entre 16 familias, 8 órdenes y 23 géneros, a nivel de familia las más abundantes, en temporada de verano, fueron *Leptophlebiidae* equivalente al 29%, seguido de *Psephenidae* con un 27% y, finalmente, *Baetidae* con un 16%. Para la temporada de invierno se registraron un número mayor de familias, sin embargo, hubo una cifra dominante en esta estación en específico y es la cantidad de organismos *Coenagrionidae*. Estas especies se encuentran en gran variedad de hábitats, generalmente en ríos de corriente moderada, donde se les puede observar adheridas a los tallos sumergidos de las plantas acuáticas [2]. En menor cantidad se registró la familia *Corixidae* que se considera indicadora de aguas oligomesotróficas y eutróficas [3].

Resultados del índice biológicos BMWP/Col IBF y ASPT

Los resultados del índice biológico para muestreo de verano se presentan en la Tabla 2.

TABLA 2. RESULTADO ÍNDICES BIOLÓGICOS PARA MUESTREO DE VERANO

RESULTADOS DE ÍNDICES BIOLÓGICOS EN VERANO								
PUNTAJE								
BMWP/Col			ASPT			IBF		
E ₁	E ₂	E ₃	E ₁	E ₂	E ₃	E ₁	E ₂	E ₃
38	39	46	0.86	1.26	1.44	3.4	4.6	5.08
Clase III Moderadamente contaminada			Clase IV Contaminación severa			Clase I Excelente	Clase III Buena	Clase IV Regular

El índice biológico BMWP/Col arroja resultados de clase III con aguas moderadamente contaminadas, la presencia

de organismos del orden de *Ephemeroptera* tiene características en algunas especies de tolerancia aguas contaminadas y el orden *Telebasis* propias de ecosistemas lénticos, con vegetación, pero indicadora de aguas oligomesotróficas. El ASPT sugiere que el cuerpo de agua evaluado presenta una clase IV lo que indica una contaminación severa, el concepto es consecuente con la presencia de varios individuos de familias determinantes que confirman un estado de contaminación latente. Para el caso del índice IBF los resultados fueron opuestos a los otros indicadores calculados ya que nos arroja que la calidad del agua de esta quebrada en la estación 3 se registra una calidad buena y excelente.

TABLA 3. RESULTADOS DE LOS ÍNDICES BIOLÓGICOS DE LAS TRES ESTACIONES EN TEMPORADA DE INVIERNO

RESULTADOS DE ÍNDICES BIOLÓGICOS EN INVIERNO								
PUNTAJES								
BMWP/Col			ASPT			IBF		
E ₁	E ₂	E ₃	E ₁	E ₂	E ₃	E ₁	E ₂	E ₃
42	72	76	0.89	1.71	2.17	7.95	6.46	5.69
Clase III Moderadamente contaminada			Clase II Ligeramente contaminadas			Clase IV Contaminación severa		
						Clase VII Muy malo	Clase V Relativamente Mala	Clase IV Regular

La aplicación del índice BMWP/Col en la quebrada El Turrón, nos indica estados de agua moderados, críticos y muy críticos. De la estación 2 y 3, el índice BMWP/Col señaló aguas ligeramente contaminadas, donde se presentaron macroinvertebrados propios de ecosistemas con menores rangos de contaminación y con presencia de familias con tolerancia restringida, estas estaciones presentaron puntajes más altos en este índice.

III. CONCLUSIONES

Se evidencia una alteración en la calidad del agua de la quebrada El Turrón como lo demuestran los resultados arrojados por los índices BMWP/Col. La clasificación de aguas muy contaminadas y moderadamente contaminadas en la quebrada El Turrón, indican que se está presentando un fenómeno de alteración en el cuerpo de agua, esto contribuye, de manera importante, a que disminuya la diversidad de organismos presentes en la quebrada.

Los macroinvertebrados acuáticos capturados en la quebrada El Turrón que más presentan número de taxones fueron de las órdenes *Odonota* y *Ephemeroptera*. Mientras que los organismos de la familia *Corixidae* del orden *Hemiptera*, solo fueron hallados en la estación 1 en temporada de invierno.

El índice biológico BMWP/Col debido a su versatilidad es muy útil para la determinación de la calidad del agua. Modificado para determinado cuerpo de agua permite una

evaluación rápida y acertada, esto basado en ponderaciones de sensibilidad a los rangos de tolerancia ambiental de los macroinvertebrados acuáticos; finalmente, se recomienda realizar estudios de monitoreo y seguimiento a la calidad del agua de la quebrada El Turrón por su cercanía al relleno sanitario Cascajar y su importancia para la comunidad de La Niata.

REFERENCIAS

- [1] Roldán, G. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *ACAD*, 40(155), 2016.
- [2] Roldán, G. & Arango, C. Odonatos inmaduros del departamento de Antioquia en diferentes pisos altitudinales. *Actualidades Biológicas*, 12(46), 91-105. 1983.
- [3] Álvarez, S. & Pérez, L. Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras. Zamorano, 2007.
- [4] Cuaspad, E. & Paredes, K. Determinación del índice de calidad del agua de la quebrada de Yaznán, río Blanco, río Puluví y río Guachalá del cantón Vayambe. Quito. 2017.
- [5] Forero, A. & Reinoso, G. Estudio de la familia *baetidae* (*ephemeroptera: insecta*) en una cuenca con influencia de la urbanización y agricultura: río Alvarado - Tolima. *Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 25, 12-21, 2013.
- [6] Figueroa, R., Araya, E., Parra, O., Valdovinos C. “Invertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua”, Centro de Ciencias Ambientales, EULA-Chile. 2003.
- [7] Roldán, G. *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. 2003.
- [8] Roldán, G. *Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos en el departamento de Antioquia*. Universidad de Antioquia. 1996.

Capítulo 21. Bioinoculación de consorcio diazótrofo aumenta la eficiencia del uso del nitrógeno en cultivo de albahaca (*Ocimum basilicum L.*)

Bio inoculation of diazotrophic consortium increases the efficiency of the use of nitrogen in Basil crops (*Ocimum basilicum L.*)

Jhon Derly Sarria Ospina, Universidad del Valle
Santiago de Cali, Colombia

jhon.sarria.ospina@correounivalle.edu.co

Palabras clave: bioabonos, biofertilizante, fertilizantes, fijadores de nitrógeno, plantas aromáticas.

I. INTRODUCCIÓN

El nitrógeno (N) en el suelo es el principal elemento limitante para la productividad primaria en los ecosistemas terrestres [1]. En las últimas décadas, se ha incrementado la investigación y aplicación de estrategias para mejorar la disponibilidad y uso eficiente de este nutriente en actividades agrícolas, ejemplo de estas estrategias es el uso de inóculos como complemento de la fertilización nitrogenada tradicional a base de urea. Estos bioinóculos formulados, por lo general a partir de cepas puras de microorganismos que pueden contener microorganismos solubilizadores de fósforo, productores de fitohormonas o sideróforos, sintetizadores de antibióticos y, de mayor interés, microorganismos diazótrofos capaces de fijar nitrógeno en el suelo [2].

Consortios microbianos cultivados en reactores podrían adaptarse mejor a diversas condiciones ambientales, en comparación con biofertilizantes elaborados a partir de cepas puras de microorganismos o combinación de estas, lo que los hace ser una alternativa potencial como complemento a la fertilización nitrogenada y mejorar no solo la disponibilidad del nutriente en el suelo, sino también aumentar la eficiencia en su uso. El propósito de este estudio fue evaluar el efecto, sobre la eficiencia del uso del nitrógeno en un cultivo de albahaca, producto de la bioinoculación de un consorcio diazótrofo (CD) proveniente de lodos de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas (Stard), cultivado en reactor biológico secuencial (RBS).

II. METODOLOGÍA

A. Localización del experimento

Los experimentos se realizaron en los invernaderos del Laboratorio de Aguas y Suelos Agrícolas, Lasa, de la Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente (Eidenar) de la Universidad del Valle, ubicado en el municipio de Santiago de Cali, Valle del Cauca. La temperatura promedio mensual durante el período experimental fue de 25 °C.

B. Descripción del suelo

El suelo empleado provino de la vereda Cauca Seco, corregimiento de Juanchito (Candelaria) en el Valle del Cauca (Colombia). El suelo utilizado correspondió a la clasificación taxonómica *Fluventic Haplustepts* cuyas principales características fisicoquímicas son: pH de 6,85, conductividad eléctrica de 0,10 dS/m, materia orgánica 2,69%; nitrógeno total 0,18 %; calcio intercambiable 0,93 cmol(+)/kg; magnesio intercambiable 9,29 cmol(+)/kg; potasio intercambiable 0,17 cmol(+)/kg; fósforo intercambiable 17,76 mg/kg y textura arcillosa.

C. Descripción del bioinoculante

El CD se cultivó en un reactor RBS a partir de la combinación de cuatro inóculos provenientes del lodo de Stard. El CD fue aireado constantemente y alimentado con medio de cultivo libre de compuestos nitrogenados.

D. Diseño y montaje experimental

Se realizó un diseño experimental unifactorial completamente al azar, con cinco tratamientos, un control y cinco repeticiones por tratamiento para un total de 30 unidades experimentales (UE). Cada unidad experimental consistió en una maceta con 3,0 kg de suelo tamizado y

una plántula de albahaca (*Ocimum basilicum* L). Los tratamientos fueron los siguientes:

- T1: Control, sin fertilización (sin tratamiento).
- T2: 100% dosis urea 100% ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) (0,44 g).
- T3: 75% dosis urea (0,33 g) + CD (0,11 ml).
- T4: 50% dosis urea (0,22 g) + CD (0,11 ml).
- T5: 25% dosis urea (0,11 g) + CD (0,11 ml).
- T6: Dosis CD (0,11 ml).

E. Análisis de las variables experimentales

Se midieron, en cada una de las UE, las siguientes variables de respuesta al final de la fase experimental (72 días a partir de la siembra de las plántulas en las UE). Todos los parámetros se hicieron siguiendo los lineamientos del Igac (2006):

- Masa seca, secado en horno de aire caliente a 60° C hasta peso constante.
- N foliar, método de Micro-Kjeldal.
- N total en el suelo, método de Micro-Kjeldal.

A partir de estos datos se calcularon los índices de eficiencia:

- ER_n: Eficiencia aparente de recuperación de N.
- EA_n: Eficiencia agronómica del N aplicado.
- FPP_n: Factor parcial de productividad del N aplicado.

F. Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza Anova y prueba de Tukey (al 95% de confiabilidad) para determinar diferencias significativas entre los tratamientos. Se utilizó el programa estadístico R versión 3.5.2.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 presenta los resultados promedio de los principales índices de eficiencia [3] en el uso de la urea aplicada como fertilizante nitrogenado.

TABLA 1. ÍNDICES DE EFICIENCIA AGRONÓMICA EN EL USO DEL NITRÓGENO

	ER _n (kg/kg)	EA _n (kg MS/kg N)	FPP _n (kg MS/kg N)
T2	0,15 ^b	2,8 ^b	16,6 ^b
T3	0,19 ^b	0,8 ^{bc}	19,2 ^b
T4	0,29 ^b	0,1 ^c	27,6 ^{ab}
T5	0,97 ^a	10,6 ^a	65,7 ^a

Promedio de 5 repeticiones ± error estándar. Los promedios con misma letra no presentan diferencias

significativas a $\alpha=0,05$ por la prueba de Tukey. T1 y T6 no presentan datos porque los índices son aplicables solo a tratamientos con fertilización química.

La eficiencia aparente de recuperación de N (ER_n) del T5 fue 0,97 kg/kg, significativamente mayor a los tratamientos T2, T3 y T4, los cuales estuvieron por debajo de 0,3 kg/kg. La ER_n relaciona la cantidad de N absorbido por la planta y la cantidad de N aplicado como fertilizante, es decir, la tasa de recuperación por parte del cultivo del N aplicado. Los valores de ER_n dependen principalmente del cultivo y del tipo de fertilizante aplicado, pero generalmente oscilan entre 0,5 y 0,8 kg/kg en sistemas bien administrados [4] lo que significa que el T5 presentó un alto índice de recuperación del N aplicado como fertilizante químico.

Finalmente, la eficiencia agronómica del N aplicado (EA_n) y el factor parcial de productividad del N aplicado (FPP_n) resultaron mayor en T5 con diferencias significativas respecto al resto de tratamientos, incluido T2. Estos índices son dos maneras de valorar la tasa de transformación del N aplicado en biomasa vegetal o masa seca, para el caso de estudio. Al igual que en el índice ER_n, al ser baja la dosis de fertilizante químico que se empleó en T5 y al haber obtenido rendimiento de masa seca competitiva a T2, indica un mayor uso del N aplicado en términos de rendimiento para el T5.

Los resultados obtenidos en los índices de eficiencia agronómica indican que T5 aumenta la eficiencia en el uso del N. La mejora de estos índices es atribuible al aumento de la actividad microbiológica en el suelo e interacciones con la planta debido a la inoculación del CD. Es bien sabido que el uso de bioinoculantes pueden inducir cambios transitorios en la comunidad microbiana favoreciendo la absorción de nutrientes como el N en las plantas [5].

III. CONCLUSIONES

La inoculación del CD evaluado en el presente estudio junto a una dosis del 25% de fertilizante químico, aumentó el porcentaje de N absorbido por las plantas y mejoró la eficiencia agronómica en el uso del N aplicado como urea, obteniendo un rendimiento agronómico del cultivo competitivo al tratamiento convencional con el fertilizante químico, lo cual representa el potencial uso de este consorcio microbiano como una alternativa complementaria a la fertilización nitrogenada convencional en cultivo de *Ocimum basilicum* L.

REFERENCIAS

- [1] D. S. LeBauer and K. K. Treseder, “Nitrogen limitation of net primary productivity in terrestrial ecosystems is globally distributed”, *Ecology*, vol. 89, No. 2, pp. 371–379, 2008.
- [2] R. Hayat, S. Ali, U. Amara, R. Khalid, and I. Ahmed, “Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: A review”, *Ann. Microbiol.*, vol. 60, No. 4, pp. 579–598, 2010.
- [3] K. G. Cassman, A. R. Dobermann and D. T. Walters, “Agroecosystems, Nitrogen-use Efficiency, and Nitrogen Management”, *Agron. Hortic.*, vol. 31, No. 2, pp. 132–140, 2002.
- [4] A. Dobermann, *Fertilizer best management practices*. 2007.
- [5] F. Cassán and M. Diaz-Zorita, “Azospirillum sp. in current agriculture: From the laboratory to the field”, *Soil Biol. Biochem.*, vol. 103, pp. 117–130, 2016.

Capítulo 22. Estrategias comunitarias para la adaptación a inundaciones, en la gestión del riesgo de desastres del municipio de Yopal, Casanare

Community strategies for adaptation to floods, in the disaster risk management of Yopal municipality, Casanare

Luz Ornella Rincón Díaz, docente Fundación Universitaria de San Gil –UNISANGIL
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
Yopal, Colombia.

lrincon1@unisangil.edu.co

Palabras clave: inundación, adaptación, comunidad, gestión del riesgo municipal.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial las inundaciones se encuentran en el primer lugar entre los 10 mayores desastres (1900-2012) [1]. En el territorio colombiano las inundaciones se manifiestan en extensas zonas, lo cual es coherente con la presencia de humedales en los 1100 municipios de Colombia [2]. Las políticas públicas y los instrumentos de planificación de carácter local no han demostrado hoy en día el interés por la reducción del riesgo de inundaciones desde la disminución de la vulnerabilidad y en especial aquella de carácter social, asociada con la capacidad de adaptación y resiliencia de las comunidades [3]. La adaptación, es vista como un instrumento para reducir la vulnerabilidad de la sociedad y aumentar su resiliencia [4]. Las estrategias de adaptación caracterizadas en la presente investigación se definen como las formas en que las comunidades o sujetos sociales se relacionan con el medio ambiente para sobrevivir (citado por [5], de [6]. Por lo anterior, es importante que, desde la gestión del riesgo de carácter local liderada por los entes territoriales, se generen estrategias orientadas a la reducción de la vulnerabilidad, basadas en las características del escenario del riesgo y las capacidades ya desarrolladas por las comunidades, facilitando la adopción de las medidas propuestas de forma sostenible.

Diseño metodológico: Considerando lo anterior, a través de la ejecución del proyecto de investigación desarrollado bajo un enfoque mixto y descriptivo abordando un estudio de caso, se exponen y analizan los mecanismos de adaptación a inundaciones encontrados en dos comunidades rurales del piedemonte llanero de la orinoquia colombiana, más exactamente en las veredas

La Manga y Tacarimena Baja del municipio de Yopal, departamento de Casanare, que se encuentran, según Plan de Ordenamiento Territorial (2013) del municipio de Yopal, en zona de riesgo mitigable de inundación de la cuenca hidrográfica del río Cravo Sur, en un tramo influenciado por condiciones hidrodinámicas generadas por la transición del piedemonte de la cordillera Oriental, y en especial en el área ubicada entre la zona de divagación de dos brazos del río formados por una bipartición del caudal, que genera inundaciones periódicas y según lo identificado por estudios técnicos corresponde a zona con amenaza alta y media (Fundación AZ y la Alcaldía de Yopal, 2014), ver Figura 1 [7].

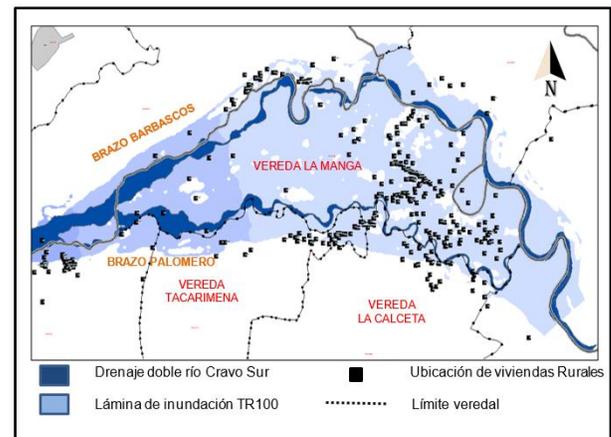


Fig. 1 Lámina de inundación para tiempo de retorno de 100 años, y ubicación población de estudio. Fuente: Tomado y adaptado de plataforma SIG [7].

Con el fin de alcanzar el objetivo principal, la investigación inicia con la revisión de dichas condiciones de amenaza de inundación, para fundamentar la identificación de la vulnerabilidad de los habitantes del área de estudio (definida por el “Modelo de riesgo local” establecido por [8]) de tipo biofísico (dado por el

contexto geográfico que acentúa o disminuye los efectos de la amenaza, compuesta por los factores de exposición y fragilidad [9]) y tipo social (evaluada desde la capacidad institucional, la capacidad de respuesta y la adaptación). Para la identificación de condiciones de vulnerabilidad se acudió a la revisión de cartografía y la actualización del informe generado por la Alcaldía de Yopal (2014). Posee información de las condiciones socioeconómicas para la valoración de la vulnerabilidad biofísica, a través de una encuesta a la población muestral determinada a partir de las 120 viviendas habitadas en el área de estudio. La encuesta se basó en la caracterización de los medios de vida y la afectación generada por la inundación, además del registro de la percepción, conocimiento del riesgo, apego y dependencia del lugar, acciones frente a los eventos de inundación, y análisis de medios de subsistencia. De igual manera, se acudió a otros instrumentos cualitativos como la entrevista semiestructurada de líderes comunitarios, habitantes antiguos, gestores, funcionarios públicos de la gestión del riesgo municipal, y la ejecución de reuniones con grupos focales para la realización de talleres de acción participativa, fundamentados en herramientas propuestas por la FICR (2012) [10] y Abarquez & Murshed (2004) [11]. De dichas experiencias se logró percibir el comportamiento de este grupo de personas, el conocimiento local y su reacción frente a los cambios de la dinámica de inundaciones, resaltando sus capacidades de adaptación y respuesta frente a las inundaciones. Los resultados obtenidos, son identificados dentro de los procesos de la gestión del riesgo comunitaria sugeridos por la Ley 1523 de 2012, para posteriormente ser contrastados con las condiciones de vulnerabilidad biofísica y social antes caracterizadas, con el fin de encontrar relaciones de causalidad, seguidamente de la calificación de dichas capacidades o condiciones como fortalezas o debilidades para la adaptación.

II. DESARROLLO DE CONTENIDOS

Como resultado de la revisión de investigaciones o proyectos del ámbito internacional y nacional, se halla un abanico de acciones que serán consideradas para generar propuestas de adaptación en los instrumentos de planificación local. Dentro de los más importantes mecanismos para promover la adaptación y la resiliencia en las comunidades se encuentran la conversión de comunidades en actores activos, el fomento de las alianzas con las instituciones [12], incorporando así el conocimiento local y las percepciones sobre la variabilidad climática [13], la implementación de instrumentos de planificación [14], las acciones con enfoque de género, las prácticas de producción agrícola resilientes al cambio climático (huertas de hortalizas y

cultivos orgánicos sobre pilotes y especies nativas, huertas agro biodiversas, pachawasi, etc.), biodigestores, abonos orgánicos compostados, viveros, guardianes de semillas, el ecoturismo, las áreas de conservación civil, la restauración ecológica [13]. Las condiciones halladas más relevantes de las diferentes clases de vulnerabilidad biofísicas y sociales, son las siguientes: El área de estudio posee deterioro de ecosistemas asociados a los antiguos paleo causes generados por la migración del río, además la intensificación de la actividad agrícola no ha permitido la recuperación de la flora y la fauna, por otro lado, la población se encuentra en un grado de vulnerabilidad alto por exposición debido a que más del 20% de las viviendas se ubican en un área estimada con amenaza alta donde se define una zona de inundación peligrosa debido a que la velocidad del flujo supere los 0,5 m/s y la profundidad los 0,5 m.; la exposición de la infraestructura pública y comunitaria se da debido a su ubicación en áreas de divagación de los cauces, por lo cual han sufrido en repetidas ocasiones pérdidas o daños; el 63% de las áreas destinadas para producción agrícola están expuestas a un nivel de amenaza alto. Las condiciones físicas de las viviendas constituyen un elemento de fragilidad frente a las inundaciones, pues el 50% de las viviendas poseen una calidad de construcción denominada como mala, y las viviendas antes afectadas no han sido reparadas por incertidumbre de los pobladores a nuevos eventos.

Las condiciones derivadas de la fragilidad socioeconómica también se exponen a cambios en la forma de poblar el área, actualmente las viviendas son ocupadas por menos personas y permanecen las familias conformadas por adultos mayores que no abandonaron sus viviendas (19% de las viviendas), adicionalmente 47% de las familias tienen ingresos mensuales promedio por debajo de medio SMMLV (\$390.000 COP.) y el 39% de personas del sector se sustentan de la producción de sus fincas. La vulnerabilidad institucional es otro gran hallazgo, ya que se evidenció relación entre el estado de la gestión del riesgo municipal y su gobernabilidad con las condiciones encontradas de vulnerabilidad en la población y capacidades de adaptación desarrolladas, lo cual se origina debido a la progresiva falta de inversión pública y la carencia de acompañamiento del Estado en el área de estudio a partir del 2013, cuando fue definida dicha área como zona de amenaza alta por inundación según el POT municipal. Los eventos extremos (2011 y 2015), han demostrado a la población desprevenida la verdadera situación de riesgo a la que están expuestos, generando las siguientes afectaciones analizadas a través de sus medios de vida, y expuestos por los instrumentos de recolección de datos cualitativos y cuantitativos aplicados por esta investigación:

TABLA 2. AFECTACIONES A MEDIOS DE VIDA GENERADAS POR LAS INUNDACIONES

Recurso físico natural	Recurso financiero	Recursos humanos y sociales
No realizan pesca	La economía doméstica no está basada en la relación tradicional de consumo con el mercado externo.	Manifestaciones de sentimientos de desconfianza con vecinos y el Estado
Abastecimiento de agua afectado	57% de las familias ven sus actividades laborales afectadas por los eventos de inundación.	
Ciclos de producción afectados	83% de las familias entrevistadas no cuentan con ahorros.	Participación comunitaria limitada
Reubicación de cultivos	47% que no accedían a otra clase de apoyo financiero.	45% no participa de ninguna actividad social
Disminución del No. de animales por finca	67% reportan pérdidas del 100% de los ingresos que podrían haber ganado un año de trabajo.	Mayor congregación religiosa

Frente a dichas afectaciones, la presente investigación reconoció en la población estrategias de adaptación en los diferentes procesos de la gestión del riesgo. Para el proceso del conocimiento del riesgo se encontraron 5 estrategias, dentro de las que se destaca la definición del papel del hombre para la supervisión del nivel río, el establecimiento de percepciones sensoriales relacionadas con las condiciones hidrometeorológicas y la probabilidad de inundaciones, haciendo uso de la experiencia para el pronóstico, y el establecimiento de redes de comunicación familiares y vecindades para la propagación de llamados de alerta ante crecientes. Para el proceso de la reducción del riesgo se identificaron 17 estrategias y para el proceso del manejo de desastre se hallaron 12, resaltando las excelentes relaciones entre la comunidad y sus líderes, representado también por la cooperación de la comunidad y la existencia de redes de apoyo para la construcción de obras de protección de vías internas frente a la socavación, préstamos de vehículos para evacuación, brindar albergue, recuperación de viviendas y áreas de cultivo, recuperación financiera, entre otras, también estrategias como el cambio de patrones del uso espacial del suelo, disminución del uso para vivienda y producción agropecuaria en las riberas del río y otras áreas como bajos, caños y madre viejas, cambio en medios de vida, reemplazo de cultivos transitorios o permanentes, frágiles ante el estrés hídrico, intensificación de siembra de cultivos resistentes como el maíz y el cacao, el arriendo a terceros de parcelas de los predios para cultivos, almacenamiento de víveres y producción de la cosecha, cambios en la infraestructura de las viviendas y agropecuaria, etc. Todas las estrategias

de adaptación identificadas son limitadas debido al nivel de educación y asociación de la población. Sin embargo, es importante resaltar que esta capacidad adaptativa y de resiliencia no podrá evolucionar sin la intervención del sistema local de gestión del riesgo que impulse medidas para la reducción de la vulnerabilidad y el aumento de la capacidad de adaptación.

III. CONCLUSIONES

La reducción del riesgo puede alcanzar su meta si también se trabaja desde la intervención correctiva y prospectiva de la vulnerabilidad, la falta de capacidad y una equivocada percepción del riesgo de las comunidades. Múltiples fueron los casos de implementación de la gestión del riesgo local y la participación comunitaria que a nivel internacional se hallaron y consultaron en esta investigación que marcaban la tendencia por la identificación y potencialización de las estrategias de adaptación y resiliencia que las comunidades desarrollan ante los eventos adversos. De esta manera, construyendo un abanico de opciones que nacen de la experiencia comunitaria para la formulación de planes, programas, proyectos y acciones vislumbradas en los diferentes instrumentos de planeación, que tendrán un enfoque participativo y recibirán una mejor adopción por parte de las comunidades objeto del escenario de riesgo.

Las comunidades estudiadas en este trabajo, a pesar de sus condiciones sociales y económicas, además de no poseer recursos para la respuesta, ni apoyo en la reconstrucción y rehabilitación de sus fincas después de las inundaciones, de-mostraron que han sabido adaptarse, en cierta medida, al marcado cambio de la dinámica del río Cravo Sur. Sin embargo, la transición de dicha adaptación a ese ambiente acuático se está dando con demasiada lentitud y sin garantía que sea sostenible en el tiempo debido a la no estricta periodicidad de las inundaciones, por ende, es aquí donde se requiere el apoyo de la gestión del riesgo municipal, del sector privado, de la sociedad civil y de la academia, para generar proyectos e incentivos que permitan asegurar la transición a comunidades anfibia, con mejor calidad de vida. Sin embargo, si la alta vulnerabilidad generada por la baja capacidad institucional, la falta de gobernanza, la ausencia de políticas públicas de gestión del riesgo del municipio de Yopal, la desvinculación de la comunidad como los principales actores, la persistencia en la inversión de un modelo asistencial que actúe durante los eventos extremos persisten, estas serán condiciones que representan un desafiante reto para la aplicación de políticas públicas generadas para la promoción de la adaptación basada en comunidades.

REFERENCIAS

- [1] E. M. Rodríguez Gaviria, Diseño metodológico para la evaluación del riesgo por inundación a nivel local con información escasa, Bogotá D.C.: U. Nacional de Colombia, 2016.
- [2] Ideam, Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación, Ideam, Bogotá D.C., 2017.
- [3] Cepal, “Cepal. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos”, 2002. [Online]. Available: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/5749-politicas-publicas-la-reduccion-la-vulnerabilidad-frente-desastres-naturales>. [Acceao enero 2018].
- [4] UN/ISDR, “International strategy for disaster reduction. Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the resilience of nations and communities to disaster”, UN, Hyogo, Japan, 2005.
- [5] J. M. Mojica Vélez, “El conocimiento local de la gestión del riesgo de inundaciones: comunidades del municipio de Mompós, Bolívar”, Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2013.
- [6] S. Nanda, Antropología cultural: Adaptaciones socioculturales, México D.F.: Grupo Editorial Iberoamérica, 1987.
- [7] Alcaldía de Yopal y Fundación AZ, “Modelación hidráulica. Estudio técnico integral sobre la hidráulica fluvial de la cuenca del río Cravo Sur”, Alcaldía de Yopal, Yopal, Casanare, 2014.
- [8] A. Pérez Morales, F. Navarro Hervás y Y. Álvarez Rogel, “Propuesta metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad social en poblaciones afectadas por el peligro de inundación: el caso de Águilas (Murcia, sureste ibérico)”, Documents d’Anàlisi Geogràfica, vol. 62, pp. 133-159, 2016.
- [9] J. Vera Rodríguez y A. Albarracín Calderón, “Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas”, Ciencia e Ingeniería Neogranadina, vol. 27, No. 2, pp. 109-136, 2017.
- [10] F. I. d. S. d. l. C. R. y. d. l. M. L. R. FICR, Análisis de vulnerabilidad y capacidad; Caja de Herramientas con fichas de referencia, Ginebra, Suiza: FICR, 2012.
- [11] I. Abarquez and. Z. Murshed, Field practitioners’ handbook, COMMUNITY-BASED DISASTER RISK MANAGEMENT, Klong Luang, Thailand.: ADPC, 2004.
- [12] PNUD, ADAPTATION FUND and MADS, Reducción del riesgo y de la Vulnerabilidad Frente al cambio climático en la región de la Depresión Momposina en Colombia, Bogotá, Colombia, 2014.
- [13] Alcaldía de Pasto and PNUD, Vulnerabilidad al Cambio Climático, “Análisis local para el empoderamiento y toma de decisiones”, Pasto, Colombia, 2015.

Capítulo 23. Estudio de tratabilidad mediante procesos avanzados de oxidación de aguas residuales agroindustriales

Agroindustrial wastewater treatability study through advanced oxidation processes

Lina María Cerón Arámburo, Universidad del Valle
Santiago de Cali, Colombia

lina.ceron@correounivalle.edu.co

Palabras clave: fenton, foto-fenton, ozonización, Procesos Avanzados de Oxidación PAO, pesticidas, agua residual agroindustrial.

I. INTRODUCCIÓN

Colombia, es un país agro-exportador y cuenta con una superficie de área agrícola de 44.665,6 ha donde el 40,6% del área rural tiene uso agropecuario [1], [2], [3]. Por tanto, en aras de obtener altos rendimientos, la agricultura intensiva realiza la aplicación de insumos agropecuarios como los pesticidas generando aguas residuales con características altamente recalcitrantes y tóxicas, como resultado de la actividad de aplicación, lavado de los envases y contenedores usados en la aspersión de cultivos, entre otros [4], [5].

Por tanto, estas aguas residuales agroindustriales están compuestas por pesticidas (también llamados plaguicidas) que son definidos como un producto utilizado para combatir los parásitos y enfermedades de plantas, proteger a los cultivos de los agentes dañinos y mejorar cualitativa y cuantitativamente la producción [6]. Dependiendo de sus características fisicoquímicas, tienen el potencial de contaminar suelos, acuíferos subterráneos y fuentes superficiales debido a que son altamente recalcitrantes y tóxicos, siendo de vital importancia buscar alternativas de tratamiento para mitigar esta situación [5], [7].

Los procesos avanzados de oxidación han demostrado ser eficientes en la degradación y transformación de estos contaminantes emergentes, lo cual no se logra con un tratamiento convencional [8]. Por tanto, la investigación fue dirigida en realizar un estudio de tratabilidad de efluentes de aguas residuales resultantes del lavado de equipos de aplicación de pesticidas, utilizando 3 tipos de estos procesos avanzados de tratamiento: Fenton, Foto-Fenton y Ozonización.

II. METODOLOGÍA

Esta investigación se realizó en el Campus de la Universidad del Valle sede Meléndez, ubicado en el municipio de Santiago de Cali, Valle del Cauca a través del Grupo de Investigación en Procesos Avanzados para Tratamientos Biológicos y Químicos, GAOX.

El sitio de toma de muestra correspondió a una cámara de inspección ubicada a un costado de la zona de lavado de equipos de aplicación de pesticidas. Se realizó la toma de tres muestras puntuales, a las cuales se le evaluaron los parámetros fisicoquímicos: pH, turbiedad, demanda química de oxígeno (DQO), sólidos sedimentables (SSED), carbono orgánico disuelto (COD), hierro, grasas y aceites (GyA) y fenoles; siguiendo la metodología descrita en los Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA – AWWA – WEF, 22^{da} edición.

A. Montaje experimental

- Preliminar

Debido a las características de las muestras, es indispensable como etapa previa a los tratamientos la aplicación de un sistema de separación de sólidos, ya que estos interfieren en la viabilidad de cualquiera de los tratamientos evaluados, por tanto, se simuló el funcionamiento de un tanque séptico imhoff a escala laboratorio.

- Fenton y Foto-Fenton

En ambos casos se emplearon 5 relaciones hierro/peróxido de hidrógeno (1:1, 1:5, 1:10, 1:20 y 1:30). Todo el experimento fotocatalítico se realizó por triplicado. En el caso de Foto-Fenton, la radiación empleada fue de 80 W m⁻² emitida por un ATLAS Suntest® “Origina” Heraeus.

- Ozonólisis

El tratamiento con ozono se realizó en un reactor de contacto de flujo ascendente de vidrio. Se realizó un diseño factorial 2^3 evaluando el efecto de los parámetros tiempo de contacto (30 y 60 minutos), pH (pH natural de la muestra y 11,0 und) y concentración de ozono (12,8 y 6 mg L⁻¹). Todas las combinaciones de los niveles se realizaron con dos réplicas.

Con el fin de garantizar el flujo de ozono a través de la muestra se empleó un difusor de burbuja fina. El equipo generador de ozono utilizado es un PacificOzone Serie O, modelo O1.

II. RESULTADOS

Para esta investigación se empleó como muestra, el efluente proveniente del lavado de equipos de aplicación de pesticidas utilizados para el control de plagas y malezas en cultivos del departamento del Valle del Cauca. Los resultados de la caracterización fisicoquímica de las muestras se reportan en la Tabla 1.

TABLA 1. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA MUESTRAS CRUDAS

Parámetro	UND	M 1	M2	M3
pH	Und	7,30	7,11	7,18
Turbiedad	NTU	547	386	229
DQO	mg/L	1125,42	958,83	395,59
COD	mg/L	525,5	394	169,18
Hierro	mg/L	24,3	4,1	92,8
a) SSED	mL/l	0,1	0,0	6,0
Fenoles totales	mg/L	0,41	0,78	0,67
b) GyA	mg/L	364,52	126,25	71,86

Teniendo en cuenta la presencia de sólidos en las muestras, se simuló a escala laboratorio el funcionamiento de un tanque séptico imhoff con el objeto de crear dentro de este una situación de estabilidad hidráulica, que permitiera la sedimentación por gravedad de las partículas pesadas y la flotación de otros materiales menos densos como las grasas y los aceites.

Se logró evidenciar que la muestra que presentó mayores resultados de remoción de turbiedad (19,5 NTU) y DQO (87,64 mg O₂/L) fue M3; logrando porcentajes del 91,3% y 78% respectivamente, cumpliendo de esta manera con la normatividad vigente para el vertimiento de agua, sin embargo, no hay que desconocer la naturaleza contaminante de estos compuestos lo que hace que sea necesario que se continúe con el proceso avanzado de tratamiento para la mineralización de los mismos.

Posteriormente se evaluaron los procesos de Fenton y Foto-Fenton. El proceso Fenton se basa en la combinación de peróxido de hidrogeno y Fe²⁺ (o Fe³⁺) que actúa como catalizador, para la formación de radicales HO•. Esta reacción puede tener variaciones, como el uso de radiación UV, proceso llamado Foto-Fenton [8].

A pesar de las diversas relaciones evaluadas de hierro/peróxido, no se logró una remoción de la DQO significativa, a lo cual se le atribuye la interferencia que genera el color de la muestra y las partículas suspendidas que no fueron removidas inicialmente, haciendo por tanto que se descarten este tipo de tecnologías (ver Tabla 2).

Finalmente, se evaluó el uso de ozono con el cual se obtuvieron unos resultados promisorios (ver Figura 1).

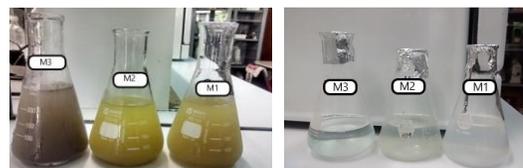


Fig. 1. Antes y después de estudio de tratabilidad con ozono.

TABLA 2. REDUCCIONES DE MATERIA ORGÁNICA EN TÉRMINOS DE DQO

Ensayos	DQO (mg/L)				
	Inicial	Final	Desviación estándar (Final) n=3	% Remoción	
Fenton	M1	1125,42	881,41	2,38	21,68
	M2	958,83	562,89	2,26	41,29
	M3	395,59	216,78	3,22	45,20
Foto-Fenton	M1	1125,42	683,05	2,89	39,31
	M2	958,83	344,59	3,10	64,06
	M3	395,59	118,96	1,96	69,93
Ozono	M1	1125,42	109,64	1,13	90,26
	M2	958,83	118,57	2,48	87,63
	M3	395,59	58,19	2,21	85,29

La degradación mediante ozono alcanzó su mejor rendimiento con una concentración de ozono de 6 mg L⁻¹, pH básico (11,0 und) y tiempo de contacto de 60 min, como se puede observar en la Tabla 2. De acuerdo con los resultados obtenidos y los valores máximos permitidos presentados en la Resolución 631 de 2015, al realizar la comparación pertinente se puede apreciar como todos los parámetros evaluados, después del tratamiento con ozono, cumplen con la normatividad ambiental vigente, a su vez que se minimizan los impactos ambientales que se pueden generar por este tipo de contaminante emergente (Tabla 3). Además, ayudó a remover el color en las muestras de estudio, lo cual no se había evidenciado en los procesos anteriores.

TABLA 3. COMPARACIÓN DE RESULTADOS FINALES CON
LOS RANGOS PERMITIDOS SEGÚN RESOLUCIÓN 631 DE 2015

Parámetro	Límite Norma	UN D	M1	M2	M3
pH, Mínimo	6,0	Un d.			
pH, Máximo	9,0	Un d.	7,08	7,12	7,41
DQO	150	mg/L	109,643	118,568	58,187
c) COD	-	-	51,196	48,722	24,885
d) SSE	1,0	mL/L	0,0	0,0	0,0
Fenoles Totales	0,2	mg/L	0,14	0,10	0,10
e) GyA	10,0	mg/L	<2,0	<2,0	<2,0

III. CONCLUSIONES

En el desarrollo del estudio de tratabilidad de aguas residuales agroindustriales, el proceso de tratamiento que mostró mejores eficiencias y cumplimiento con la normatividad ambiental actual vigente fue la ozonólisis. Además, se destaca que es un proceso que no genera lodos que requieran tratamiento y/o eliminación, permite un ahorro en coagulantes, tiene tiempos de retención hidráulicos bajos, facilidades de mantenimiento, bajos costos de operación y ayuda a eliminar color, lo que evitaría la implementación de otro tratamiento.

La presencia de sólidos limita este tipo de procesos lo que hace necesario una etapa previa de acondicionamiento de efluentes.

REFERENCIAS

- [1] Dane, “Censo Nacional Agropecuario 2014,” p. 45, 2014.
- [2] FAO, “Uso de la tierra 1961-2015,” Organ. las Nac. Unidas para la Aliment. y la Agric., 2015.
- [3] Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, “Estadísticas de comercialización de plaguicidas químicos de uso agrícola 2016”, 2017.
- [4] Superintendencia de Industria y Comercio, “Estudio sobre plaguicidas en Colombia”, *Estud. Económicos Sect.*, vol. 7, No. 7, p. 286, 2013.
- [5] L.M. Pinillos, D.M., Pinto, “Estudio de la factibilidad de biodegradación de efluentes agroindustriales con residuos de plaguicidas de una industria azucarera,” Universidad del Valle, 2007.
- [6] T. Barrios, “Tratamiento de pesticidas mediante un sistema acoplado de fotocatalisis solar y humedal subsuperficial”, 2013.
- [7] H. M. Gutiérrez, “Selección de plaguicidas para el cultivo de yuca”, Universidad del Valle, 2004.
- [8] S. Malato, P. Fernández-Ibáñez, M. I. Maldonado, J. Blanco, and W. Gernjak, “Decontamination and disinfection of water by solar photocatalysis: Recent overview and trends”, *Catal. Today*, vol. 147, No. 1, pp. 1–59, 2009.

Capítulo 24. Uso de la fotogrametría con UAV en ingeniería. Estudio de caso

Use of UAV photogrammetry in engineering. Case study

J. Santiago Torres C., UNISANGIL
Jonher Gerardo Martínez M., GEOINPRO SAS
Jairo Arturo Barrera P., GEOINPRO SAS

jtorres@unisangil.edu.co
gerencia@geoinprosas.com
geoinprosas@gmail.com

Palabras clave: drone, ortomosaico, aerofotografía.

explotación de cada frente, diseño del botadero y el plan de cierre y abandono.

I. INTRODUCCIÓN

El nuevo concepto de fotogrametría con UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) o vehículo aéreo no tripulado [1] describe una medición que opera de forma remota, semiautónoma o autónoma. El objeto de la técnica es estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto cualquiera, utilizando esencialmente medidas hechas sobre una o varias fotografías [2]. El equipo cuenta con un sistema de medición que incluye una cámara de video fija de tamaño mediano, sistemas de cámaras térmicas o infrarrojas y un sistema aerotransportado LiDAR (*Light Detection And Ranging*) para medir la distancia desde el emisor láser a la superficie. El pico de fama y las recientes mejoras tecnológicas de los UAV han permitido categorizar las plataformas según el *Manual de fotogrametría* de 2004 [4] en aéreas satelitales y terrestres, así como sistemas auxiliares. Los UAV estándar actuales permiten el registro y seguimiento de sensores de posición y orientación, así la fotogrametría de UAV puede entenderse como una nueva herramienta de medición fotogramétrica y abre varias aplicaciones nuevas que combinan fotogrametría aérea y terrestre, pero también introduce una nueva aplicación “casi” en tiempo real de bajo costo [3].

En el sur occidente del departamento de Santander, se ejecutan actividades extractivas de carbón mineral a cielo abierto y como parte de la renovación del título minero otorgado por la ANM (Agencia Nacional de Minería) se hacen sobrevuelos con drones para generar la información requerida por la entidad como es la cartografía base y geológica detallada, además de usar esta información para proyectar las secuencias de

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La fotogrametría por drones permite modelar una superficie en tres dimensiones, generar planos, llevar a cabo mediciones (longitudes, áreas, volúmenes) y, por tanto, garantiza la precisión durante la generación de mapas sin importar la escala de representación [5]. Usando los materiales y métodos propuestos a continuación se prevee un rápido despliegue a lugares remotos, rapidez y rentabilidad en procesos de adquisición y alta resolución especial, alcanzando precisiones centimétricas, siendo esta su mayor ventaja. Para este estudio de caso se usa la UAV aplicada a la renovación de un título minero.

A. Materiales

Los equipos de adquisición de imágenes usados fueron una UAV multirrotor, marca *Phantom 4 pro* que transporta una cámara espectral RGB de 20 Mpx, dos *GPS* de alta precisión *Ublox NEO-M8N*, un piloto automático *DJI* el cual ordena el plan de vuelo, una antena *Wi-Fi*, un sistema de telemetría y una batería de 6.600 mAh. En tierra se contó con ordenador y *software* especializado para controlar el plan de vuelo en tiempo real, monitorear las condiciones climáticas y el estado de la aeronave. Para el procesamiento de la información en oficina se usa un computador de última generación con *software* especializado, memoria RAM de 32 GB, tarjeta de video *NVIDIA Geforce GTX660*, disco duro sólido de 1TB y procesador Intel Core i7 de sexta generación. Además de usar equipos para adquisición y procesamiento de imágenes se contó con una estación *GNSS-RTK GPS* de alta precisión *FOIF A90* para el control de la precisión geoespacial y altimétrica.

B. Métodos

En el diseño metodológico se plantean tres fases de ejecución iniciando con una etapa de análisis previo con base en la información geoespacial y cartográfica disponible, seguido del diseño y ejecución de los planes de vuelo para cubrir la totalidad del área con la resolución espacial deseada y, finalmente, el proceso de tratamiento de las aerofotografías capturadas para obtener productos intermediarios.

- *Análisis previo*

Para conocer el área de estudio se ejecuta una revisión general de la zona a través del uso de imágenes satelitales *Sentinel 2* y cartografía local existente, donde se identifican condiciones geográficas, vegetación, infraestructura, rutas de acceso y puntos de referencia del área.

- *Diseño y ejecución de los planes de vuelo*

El diseño del plan de vuelo inicial se proyecta según las condiciones geométricas del área y la información colectada en la fase previa. Adicionalmente, se determina la altura, líneas de vuelo específicos, duración de cada vuelo y número de aerofotografías que son capturadas, considerando que debe existir un traslape mínimo entre ellas del 70%. Los parámetros y condiciones de vuelo seleccionados en este caso garantizan una resolución espacial entre 3-5 cm de tamaño de píxel y un cubrimiento de aproximadamente 1900 ha. Los planes de vuelo pueden ser alterados dependiendo de las novedades identificadas, además que la ejecución está supeditada por unas adecuadas condiciones climatológicas como son: albedo intermedio, ausencia de lluvias, velocidad del viento menor a 6 m/s (Figura 1).

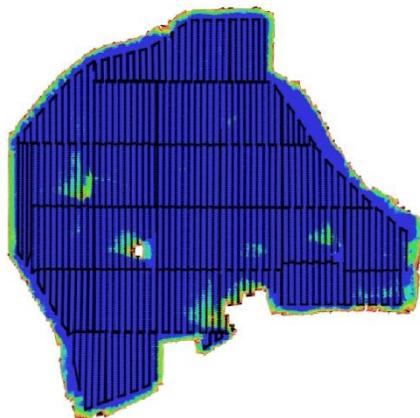


Fig. 1 Líneas de vuelo ejecutadas en el título minero.

- *Procesamiento digital de las imágenes*

Se descargan los datos en el *software* libre *Agisoft PhotoScan V 1.4.5* con el fin de crear un único ortomosaico del área a partir de puntos de enlace. Para ello se ejecuta el siguiente procedimiento secuencial: Calibración y carga de las fotografías aéreas, generación de nube densa de puntos, ajuste con puntos de control en tierra y procesamiento del Modelo Digital de Elevación (DEM), en la Tabla 1 se presentan los parámetros de los vuelos para este estudio. El diseño de cartografía de detalle y construcción de mapas se lleva a cabo con el *software ArcGis V10.5*.

TABLA 1. RESUMEN DE PARÁMETROS DE LOS VUELOS

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Número de imágenes	9241	Posiciones de cámara	9026
Altitud media de vuelo	202 m	Puntos de enlace	6180166
Resolución del terreno	4.97 cm/px	Proyecciones	23761311
Superficie cubierta	18.9 km ²	Error reproyección	2 px

III. RESULTADOS

El uso de la tecnología drone en el estudio produjo los resultados presentados en la Figura 2. Es importante resaltar que estos datos son insumo base para la renovación del título minero y una posterior formulación y ejecución del Plan de Manejo Ambiental.

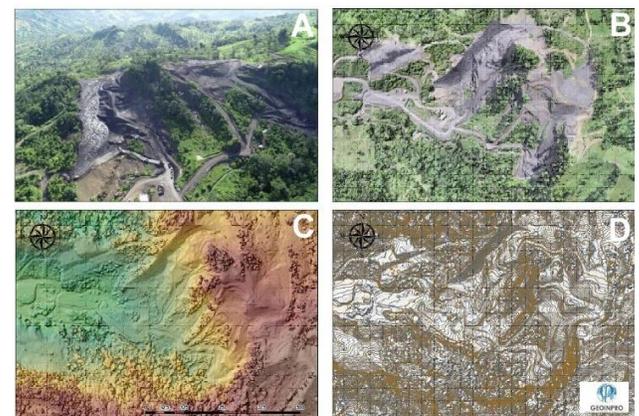


Fig. 2 A) Fotografía panorámica, B) Ortoimagen, C) Modelo de pendientes y D) Base topográfica.

Es obtenido un ortomosaico de los frentes de extracción de carbón (Figura 2B) usado para el planeamiento de las secuencias de explotación debido a la practicidad para el cálculo de volúmenes; en la Figura 2C se presenta un modelo de pendientes en grados, siendo los colores fríos los lugares de depresión y los cálidos las zonas de alta pendiente y en la Figura 2D se exhiben las curvas de

nivel generadas cada metro a partir del Modelo Digital de Elevación, resaltando que es posible generar curvas a intervalos menores cuando el estudio lo demande.

III. CONCLUSIONES

El uso de la tecnología drone arroja resultados rápidos, detallados y de bajo costo en la minería a cielo abierto, así se evidencia que el empleo de herramientas tecnológicas de última generación como las UAV, en sinergia con personal especializado, contribuye a la evolución de saberes basados en el estudio de procesos morfológicos de la superficie terrestre como la gestión ambiental, obras civiles, gestión del riesgo, agricultura de precisión y ordenamiento del territorio, entre otros.

REFERENCIAS

- [1] H. Eisenbeiss, "UAV photogrammetry", University of Technology Dresden, 2009.
- [2] C. L. Domingo, *Apuntes de fotogrametría*, Universidad. Madrid, 1985.
- [3] A. Beck, *Geospatial Information Technology for Emergency Response*. 24. 126. 2009.
- [4] J. Visser, *Manual of photogrammetry*. 2004.
- [5] H.-G. Innovation & Technology, "Fotogrametría por drone": <http://www.heliceo.com/es/industrias/fotogrametría-por-drones/>.

Capítulo 25. Análisis multitemporal de los cambios de cobertura en la cuenca del río Cravo Sur: Sistemas de Clasificación de la Cobertura de la Tierra LCCS de la FAO

Multitemporal analysis of coverage changes in the Cravo Sur river basin: FAO LCCS Land Cover Classification Systems

Doris Carmiña Ruiz Ramírez, Fundación Universitaria de San Gil - UNISANGIL
Yopal, Casanare, Colombia

druiz@unisangil.edu.co

Palabras clave: cambio de cobertura, percepción remota, análisis multitemporal.

I. INTRODUCCIÓN

Monitorear los cambios de cobertura del suelo es una de las tareas constantes de las autoridades ambientales, y en especial en zonas de las cuencas hidrográficas. Para ello, han invertido en investigaciones donde por medio de la percepción remota pueden visualizar y modelar con un amplio cubrimiento, la distribución de las diferentes clases de cobertura; obteniendo así información con una mayor área de observación, mejor representación y en menor tiempo [1],[2]. Así mismo, a nivel nacional e internacional, las organizaciones han unificado esfuerzos para que la información espacial esté disponible al público por medio de geoservidores.

Por lo anterior, se realizó un análisis multitemporal del cambio de cobertura vegetal en la cuenca del río Cravo Sur, con el objetivo de aprovechar todo el potencial de los Archivos Globales de Observación de la Tierra (EO) que la ESA, junto con sus Estados miembros han establecido en los últimos treinta años, como una contribución significativa y oportuna, que permite obtener imágenes satelitales con un sistema de clasificación de la cubierta de la tierra (LCCS) desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Posteriormente, las imágenes fueron procesadas en ArcGis 10.7 para su corte, reproyección y cálculo del área de cada clase de cobertura y analizar su variabilidad en los años: 1992, 1997, 2004, 2008, 2011 y 2015. Y validar la información con imágenes de mejor resolución espacial, aplicando matriz de confusión para determinar la confiabilidad de la clasificación.

II. METODOLOGÍA

Área de estudio: La cuenca del río Cravo Sur ($4^{\circ}41'0.96''N$ - $5^{\circ}56'42''N$, $72^{\circ}46'30''W$ - $71^{\circ}31'42.24''W$) abarca municipios de los departamentos de Boyacá y Casanare (Fig. 1) Nace en la cordillera oriental del municipio de Mongua, Boyacá, y su desembocadura es en el río Meta [3].

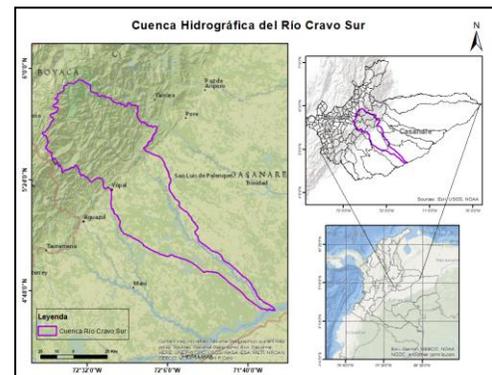


Fig. 1 Ubicación del área de estudio.

Descarga de datos espaciales: Las imágenes utilizadas fueron obtenidas del conjunto de datos disponibles del Proyecto Cambio Climático (CCI) de la Agencia Espacial Europea (ESA) la cual generó productos consistentes de cobertura terrestre mundial con una cobertura temporal de 1992-2015, y una resolución espacial de 300 m y resolución temporal anual. Usando sensores MERIS FR/RR, SPOT-VGT, AVHRR y PROBA-V, con un sistema de coordenadas geográficas WGS 84 y disponible en formato GeoTiff [4]. Es de resaltar que la tipología utilizada es el Sistema de Clasificación de la Cubierta de la Tierra (LCCS) desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, que cuenta con 22 clases.

El procesamiento de las imágenes corte, reproyección al sistema de referencia geográfico Magna Colombia Este 3117 y cálculo de áreas de la clasificación, se realizaron en el *software* ArcGis 10.7. Así mismo, la validación se llevó a cabo con la interpretación visual y conocimiento de expertos mediante imágenes satelitales de mejor resolución espacial disponibles en google earth. Se empleará matriz de confusión por coeficiente de Kappa para determinar el grado de confiabilidad [5].

III. RESULTADOS

Para la cuenca del río Cravo Sur, se obtuvieron 13 clases de cobertura terrestre para los años 1992, 1997, 2004, 2008, 2011 y 2015 de acuerdo con la clasificación de la FAO. Para el período 1992-2015, las dos coberturas predominantes fueron pradera y cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne (> 15%), con un porcentaje promedio de 43.5% y 31%, respectivamente. Analizando la variación de estas dos coberturas; la cobertura pradera aumentó 0.79%, por el contrario, la cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne (> 15%), decreció en un 8.65% (13889 Ha), siendo muy representativa esa variación para el período de 1997-2004 con una disminución de 8000 Ha. Es así como las zonas de tierras de cultivo, de secano, tuvo un aumento leve de 12%. Lo que determina que áreas de bosques han sido ocupadas por actividades agrícolas en la cuenca alta del río Cravo Sur.

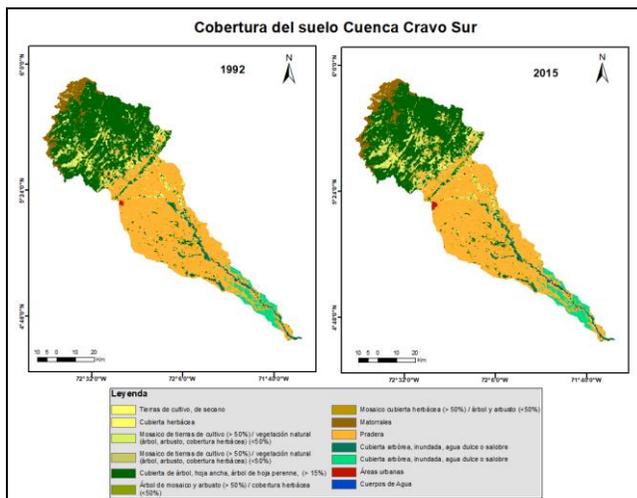


Fig. 1 Cobertura del suelo en la cuenca del río Cravo Sur 1992-2015. Sistemas de Clasificación de la Cobertura de la Tierra LCCS de la FAO.

El área urbana muestra una tendencia de crecimiento del 76.12%. Así mismo, el área de cubierta herbácea aumentó 250% en el período de 1992-2015. Aunque estas áreas de mayor variación equivalen a tan solo 0.3% del área total de la cuenca.

III. CONCLUSIONES

La cubierta representativa de la parte alta de la cuenca del río Cravo Sur, son la cubierta de árbol, hoja ancha, árbol de hoja perenne (> 15%); Matorrales; Mosaico vegetación natural (árbol, arbusto, cubierta herbácea) (> 50) / tierras de cultivo (<50) y tierras de cultivo, de secano. Para la parte media y baja de la cuenca predominan las áreas de praderas y arbusto o cobertura herbácea, inundado, fresco / salino / agua salobre.

Las zonas que más variaciones presentaron fueron las áreas urbanas y la cubierta herbácea lo que comprueba el crecimiento poblacional y expansión territorial de los municipios de influencia en la cuenca, como el municipio de Yopal, Casanare.

El mapa global de la cubierta terrestre en el Proyecto Cambio Climático (CCI) de la Agencia Espacial Europea (ESA) permite tener una buena aproximación de las coberturas de la cuenca del río Cravo Sur para su fácil análisis e interpretación visual.

REFERENCIAS

- [1] R. Camacho, J. M. Camacho, M. Á. Balderas y M. Sánchez, “Cambios de cobertura y uso de suelo: Estudio de caso en progreso hidalgo, Estado de México”, *Madera y Bosques*, vol. 23, No. 3, pp. 39–60, 2017.
- [2] L. N. Tiria, J. S. B. Castillo y C. A. Bonilla Castillo, “Transformación de las coberturas vegetales y uso del suelo en la llanura amazónica colombiana: el caso de Puerto Leguízamo, Putumayo (Colombia)”, *Cuad. Geogr.*, vol. 27, No. 2, pp. 81–101, 2018.
- [3] C. Territorialmente, P. O. R. Las y J. D. E. Corporinoquia, “Actualización del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Cravo Sur: Resumen ejecutivo”. 2018.
- [4] ESA, “Land Cover CCI Product User Guide Version 2.0”. 2017.
- [5] J. C. Morales, F. M. Carrillo, L. M. Farfán y V. M. Cornejo, “Cambio de cobertura vegetal en la región de Bahía de Banderas, México”, *Caldasia*, vol. 38, No. 1, pp. 17–30, 2016.

Capítulo 26. Caracterización de sólidos porosos (polímeros de impresión molecular MIP y carbón activado CAR) para su evaluación en la remoción de contaminantes tóxicos

Characterization of porous solids (molecular printing polymers PIM and activated carbon CAR) for evaluation in the removal of toxic contaminants

Liz Martínez Saavedra, Fundación Universitaria de UNISANGIL
Yopal, Colombia

Adilson Candido da Silva, Universidade Federal de Ouro Preto -UFOP
Ouro Preto, MG. Brasil

lnmartinez@unisangil.edu.co
adilsonufla@gmail.com

Palabras clave: caracterización, adsorbentes, remoción, contaminantes, carbón activado, polímeros.

I. INTRODUCCIÓN

El aumento de las problemáticas ambientales en los últimos años ha permitido que desde diferentes ramas de la ciencia se generen soluciones, sean estas desde el cuidado y conservación de los ecosistemas, hasta el desarrollo de tecnologías industriales y científicas que traigan beneficio, todo adaptado hacia las necesidades del entorno actual.

Las grandes industrias, a pesar de sus esfuerzos por controlar las emisiones de residuos tóxicos, aún siguen generando una altísima contaminación a nivel atmosférico e hídrico. Un ejemplo son las industrias textiles, de curtiembres y refinerías de petróleo, que generan colorantes, metales pesados, óxidos NO_x y SO_x, entre otros, esto como subproductos altamente tóxicos.

Tratamientos con materiales adsorbentes se han destacado en la remoción de diversos contaminantes en sistemas acuosos, resaltando el uso de las zeolitas, carbón activo, alumina activa, polímeros de impresión molecular, sílica gel, caulinita y montmorilonita, entre otros [1, 2] estos siendo acoplados a filtros y/o columnas en los procesos de tratamiento de desechos tóxicos, en especial en los tratamientos de agua potable y residual, obteniendo óptimos resultados.

Debido a lo anterior, la presente investigación proporcionará orientaciones y algunas bases teóricas en la caracterización de adsorbentes porosos para la remoción de contaminantes tóxicos en sistemas acuosos.

II. METODOLOGÍA

Se caracterizaron dos tipos de materiales: carbón activado de origen lignocelulósico raquis de plátano (CAR) y polímero de impresión molecular (MIP), con el objetivo de conocer las capacidades adsorbentes de los mismos, a través del conocimiento y análisis de su descomposición térmica, de sus porosidades, de su química superficial y de su morfología.

A. Descomposición térmica TGA

Este análisis se realiza con el fin de mirar la pérdida de peso de una muestra con respecto a la temperatura. Se realiza en equipo SDT2960 en donde 100 mg de muestra de cada material CAR y MIP se someten a un programa de temperatura controlada y atmósfera de N₂ en una crisol de alumina, con velocidad de calentamiento de 10°C min⁻¹ y temperatura final de 800 y 500°C, respectivamente.

B. Análisis área específica y porosidad BET

Los parámetros texturales de los dos materiales porosos se determinaron por fisisorción de N₂ a (-196°C) con ajuste de presiones relativas entre 1x10⁻⁶ y 1, en un isortómetro Autosorb 3B para CAR y Autosorb IQ para MIP de *Quantachrome Instruments*. Las áreas superficiales y el volumen de poro se determinaron por medio de las ecuaciones BET y Dubinin-Radushkevich (DR), respectivamente. Para este análisis, 100 mg de muestra es previamente desgasificada a 100°C durante 2 horas. Después la muestra es colocada en zona de análisis hasta su desorción.

C. Análisis química superficial por FTIR

Para la determinación de grupos superficiales se realiza espectroscopia infrarroja con transformadora de Fourier FTIR, barriendo toda la región IR de 4000 a 400 cm^{-1} . La muestra se prepara formando una pastilla, pulverizando previamente la muestra y poniéndola en contacto con una solución diluida de KBr. Este análisis se realizó en un espectrofotómetro Thermo-Nicolet Nexus para CAR y FTIR ABB Bomem para MIP, los dos con celda de reflectancia total atenuada (ATR).

D. Morfología

La caracterización morfológica de los materiales se realiza por medio de microscopía electrónica de barrido (SEM) en un equipo marca JEOL/EO, modelo JSM-5500, versión 1.0, con sistema de captura de reflejo acoplado. La muestra se cubre con un metal conductor (Au) a bajas presiones (10 a 4 Torr) trasladando la muestra a una cámara en donde se observa con voltaje de aceleración de 5KV y a diferentes ampliaciones de 100 a 10.000X.

III. RESULTADOS

A. Descomposición térmica TGA

La Figura 1 presenta los TGA de los materiales adsorbentes sintetizados. Para los tres gráficos se presenta una pérdida de masa de 5 al 10% debido a la volatilización de algunos compuestos presos en el interior de las cavidades [3]. Para NIP y MIP se presenta una pérdida de masa en el intervalo de temperatura de 250°C a 450°C, con porcentajes entre 56 y 90%. Para CAR el rango de temperatura de 400 a 600°C se atribuye a la degradación total de hemicelulosa y celulosa, componentes secundarios seguidos de la descomposición principal de la lignina.

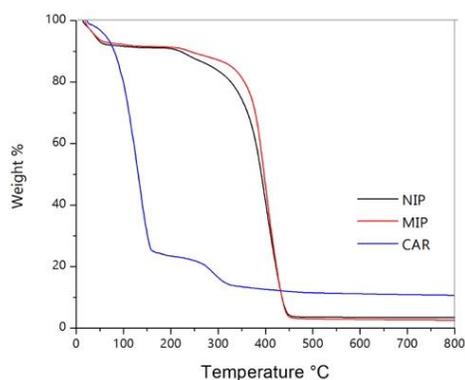


Fig. 2 TGA de los materiales porosos sintetizados

B. Análisis área específica y porosidad BET

El análisis específico de los materiales tiene como objetivo estudiar la presencia de microporos, mesoporos y macroporos, permitiendo determinar las características relacionadas con la porosidad y el área superficial de los materiales estudiados.

A partir de la Tabla.1 se considera que NIP/MIP y CAR son adsorbentes mesoporosos y microporosos, respectivamente.

TABLA 1. CARACTERIZACIÓN SUPERFICIAL DE LOS MATERIALES

MUESTRA	Área BET (m^2g^{-1})	$V_{\text{micro DR}}$ (cm^3g^{-1})	$V_{\text{meso DR}}$ (cm^3g^{-1})	$V_{\text{Total DR}}$ (cm^3g^{-1})
NIP	161	0,059	1,169	1,228
MIP	206	0,073	1,059	1,132
CAR	1151	0,5340	0,263	0,797

C. Análisis química superficial por FTIR

La espectroscopia sirve como medio directo para identificar los grupos funcionales orgánicos contenidos en la superficie de los materiales.

Para todos los materiales se observa una banda amplia en 3170-3672 cm^{-1} con máximo en 3500 cm^{-1} , atribuido a grupos hidroxilo (OH) que para NIP/MIP se debe al monómero MAA usado en el proceso de síntesis [4] y para CAR a los grupos fenólicos (ver Figura 2).

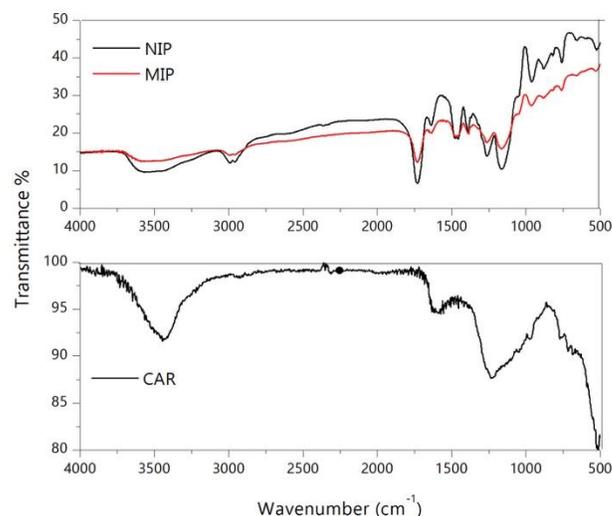


Fig. 3 FTIR de los materiales porosos sintetizados.

En 1480 cm^{-1} banda atribuida al estiramiento ($-\text{COO}$) del MAA y bandas fuertes en 1750 ($\text{C}=\text{O}$), 1230 y 1125 cm^{-1} ($\text{C}-\text{O}-\text{C}$) características del éster del EGDMA [5, 6].

Para CAR la banda 1265 cm^{-1} se asigna a enlaces de P=O, vibraciones de estiramiento en enlaces aromáticos P-O-C y vinculación a POOH, ya que a temperaturas altas los óxidos de fósforo actúan como ácidos de Lewis y puede formar enlaces P-O-C. La banda a 1091 cm^{-1} se atribuye al ionizado P-O vinculado en los ésteres de fosfato ácido, y a la vibración simétrica en una cadena de P-O-P [7], esto por el uso de ácido fosfórico en el proceso de síntesis de CAR.

D. Morfología

Las diferentes escalas micrométricas permiten conocer la morfología externa de cada material como se ve en la Figura. 3, mostrando las cavidades macroporosas.

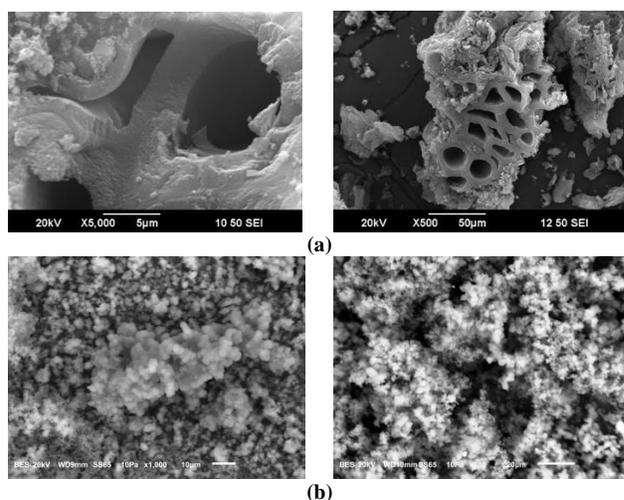


Fig. 4 MEV para los materiales (a) CAR y (b) NIP/MIP.

III. CONCLUSIONES

Por medio de los procesos de caracterización vistos aquí, se permiten evaluar las capacidades y propiedades físicas y químicas de los materiales adsorbentes en general. Estos procesos de caracterización son herramientas primordiales para entender mejor cómo se desarrollarán los estudios de remoción de un contaminante específico, permitiendo que a través de estos estudios se evalúen las capacidades adsorptivas que tiene cada material sobre el contaminante que se quiere remover, esto en función del tiempo, temperatura y concentración.

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación se evidencian materiales con porosidades específicas distribuidas mayormente por microporos y mesoporos, entendiendo que los macroporos son parte fundamental en el proceso de adsorción, dado que pocos microporos se

conectan directamente con la superficie externa del material adsorbente (CAR y MIP) y el acceso a ellos se hace a través de los macroporos.

El conocimiento y desarrollo de porosidades de un material permite diferir también si el proceso de adsorción va a ser favorable o no, partiendo de que la energía de interacción para las moléculas es bastante mayor en porosidades menores (micro y mesoporos) que la correspondiente a una superficie no porosa, favoreciendo así el proceso de adsorción/remoción.

REFERENCIAS

- [1] X. Han, H. Lin and Y. Zheng, “The role of oxygen functional groups in the adsorption of heteroaromatic nitrogen compounds”, *J. Hazard. Mater.*, vol. 297, pp. 217–223, 2015.
- [2] D. Rameshraj, V. C. Srivastava, J. P. Kushwaha and I. D. Mall, “Quinoline adsorption onto granular activated carbon and bagasse fly ash”, *Chem. Eng. J.*, vol. 181–182, pp. 343–351, 2012.
- [3] D. Niu *et al.*, “Preparation and characterization of magnetic molecularly imprinted polymers for selective recognition of 3-methylindole”, *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 130, No. 4, pp. 2859–2866, 2013.
- [4] S. Lee and R. Doong, “Adsorption and selective recognition of 17 β -estradiol by molecularly imprinted polymers”, *J. Polym. Res.*, vol. 19, No. 8, pp. 1–12, 2012.
- [5] M. Fayazi, M. A. Taher, D. Afzali and A. Mostafavi, “Preparation of molecularly imprinted polymer coated magnetic multi-walled carbon nanotubes for selective removal of dibenzothiophene”, *Mater. Sci. Semicond. Process.*, vol. 40, pp. 501–507, 2015.
- [6] L. Zhu, Z. Huang, D. Wen and F. Kang, “Journal of Physics and Chemistry of Solids Preparation and performance of biologically activated bamboo charcoal for removing quinoline”, *J. Phys. Chem. Solids*, vol. 71, No. 4, pp. 704–707, 2010.
- [7] S. A. Dastgheib and D. A. Rockstraw, “Pecan shell activated carbon: Synthesis, characterization, and application for the removal of copper from aqueous solution”, *Carbon N. Y.*, vol. 39, No. 12, pp. 1849–1855, 2001.

4) Innovación industrial



Capítulo 27. Diseño de actuadores basados en aleaciones con memoria de forma

Design of actuators based on shape memory alloys

I. Yuritsa Páez Pidiache, Alberto Luviano Juárez, Instituto Politécnico Nacional, UPIITA
Eduardo Castillo Castañeda, Instituto Politécnico Nacional, CICATA Unidad Querétaro
Ciudad de México, México

ipaezpl800@alumno.ipn.mx
aluvianoj@ipn.mx
ecastilloca@ipn.mx

Palabras clave: aleaciones con memoria de forma, caracterización de resortes SMA, fuerza de actuador SMA.

I. INTRODUCCIÓN

Los nuevos desarrollos tecnológicos, como la creación de sistemas inteligentes automatizados con características adaptativas requieren un mayor uso de actuadores [1], sensores y microcontroladores. Sin embargo, el uso de actuadores convencionales (motores de corriente directa) genera máquinas pesadas y demasiado robustas, poco útiles si pensamos en aplicaciones cotidianas. Con el fin de obtener máquinas ligeras se usa una gran variedad de actuadores, dentro de los cuales tenemos micromotores y actuadores deformables basados en materiales ligeros. Las aleaciones con memoria de forma (SMA, por sus siglas en inglés) son una tecnología alterna, dada a conocer en 1932 por Arne Ölander [2]; en 1962 se observó el efecto de memoria de forma (SME, por sus siglas en inglés) [3,4] en un material compuesto por níquel-titanio (NiTi), de manera que el SME se presenta cuando el material puede regresar a su configuración inicial, desde una temperatura baja. El nitinol es un material que se entrena en memoria y forma, este es empleado para el diseño de actuadores, el comportamiento es como un actuador eléctrico que produce un cambio en su longitud; en relación con el peso es muy liviano y la actuación la realiza en milisegundos. Los trabajos [5,6] presentan la temperatura y la resistencia del material como unas de las características más relevantes. En este trabajo se presenta un diseño de actuadores basados en las SMA y una metodología de caracterización la fuerza y el desplazamiento del material en función de la corriente aplicada.

II. - MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un cable de Nitinol de 750 μm de diámetro, al cual se le proporcionó forma de resorte, dado que los SMA comerciales, en forma de hilo, tienen un SME muy estrecho, con un predefinido alargamiento (3–5% con respecto a su tamaño inicial) [7]. El diseño del actuador con SMA está basado en [8], según el procedimiento descrito a continuación:

ETAPA 1: Pre calentamiento y predefinición de la forma del actuador: En esta primera parte se eleva la temperatura del alambre de Nitinol con un soplete dental, con el fin de que el material adquiera la propiedad de pseudoelástico y se le pueda dar forma.

ETAPA 2: Entrenamiento de la memoria: Para que el material guarde la memoria, se lleva a un horno de laboratorio y se eleva su temperatura durante un determinado tiempo (ver detalles en [9,10]), es importante considerar las propiedades térmicas del material dependiendo del diámetro del alambre.

ETAPA 3: Enfriamiento y pruebas: En la etapa de enfriamiento se deja el actuador a temperatura ambiente, en el horno de laboratorio. Una vez que el actuador haya tomado la temperatura ambiente se realizan las pruebas eléctricas, aumentando su temperatura a través de corriente eléctrica.

Para la caracterización del actuador, se construyó una estructura para fijar el actuador SMA en forma de resorte, se colocó un dinamómetro y un marcador amarillo en uno de sus extremos (ver Figura 1).

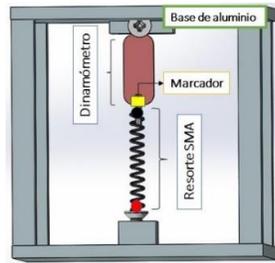


Fig. 1 Base experimental para la caracterización del actuador SMA

Para caracterizar el actuador, se siguió el procedimiento descrito en [11], compuesto por los siguientes pasos:

Paso 1: Se aplicaron diferentes valores de corriente, y durante el cambio de longitud se tomaron 5 videos por cada valor de corriente de 60 segundos de duración.

Paso 2: Se extrajeron las imágenes de cada video utilizando el programa *irfanview* [12] y las imágenes se analizaron usando el programa *ImageJ* [13].

Paso 3: A las imágenes se les aplicaron técnicas de segmentación en color (*Threshold color*) para detectar el desplazamiento del marcador amarillo: Al final se les aplicó una técnica de binarización a las imágenes.

Paso 4: Por último, se calculó el desplazamiento del resorte y se obtuvieron los valores de fuerza y temperatura del actuador para generar las gráficas de comportamiento.

III. RESULTADOS

Con los resultados de la Tabla 1 se puede elegir el valor de corriente en función de la fuerza que se requiere generar.

TABLA 1. DATOS ADQUIRIDOS EN LA CARACTERIZACIÓN

Corriente (A) – Voltaje (V)	Fuerza (N)	Temperatura (°C)
1.5 – 9	5.5	25.2
2.0 – 9	6.0	29
2.5 – 9	7.0	39.1
2.8 – 9	7.5	53.6
3.0 – 9	8.0	65.1

La Figura 2 presenta el desplazamiento obtenido en la caracterización para los diferentes valores de corriente.

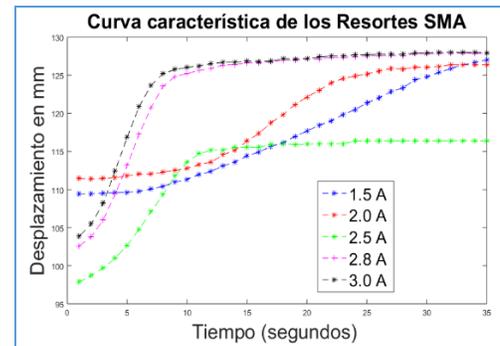


Fig. 2 Curva característica del desplazamiento del actuador con SMA

En la Figura 3, se muestran las curvas de fuerza y temperatura, que pueden ser utilizadas para controlar esas variables en lazo abierto.

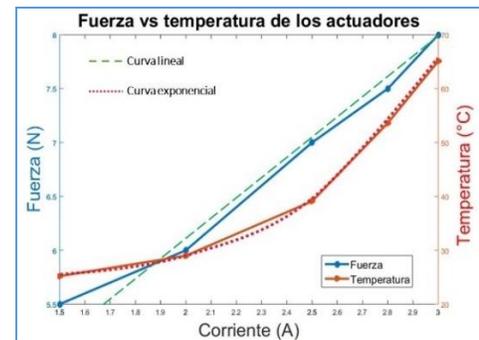


Fig. 3 Curva característica de fuerza vs. temperatura

IV. CONCLUSIONES

Se presentó la caracterización de un actuador SMA considerando la corriente aplicada, la fuerza, la temperatura y el desplazamiento generado. Esta caracterización puede ser utilizada para el control en lazo abierto de este tipo de actuadores. La fuerza generada por el actuador SMA es comparable por las fuerzas obtenidas en micromotores, por lo que este tipo de actuador permite fabricar sistemas más ligeros. Con las características del actuador se puede implementar en robots biomédicos como prótesis y ortesis. El enfriamiento del actuador a temperatura ambiente es lento, por lo tanto, para solucionar este problema se puede implementar una configuración agonista-antagonista.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional por el apoyo a través de los proyectos SIP 20196058, SIP 20196059 para el desarrollo del presente trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Mohd Jani, Jaronie & Leary, M & Subic, Aleksandar & Gibson, Mark. “A review of shape memory alloy research, applications and opportunities. *Materials & Design*” (2014). 56. 1078-1113. 10.1016.
- [2] Ölander A. An electrochemical investigation of solid cadmium-gold alloys. *Am Chem Soc* (1932); 54:3819–33.
- [3] Buehler WJ, Gilfrich JV, Wiley RC. Effect of low-temperature phase changes on the mechanical properties of alloys near composition TiNi. *Appl Phys* 1963; 34:1475–7.
- [4] Kauffman G, Mayo I. The story of Nitinol: the serendipitous discovery of the memory metal and its applications. *Chem Educator* (1997); 2:1–21
- [5] R. Cortez-Vega, I. Chairez, A. Luviano-Juárez, V. Feliu-Battle “A hybrid dynamic model of shape memory alloy spring actuators”, *Measurement* 114 (2018) 340-353
- [6] J. M. Jani, M. Leary, and A. Subic, “Designing shape memory alloy linear actuators: A review”, vol. 28, No. 13, pp. 1699–1718, 2017.
- [7] DYNALLOY inc., “Technical Characteristics of Flexinol® Actuator Wires Table of Contents Makers of Dynamic Alloys Nickel - Titanium alloy physical properties”, pp. 1–12, 2013.
- [8] R. Lahoz y J. A. Puértolas. “Entrenamiento y memoria de forma de doble camino en aleaciones niti”. En VIII Congreso Nacional de Propiedades Mecánicas de Sólidos, pages 185–194, (2002).
- [9] S. Kim, E. Hawkes, K. Cho, M. Jolda, J. Foley and R. Wood, “Micro artificial muscle fiber using NiTi spring for soft robotics Micro artificial muscle fiber using NiTi spring for soft robotics”. Noviembre, 2009.
- [10] H. F. Khalil, “Changes in the mechanical behavior of nitinol following variations of heat treatment duration and temperature changes in the mechanical behavior of nitinol following variations of heat treatment” M.S. thesis, Georgia Institute of Technology, Atlanta, 2009.
- [11] Páez, I. Yuritsa, L. Juárez, C. Castañeda E. en “Una metodología para el diseño de actuadores basados en aleaciones con memoria de forma implementados en una prótesis de mano”, X Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud, Puebla, 13-15 junio 2016.
- [12] Skiljan, I. IrfanView. URL <http://irfanview.tuwien.ac.at/>. Retrieved June. (2012), consultado (mayo, 2019).
- [13] Rasband, W.S., ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <https://imagej.nih.gov/ij/>, 1997-2018.

Capítulo 28. Trazador de curvas para transistores BJT de baja potencia

Curve Tracer For Low-Power BJT Transistors

Daniel Albarracín Sepúlveda, Javier Eduardo Plazas Tarache, Jenny Maca Sosa
Fundación Universitaria de San Gil – UNISANGIL
Yopal, Colombia

dalbarracin@unisangil.edu.co
javierplazas@unisangil.edu.co
jennymaca@unisangil.edu.co

Resumen: Este artículo muestra el diseño e implementación de un trazador de curvas para transistores NPN a baja potencia, el desarrollo se orientó a obtener un instrumento portátil como apoyo a las asignaturas: electrónica analógica I y II de la Fundación Universitaria de San Gil, UNISANGIL; donde se realiza una práctica de laboratorio para determinar la curva característica de un transistor NPN mediante la acumulación de valores de voltaje de forma manual, con el propósito de hallar la ganancia de corriente en directa, también conocido como parámetro beta (β). Actualmente el proceso lleva a recolectar datos y posteriormente graficar la corriente de colector respecto del voltaje colector emisor (I_C vs V_{CE}) para distintos valores de corriente de base (I_B), los resultados de esta medición son tabulados en una hoja de cálculo, este proceso es muy dispendioso, con la implementación del trazador de curvas se automatizara el proceso de medición de las características del transistor y se creará una se interfaz en Matlab® para facilitar el proceso.

Palabras clave: curva característica, trazador de curvas, transistor bipolar (BJT), ganancia de corriente (β).

Abstract: This article show the design and implementation of a curve tracer for NPN transistors at low power, the development was oriented to obtain a portable instrument to support the areas: analog electronics I and II of the University Foundation of San Gil-UNISANGIL; where a laboratory practice is performed to determine the characteristic curve of an NPN transistor by accumulating voltage values manually, with the purpose of finding the direct current gain, also known as the beta (β) parameter. Currently, the process involves collecting data and subsequently plotting the collector current with respect to the emitting collector voltage (I_C vs V_{CE}) for different base current values (I_B), the results of this measurement are tabulated in a

spreadsheet, this process It is very expensive, with the implementation of the curve plotter the process of measuring the characteristics of the transistor will be automated and a Matlab® interface will be created to facilitate the process.

Keywords: Characteristic Curve, Curve Tracer, Bipolar Transistor (BJT), Current Gain (β).

VI. INTRODUCCIÓN

Los trazadores de curvas son instrumentos electrónicos utilizados para extraer los parámetros de comportamiento dinámico de dispositivos semiconductores (diodos, transistores bipolares y transistores de efecto de campo) [1].

La carrera tecnológica de la década de los 50 da su inicio en 1947, cuando Walter Brittain, John Barden y William Shockley [2], crean el transistor de unión bipolar. Este dispositivo semiconductor se construyó con la idea de reemplazar las válvulas de vacío, estas presentaban inconvenientes en las comunicaciones telefónicas por sus tiempos de respuesta bajos y tenían gran pérdida de potencia.

Los transistores son dispositivos que controlan el movimiento de los electrones y, en consecuencia, de la corriente eléctrica. Son dispositivos que disponen de tres terminales denominados emisor (E), base (B) y colector (C) [3], tal y como muestra la Figura 1.

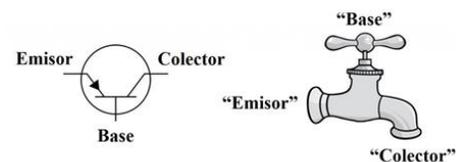


Fig. 1 Simbología del transistor

“La ganancia de corriente Beta (β) o también llamada h_{FE} de un transistor de unión bipolar (BJT) es la relación que existe entre la variación de la corriente de colector (I_C) respecto de la corriente base (I_B) [3]”; este dato, junto a la potencia máxima disipada por el transistor, son los parámetros más importantes en el momento de realizar un buen diseño con transistores. Sin embargo, el Beta (β) de un transistor no es una constante, este valor cambia debido a diferentes factores como su fabricación, la temperatura ambiente o la corriente de operación.

En la hoja de características de los diferentes modelos de estos semiconductores se pervive este inconveniente, en estas aparece la ganancia como un rango que varía según las condiciones de corriente y temperatura. Esta variación puede ser de unas unidades hasta varios cientos, esto aumenta claramente la incertidumbre al diseñar.

Existe un tipo de curva importante para describir el comportamiento de un transistor, si la I_B se mantiene constante, se puede establecer una relación entre la corriente de colector y el voltaje colector emisor, definido por la curva (I_C vs V_{CE}) (Figura 2). Normalmente se dibuja una familia de corriente de base (I_B) diferente, escribiendo sobre cada curva el valor de la corriente de base con la que se ha obtenido [6].

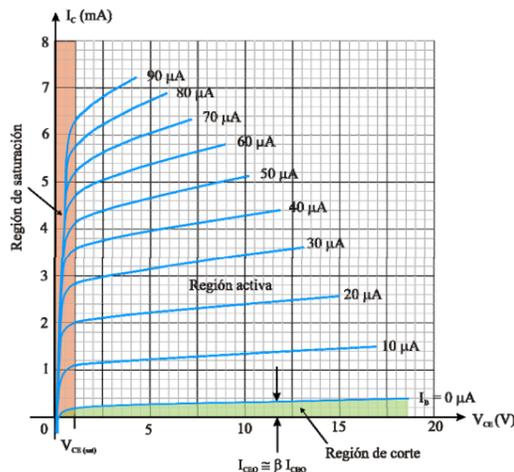


Fig. 2 Curva características colector-emisor

Igualmente se dispuso de algunos aportes relevantes de las investigaciones realizadas por Elektor Team “Trazador de curvas para transistores bipolares y FET” [5] y Manuel Hernández Bennett y Hugo Ramírez Leyva colocar referencia “Trazador de curvas de transistores BJT con instrumentación programable” [4]. Estos estudios brindaron información sobre el funcionamiento del microcontrolador, que cumple la tarea principal de transferir los datos de medición al programa

estandarizado. También permitieron proyectar el diseño y elaboración de un prototipo didáctico de trazador de curvas haciendo uso de un ordenador para visualizar múltiples variables de un transistor NPN.

VII. DESARROLLO DE CONTENIDOS

Para simplificar la descripción del dispositivo (Figura 3), se implementa un diagrama a bloques del proceso de caracterización del dispositivo, compuesto por cuatro etapas consecutivas.

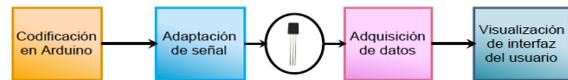


Fig. 3 Diagrama bloque general del sistema.

Se eligió la plataforma Arduino UNO que tiene como función variar las fuentes de voltaje y realizar la adquisición de datos por medio del microcontrolador ATmega328P (Figura 4).

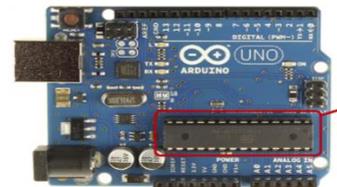


Fig. 4 Módulo tipo Arduino UNO (ATmega328P)

Se implementó un circuito de polarización en emisor común como se muestra en la Figura 5, se caracteriza por tener el negativo de cada fuente de tensión conectado al emisor del transistor; al contar con dos fuentes de voltaje se pueden variar las corrientes de base y de colector de forma independiente, se implementaron dos resistencias, una de 100kΩ conectada a la base para restringir la corriente de base y la resistencia de colector de 100Ω [3].

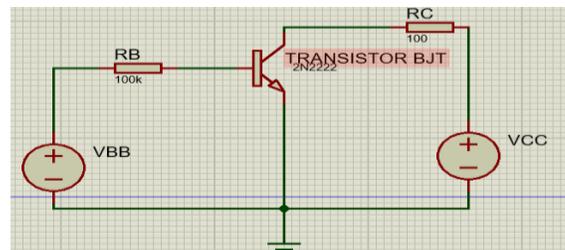


Fig. 5 Simulación en proteus de la configuración emisor común

B. Adaptación de señal

La Figura 6, muestra la transición de los valores de las fuentes del circuito, estas son generadas por el Arduino mediante dos convertidores digitales analógicos (TLC5615). La fuente de colector realiza 10 variaciones por cada

variación en la fuente de base, en total se obtienen cien configuraciones distintas del circuito. A su vez se toman las mediciones de I_B , I_C y V_{CE} y se grafica mediante una interfaz con Matlab.

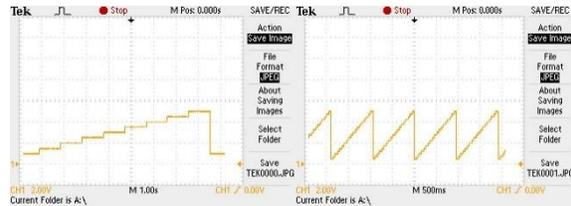


Fig. 6 Formas de variación de las fuentes de voltaje
(a) Variación fuente de base (b) Variación fuente de colector.

III. RESULTADOS

Se diseñó la interfaz gráfica de usuario (GUI) Figura 7, que consta del botón INICIAR, cumple la función de mostrar automáticamente la gráfica de las curvas características; luego se observa la lectura del voltaje colector-emisor (V_{CE}) desde el punto de origen del eje X y la lectura corriente de colector (I_C) sobre el eje Y. En el segmento izquierdo de la interfaz se despliegan múltiples valores de corriente de colector, al seleccionar la corriente con la que se desea diseñar aparece en un recuadro el valor del Beta (β) y V_{CE} [6].

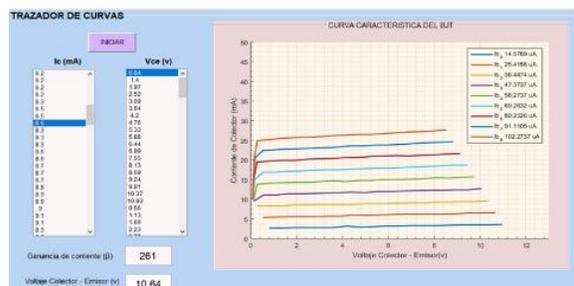


Fig. 7 Curvas características de un transistor NPN

IV. CONCLUSIONES

Se cumplió con el objetivo general de proporcionar a docentes y estudiantes una herramienta didáctica con la posibilidad de ser empleada en asignaturas de ingeniería electrónica concernientes con el uso de transistores BJT de baja potencia.

El desarrollo del proyecto es considerado una experiencia significativa por parte de los autores, al contribuir con el proceso enseñanza -aprendizaje de los transistores BJT, resaltando una gran ventaja que posee el trazador de curvas al calcular la ganancia en corriente de un transistor NPN para cualquier corriente deseada.

Durante el desarrollo del proyecto, se empleó comunicación Arduino–Excel para obtener la curva característica y demás parámetros del transistor a prueba; este proceso presentó algunas complicaciones con Excel al realizar la lectura de datos, por tal motivo se optó por la herramienta Matlab permitiendo la visualización de los parámetros por medio de la Interfaz Gráfica Usuario (GUI).

REFERENCIAS

- [1] Millman y Halkias, *Using the Agilent 546A Oscilloscope as a Curve Tracer for a BJT*, EducatorsCorner.com, 2005.
- [2] I. Mártel, *La invención del transistor, el comienzo de una nueva época*, Madrid: Universidad Complutense de Madrid, 2016.
- [3] R. Boylestad y L. Nashelsky, *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2009.
- [4] M. Hernández Bennett y H. Ramírez Leyva, *Trazador de curvas de transistores BJT programable*, Oaxaca: Universidad Tecnológica de la Mixteca, 2003.
- [5] E. Team, *Trazador de curvas de transistores para transistores bipolares y FET*, *Revista elektorlabs*, 2012.
- [6] T. Vargas y A. Abrahamse, *Trazador de curvas I-V de código abierto para monitoreo de paneles en Bolivia*, Bolivia: Universidad Privada Boliviana, 2014.
- [7] H. Rashid, *Electrónica de potencia: circuitos, dispositivos y aplicaciones*, Pearson Educación, 2004.

Capítulo 29. Selección de bacterias acumuladoras de PHA: una aplicación de un clúster industrial

PHA-Accumulating bacteria selection: application of an industrial cluster

Liseth Camila Fonseca Amaya, Fundación Universidad América
Ma. Fernanda Sánchez Bedoya, Fundación Universidad América
Diana Milena Morales Fonseca, Fundación Universidad América
Juan Daniel Valderrama, Universidad Antonio Nariño
Héctor Javier Luna Wandurraga, Universidad Antonio Nariño
Bogotá Colombia

liseth.fonseca@estudiantes.uamerica.edu.co
maria.sanchez6@estudiantes.uamerica.edu.co
diana.morales@profesores.uamerica.edu.co
juan.valderramar@uan.edu.co
hectorlunaw@uan.edu.co

Palabras clave: biopolímero (PHA), biorrefinería, clúster industrial, selección de bacterias.

industriales que disminuyen los costos de producción y se obtienen materiales biodegradables.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el fomento de procesos verdes industriales es cada vez más una realidad. Para lo cual es necesario innovar en alternativas donde se aprovechen la mayor cantidad de desechos industriales para la obtención de productos de alto valor agregado, lo cual se ha convertido en una oportunidad sostenible y energéticamente eficiente [1].

Una opción es aplicar el concepto de biorrefinería, por medio de la integración de varios sectores industriales, a lo cual se le ha denominado *clúster* industrial, que consiste en aprovechar los residuos de una industria, para ser transformados en productos por otra. Un ejemplo de *clúster* industrial puede estar formado por la industria láctea, cervecera y el sector de los plásticos, donde el lodo generado por el tratamiento del agua de la industria láctea y el efluente anaerobio de la industria cervecera, pueden ser utilizados como materia prima para la producción de biopolímeros, polihidroxialcanoatos (PHA), los cuales se pueden emplear en la maquinaria actual para la elaboración de plásticos y, de este modo, se puedan surtir los requerimientos de plásticos de las industrias cerveceras y lácteas, llevando a una innovación en las tres industrias.

De esta forma, aparte de usar recursos renovables que, en consecuencia, no generan una huella de carbono en el medio ambiente, se forma un ciclo entre los sectores

La empresa Phario, ubicada en países bajos, en el año 2017 en su planta piloto de Bruselas, alcanzó a producir biomasa con un contenido de PHA de hasta 0.47 gramos de PHA/gramos de sólidos suspendidos volátiles (gPHA/gVSS), utilizando lodo con alta DQO fácilmente biodegradable, como cultivo mixto acumulador de PHA [2].

En similitud a lo trabajado por la empresa Phario, la presente propuesta se basa en la selección de bacterias acumuladoras de PHA, bajo la metodología de abundancia y hambruna utilizando un lodo resultante del tratamiento de las aguas residuales del lavado de canastillas con residuos de gaseosas, en Madrid (Cundinamarca). Esto con la finalidad de reducir los costos de producción de este biopolímero, aprovechando un residuo que finalmente contribuirá tanto al medio ambiente como a la innovación en la industria, dirigido hacia la formación de *clúster* industrial entre diferentes empresas.

II. METODOLOGÍA

En primer lugar, se tomó una muestra de lodo proveniente de un sistema de tratamiento de aguas residuales (lodos activados), la cual fue analizada por medio de la técnica de siembra en extensión en placa, adicionando al medio colorante rojo Nilo, que permitió determinar la presencia de bacterias productoras de PHA, a continuación las colonias teñidas de rosa tenue fueron aisladas para llevar a cabo la tinción de negro Sudán B,

con el objetivo de comprobar la capacidad de estas para producir PHA.

Posteriormente, se instaló un sistema de lodos activados, el cual fue el inóculo de los reactores selectores, una vez estabilizado el crecimiento y asegurado un buen índice de sedimentación, se dispuso a extraer una muestra de 1333,33mgSST/L para el inóculo de los 4 reactores selectores *air-lift*, de los cuales dos de ellos fueron alimentados con ácido acético (HAC) obtenido a partir del vinagre y los restantes con la combinación HAC-melaza, teniendo en cuenta una concentración de 1600mgDQO/L para ambos sustratos.

Para la primera operación de los reactores selectores, se empleó un tiempo de retención hidráulica (HRT) de 1 día, 12h de duración de un ciclo, alimentación sin ninguna restricción de macro y micro nutrientes; con esta se hallaron los tiempos de abundancia y hambruna, llevando a cabo un seguimiento al crecimiento de la biomasa, empleando la técnica de extensión en placa con rojo Nilo para la cuantificación de biomasa viva, tanto productora como no productora del PHA, determinando la extensión de la hambruna, mientras que el tiempo de abundancia se estableció mediante el seguimiento al oxígeno disuelto (OD) durante la operación.

Finalmente, se ajustaron al sistema los tiempos antes encontrados, se estableció un tiempo de retención de lodos (SRT) de 5 días, un ajuste del pH del sustrato a 7,5, temperatura ambiente y pH sin control durante la operación en modo secuencial para los reactores *air-lift*, a los cuales se les realizó un monitoreo del OD y el crecimiento de la biomasa al inicio y fin de cada ciclo, utilizando la misma técnica por extensión en placa con colorante rojo Nilo, durante los 5 días de operación con el objetivo de visualizar el comportamiento de la selección.

III. RESULTADOS

A partir de las tinciones de rojo Nilo y negro Sudán B realizadas a la muestra de lodo se lograron aislar satisfactoriamente nueve cepas diferentes positivas a la producción de PHA, entre las cuales se encontraron 3 cepas de bacilos Gram negativos, otras tres de bacilos Gram positivos y tres de cocos Gram positivos.

Al continuar con la operación en los reactores *air-lift*, se determinó un tiempo de 105 min. para la abundancia y 498 min. de hambruna para el sistema operado con HAC, mientras que para el sistema operado con el sustrato complejo (HAC-melaza) se encontró un tiempo de 400 min. de abundancia y 204 de hambruna; dichos parámetros fueron de vital importancia, puesto que

gracias ellos al interior de los reactores se produce una presión selectiva que lleva a disminuir la población de biomasa no productora de PHA, mientras que la productora sobrevive gracias a la inclusión de biopolímero que le permite utilizar este recurso como fuente de carbono cuando el sustrato se termina [3, 4]. Durante este ensayo se obtuvo un primer acercamiento a lo que ocurriría en el proceso de selección al visualizar el comportamiento de la biomasa en la Fig. 1, en la cual se observa el porcentaje correspondiente a biomasa productora del PHA con respecto a la biomasa total, únicamente durante el ciclo analizado.

Como se observa en la Fig. 1 se obtuvieron mejores resultados para la selección en el sistema operado con HAC (curva anaranjada) donde el 100% de la población al finalizar el ciclo pertenece posiblemente a bacterias productoras de PHA según la tinción por rojo Nilo.

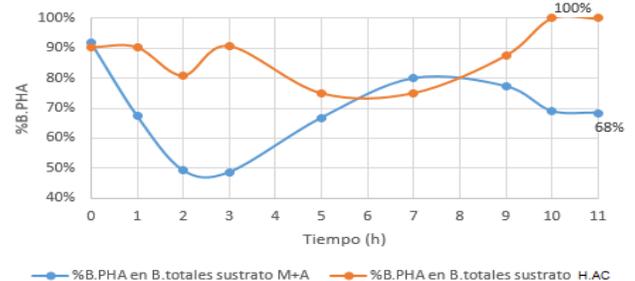


Fig. 1 Porcentaje de biomasa productora de PHAs con respecto a la biomasa total.

De esta manera al analizar la operación por ciclos se encontraron resultados similares a los obtenidos anteriormente, pues como se muestra en la Fig. 2 para la operación con HAC, a pesar de que la biomasa productora del PHA mantiene un crecimiento estable a lo largo de la operación, al final de esta, de la biomasa total la mayoría pertenece a bacterias productoras del PHA, caso contrario para el sistema operado con el sustrato mezcla (Fig. 3), donde a pesar de haber un crecimiento que supera en magnitud al sistema antes mencionado, la biomasa no productora de PHA es superior en población a la productora de PHA, incluso hasta el final de la selección.

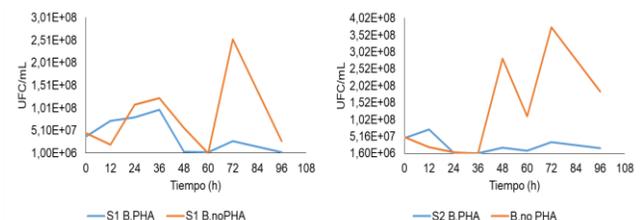


Fig. 2 Comportamiento de la biomasa de S1 (reactor selector 1, derecha) y 2 (reactor selector 2, izq.) vs. unidades formadoras de colonia (UFC) con sustrato HAC.

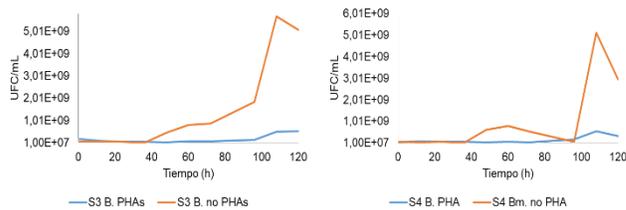


Fig. 3 Comportamiento de la biomasa de S3 (reactor selector 3, der) y S4 (reactor selector 4, izq.) Vs unidades formadoras de colonia (UFC), con sustrato melaza+ HAC.

IV CONCLUSIONES

Los resultados más favorables se obtuvieron para la operación con el sustrato HAC, al contabilizar las UFC totales (100%) y UFC acumuladoras de PHA al final de los 10 ciclos de las figuras 2 y 3, se consiguió que el 44% de la biomasa total fuese productora del PHA contra un 10% obtenido en la operación HAC-melaza. Lo cual puede ser atribuido a la espontaneidad de la sacarosa y glucosa contenida en la melaza, que aumenta el crecimiento de biomasa no productora de PHA.

REFERENCIAS

- [1] L. V. Peñaranda González, S. P. Montenegro Gómez y P. A. Giraldo Abad, “Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia”, vol. 8, No. 2, pp. 141–150, Sep. 2017 [Online]. Available: <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2040>
- [2] S. Bengtsson, A. Werker, C. Visser, and L. Korving, “PHARIO: stepping stone to a sustainable value chain for PHA bioplastic using municipal activated sludge”, 2017. [Online]. Available: <http://library.wur.nl/WebQuery/groenekennis/2206475>.
- [3] R. Kleerebezem and M. C. van Loosdrecht, “Mixed culture biotechnology for bioenergy production”, vol. 18, No. 3, pp. 207–212, 2007 [Online]. Available: <https://www.clinicalkey.es/playcontent/1-s2.0-S0958166907000572>
- [4] H. Salehzadeh and M. C. Van Loosdrecht, “Production of polyhydroxyalkanoates by mixed culture: recent trends and biotechnological importance”, vol. 22, No. 3. Elsevier Inc, England, pp. 261–279, 2004 [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734975003001630>

Capítulo 30. Diseño de una clasificadora de huevos según el peso

Design of a sorter of eggs according to its weight

Leonardo Guerrero Salazar, docente Concentración de Desarrollo Rural CDR, Valle de San José
Aldemar Francisco Lozano Porras, estudiante grado décimo, CDR, Valle de San José
Carlos Humberto Porras Hernández, estudiante grado undécimo, CDR, Valle de San José
Marlon Steven Tarazona Bravo, estudiante grado décimo, CDR, Valle de San José

Grupo de Innovación y Desarrollo Tecnológico (GIDT)
Institución Educativa Concentración de Desarrollo Rural (CDR)

Valle de San José, Colombia

leonardogs27@gmail.com
gidt.cdr@gmail.com

Palabras clave: clasificador de huevos, automatización agroindustrial, sistemas embebidos.

I. INTRODUCCIÓN

En el Valle de San José, Santander, los pequeños productores de huevos, en su mayoría, realizan el proceso de clasificación de su producto por su peso, para darle cumplimiento a la Norma Técnica Colombiana NTC1240 [1]. El no aplicarla implica limitar su comercialización y perder valor agregado. Una cubeta clasificada posee un valor comercial más alto que una sin clasificar, entre cubetas, según su tipo, puede variar el precio en promedio \$400. Si se considera una producción diaria de 10 cubetas puede representar \$4.000 menos de ingreso, por estas razones la importancia de separar el huevo. Por lo general, son las mujeres quienes realizan este proceso de forman manual invirtiendo varias horas diarias para llevar a cabo una labor que compite con otras tareas propias del campo. Para un pequeño productor adquirir una clasificadora de huevos disponible en el mercado, representa un costo elevado y además no se ajusta a las necesidades de su negocio. Observando esta problemática se evidencia la necesidad de diseñar una clasificadora de huevos de bajo costo que cumpla con el proceso de clasificación que exige la norma técnica y se ajuste a los requerimientos de los pequeños productores.

Una alternativa propuesta por el grupo de investigación GIDT de la Institución Educativa Concentración de Desarrollo Rural del Valle de San José, es el diseño de una clasificadora de huevos utilizando componentes electrónicos, a diferencia de las clasificadoras convencionales, que funcionan con contrapesos [2]. En el mercado se encuentra el sistema para programación de

micro controladores Arduino. Es un entorno sencillo, versátil, completo, potente, económico [3], con gran compatibilidad, que permite la implementación de un sistema de pesaje con base en celdas de carga [4], y la operación de mecanismos servo controlados para la apertura y cierre de compuertas, de esta forma permite controlar y automatizar procesos en un tiempo menor. El objetivo del presente estudio es diseñar un prototipo de clasificadora de huevos, que se ajuste a las necesidades del pequeño productor, de bajo costo y realice la separación del huevo de manera eficiente. Los resultados obtenidos por el estudio presentan como posible el diseño de una clasificadora de huevos de fácil fabricación, con componentes de bajo costo y capacidad para realizar, con alta eficacia, la tarea de separar el huevo según la tabla de pesos aprobada por la Federación Nacional de Avicultores de Colombia, Fenavi, en C, B, A, AA, AAA y Jumbo [5]. Por cada 100 huevos clasificados independientemente del tipo, el 96% se separa correctamente.

II. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el diseño de una clasificadora de huevos, se desarrolló una metodología de 8 etapas: Etapa 1: Verificación de la problemática. Se verificó la necesidad que tienen los pequeños productores de huevos de poseer una clasificadora. Etapa 2: Consulta Bibliográfica. Etapa 3: Diseño del prototipo y planos electrónicos. Etapa 4: Montaje del prototipo y programación: en el desarrollo de esta etapa se consideraron aspectos básicos de física, matemáticas y métodos heurísticos. Etapa 5: Prueba de laboratorio: Una etapa en la cual se validó por primera vez la funcionalidad de la clasificadora de huevos. Etapa 6:

Prueba de Campo. El prototipo se probó en la casa de una pequeña productora de huevos, con el fin de validar su aceptación y eficacia. Etapa 7: Análisis y resultados. Etapa 8: Socialización.

II. RESULTADOS

En un proceso de verificación de la problemática se pudo observar que entre los pequeños productores de huevo, la mayoría, 46%, se dedica a una producción baja, es decir, menos de 300 huevos diarios y un porcentaje menor 27% produce entre 900 y 3000 huevos diarios. Además, los productores de huevos reconocen la importancia de su clasificación. Por este hecho un 88% de ellos proceden con esta labor, de los cuales un 89% la realizan a mano. Por otro lado, se observó que un 64% de los productores encuestados, manifestó como principal motivo para la no adquisición de un sistema de clasificación automático, su elevado costo [6][7], seguido por un 18% que aluden que por su tamaño y rendimiento no se acomodan a sus necesidades.

A. Prototipos desarrollados

Se desarrollaron 5 prototipos. Cada uno constó de 4 secciones y utilizan componentes electrónicos durante el proceso de clasificado, a continuación se describe cada uno:

El modelo CPPH-1000 “Clasificadora para pequeños productores de huevo”, es el primer prototipo desarrollado durante la investigación: consta de una unidad electrónica que pesa y clasifica el huevo, y otra de clasificación compuesta por una serie de canastas plásticas. Fue probado en dos salidas de campo con gran aceptación. Este prototipo es presentado en la Figura 1.

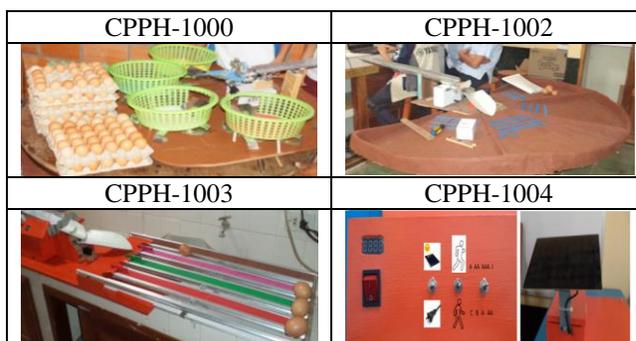


Fig. 1. Prototipos de clasificadora de huevos.

El segundo prototipo, el modelo CPPH-1001, cuenta con una modificación en el sitio encargado de recoger el huevo clasificado, un almacenamiento tipo riel usado comúnmente en clasificadoras comerciales [7], el

prototipo fue llevado en una salida de campo y se evalúa su funcionalidad, comprobando que la tarea de clasificar el huevo la realiza con una eficacia del 96%. En tercer lugar, el modelo CPPH-1002 (Figura 1), se basa en una unidad más pequeña del módulo electrónico y unidad de almacenamiento del huevo tipo abanico logrando una mayor capacidad, de igual manera, esta máquina fue probada en salida de campo, logrando demostrar su funcionalidad y validar resultados obtenidos con los anteriores prototipos. Al modelo CPPH-1003 se integraron materiales más adecuados en la industria avícola como el aluminio en los rieles de almacenamiento, brinda mejor portabilidad y ocupa menor espacio tanto en operación o almacenamiento (Figura 1). Finalmente, el modelo CPPH-1004, es un rediseño de la unidad de control, que es adaptable a cualquier tipo de unidad de almacenamiento presentada antes, cuenta con un nivelador de mesa [8] que permite que el proceso del paso del huevo a la unidad de pesado no sea afectado por su cambio de velocidad, uso de energía renovable [8] mediante la implementación de una celda fotovoltaica de 7V con una potencia de 1,2W y una batería de 6V 5AH 20H, que proporciona un tiempo de autonomía de 2 horas y media. A su vez, de un panel de ajuste que permite al usuario variar la velocidad de clasificación y optimizar la bandeja de clasificación, adaptándose al ciclo de postura que tienen las gallinas, el sistema se muestra en la Figura 1.

B. Prueba de eficacia del prototipo

Algunas de las pruebas realizadas al prototipo, fue medir su eficacia, procedimiento que comprendió en clasificar muestras mayores de 40 huevos por categoría, y luego pesar cada uno con una balanza digital y verificar si el huevo estuvo bien clasificado. Los datos fueron representados (Figura 2) donde cada punto de la muestra equivale al promedio del peso de 10 huevos, LC (límite central) es la media de la muestra, LI (límite inferior) y LS (límite superior), su valor equivale a la media de la muestra más o menos el factor de nivel de confianza por la varianza respectivamente.

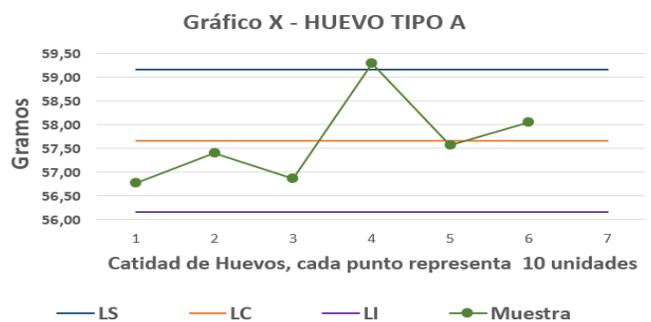


Fig. 2. Gráfico de control huevo Tipo A

Entre todas las categorías se realizó la prueba, pero tan solo la A, AA y AAA contó con una muestra representativa que permitió representarla y analizar la información. Como resultado la eficacia del prototipo es del 96%.

[9] Sunsupply (2018). Energías alternativas paneles solares. [Online]. Recuperado: <https://bit.ly/2Y0YKme>

IV. CONCLUSIONES

Se logró automatizar la tarea de clasificar el huevo por su peso. Los prototipos presentados aumentan la productividad en el ahorro de tiempo y entregando un huevo mejor clasificado, durante pruebas de campo se obtuvo un rendimiento de 1714 huevos por hora y una eficacia del 96%.

Se mejoran las condiciones laborales, dicho por quienes clasifican el huevo a mano, se estima que el ahorro en tiempo en realizar la clasificación con el prototipo es del 50%.

El costo de producción de la máquina es bajo, este se debe a los pocos y económicos componentes que incorpora en su diseño, frente a una clasificadora comercial de las mismas características es el 70% más económica.

Al incorporar el sistema de energía solar el sistema garantiza un mayor valor agregado al proceso dado que la vuelve más competitiva frente a las clasificadoras convencionales, al presentar menor consumo energético y posibilidad de operar durante los cortes de fluido eléctrico, la clasificadora tendría una autonomía energética aproximadamente de 8 días, clasificando 500 huevos diarios.

REFERENCIAS

- [1] Icontec, Norma Técnica Colombiana 1240. [Online]. Recuperado: <https://bit.ly/2H0VXzX>
- [2] TIGSA (2017). Máquinas clasificadoras de huevos, Barcelona. [Online]. Recuperado: <https://bit.ly/2yNnbpF>
- [3] Cañas J. *et al.* (2017). Entorno docente con Arduino y Python para educación robótica en secundaria. [Online]. Recuperado de: <https://goo.gl/F5nBPT>
- [4] NAYLAMP (2017). Tutorial transmisor de celda de carga HX711, Balanza Digital. [Online]. Recuperado de <https://bit.ly/2ONgIW0>
- [5] Fenavi (2017). El huevo estrena peso: Federación Nacional de Avicultores de Colombia, Bogotá. [Online]. Recuperado: <https://goo.gl/vhFEoP>
- [6] Yemita (2017). Características técnicas de la clasificadora de huevos yemita: Fábrica de la Clasificadora de huevos Yemita. Córdoba-España. [Online]. Recuperado: <https://bit.ly/2MbFdKh>
- [7] Poultry (2017). Clasificadoras de huevos de mediana y gran capacidad: Poultry, Barcelona. [Online]. Recuperado de <https://bit.ly/2TIYh9m>
- [8] O. Cubells (2017). Niveladores para mesas, una solución real. [Online]. Recuperado: <https://bit.ly/2ZYcc8t>

Capítulo 31. Avances en fabricación de ejes por medio de la creación de moldes seguida de inyección de material a altas velocidades en una impresora 3D

Advances in the production of shafts by means of the creation of molds followed by injection of material at high speeds in a 3D printer

Holger Cagua Rivera, Universidad de Pamplona
César Peña, Universidad de Pamplona
Bladimir Ramón Valencia, Universidad de Pamplona
Pamplona, Colombia

holger.cagua@unipamplona.edu.co
cesarapc@unipamplona.edu.co
hbladimir@unipamplona.edu.co

Palabras clave: extrusión-inyección, impresión 3D, molde resistencia a la flexión.

veces mayor a la obtenida cuando se fabrican de manera tradicional [8].

I. INTRODUCCIÓN

La impresión 3D se concibe con una técnica de fabricación utilizada para obtener un producto físico a partir de un diseño asistido por computador CAD, con un costo bajo y geometrías complejas.

Se caracteriza por ser una técnica versátil por lo cual ha sido utilizada en múltiples áreas de interés como la medicina [1], la biología [2], la ingeniería [3], la construcción, la industria automotriz, entre otras.

Un problema de fabricar ejes con la técnica de Modelado por Deposición Fundida (FDM) [4] es que estos se parten fácilmente por esfuerzos de flexión, dado que la resistencia de estas piezas depende de los parámetros de impresión (densidad [5], tipo de patrón, altura de capa, velocidad de deposición[6]) y de la adherencia entre las capas, por lo cual se obtienen piezas anisotrópicas [7]. Por otro lado, los tiempos de fabricación de las piezas son elevados y, en consecuencia, esta técnica no es utilizada en sistemas de gran escala o con una elevada repetitividad.

En estudios previos se ha comparado la resistencia a la flexión de los ejes al variar parámetros de fabricación dentro de los cuales se destaca el ángulo de inclinación de las capas de impresión. Se pudo evidenciar que, en efecto, este parámetro afecta en gran medida las propiedades de los materiales pues al emplear inclinaciones de 50 grados se obtenía una resistencia 0,6

Teniendo en cuenta lo anterior se plantean las siguientes preguntas ¿Es posible generar una pieza (eje cilíndrico) a partir de la fabricación de un molde con impresión 3D y rellenarlo de tal forma que internamente genere un núcleo sólido en vez de capa por capa? ¿Obtener un núcleo sólido en los ejes mejoraría la resistencia a los esfuerzos de flexión? ¿Es posible reducir el tiempo de fabricación con esta nueva técnica?

Al resolver estas preguntas, este trabajo busca aportar nuevas alternativas de fabricación con las cuales se puedan mejorar las propiedades mecánicas de las piezas creadas en una impresora 3D convencional de tal forma que permitan satisfacer las diferentes necesidades de la sociedad, además, podría ampliar el campo de aplicación de la tecnología de impresión 3D a otros sectores.

II METODOLOGÍA

En la Figura 1 se puede apreciar un esquema de la metodología utilizada para esta investigación. Se propone una metodología experimental donde inicialmente se hizo una búsqueda de información sobre las diferentes técnicas de impresión 3D de polímeros, se diseñaron las probetas con el método convencional y los moldes para la nueva técnica. A continuación, se fabricaron las probetas y se realizó una inspección de los requerimientos para proceder a realizar los ensayos de flexión y al final se realizará el análisis de los resultados.

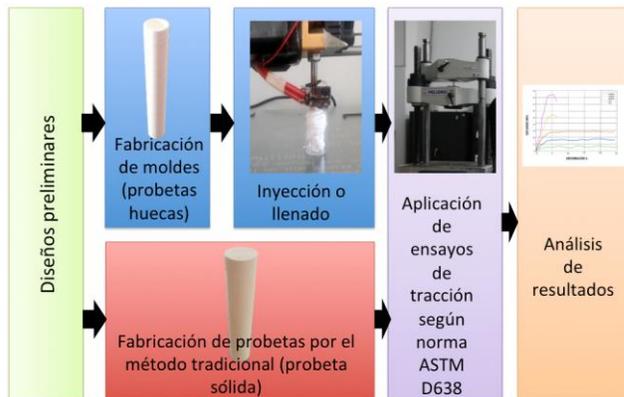


Fig. 1 Esquema metodológico de la investigación.

III RESULTADOS PRELIMINARES

Se realizó el diseño del molde en un *software* de diseño asistido por computador (CAD); posteriormente se exportó a un *software* de manufactura asistida por computador (CAM) donde es transformado en un código que indica las trayectorias que debe seguir la impresora para fabricar la pieza, en la Figura 2a, se observa el diseño digital del objeto y en la Figura 2b se observa el objeto real manufacturado con una impresora 3D de código abierto.

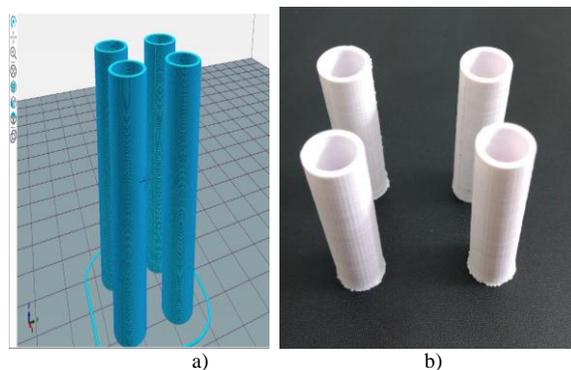


Fig. 2 a) Diseño digital de los moldes de extrusión, b) Moldes manufacturados con impresión 3D.

Después se procedió a realizar la fabricación y el llenado de los moldes, para lo cual se necesitó acondicionar en una impresora 3D (Prusa I3) un sensor PT100 que permite elevar la temperatura de impresión hasta 400°, esto con la finalidad de que el Poliláctico (PLA) pueda ser extruido con mayor velocidad y también para que tenga mayor fluidez dentro del molde. En la Figura 3 se puede observar la inyección de PLA dentro de un tubo de ensayo, el cual se utilizó para poder apreciar el comportamiento del material extruido.

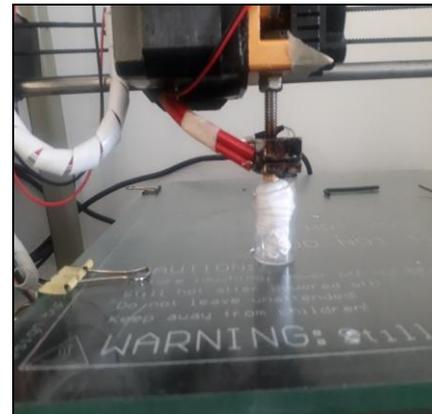


Fig. 3 Experimento de inyección de material con boquilla 0,8 mm, temperatura 260 °C y velocidad 2mm/s.

Se evidenció que el PLA se amolda a la forma del tubo de ensayo en un 80%, siendo la parte inferior el lugar con menos material, por lo cual se procedió a plantear dos alternativas de llenado. La primera consistió en inyectar por secciones el material desde una altura menor para evitar solidificaciones prematuras y la segunda consiste en emplear una resina de menor temperatura de fusión que permite una mayor fluidez en el momento de la inyección.

IV CONCLUSIONES

Los resultados preliminares permiten evidenciar que es posible la fabricación de ejes menores a 5cm utilizando moldes fabricados con FDM para su posterior relleno con material extruido a altas velocidades y temperaturas elevadas. Para la fabricación de ejes de mayores dimensiones se propone como trabajo futuro el estudio de técnicas que empleen materiales con menores temperaturas de fusión o con menor viscosidad. Alternativamente se propone el estudio de la inyección por secciones para evitar la formación de vacíos o poros dentro del molde.

REFERENCIAS

- [1] I. Valverde, “Three-dimensional Printed Cardiac Models: Applications in the Field of Medical Education, Cardiovascular Surgery, and Structural Heart Interventions”, *Revista*, vol. 70, No. 4, pp. 282–291, 2017.
- [2] B. M. Pohl, F. Gasca, O. Christ and U. G. Hofmann, “3D printers may reduce animal numbers to train neuroengineering procedures”, *Int. IEEE/EMBS Conf. Neural Eng. NER*, pp. 887–890, 2013.
- [3] Z. Weng, J. Wang, T. Senthil and L. Wu, “Mechanical and thermal properties of ABS/montmorillonite nanocomposites for fused deposition modeling 3D printing”, *Mater. Des.*, vol. 102, pp. 276–283, 2016.
- [4] E. Rodríguez, E. Cortés and C. Peña, “Application of the Qfd Methodology in the Development of”, *Rev. Colomb. Tecnol. Av.*, 2016.
- [5] M. Fernandez-Vicente, W. Calle, S. Ferrandiz and A. Conejero, “Effect of Infill Parameters on Tensile Mechanical Behavior in

- Desktop 3D Printing”, *3D Print. Addit. Manuf.*, vol. 3, No. 3, pp. 183–192, 2016.
- [6] B. R. Holger Cacua, C. Peña, “Efecto de la velocidad de deposición en impresiones 3D sobre las propiedades mecánicas del Poliláctico”, *Rev. Colomb. Tecnol. Av.*, pp. 31–35, 2018.
- [7] J. R. C. Dizon, A. H. Espera, Q. Chen and R. C. Advincola, “Mechanical characterization of 3D-printed polymers”, *Addit. Manuf.*, vol. 20, pp. 44–67, 2018.
- [8] H. Cacua, C. Peña and B. Ramon, “Evaluation of the Mechanical Properties of Shafts Manufactured With 3D Printing for Different Inclinations of the Fused Deposition Layers”, *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 11, No. September, pp. 1–7, 2018.

Capítulo 32. Concentración de trabajadores al realizar pausas activas a través de una ICC - Caso

Concentration of workers when making active breaks through an BCI - Case

Área temática: Innovación Industrial - Control y automatización

Sindy Yesenia Rojas Hernández, Universidad de Pamplona
Luz Ángela Moreno Cueva, Universidad de Pamplona
César Augusto Peña Cortés, Universidad de Pamplona
Pamplona, Colombia

yesenia1195@hotmail.com
luz.moreno@unipamplona.edu.co
cesarapc@unipamplona.edu.co

Palabras clave: concentración, *emotiv insight*, interfaz cerebro ordenador, pausas activas, talento humano.

I. INTRODUCCIÓN

La conducta de los seres humanos es diversa, así como los problemas que surgen día tras día, en donde muchos de ellos son a causa de las condiciones laborales que se poseen, convirtiéndose en el génesis de inconvenientes en la salud. Para proteger la salud de los trabajadores en Colombia han elaborado diversas normativas, por parte del Estado que propende por la salubridad, atendiendo a que varios años atrás se utilizaban horarios de trabajos muy fuertes, con grandes peligros y generación de enfermedades laborales que se desarrollaban como producto de ello.

Estas normas han estado encaminadas a desarrollar, gestionar y controlar la salud ocupacional, de tal forma que mejore la calidad de vida de las personas a partir del lugar donde las desarrolle y funciones que realiza durante la jornada laboral, tales como la expedida por el Ministerio del Trabajo: Resolución 1111 de 2017, en la que se establecen los requisitos y las fechas límites para implementar el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) [1].

Dentro de este Sistema, las pausas activas se consideran como una de las técnicas que proponen ayudar a mitigar la fatiga muscular, las enfermedades osteomusculares, sin llegar a omitir algunas de las conductas psicológicas que puede llegar a presentar el talento humano, como el estrés, de tal forma que se mejore la productividad de la empresa.

Muchos problemas como el ausentismo laboral, la alta rotación de personal, en diversos casos, son causados por las emociones como el estrés y la desconcentración, generando que exista mayor carga laboral en los trabajadores que se presentan a desarrollar su jornada laboral normalmente. Lo anterior puede desencadenarse en ineficiencia por parte de los trabajadores.

Con el fin de contribuir al mejoramiento de este problema, los autores plantean hacer una revisión de las pausas activas que maneja la institución, así como el funcionamiento de las mismas, sin embargo, en su momento, la Universidad no poseía pausas activas establecidas para la minimización de ello, por lo que se propusieron varias que estaban dadas de acuerdo con la jornada laboral que tenía el trabajador.

Ahora bien, para desarrollar este trabajo se hizo una investigación mixta, un análisis de tipo cualitativo, a través de encuestas, mientras que se hizo otro de tipo cuantitativo a través de un dispositivo de captura de neuroseñales denominado *Emotiv Insight*, en donde se cuantificaron 6 emociones, sin embargo, para efectos de este documento se tendrá en cuenta la emoción de la concentración o focus.

Cabe resaltar que este dispositivo (*Emotiv Insight*) al manejar costos bajos, permiten desarrollar aplicaciones que ayudan a encontrar soluciones a los diversos problemas existentes en la sociedad [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8]. No obstante, no es el único existente, entre otros están: el *Emotiv: Insight, Flex y Epoc; MindFlex de Mattel* [9], *MindSet de NeuroSky* [10], *Muse de InteraXon* [11], *Imec EEG headset* [12].

Como se había mencionado, el dispositivo que se utilizó en esta investigación fue el *Emotiv Insight* que contiene 5 sensores de polímero hidrófilo, por lo que no requiere humectación, su calibración se realiza en aproximadamente 5 minutos y la captura de neuroseñales se puede realizar hasta por 4 horas, sin embargo, para evitar agotamiento de los sujetos medidos, es recomendable no utilizarlo por extensos períodos, pues la presión puede llegar a generar dolor de cabeza.

Este artefacto permite capturar seis tipos de emociones: relajación, estrés, concentración, compromiso, entusiasmo e interés [13]. Así mismo, reconoce gestos faciales y comandos mentales o gestos cognitivos.

Las emociones pueden apreciarse en el ordenador o en un teléfono celular, siendo este último el utilizado aquí.

II. DESARROLLO DE CONTENIDOS

Para llevar a cabo los experimentos se debió realizar inicialmente un protocolo de desarrollo, en donde se plasmaron los momentos que iban a ser medidos y las condiciones que se tuvieron en cuenta para cada uno de ellos. Todos los protocolos están basados en (35) minutos, los cuales están distribuidos de la siguiente forma: 10 para período de adaptación en donde el sujeto al finalizar ese tiempo dispuesto deberá olvidar el uso del dispositivo. Posterior a ello, se realiza la pausa activa durante 15 minutos. Por último, se abordan de nuevo 10 minutos en donde se analizará la situación emotiva del sujeto luego de la aplicación de la pausa activa.

Con el fin de desarrollar el experimento con un poco de rigurosidad, se tuvieron en cuenta tres dependencias: Planeación, Almacén y Contabilidad, y Presupuesto. Para todas las dependencias se analizaron 4 individuos, siendo una muestra no probabilística, dado que se está realizando una prueba exploratoria en una población limitada.

A cada individuo se le realizó un experimento antes, durante y después de una pausa activa, es decir, fueron 3 experimentos por cada sujeto de una dependencia, para un total de 12 por dependencia y 36 es la sumatoria de todos ellos de las diferentes dependencias.

Para abordar los resultados, se darán a conocer por dependencia, iniciando por la Oficina de Planeación, en seguida Almacén y, por último, Contabilidad y Presupuesto.

Dentro de la dependencia de Planeación (Tabla 1) se observó el siguiente comportamiento de la concentración:

TABLA 1. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN OFICINA DE PLANEACIÓN – UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN OFICINA DE PLANEACIÓN				
Momento	Ind. 1	Ind. 2	Ind. 3	Ind. 4
Antes	36	35	34	34
Durante	36	36	34	38
Después	37	35	34	32

En la Oficina de Planeación todos los individuos mostraron un comportamiento totalmente diferente: el primer individuo mostró una constante antes (36) y durante (36) la elaboración de la pausa activa, mientras que después de ella incrementó un punto (37), lo que indica que fue efectiva la pausa activa que se utilizó en él. En el segundo individuo, la concentración se mantuvo en el mismo indicador antes (35) y después (35), mientras que cuando la hizo incrementó la concentración (36). El tercer individuo conservó el mismo nivel, lo que evidencia que en esa persona no existió ningún tipo de variabilidad (34 puntos durante todos los momentos medidos). Por último, en el sujeto cuatro, se notó que antes de realizar la pausa activa estaba con una concentración de 34, durante la ejecución se incrementó 4 puntos, pero luego su concentración bajó. Esto puede producirse porque la pausa activa no es la adecuada, o quizás por la hora en la que se ejecuta, teniendo en cuenta que entre más próxima esté a la hora de salida, más ansiedad de salir se presentará, caso que ocurre con el cuarto sujeto.

Por su parte, en Almacén (Tabla 2) se pudieron percibir los siguientes resultados en la emoción de la concentración.

TABLA 2. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN OFICINA DE ALMACÉN – UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN OFICINA DE ALMACÉN				
Momento	Ind. 1	Ind. 2	Ind. 3	Ind. 4
Antes	30	34	33	31
Durante	29	43	39	38
Después	30	23	35	41

A diferencia de la anterior oficina se observó que 2 sujetos presentaron cambios positivos en la concentración después de realizar una pausa activa. Lo que indica que las pausas utilizadas aquí fueron efectivas, siendo utilizadas las mismas de la anterior oficina para el individuo 4, con una adicional.

Por último, se presentan los resultados de la Oficina de Contabilidad y Presupuesto (tabla 3).

TABLA 3. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN
OFICINA DE CONTABILIDAD Y PRESUPUESTO –
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN OFICINA DE CONTABILIDAD Y TESORERÍA				
Momento	Ind. 1	Ind. 2	Ind. 3	Ind. 4
Antes	44	33	37	35
Durante	30	33	38	27
Después	21	37	38	35

En esta Oficina, se evidenciaron dos resultados favorables: los del individuo número 2 (aplicadas en la jornada de la mañana) y 3 (aplicadas en la jornada de la tarde).

III. CONCLUSIONES

- Las pausas activas una vez realizadas, pueden provocar en la persona concentración pero, así mismo, de acuerdo como se haga, puede llegar a convertirse en un problema, pues también puede desconcentrar a la persona, debido a que pueden ser extensas, muy sociables o con mucha diversión.
- Cuando se realizaron los experimentos en el Almacén se hicieron de forma individual, lo que lograba que cada uno de los sujetos evaluados se concentrara en el bienestar físico que se concebirá en el momento de realizar la pausa activa, más no lo tomaba de forma social (desorden con compañeros), permitiendo una mayor concentración posterior a la pausa activa.
- La pausa activa que dio el efecto de **concentración** después de realizarla fue la siguiente y se efectuó en la jornada de la tarde.
 - “Separar las piernas e inclinar las rodillas, estirar los brazos hacia abajo tanto como el cuerpo resista. Subir la rodilla derecha al pecho y sostenerla con las manos por 10 segundos. Cambiar de pierna”.
 - “Balancear la planta del pie desde la punta hasta el talón. Hacer movimientos circulares de tobillo hacia ambos lados con cada pie”.
 - “Estirar los brazos hacia al frente. Juntar las palmas de las manos y realizar movimientos hacia arriba y hacia los lados durante 10 segundos”.
- Se hace necesario crear o replicar pausas activas de acuerdo con las jornadas y lo que se pretende lograr con ellas, pues en muchos casos se necesita solo para el descargue y mejoramiento físico, mientras en

otros se utiliza para despejar la mente, disminuir el estrés y elevar la concentración.

- Se recomienda que cada empresa haga una evaluación de la forma correcta para aplicar las pausas activas de forma eficiente y eficaz.

REFERENCIAS

- Ministerio del Trabajo, *Resolución 1111 de 2017* Ministerio de Trabajo. 2017.
- D. A. Adamos, S. I. Dimitriadis and N. A. Laskaris, “Towards the bio-personalization of music recommendation systems: A single-sensor EEG biomarker of subjective music preference”, *Inf. Sci. (Ny)*, vol. 343–344, pp. 94–108, 2016.
- F. M. Córdova, H. D. M. F. Cifuentes and L. Cañete, “Identifying problem solving strategies for learning styles in engineering students subjected to intelligence test and EEG monitoring”, *Procedia - Procedia Comput. Sci.*, vol. 55, No. Itqm, pp. 18–27, 2015.
- M. Khalili Ardali, A. Rana, M. Pourmohammad, N. Birbaumer and U. Chaudhary, “Semantic and BCI-performance in completely paralyzed patients: Possibility of language attrition in completely locked in syndrome”, *Brain Lang.*, vol. 194, No. August 2018, pp. 93–97, 2019.
- L. Moreno, C. Peña y H. González, “Integración de un sistema de neuroseñales para detectar expresiones en el análisis de material multimedia”, *Rev. Fac. Ing.*, vol. 24, No. 38, pp. 29–40, 2014.
- L. Moreno, C. Peña y O. Gualdrón, “Desarrollo de un sistema de neuromarketing usando el dispositivo *Emotiv-Epoc*”, *Redes Ing.*, vol. 5, No. 2, pp. 6–15, 2014.
- D. C. Irimia, R. Ortner, G. Krausz, C. Guger and M. S. Poboroniuc, *BCI application in robotics control*, vol. 45, No. 6 PART 1. IFAC, 2012.
- M. Soler, H. Rodríguez y C. Peña, “Desarrollo de un robot explorador operado mediante neuroseñales”, *Rev. Politécnica*, vol. 10, No. 19, pp. 125–134, 2014.
- J. Katona, I. Farkas, P. Ujbanyi, A. Dukan and A. Kovari, “Evaluation of the NeuroSky MindFlex EEG headset brain waves data”, in *IEEE 12th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMII)*, pp. 91–94, 2014.
- A. F. M. Eid, “Read Go Go!: Towards real-time notification on readers’ state of attention”, in *XXIV International Symposium on Information, Communication and Automation Technologies (ICAT)*, 2013, pp. 1–6.
- W. A. Dijk, W. Velde, van der W. J. M., H. J. G. Kolkman and K. I. L. M. Crijns, “Integration of the Marquette ECG management system into the Department Information System using the European SCP-ECG Standard”, *Comput. Cardiol.*, 1995.
- M. S. Ijjada, H. Thapliyal, A. Caban-Holt and H. R. Arabnia, “Evaluation of wearable head set devices in older adult populations for research”, in *Proceedings - 2015 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence, CSCI 2015*, 2015, pp. 810–811.
- T. H. E. Science, “Open Your Mind to Next Generation Brainwe EMOTIV Insight Introduction Vid”, 2017.

Capítulo 33. Influencia de las asistencias hápticas en la relajación de un teleoperador de un robot móvil

Influence of haptic assistance in the relaxation of a mobile robot teleoperator

Área temática: Control y Automatización

César Peña, Universidad de Pamplona
Andrés Vargas, Universidad de Pamplona
Javier Corredor, Universidad de Pamplona
Pamplona, Colombia

cesarapc@uniampplona.edu.co
andres.vargas@unipamplona.edu.co
javier.corredor@unipamplona.edu.co

Resumen: En este artículo se presenta la aplicación de una interfaz cerebro computador para medir los niveles de relajación de un teleoperador de un robot móvil. El teleoperador usa un dispositivo háptico que refleja fuerzas que asisten a la conducción del robot móvil con el fin de evadir obstáculos y guiar al robot a lo largo de una trayectoria. El sistema permitió evidenciar las zonas en las cuales el nivel de asistencia háptica es tan elevado que hace que el teleoperador aumente los niveles de relajación, lo cual puede producir que el teleoperador reste importancia a su función y sea propenso a producir accidentes. Es importante lograr un nivel de asistencia idóneo donde se logre un equilibrio entre el control compartido entre los comandos definidos por el teleoperador y el control semiautónomo definido por las asistencias hápticas.

Palabras clave: háptica, teleoperación, interfaz cerebro-computador, neuroseñales, EEG, control compartido.

I. INTRODUCCIÓN

La teleoperación de un robot consiste en operar a un robot a distancia, por lo cual se suelen definir dos zonas de trabajo. Una zonal local donde se ubica el usuario denominado teleoperador y una zona remota donde se encuentra el robot [1]. Con el fin que el usuario pueda percibir con mayor claridad los eventos que ocurren en la zona remota, se suele dotar al robot de diversos tipos de sensores de tal forma que lo retroalimente adecuadamente (telepresencia) y pueda tomar las decisiones correctas para conducir el robot [2]. Dado que existen retardos en el canal de comunicaciones entre la zona remota y la local (en ocasiones pueden llegar a ser mayores a un segundo [3]), se suele incluir dentro del robot un control

semiautónomo que le permita guiarlo mientras el operador genera las órdenes decisivas [4]. Este control se desarrolla principalmente para evadir colisiones inminentes, caer en agujeros o huecos, entre otras situaciones [5]. De igual forma, para que el operador pueda percibir la información proveniente de los sensores ubicados en la zona remota, se suelen emplear dispositivos como pantallas, alarmas, señales sonoras y en el caso que la retroalimentación involucre fuerzas, se emplean robots maestros denominados dispositivos hápticos [6]. Al integrar todos estos dispositivos en el sistema de teleoperación, se establece un control denominado bilateral el cual permite tomar información de ambas zonas (local y remota), haciendo que los efectos de una se vean reflejados en la otra. Si el robot en zona remota detecta un obstáculo se puede generar una fuerza por medio del dispositivo háptico en la zona local que indica al teleoperador que no debe seguir avanzado en esa dirección (asistencia háptica [7]), sin embargo, si el usuario desea avanzar lo puede realizar ejerciendo una fuerza que se oponga a la asistencia hasta llegar a la posición deseada.

El hecho que exista un control por parte del teleoperador y un control semiautónomo en la zona remota, se habla que existe un control compartido y es necesario generar un equilibrio para que los dos funcionen adecuadamente.

Se parte de la premisa que la teleoperación es una técnica que se emplea para situaciones donde las tareas son muy complejas y se requiere que un usuario tome decisiones importantes. Por otra parte, para facilitar y tener mejores resultados en la teleoperación, se implementaron sistemas de control que asisten al usuario en la realización de las tareas. Teniendo en cuenta estos dos aspectos, se encuentra el problema de definir el nivel de las

asistencias hápticas en la teleoperación del robot. Si el nivel de asistencias es demasiado alto, el teleoperador se puede confiar del control semiautónomo (convirtiéndose prácticamente en autónomo) haciendo que el mismo pierda interés al realizar la tarea y se relaje. Esto puede ocasionar accidentes dado que el usuario no toma oportunamente las decisiones en las situaciones críticas. Por el contrario, si el usuario no cuenta con las asistencias hápticas adecuadas se puede fatigar prematuramente al realizar las tareas.

Para solucionar el problema se propone el uso de una interfaz cerebro computador que mida las neuroseñales del usuario correspondientes al nivel de relajación y, en caso que el usuario se relaje mucho, se emitan unas señales auditivas que pongan alerta al usuario y/o en caso que el usuario tenga niveles muy bajos de relajación, se aumente el nivel de asistencia para disminuir la fatiga del mismo.

II. METODOLOGÍA

Para verificar la hipótesis propuesta se procedió a implementar un sistema de teleoperación de un robot móvil (virtual) empleando el entorno de desarrollo denominado Vrep. El robot elegido es el Pioneer P3DX cuya estructura es diferencial, permitiéndole girar sobre su propio eje. Como robot maestro se eligió el dispositivo Falcon [8] de estructura paralela con 3 grados de libertad y una frecuencia de funcionamiento de 1000Hz; para la generación de las asistencias hápticas se emplearon las librerías Chai3D que se enlazan con Vrep [9] para generar fuerzas según dos tipos de asistencias: la primera para evadir obstáculos y la segunda que guían al usuario para que siga una trayectoria predefinida dentro del entorno de trabajo.

En la realización de los experimentos se les pedía a los usuarios seguir la trayectoria planteada para dos tipos de algoritmos definidos, uno sin asistencias y el otro con los dos tipos de asistencias. Al realizar los experimentos los usuarios empleaban la interfaz cerebro computador denominada *Emotiv Insight* [10] que permite medir los niveles de relajación y realizar una correlación entre estos niveles y la ubicación del robot.

En la Figura 1, se ilustra el nivel de relación de un usuario al realizar los dos recorridos, el primero con un algoritmo que no empleaba asistencias hápticas mientras que en el segundo si las empleaba.

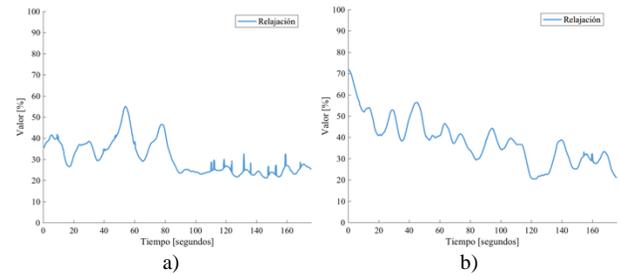


Fig. 1 Nivel de relajación del teleoperador al realizar una trayectoria a) sin emplear algoritmos de asistencia háptica b) empleando algoritmos de asistencia háptica.

III. RESULTADOS

Al analizar los niveles de relajación del usuario al realizar los experimentos se pudo evidenciar que los niveles aumentaban al emplear las asistencias hápticas, sin embargo, estos niveles se mantenían relativamente bajos indicando que el teleoperador se mantenía atento y el control compartido funciona correctamente, como se puede observar en la Fig. 2. De igual forma, con las medidas obtenidas se pudo realizar un examen exhaustivo de las zonas donde el usuario tenía niveles altos de relajación, verificando los casos concretos de las asistencias hápticas en estas zonas, evidenciando que el usuario se relaja demasiado al realizar trayectos en línea recta y sin obstáculos.

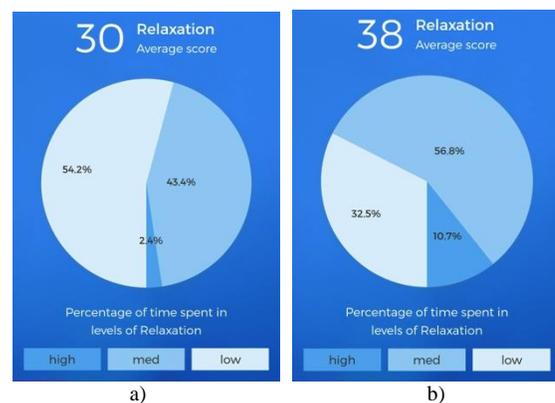


Fig. 2 Relación del nivel de relajación del teleoperador del robot a) sin emplear algoritmos de asistencia háptica b) empleando algoritmos de asistencia háptica.

IV. CONCLUSIONES

Por medio del análisis de neuroseñales correspondientes a la relajación, se pueden definir las zonas en un entorno de trabajo donde se requiere mayor o menor nivel de asistencia háptica para teleoperar un robot, con el fin de lograr un equilibrio en el control compartido entre las órdenes emitidas por el usuario y los comandos del sistema de navegación semiautónoma.

Basándose en las pruebas experimentales realizadas se puede concluir que la medición de las señales EEG, sirve como medio de verificación para ubicar las zonas del entorno remoto del sistema de teleoperación donde el teleoperador eleva sus niveles de relajación, lo cual permite tomar las medidas pertinentes para alertar al mismo y evitar accidentes.

REFERENCIAS

- [1] R. Aracil, J. M. Azorin, M. Ferre and C. Peña, “Bilateral control by state convergence based on transparency for systems with time delay”, *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 61, pp. 86–94, 2013.
- [2] Y.-C. Liu and N. Chopra, “Control of semi-autonomous teleoperation system with time delays”, *Automatica*, vol. 49, no. 6, pp. 1553–1565, 2013.
- [3] Z. Ya-kun, L. Hai-yang, H. Rui-xue and L. Jiang-hui, “Shared control on lunar spacecraft teleoperation rendezvous operations with large time delay”, *Acta Astronautica*, vol. 137, pp. 312–319, 2017.
- [4] M. Ferre, M. Buss, R. Aracil, C. Melchiorri and C. Balaguer, Eds., *Advances in Telerobotics*, vol. 31. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007.
- [5] O. David, F.-X. Russotto, M. Da Silva Simoes and Y. Measson, “Collision avoidance, virtual guides and advanced supervisory control teleoperation techniques for high-tech construction: framework design”, *Automation in Construction*, vol. 44, pp. 63–72, 2014.
- [6] W. Dangxiao, G. Yuan, L. Shiyi, Z. Yuru, X. Weiliang and X. Jing, “Haptic display for virtual reality: progress and challenges”, *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, vol. 1, No. 2, p. 136, 2019.
- [7] G. Liu, X. Geng, L. Liu and Y. Wang, “Haptic based teleoperation with master-slave motion mapping and haptic rendering for space exploration”, *Chinese Journal of Aeronautics*, vol. 32, No. 3, pp. 723–736, 2019.
- [8] S. Martin, “Characterisation of the Novint Falcon Haptic Device for Application as a Robot Manipulator”, 2009.
- [9] Y. Xu, C. Yang, J. Zhong, N. Wang and L. Zhao, “Robot teaching by teleoperation based on visual interaction and extreme learning machine”, *Neurocomputing*, vol. 275, pp. 2093–2103, 2018.
- [10] L. Moreno, C. Peña, M. Maestre, S. Caicedo and A. Pardo, “Registro de neuroseñales con una interfaz cerebro-computador para estimar el nivel estrés en un estudiante durante una clase”, *INGE-CUC*, vol. 13, No. 2, pp. 95–101, 2017.

Capítulo 34. Desarrollo de aplicación móvil para control de robot de inspección interna de tubería

Mobile application development for internal pipe inspection robot control

Área temática: Control y automatización

Ana Rocío Córdoba Malaver¹, Fundación Universitaria de San Gil, UNISANGIL
Eduardo Castillo Castañeda², Instituto Politécnico Nacional – IPN, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Querétaro.

¹San Gil, Santander – Colombia

²Querétaro, Querétaro – México

anarcordobam@gmail.com¹
ecastilloca@ipn.mx²

Palabras clave: aplicación móvil, control de robots, robot de inspección, robot teleoperado.

I. INTRODUCCIÓN

El uso de aplicaciones móviles (Apps) en los diferentes campos de la ciencia viene tomando fuerza desde hace cuatro décadas y han evolucionado de la mano con el desarrollo de la tecnología, existiendo en la actualidad más de trescientas mil aplicaciones diseñadas para dispositivos móviles [1], [2]. Siendo Android el sistema operativo más ocionado para la instalación y uso de dichas aplicaciones [3]. Actualmente los robots requieren, para su control, herramientas funcionales e intuitivas que permitan su fácil programación y adecuado funcionamiento [4]. Esto genera una gran oportunidad para el campo de las aplicaciones móviles como sistemas controladores de dispositivos mecatrónicos.

El presente trabajo aborda el desarrollo de una aplicación móvil diseñada para el control de un robot de inspección interna de tubería. Su elaboración se logró haciendo uso de la plataforma web del MIT App Inventor y fue puesta a prueba en un dispositivo móvil con sistema operativo Android, con el cual se realizó la comunicación con la caja de alimentación y control del robot, lográndose un buen manejo de este al permitirle realizar su locomoción programada.

II. METODOLOGÍA

Partiendo de los requerimientos de control que tiene el robot de inspección de tuberías para su movilidad [5] se desarrolla una aplicación móvil (App) que cumpla con las funciones básicas establecidas. Para ello se define la forma de comunicación entre sistemas programables,

luego se diseña y programa la aplicación en la plataforma de libre acceso MIT App Inventor mediante su tipo de programación de alto nivel (programación basada en bloques) [4] y, finalmente, se compila, descarga e instala en un dispositivo móvil para realizar las pruebas de funcionamiento.

III. DESARROLLO

A. Comunicación entre dispositivos

La comunicación establecida entre el dispositivo móvil y la tarjeta Arduino de la caja de alimentación y control (ver Figura 1), se realizó con ayuda del módulo bluetooth HC-05, el cual va conectado a la tarjeta por protocolo serial y transmite, de forma inalámbrica, la información (comandos relacionados con el control de los motores) desde y hacia el dispositivo móvil, permitiendo que el operador tenga un campo de movilidad de aproximadamente 10 m respecto a la caja de mando [6]. La comunicación bluetooth se hace pertinente para esta fase de desarrollo del proyecto, ya que el robot cuenta con la caja de mando que siempre estará ubicada fuera de la tubería en una posición muy cercana a su entrada, por lo tanto, está al alcance del usuario y no existe interferencia en la conexión entre módulos Bluetooth.

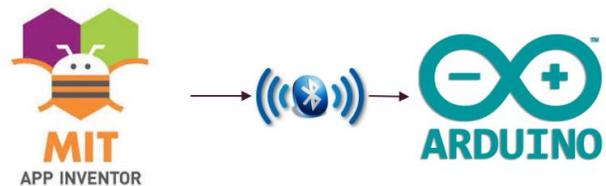


Fig. 1 Comunicación entre dispositivos.

B. Programación de la aplicación móvil

Haciendo uso de la plataforma del MIT App Inventor se diseñó y programó la aplicación móvil para el robot de inspección interna de tuberías. El lenguaje de programación que emplea es mediante bloques ensamblables y reconfigurables [7]. En la Figura 2 se observa el diagrama de bloques para la comunicación inalámbrica entre la App y la caja de mando del robot.

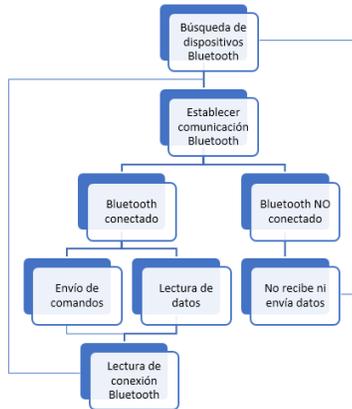


Fig. 2 Diagrama de bloques para el establecimiento de la conexión bluetooth.

C. Funcionalidad de la aplicación

Tal como se muestra en la Figura 3 a), la aplicación contiene dos botones para establecer la conexión o desconexión con el módulo bluetooth de la caja de control y en la parte superior de los botones se indica el estado de la conexión.



Fig. 3 Estado de comunicación bluetooth. a) Activar y desactivar comunicación b) Botones de direccionamiento y velocidad.

Cuenta con un bloque de botones (Figura 3. b) que controlan la velocidad (“flecha”: aumenta la velocidad de giro del motor según la dirección, “menos”: disminuye la velocidad) y sentido de giro de los motores (sección superior: avance, sección inferior: retroceso). Dependiendo de la trayectoria del robot, estos serán oprimidos cuantas veces lo requiera el usuario para lograr teleoperarlo. Así mismo, cuenta con la opción de detención total de los actuadores (cuadro negro del centro).

D. Robot a controlar

El robot utilizado para la validación de la aplicación, es un robot diseñado para efectuar inspección interna de tuberías en vacío de diámetros y direcciones cambiantes, el cual se observa en la Figura 4. Es un robot que cuenta con un centro o cuerpo y cuatro extremidades que se expanden y contraen por medio de un mecanismo de movimiento tipo bisagra, que permite la adaptabilidad activa de este a los diámetros variables en la tubería. Así mismo, cuenta con dos motores Dynamixel AX12-a para generar el movimiento de dos de sus ruedas y con ello lograr el desplazamiento del robot.



Fig. 4 Robot utilizado para su control.

IV. RESULTADOS OBTENIDOS

Para la teleoperación del robot de inspección se desarrolló una aplicación móvil (Figura 5 a) que cumple con los requerimientos básicos para la manipulación y el manejo de este. La App permite que el operador conozca el estado de la comunicación bluetooth entre el dispositivo móvil y la caja de mando, tenga control tanto en la dirección de giro de los motores como de su velocidad, así como la detención total del robot.

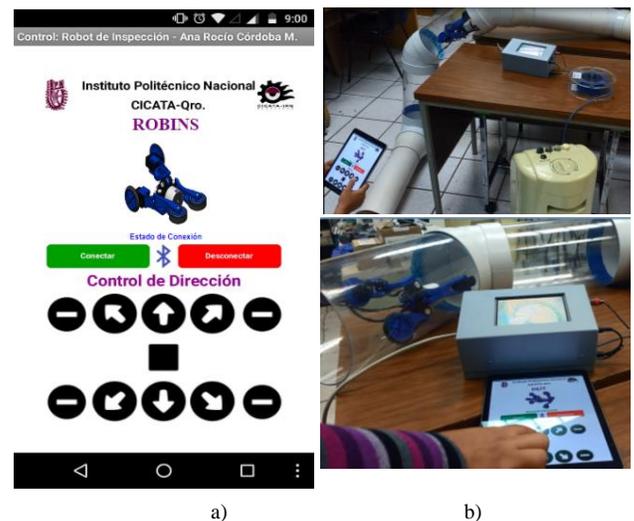


Fig. 5 a) Diseño final de la App para control del robot. b) Instalación y prueba de la App en dispositivo móvil.

La App se compiló, descargó e instaló en una tablet para desde allí realizar las pruebas de funcionamiento con el robot (Figura 5 b). Luego de realizar pruebas de control del robot en el interior de la tubería de diámetros y direcciones cambiantes, se observó que la App brinda al operador las funciones básicas necesarias para teleoperarlo cumpliéndose con el objetivo para el cual fue diseñado.

V. CONCLUSIONES

La aplicación permite tener el control de la locomoción del robot por medio del envío inalámbrico de comandos a una caja de mando que tiene comunicación alámbrica con el robot.

Haciendo uso de la App se logra teleoperar de forma intuitiva el robot móvil para inspección interna de tuberías para el cual fue diseñada.

Se evidenció la viabilidad en el uso de aplicaciones móviles para el control de sistemas robóticos semiautónomos con funciones básicas.

Para aumentar el alcance entre la comunicación dispositivo móvil–caja de mando y, por ende, la movilidad del operador, se recomienda emplear en trabajos futuros tipos de comunicación inalámbrica de mayor alcance como la *Wi-Fi*.

REFERENCIAS

- [1] G. V. A. Sánchez y R. P. Rodríguez, “Telecontrol de un robot para tareas de exploración y reconocimiento en superficies terrestres” [Tesis de pregrado], Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Trujillo, Perú, 2011.
- [2] R. A. Garita-Araya, “Tecnología móvil: desarrollo de sistemas y aplicaciones para las Unidades de Información”, *E-Ciencias de la Información*. vol. 3, No. 2, art. 2. Costa Rica, 2013.
- [3] C. Queiruga, C. Banchoff y F. López, “RemoteBot: una aplicación que combina robots y dispositivos móviles”, XV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. Panamá, 2013.
- [4] J. Medina, N. Castro, E. Mejía y R. Villafuerte, “Aplicación móvil para el control de un brazo robot”, *Revista Iberoamericana de producción Académica y Gestión Educativa*. ISSN 2017-8412, No. 4. México, 2016.
- [5] A. R. Córdoba, “Desarrollo de un robot móvil para inspección de tuberías” [Tesis de maestría], Instituto Politécnico Nacional, Cicata, Unidad Querétaro, Programa de Maestría en Tecnología Avanzada. Santiago de Querétaro, México. 2019.
- [6] Electrónicas Caldas, Datasheet módulo bluetooth HC-05. Available: <https://www.electronicoscaldas.com/es/modulos-rf/452-modulo-bluetooth-hc-05.html>
- [7] MIT App Inventor. (2019). Tutoriales para MIT App Inventor. Recuperado de: <https://appinventor.mit.edu/explore/ai2/tutorials>

Capítulo 35. Análisis del gesto técnico en gimnasia empleando técnicas de visión artificial

Analysis of technical management in gym by using artificial vision techniques

Área temática: Control y automatización

Yesid Eugenio Santafé Ramón, Universidad de Pamplona,
Facultad de Ingeniarías y Arquitectura, Ingeniería Eléctrica, Grupo de Investigación en Bioingeniería, GIBUP

Luis Enrique Mendoza, Universidad de Pamplona,
Facultad de Ingeniarías y Arquitectura, Ingeniería Telecomunicaciones, Grupo de Investigación en Bioingeniería,
GIBUP

César Augusto Peña, Universidad de Pamplona,
Facultad de Ingeniarías y Arquitectura, Ingeniería Mecatrónica, Grupo Automatización y Control

Pamplona, Norte de Santander, Colombia

yesid.santafe@unipamplona.edu.co
luis.mendoza@unipamplona.edu.co
ceagpe@unipamplona.edu.co

Palabras clave: visión artificial, gimnasia, técnicas de inteligencia artificial.

extremidades del cuerpo para tener un resultado completo.

I. INTRODUCCIÓN

La medición de variables antropométricas y el análisis biomecánico viene avanzando a un ritmo acelerado debido a sus múltiples aplicaciones como, por ejemplo, rehabilitación y extracción de patrones característicos en el marco de la visión artificial para el análisis del movimiento en diferentes áreas [3] como: fisioterapia, educación física, biomecánica del movimiento, entre otras. En la actualidad se está trabajando en análisis biomecánico del cuerpo humano mediante el procesamiento digital de imágenes [5]. Entre las aplicaciones desarrolladas se destacan, detección automática de actividad en el hogar de personas mayores para su asistencia remota y aportación de la computación cognitiva [6], diseño y análisis de un exoesqueleto de miembro inferior para rehabilitación [7]. Para los juegos olímpicos de 2020 en Tokio, se anuncia un hito sobre el uso de la visión artificial como ayuda a los jueces [8], sensores de imagen Futjitsu para imágenes 3D en gimnasia, cámara 3D para mejorar la puntuación en gimnasia [9]. Estos trabajos enfocan el uso de la visión artificial (VA), con el propósito de hacer seguimiento a diferentes posiciones y puntos ya predeterminados, sin embargo en análisis del gesto técnico de la gimnasia es mucho más robusto por que se analizan las diferentes

Este artículo resume el análisis de mediciones de postura en deportistas de gimnasia olímpica que permiten cuantificar y perfeccionar los elementos durante la ejecución y movimientos del gesto técnico, con base en la visión artificial.

II. METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto se ubica en el municipio de Pamplona, Norte de Santander, en la Universidad de Pamplona, puntualmente en los Grupos de Investigación de Bioingeniería (Gibup) y Automatización y control (A&C), ya que los autores del proyecto pertenecen a los mencionados grupos de investigación y líneas de investigación Procesamiento Avanzado de Señales e Imágenes y Robótica Industrial. [3],[11],[12].

La siguiente descripción, de la Figura 1 sintetiza, de forma general, los procedimientos realizados y toma de decisiones para alcanzar los objetivos planteados en el proyecto, buscando garantizar que haya resultados etapa por etapa.

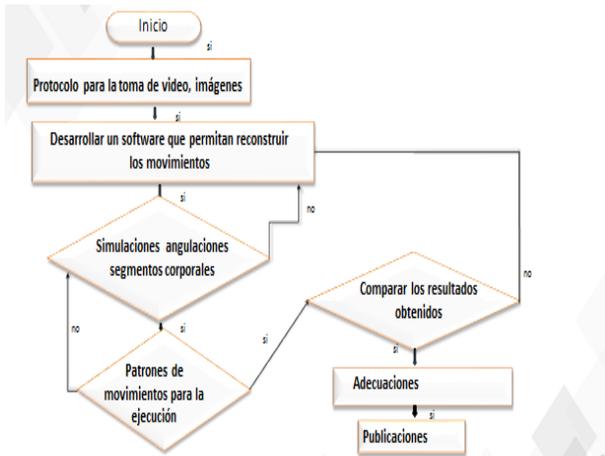


Fig. 1 Metodología empleada. Fuente los autores.

III. RESULTADOS

A continuación, se presentan las técnicas de visión utilizadas.

A. Transformada de Fourier

Se utilizó para extraer patrones, como se aprecia en las figuras 2 y 3, elementos barra fija, barra paralela, anillas y elemento piso, en las figuras 2 y 3, se muestra la transformada imagen inicial izquierda, e imagen original final derecha [10], muestran las frecuencias diagonales altas.

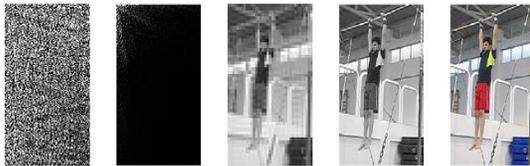


Fig. 2 Ejemplo transformada de Fourier barra fija.

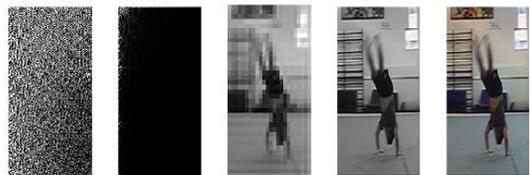


Fig. 3 Ejemplo transformada de Fourier elemento piso.

B. Transformada Wavelet

Es posible analizar en tiempo y frecuencia una señal empleando una técnica llamada Análisis Multiresolución, esta analiza la señal para distintas frecuencias con diferentes resoluciones [2], la principal ventaja de este análisis es la posibilidad de obtener buena resolución en el tiempo, pero pobre resolución en altas frecuencias y, así mismo, buena resolución para las bajas

frecuencias, pero mala resolución para el tiempo. Transformada Wavelet, se utilizó para extraer patrones, como se aprecia en las figuras 4 y 5.



Fig. 4 Ejemplo transformada de Wavelet elemento barra paralela.

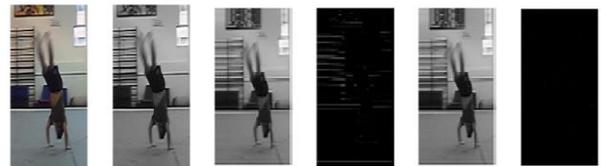


Fig. 5 Ejemplo transformada de Wavelet elemento piso.

Con el propósito de dar cumplimiento al objetivo planteado de obtener patrones característicos se procedió a investigar, poner a prueba o implementar algoritmos como muestran los resultados empleando las técnicas de morfología de imágenes como lo son las componentes RGB ver Figura 7, la dilatación ver Figura 8, erosión detección de bordes Figura 8, binarización, Figura 9 al elemento por ejemplo barra fijas, gesto movimiento girasol (ver Figura 9).



Fig. 7 Imágenes de la componente RGB.



Fig. 8 Bordes, dilatación y erosión de la imagen original.



Fig. 9 Binarización de la imagen original.

Las siguientes imágenes corresponden a resultados del método Otsu [1] con algoritmos thresh y multitresh figuras 10 y 11 para la detección del nivel de gris.

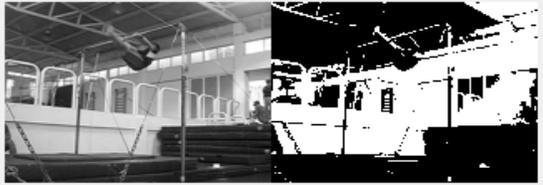


Fig. 10 Detección nivel de gris con método Otsu thresh.

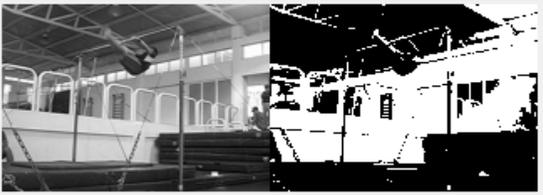


Fig. 11 Detección nivel de gris con método Otsu multitresh.

La siguiente imagen mostrada corresponde al gesto de girasol. La Figura 13a, Figura 13b y Figura 13c, analizan dos frames donde hay un ligero movimiento de las piernas y adicionalmente la cámara se mueve, como se evidencia en la Figura 12c aplicando técnica de similitud de imagen se aprecia el corrimiento de imágenes superponiéndolas.



Fig. 12 Imagen mostrada corresponden al gesto de girasol, Figura 12a, Figura 12b y Figura 12c.

Se analizan frames Figura 13, con movimientos corporales durante el gesto técnico, se deja una imagen de referencia o patrón, seleccionando una región de interés para el análisis implementando una serie de puntos (*points*) en una rejilla (área de interés) y una segunda imagen para analizar o múltiples imágenes o frames, se evidencia los vectores de desplazamiento colores rojos y amarillos en las rejillas o verdes y azules en los vectores de desplazamiento, observando también los desviaciones horizontales, verticales y absolutos en la siguiente Figura 13.

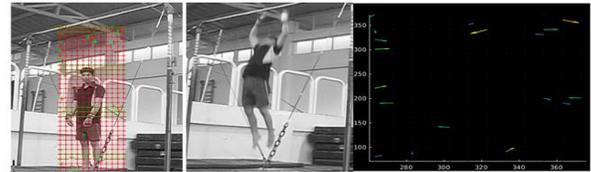


Fig. 13 Detección zona de interés en barra fija método rejilla.

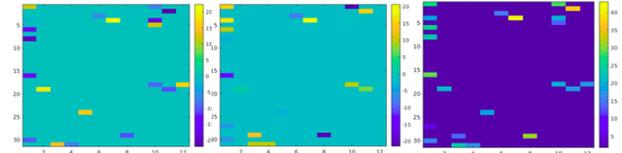


Fig. 14 Desviaciones horizontales, verticales y absolutos.

IV. CONCLUSIONES

Se evidencia la posibilidad de utilizar técnicas de visión artificial en biomecánica y análisis de movimiento en deportistas, no solo de gimnasia sino de otras disciplinas o aplicaciones como la fisioterapia, entre otras.

Se aplicaron técnicas y principios de matemáticas avanzadas, teoría de procesamiento de imágenes y de robótica para encontrar regiones de interés, patrones de movimiento en gimnasia olímpica.

Se ha conseguido elaborar los algoritmos pilotos que permiten capturar los gestos técnicos realizados, almacenarlos y analizarlos; Así como la matemática asociada necesaria para ubicar y representar el deportista por medio de visión artificial.

REFERENCIAS

- [1] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms", in *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 9, No. 1, pp. 62-66, Jan. 1979. DOI: 10.1109/TSMC.1979.4310076. keywords: {Histograms; Marine vehicles; Radar tracking; Least squares approximation; Surveillance; Target tracking; Gaussian distribution; Displays; Q measurement; Sea measurements}, URL <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4310076&isnumber=4310064>.
- [2] Image Coding Using Wavelet Transform M. Antonini, M. Barlaud, Member, IEEE, P. Mathieu and I. Daubechies, Member, IEEE, *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 1, No. 2. April 1992.
- [3] Santafé Y., Mendoza L., Peña C, Análisis biomecánico del gesto técnico en barras paralelas en la gimnasia olímpica, ISSN: 1692-7257, vol. 1. No. 27, 2016. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada* Indexada en Pubindex, Universidad de Pamplona. Año 2016.
- [4] Verrastro, R. & Prieto, M. & Estevenz, A. & Di Matteo, L. & Gómez, J. & Verrastro, C. & Marufo da Silva, M. (2014). Algoritmo de seguimiento de objetos en imágenes mediante reconstrucción iterativa de histograma en tiempo real. 10.13140/2.1.4337.0569.
- [5] Guerrero, P. PFE.UTNFRP *Análisis biomecánico del cuerpo humano mediante el procesamiento digital de imágenes*.

- [6] Á. García Crespo, R. Rodríguez Goncalves, A. Garcés, Á. García Tejedor, *Detección automática de actividad en el hogar de personas mayores para su asistencia remota y aportación de la computación cognitiva*.
<https://cenie.eu/es/blogs/securhome/deteccion-automatica-de-actividad-en-el-hogar-de-personas-mayores-para-su-asistencia>.
- [7] Villena Prado G., Yli-Peltola R., Castro Sanchez M.B. (2019) Design and Analysis of a Lower Limb Exoskeleton for Rehabilitation. In: Kecskemethy A., Geu Flores F., Carrera E., Elias D. (eds.) *Interdisciplinary Applications of Kinematics. Mechanisms and Machine Science*, vol. 71. Springer, Cham, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-16423-2_10.
- [8] Para los juegos olímpicos de 2020 en Tokio, se anuncia un hito sobre el uso de la visión artificial como ayuda a los jueces. Nota de prensa en marca.com. Inteligencia artificial en los juegos olímpicos de Tokio 2020. Written by YoRobot mayo 13, 2018, <https://yorobot.co/inteligencia-artificial-en-los-juegos-olimpicos-de-tokio-2020/> <https://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/gimnasia-las-medallas-del-futuro-las-decidiran-jueces-de-inteligencia-artificial-43324>.
- [9] Lausana, Suiza y Tokio Image Sensors World_ Fujitsu Adopts 3D Imaging for Gymnastics, 3D camera to improve scoring in gymnastics, as shown in the company's. <https://www.fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2018/1120-01.html>.
- [10] J.J Esqueda, “Fundamentos para el procesamiento de imágenes”, <https://books.google.com.co/books?id=h4Gj8GuwPVkC&pg=PA161&dq=procesamiento+digital+de+imagenes+con+matlab+pdf&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi1k4vs-sXiAhUiwkKHUSEBg4Q6AEILzAB#v=onepage&q&f=false>.
- [11] Santafé Y., Mendoza L., VII Congreso Internacional de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Article: Valoración automática análisis biomecánico en gimnasia (anillas) usando visión artificial y procesamiento avanzado de imágenes. Tipo de producto: artículo y ponencia, Pamplona, Colombia, 2016.
- [12] Santafé Y., Mendoza L., Peña C., VIII Seminario Internacional de Ingeniería Biomédica. Article: Biomecánica del movimiento usando visión artificial para el análisis en la ejecución y movimientos del gesto técnico de gimnastas. Tipo de producto: artículo y ponencia poster, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 2016.

Capítulo 36. Combustibles celulolíticos: *Thermoanaerobacterium saccharolyticum*

Biofuels Celulolitics: *Thermoanaerobacterium saccharolyticum*

Área temática: Innovación Industrial

Frank Carlos Vargas Tangua
Fundación Universitaria de San Gil – UNISANGIL
San Gil, Colombia

fvargas@unisangil.edu.co

Palabras clave: biomasa celulósica, celulosa, bioprocesamiento consolidado, complejo CEM, bacterias termo-anaerobias.

carbón peso seco base de madera por año, lo cual equivale a 7×10^9 toneladas métricas de carbón, equivalente a su vez, a las 2/3 partes de los requerimientos mundiales de energía [1].

I. INTRODUCCIÓN

Este artículo es un esfuerzo por informar en un contexto científico los avances obtenidos en la última década sobre el desarrollo de nuevas alternativas en la utilización de sustratos para la producción industrial de etanol. Por esto, se comienza resaltando la eficiencia del proceso fotosintético en la generación natural de biomasa celulósica; en seguida se describen los adelantos en la ingeniería bioquímica y metabólica que permitieron vislumbrar el camino microbiológico, específicamente en el desarrollo y ensayo de nuevas cepas microbianas que fueron dando luces en torno de la metodología de trabajo experimental que finalmente resultó en la generación de *Thermoanaerobacterium saccharolyticum* y que abre las puertas de una nueva era de los biocombustibles, al tiempo que plantea expectativas en campos como la ingeniería genética microbiana y la fisiología vegetal y fitoquímica.

El texto agrega también un elemento de innovación que tiene cabida en el análisis de temas como la seguridad alimentaria.

II. DESARROLLO DE CONTENIDOS

A. Sustratos fotolumínicos

La cantidad de energía solar almacenada en forma de carbono orgánico por el proceso de fotosíntesis, es 10 veces más que la energía utilizada en el mundo. La lignocelulosa es el recurso natural renovable más económico, abundante y disponible para la producción de combustibles. Las plantas terrestres lo producen en una cantidad aproximada de 1.3×10^3 toneladas métricas de

La materia prima celulósica disponible proveniente de las actividades agrícolas y de otras fuentes naturales es del orden de los 180 millones de toneladas por año [2]. De otra parte, grandes cantidades de celulosa están disponibles como residuos municipales o industriales que hoy se constituyen en contaminantes ambientales que generan problemas tan globales como el efecto invernadero.

La celulosa es el componente más abundante de la biomasa de las plantas y de los residuos vegetales de especies agrícolas [3]; se encuentra en la naturaleza casi exclusivamente en las paredes celulares.

En este grupo de materias primas se ubica el bagazo como residuo agroindustrial; la idea de producir etanol a partir de este sustrato data de las décadas de 1940 y 1950, y su producción se ha llevado a escala comercial en algunos países, principalmente del mundo desarrollado [4]. Sin embargo, el impedimento técnico central para que la biomasa celulósica pueda ser utilizada ampliamente había sido, hasta ahora, la inexistencia de una tecnología de bajo costo y altamente efectiva para aprovechar su potencialidad como sustrato para la producción de etanol [5].

Además, se requería de una estrategia promisoriosa que permitiera la transformación de estas moléculas complejas en azúcares fermentables y etanol, sin formación de compuestos químicos peligrosos como residuo, y que utilizara microorganismos celulolíticos o consorcios, altamente eficientes [6].

B. Microorganismos celulolíticos

En respuesta a esta necesidad, para el año 2002 se establecieron los fundamentos biotecnológicos de su uso [7]; los estudios se concentraron en obtener avances en el conocimiento de su estructura, composición, determinación de los sistemas de enzima celulosa, la elucidación de los sistemas enzimáticos complejos y no complejos, su biología molecular y la fisiología de los microorganismos celulolíticos, entre otros.

Se ensayaron diferentes alternativas; una de ellas, usando una bacteria termofílica anaerobia *Clostridium thermohydrosulfuricum*; se estudiaron las bases bioquímicas de su tolerancia a las concentraciones de etanol y de hidrógeno. Esta investigación en particular resultó fundamental, ya que se utilizaba una bacteria termofílica anaerobia para la transformación de sustratos lignocelulósicos; sin embargo, no hubo éxito en la producción de etanol en volúmenes interesantes. Industrialmente no tuvo éxito, debido al efecto de la inhibición de la bacteria por el producto, probablemente por la combinación del efecto solvente que afecta a la membrana y a la inhibición específica de las enzimas que transforman la glucosa fosfato [8].

Durante algunos años, las investigaciones estuvieron centradas en las bacterias aerobias que poseen sistemas enzimáticos no complejos [9, 10] con generación de celobiosa, como el principal producto de hidrólisis de la celulosa; sin embargo, la eficiencia en la conversión de los sustratos a etanol no fue tan alta como se esperaba, en razón de su incapacidad para utilizar los productos de hidrólisis [11].

La biohidrólisis de la celulosa representa el mayor flujo de carbono en la biosfera, y puede ser mediada por el complejo ternario celulosa-enzima-microbio (CEM), más que por un complejo binario celulosa-enzima (CE), que es común en las bacterias aerobias [12].

Para las bacterias celulolíticas anaerobias como *Clostridium thermocellum*, el complejo CEM es el mayor agente de hidrólisis [13]. Además, *C. thermocellum* exhibe la formación de un complejo enzimático especial llamado celulosoma [14], el cual le proporciona la capacidad de asimilar celodextrinas con un significativo grado de polimerización mientras crece sobre la celulosa, generando rendimientos de etanol importantes. En tal sentido, *C. thermocellum* se constituyó en el punto de partida para el desarrollo de microorganismos anaeróbicos capaces de procesar en un solo paso biomasa celulósica a etanol, en ausencia de enzimas sacarolíticas adicionales [15].

C. Etanol oxigenante

Los adelantos científicos alcanzados en más de una década rindieron sus frutos, y la utilización de la celulosa como sustrato empezó a perfilarse seriamente como una alternativa viable técnicamente y que podría ofrecer grandes beneficios en términos de sostenibilidad, seguridad y desarrollo económico y rural [16].

Para la industria de los biocombustibles, el etanol es un alcohol carburante que debe ser utilizado como oxigenante de la gasolina, elevando su contenido de oxígeno, lo que permite una mayor combustión de la misma disminuyendo las emisiones contaminantes de hidrocarburos no oxidados completamente [17]. El microorganismo más utilizado para la producción de etanol ha sido la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, sobre la cual se trabaja genéticamente; convierte las hexosas en etanol en condiciones anaeróbicas, generando dos moles de ATP por cada mol de hexosa consumida, más dos moles de etanol [18].

Este microorganismo también tiene la ventaja adicional de tolerar concentraciones relativamente altas de etanol hasta de 150 g. L⁻¹ [19]. Sin embargo, su rendimiento en la transformación de celulosa en etanol experimentaba dificultades técnicas por inhibición y altos costos en los sistemas de enfriamiento, ya que sus enzimas sufren cambios estructurales por encima de los 37°C.

D. Perturbando el equilibrio

Como si se tratase de generar el máximo nivel de entropía posible, ya el 22 de julio de 2008, los científicos del Thayer School of Engineering and Department of Biological Sciences, Dartmouth College, publicaron en la revista *PNAS* de los Estados Unidos los resultados de su investigación sobre la bacteria denominada *Thermoanaerobacterium saccharolyticum* ALK2. Esta bacteria es un producto de la ingeniería metabólica y una oportunidad para el desarrollo de los biocombustibles, al tiempo que constituye una verdadera posibilidad de darle utilidad a los residuos celulolíticos, incrementando la eficiencia en la producción de etanol por hectárea de cultivos energéticos cultivados y procesados [19].

Thermoanaerobacterium saccharolyticum ALK2 es una bacteria anaerobia que fermenta xilano y los azúcares derivados de la biomasa celulósica y produce etanol con alta eficiencia, como único producto orgánico detectable. Utiliza glucosa y xilosa y el empleo de manosa y arabinosa comienza antes de que se agoten la glucosa y la xilosa, igual sucede para la galactosa [18].

Trabaja a 50°C haciendo a su complejo enzimático altamente eficiente; no es inhibida por productos intermediarios del metabolismo porque simplemente no los produce, ya que los genes que codifican las enzimas para las vías metabólicas que los generan fueron eliminados por ingeniería genética y en la hidrólisis y fermentación simultánea en cultivos continuos disminuye 2,5 veces la carga de celulosa necesaria, disminuyendo ostensiblemente los costos de producción de etanol. Además, su eficiencia es estable por más de 150 generaciones en cultivo continuo.

Los rendimientos de la formación de etanol por *Thermoanaerobacterium saccharolyticum*, son del orden de 33,1 g/L de etanol, frente a 8,7 g/L de *Saccharomyces cerevisiae* [18] en un solo paso, reduciendo los tiempos de generación y los efectos ambientales negativos. Eventualmente, cualquier substrato que contenga celulosa es útil como fuente de azúcares reductores para producir etanol.

III. CONCLUSIONES

Con estas condiciones, ya se habla de un cambio en los Estados Unidos de substratos hasta ahora utilizados para la producción de alcohol carburante como el maíz por biomasa celulósica y, de alguna manera, se constituye en un alivio a la presión sobre los cultivos de uso alimentario humano.

El incremento de la eficiencia de esta cepa de *Thermoanaerobacterium saccharolyticum*, en la producción de etanol, se considera un reto que posiblemente se logre por bioingeniería metabólica. Habrá que vencer la barrera de los pretratamientos para incrementar la eficiencia en la oxidación de la celulosa a azúcares fermentables, para lo cual el descubrimiento de nuevos microorganismos quizá sea la clave; además de que se inicia un tiempo en el que la búsqueda de especies vegetales no útiles en la alimentación humana y con altos contenidos de material celulósico, reemplacen o constituyan la base de la producción de etanol celulósico. Casi de inmediato veremos el inicio de la construcción de plantas de etanol celulósico que reemplace a las actuales.

REFERENCIAS

- [1] A. L. Demain, M. Newcomb y J. H. D. Wu., *Cellulas, Clostridia and Ethanol*. Microbiology and Molecular Biology Reviews, vol. 69(1), p. 124-154, marzo, 2015.
- [2] L. R. Lynd, H. Jin, J. G. Michels, C. E. Wyman y B. Dale. *Posting date. Bioenergy: background, potential, and policy* (en línea). Disponible en: http://agriculture.senate.gov/Hearings/hearings.cfm?hearingid_1161&witnessId_3320.
- [3] M. T. Hernández, *Tendencias actuales en la producción de Bioetanol* (en línea). Disponible en: http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_08_ING01.pdf
- [4] H. Bernard, *Energy for renewable resources*. En M. T. Hernández. Disponible en: http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_08_ING01.pdf
- [5] L. R. Lynd, R. T. Elander y C. E. Wyman, Likely features and costs of mature biomass ethanol technology. *Applied Biochemistry Biotechnology*, vol. 57-58 (1), p. 741-761, marzo, 1996.
- [6] Lynd y Wyman. En M. T. Hernández, *Tendencias actuales en la producción de Bioetanol*. Disponible en: http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_08_ING01.pdf
- [7] L. R. Lynd, W. H. van Zyl, J. E. McBride, M. Laser, Consolidated bioprocessing of cellulosic biomass: An update. *Curr Opin Biotechnol*, vol. 16, p. 577-583, octubre, 2015.
- [8] R. W. Lovitt, V. G. Shen y J. G. Zeikus, Ethanol Production by Thermophilic Bacteria: Biochemical Basis for Ethanol and Hydrogen Tolerance in Clostridium thermohydrosulfuricum. *Journal of Bacteriology*, vol. 170(6), p. 2809-2815, junio, 1988.
- [9] C. Divne, J. Stahlberg, T. Reinikainen, L. Ruohonen, G. Pettersson, J. K. Knowles, T. Teeri y T. A. Jones, Three-dimensional structures of three engineered cellulose-binding domains of cellobiohydrolase I from *Trichoderma reesei*. *Protein Science*, vol. 6(2), p. 294-303, febrero, 1997.
- [10] H. P. Zhang y L. R. Lynd. Toward an aggregated understanding of enzymatic hydrolysis of cellulose: non-complexed cellulase systems. *Biotechnology and Bioengineering*, vol. 88, p. 797-824, octubre, 2014.
- [11] L. R. Lynd, P. J. Weimer, W. H. van Zyl y I. S. Pretorius. Microbial cellulose utilization: fundamentals and biotechnology. *Microbiology and Molecular Biology Review*, vol. 66(3), p. 506-577, septiembre, 2012.
- [12] R. A. Berner. The long-term carbon cycle, fossil fuels and atmospheric composition. *Nature*, vol. 426, p. 323-326, noviembre, 2013.
- [13] L. R. Lynd, P. J. Weimer, W. H. van Zyl y I. S. Pretorius, Microbial cellulose utilization: fundamentals and biotechnology. *Microbiology and Molecular Biology Review*, vol. 66(3), p. 506-577, septiembre, 2012.
- [14] F. Mayer, M. P. Coughlan, Y. Mori y L. G. Ljungdahl, Macromolecular organization of the cellulolytic enzyme complex of *Clostridium thermocellum* as revealed by electron microscopy. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 53, p. 2785-2792, diciembre, 1987.
- [15] A. L. Demain, M. Newcomb y J. H. D. Wu, Cellulas, Clostridia and Ethanol. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, vol. 69(1), pp. 124-154, marzo, 2015.
- [16] Y. Lu, Yi-Heng Percival Zhang and Lee R. Lynd, Enzyme-microbe synergy during cellulose hydrolysis by *Clostridium thermocellum*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 103(44), pp. 16165-16169, octubre, 2016.
- [17] F. Nadim, P. Zack, G., Hoag y S. Liu, United States experience with gasoline additives. En O. J. Sánchez y C. A. Cardona. Producción biotecnológica de alcohol carburante: obtención a partir de diferentes materias primas. *Interciencia*, vol. 30 (11), pp. 671-678, noviembre, 2015.
- [18] A. J. Shaw, K. K. Podkaminer, S. G. Desai, J. S. Bardsley, S. R. Rogers, P. G. Thorne, D. A. Hogsett y L. R. Lynd, Metabolic engineering of a thermophilic bacterium to produce ethanol at high yield. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 105(37), pp. 13769-13774, septiembre, 2018.
- [19] P. A. M. Claassen, J. B. van Lier, A. M. López, E. W. J. van Niel, L. Sijtsma, A. J. M. Stams, S. S. de Vries, R. A. Weusthuis et al. Utilisation of biomass for the supply of energy carriers. En O. J. Sánchez y C. A. Cardona. Producción biotecnológica de alcohol carburante: obtención a partir de diferentes materias primas. *Interciencia*, vol. 30 (11), pp. 671-678, noviembre, 2015.