

PUNTO DE INFLEXIÓN

REVISTA DE INNOVACIÓN

ISSN DIGITAL: 3028-6425



Memorias - CICI 2024

V Congreso Internacional de
Ciencias Básicas e Ingeniería





Facultad de Ciencias
Básicas e Ingeniería

V Congreso Internacional de Ciencias Básicas e Ingeniería - CICI 2024

Comité Organizador:

Presidente: Elvis Miguel Perez Rodriguez - Decano FCBI
Vicepresidente: Santiago Sandoval Gutierrez - Dir. Centro de Investigación FCBI
Wilson Monroy Moyano - Dir. Centro de Proyección Social FCBI
Olga Lucero Vega Marquez - Dir. Escuela de Ingeniería FCBI
Beatriz Rojas García - Dir. Departamento de Matemáticas y Física FCBI
Jorge Jimenez Montoya - Dir. Departamento de Biología y Química
Karol Baquero Borda - Dir. Programa de Ingeniería Ambiental
Luis Antonio Gonzalez Montaña - Dir del Museo de Historia Natural Unillanos
Miguel Navarro Ramirez - Profesor Departamento de Biología y Química
Luis Machado Domínguez - Profesor Departamento Matemáticas y Física
Sara Cristina Guerrero - Profesor Departamento Matemáticas y Física
Cesar Díaz Celis - Profesor Escuela de Ingeniería

Comité Científico:

Daniel Aguilera Bulla - Cergy París University
Carlos Alberto Niño Sandoval - University of Birmingham
Jorge Luis Pimentel Jr - Universidade Federal do Rio Grande do Sur
Adelhakim Elmouhawidi - Universidad de Granada - España
Paola Andrea Gómez Barreto - Schneider Electric and Capgemini Francia
Carmen Elena Barragán - Universidade Federal do Goiás
Rafael Gonzalez Martinez - Universidad del Norte Colombia
Jaime Alberto Chavarriaga - Itempo SAS
Ramiro Miguel Acevedo - Universidad el Cauca
Oscar Orlando Melo - Universidad Nacional de Colombia

Patrocinadores:

Universidad de los Llanos
Dirección General de Investigaciones - Unillanos
Dirección General de Proyección Social - Unillanos
OIRI - Unillanos
Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería - Unillanos
Cormacarena
Enciso Systems
Dotaequip LTDA
Sasoftco
Nuevos Recursos
Orinoquía Experiences

EDITORIAL

4

A través de la presentación de este libro de memorias, culminamos con éxito el V Congreso Internacional de Ciencias Básicas e Ingeniería (CICI-2024). Este volumen constituye la segunda edición dedicada a este mismo evento y, al igual que la primera, se realiza con el apoyo de la revista Punto de Inflexión (ISSN 3028-6425) de la Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería (FCBI) de la Universidad de los Llanos. Subrayamos así la continuidad y madurez del proyecto editorial que acompaña al CICI, consolidando un espacio permanente para visibilizar y preservar sus aportes.

La segunda edición de estas memorias recoge la postulación de más de 150 trabajos y la participación de reconocidas y reconocidos invitados internacionales en las áreas de INGENIERÍAS (Electrónica, Sistemas, Ambiental, Procesos y afines), CIENCIAS BÁSICAS (Biología, Matemáticas, Química, Física y Estadística) y GESTIÓN AMBIENTAL Y ENERGÍA. Este alcance reafirma la fortaleza del CICI y el compromiso de su comunidad académica con la investigación rigurosa, la innovación responsable y la transferencia de conocimiento al territorio.

Los conferencistas magistrales y talleristas compartieron avances de frontera en sus campos. En Física, el Dr. Jorge Luiz Pimentel, con la conferencia “Introducción a la espectroscopía Raman y sus aplicaciones”, presentó implementaciones en temas como superconductividad, magnetismo y nanomateriales. A

su vez, el Dr. Rafael González, en “Danza cuántica: electrones rebeldes y los materiales del futuro”, articuló la teoría de la materia condensada con herramientas computacionales de última generación.

En Biología y Ecología, el Dr. Burt Philip Kotler dirigió el taller “A workshop on ecological and evolutionary models” y la conferencia “Disease ecology with the mycoplasma and the cancer mice”, aportando una mirada integradora entre modelos teóricos y problemas aplicados. Por su parte, la Dra. Carmen Elena Barragán, con el taller “Prospección de marcadores para Biología Molecular” y la charla “Genómica de la Conservación: Estrategias para análisis de la Biodiversidad”, expuso avances y proyecciones relevantes para la conservación y el análisis de la diversidad biológica.

En el ámbito de Ingeniería, Software y Transformación Digital, la Dra. Paola Andrea Gómez conectó su experiencia en arquitectura empresarial, procesos de negocio, desarrollo de software y consultoría, a través de los talleres “CV skill-based for effective enrollment” y “Ensuring software modeling for success”, junto con la conferencia “Big enterprises, Little steps, Great results”. De manera complementaria, el Dr. Jaime Chavarriaga, con la conferencia “Soportando múltiples opciones de despliegue Azure en GitHub Actions”, compartió buenas prácticas en desarrollo basado en modelos y plataformas de computación en la nube.

Contenido

Contenido

Derivada funcional de t_c con respecto a $\alpha^2 F(\omega)$: un análisis hacia la temperatura crítica superconductora	11
Una nueva familia de polinomios de jacobi: propiedades y aplicaciones	17
Rendimiento locomotor en especies Cripticas del grupo <i>anolis fuscoauratus</i> en colombia	21
Diseño por cribado virtual usando cálculos computacionales y docking molecular de potenciales agentes antirretrovirales derivados de trans-(r,r)diaminociclohexano del tipo (3ar,7ar)-1,3dibenciloctahidro-2h-bencimidazol-2-tiona: síntesis del potencial candidato	26
6 La aproximación de sistema cuántico de dos niveles sobre la generación de segundo armónico en nanoestructuras	38
Estados hidrogenoides de una impureza inmersa en un punto cuántico	43
Estudio de estrategias de química verde para la síntesis de 3-aminoxindoles con potencial farmacológico	46
Análisis preliminar de la diversidad de mamíferos de un área rural del piedemonte llanero colombiano	53
Estrategia Computacional una apuesta para reducir las tasas de deserción Universitaria en FCBI Unillanos.	58

Desafíos de la extracción e identificación de microplásticos en suelos agrícolas: Fase 1	63
Recursos multimediales inclusivos para apoyar a los estudiantes de primer ingreso a la Universidad	72
Metodología de química verde para la obtención de iminas y alcoholes	77
Estados de desarrollo biológico a partir de la coloración de la tortuga sabanera (<i>Podocnemis vogli</i> muller, 1935)	83
Estructura genético-mitocondrial de <i>Podocnemis vogli</i> una herramienta para el manejo de animales en cautiverio y de tráfico ilegal para la conservación de la especie.	91
$\text{Er}^{3+}:\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}/\text{Pt}/\text{ZnO}$ para la producción fotocatalítica de hidrógeno	98
Análisis numérico para ecuaciones degeneradas mixtas lineales de tipo 0.g	104
Un método a posteriori por medio de elementos finitos para un potencial tridimensional	109
Las especies de <i>Lentinus</i> (Basidiomycota, Polyporales) y <i>Pleurotus</i> (Basidiomycota, Agaricales) en la biotecnología colombiana	114
Dinámica temporal de una comunidad de mamíferos neotropicales en un ambiente rural y estacional	119
Magnetic Moment Behavior in Garnet-Type Ferrimagnetic Materials $\text{Gd}_{1-x}\text{Ho}_x\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ Doped with Ho and Gd	124
Evaluación multitemporal de las coberturas del municipio de aipe en los últimos 30 años	128

Fungal biotechnology: sustainable transformation of crude oil using hydrocarbonoclastic fungi and reducing toxic agents.	134
Aprovechamiento De Cenizas De Calderas Alimentadas Por Biomasa: Una Revisión	139
Propuesta de Implementación de Planta Piloto de Pirólisis para Generar Combustibles	145
Eficiencia Energética en Barcelona	152
Experiencia de aula para la gestión del recurso hídrico: Caso Rio Ocoa (Villavicencio, Colombia)	158
Bussines Process Traceability in Software - BiPTrac	160
Automatización de Web Scraping para Optimizar la Gestión de Datos en Telefónica Colombia	167
Job Performance Prediction Supported by Fuzzy Logic Techniques	173
FPSOC-Based Hardware Acceleration for Artificial Potential Field Algorithm	178
Prototipo didáctico de helicóptero para la enseñanza de conceptos de control.	184
Uso de la tecnología .Net Core en Instituciones de Educación Superior en Colombia	189
Optimización del pronóstico de ventas: Estudio comparativo de técnicas de análisis predictivo de datos temporales	207
Sistema de monitoreo energético para edificaciones inteligentes utilizando ESP32 y ThingSpeak	215
Conductive inks based on Graphene Oxide Fibers	

synthesized from rice husk	221
Sistema SCADA para Medición y Control de Energía en Microgrids	229
Automatización de un Biorreactor Utilizando PLC	235
Evaluación de eficiencia de optimizadores SGDM y ADAM en Matlab® para la clasificación de defectos en carreteras	241
Determinación de Fósforo, Potasio y Aluminio en suelos agrícolas mediante aprendizaje profundo	247
Reconocimiento biométrico con el uso del mapa venoso de la mano en humanos mediante análisis espectral en raspberry PI	253
Diseño de una Estación Meteorológica Inteligente para predicción del clima usando Machine Learning	258
Sistema de tratamiento de agua para zonas rurales de Colombia.	264
TIA Portal y Factory I/O: Un Enfoque Didáctico para la Programación y Diseño de Sistemas Automáticos	269
Implementación de Sensores RGB y de Impedancia para la Caracterización de Ensayos MTT	275
Análisis espectral del biopolímero quitosano para elaboración de parches nanofibrados con técnicas biomédicas	282
Optimización de la Experiencia de Usuario mediante Pruebas Manuales de Accesibilidad Web realizadas por Usuarios Invidentes en Sitio de Divulgación Científica	289
Fomento de las vocaciones científicas y tecnológicas en	

NNA con electrónica recreativa	294
Estimación de las emisiones de gases efecto invernadero en el relleno sanitario los corazones de valledupar, Cesar	301
Análisis de contenido visual y textual de reportes y láminas de histopatología con aprendizaje de máquina y modelos de lenguaje	307
Validación de escalas de medición en capacidades de innovación	313
Análisis automático de texto con Procesamiento de Lenguaje Natural para identificar factores clave en la transformación digital educativa	320
Diseño de una aplicación informática móvil como apoyo para el registro y capacitación en la evaluación de calidad de carne de pescado fresco y refrigerado dirigido a pequeños productores piscícolas del departamento del meta	327
Job Performance Prediction Supported by Fuzzy Logic Techniques	337

Derivada funcional de T_c con respecto a $\alpha^2F(\omega)$: un análisis hacia la temperatura crítica superconductora

J. A. Camargo-Martínez¹

Universidad Internacional del Trópico Americano – Unitrópico. Grupo de Investigación en Ciencias Básicas Aplicación e Innovación, Yopal, Casanare, Colombia jcamargo@unitropico.edu.co.

Resumen. La derivada funcional de la temperatura crítica superconductora T_c con respecto a la función de acoplamiento electrón-fonón $\alpha^2F(\omega)$, $\delta T_c / \delta \alpha^2F(\omega)$, permite identificar las regiones de frecuencia donde los fonones son más efectivos para aumentar la T_c . En este trabajo se presenta el análisis de los efectos de temperatura en el cálculo de la $\delta T_c / \delta \alpha^2F(\omega)$ y el parámetro μ^* . Los resultados obtenidos permiten establecer que la variación de la temperatura en la $\delta T_c / \delta \alpha^2F(\omega)$ y el parámetro μ^* revelan patrones y condiciones que posiblemente están relacionadas con las condiciones físicas del estado superconductor, con implicaciones en la estimación teórica de la T_c .

Palabras clave: Superconductividad, Teoría de Eliashberg, Derivada funcional de T_c .

1 Introducción

La función espectral de Eliashberg o función de acoplamiento electrón-fonón $\alpha^2F(\omega)$ es una herramienta que permite el estudio de los superconductores convencionales a través de la evaluación conjunta de la interacción electrón-fonón, la estructura de bandas electrónicas y fonónicas, y la repulsión coulombiana electrónica. Esta puede obtenerse tanto teórica como experimentalmente. La linealización de las ecuaciones de Eliashberg permite determinar a la derivada funcional de la temperatura crítica superconductora T_c con respecto a la función $\alpha^2F(\omega)$, $\delta T_c / \delta \alpha^2F(\omega)$, a partir de la cual es posible establecer la frecuencia fonónica que conduce a la mayor T_c posible en un superconductor [1,2], y describir el cambio en la T_c dado un pequeño cambio en la función $\alpha^2F(\omega)$ generado por la variación de condiciones físicas como la presión, dopaje, etc. [3]. Un estudio previo se mostró que existe una correlación entre las frecuencias de los máximos de las funciones $\delta T_c / \delta \alpha^2F(\omega)$ y $\alpha^2F(\omega)$, en donde la convergencia de dichas frecuencias cumple la relación $\omega_{opt} = 7k_B T_c^{Max}$ [4]. El cálculo de la $\delta T_c / \delta \alpha^2F(\omega)$ requiere del valor experimental de T_c (o de prueba) para la determinación previa del parámetro μ^* , el cual físicamente da cuenta de la repulsión coulombiana electrónica.

A la fecha, la interpretación física y la aplicación de la $\delta T_c / \delta \alpha^2F(\omega)$ no han logrado consolidarse. En 2015 se usó la $\delta T_c / \delta \alpha^2F(\omega)$ para demostrar que la función espectral $\alpha^2F(\omega)$ del superconductor H_3S a 200 GPa está altamente optimizada para T_c [5]. En otros estudios usaron la $\delta T_c / \delta \alpha^2F(\omega)$ para determinar la tendencia de la T_c en función de la presión en el Nb-bcc (Niobio cúbico) [6] y el H_3S [7] tomando como punto de partida la T_c experimental reportada. En otros trabajos la $\delta T_c / \delta \alpha^2F(\omega)$ fue determinada para identificar las posibles regiones de frecuencia donde los fonones serían los más efectivos para aumentar la T_c [8]. Todos estos resultados son de carácter descriptivo y no predictivo. Desde un punto de vista netamente computacional, el valor de la temperatura puede tener implicaciones importantes en el cálculo, resultado e interpretación de la derivada funcional $\delta T_c / \delta \alpha^2F(\omega)$. Por esta razón en este manuscrito se presenta el análisis de los efectos de la variación de la temperatura, alrededor de valor experimental de T_c , en el cálculo de la $\delta T_c / \delta \alpha^2F(\omega)$, en el superconductor H_3S , del cual se reportó un T_c de 203 K a 155 GPa [9].

2 Materiales y Métodos

Este estudio se desarrolló con base en las funciones espectrales de Eliashberg $\alpha^2F(\omega)$ del H_3S obtenidas en un trabajo previo [7], cuyos cálculos se realizaron en el rango de presiones (155 – 225 GPa) en donde las T_c experimentales fueron reportadas [9]. Para más detalles de la formulación matemática aplicada en este estudio se sugiere ver la referencia [4]. Para evaluar los efectos del parámetro T_c sobre los cálculos de la $\delta T_c / \delta \alpha^2 F(\omega)$ se desarrollaron variaciones de 10 K en la temperatura alrededor del valor experimental, para cada una de las presiones 155 GPa, 175 GPa, 195 GPa y 215 GPa.

3 Resultados y Discusión

En la Fig.2 se presentan las $\delta T_c / \delta \alpha^2 F(\omega)$ en función de la frecuencia ω calculadas para H_3S a diferentes presiones y temperaturas. Se observa en la Fig.2 que para todos los casos evaluados la frecuencia ω del valor máximo de la $\delta T_c / \delta \alpha^2 F(\omega)$, δ_{MAX} , se mueve hacia mayores frecuencias a medida que aumenta el valor de la temperatura, en coherencia con la proporcionalidad propuesta entre la frecuencia óptima vibracional del sistema ω_{opt} y T_c , establecida en la relación $\omega_{opt} \sim 7k_B T_c$ [10]. El máximo de $\delta T_c / \delta \alpha^2 F(\omega)$ permite identificar las regiones de frecuencia (ω_{opt}) donde los fonones son más efectivos para aumentar la T_c [2], por esto es tan importante evaluar su comportamiento. Para cada presión, las $\delta T_c / \delta \alpha^2 F(\omega)$ se interceptan alrededor de un pequeño rango de frecuencias característico (casi puntual), por debajo del cual se observa el aumento de la separación entre las $\delta T_c / \delta \alpha^2 F(\omega)$, para el mismo rango de variación de la temperatura ($\Delta T = 40$ K), a medida que aumenta la presión (ver Fig.2). La condición de menor variación de la $\delta T_c / \delta \alpha^2 F(\omega)$ por efectos de la temperatura, por debajo del punto de intersección, se observa para el sistema bajo la menor compresión (155 GPa) y viceversa. Este comportamiento es opuesto si se comparan las $\delta T_c / \delta \alpha^2 F(\omega)$ a frecuencias mayores del punto de intersección. En ambos casos, el efecto de la temperatura sobre el cálculo de la $\delta T_c / \delta \alpha^2 F(\omega)$ podría establecer patrones (punto de intersección, variación o separación entre las $\delta T_c / \delta \alpha^2 F(\omega)$ y sus máximos) que conducirían a la determinación de óptimas condiciones físicas del estado superconductor y la posible estimación de la T_c .

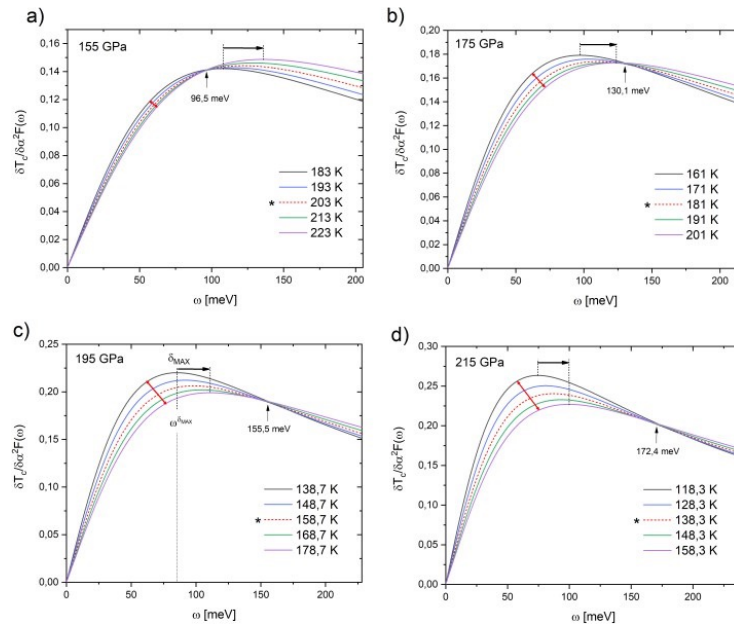


Fig. 2. $\delta T_c/\delta \alpha^2 F(\omega)$ en función de la frecuencia ω para H_2S calculadas a diferentes temperaturas a presiones a) 155 GPa, b) 175 GPa c) 195 GPa y d) 215 GPa. La estrella en cada caso indica el valor de T_c experimental sobre el cual se realizaron las variaciones de temperatura. La flecha horizontal indica el desplazamiento de la frecuencia del valor máximo de la $\delta T_c/\delta \alpha^2 F(\omega)$, $\omega^{\delta MAX}$. La flecha vertical indica la frecuencia media de intersección de las $\delta T_c/\delta \alpha^2 F(\omega)$. La flecha roja indica el aumento de separación entre las $\delta T_c/\delta \alpha^2 F(\omega)$ [2].

Ahora, las intensidades (valor en el eje vertical) de los máximos de las $\delta T_c/\delta \alpha^2 F(\omega)$ muestran dos comportamientos diferentes (ver Fig.2). A 155 GPa dichas intensidades incrementan levemente su valor a medida que aumenta la temperatura, esto como consecuencia de la poca separación que se induce en las $\delta T_c/\delta \alpha^2 F(\omega)$. Sin embargo, para las demás presiones (175, 195 y 215 GPa) el comportamiento de las intensidades de $\delta T_c/\delta \alpha^2 F(\omega)$ es opuesto al caso 155 GPa, iniciando desde una mayor intensidad, y disminuyendo con el aumento de la temperatura, siendo más evidente con el aumento de la presión. Es importante notar que parece no existir una relación entre la variación de la frecuencia del máximo de la $\delta T_c/\delta \alpha^2 F(\omega)$, $\omega^{\delta MAX}$, y la intensidad del máximo de las $\delta T_c/\delta \alpha^2 F(\omega)$. Estos patrones parecen señalar al sistema bajo la presión de 155 GPa como la condición distintiva o particular del H_2S , lo cual coincide con que a esta presión el H_2S logra la mayor T_c experimental.

En la Fig.3a se observa la linealidad de la frecuencia del máximo de la $\delta T_c/\delta \alpha^2 F(\omega)$ ($\omega^{\delta MAX}$) como función de la temperatura, para todas las presiones. Dichas rectas son colineales con una pendiente media $\bar{m} = +0,64$ meV/K. Esto significa que la $\omega^{\delta MAX}$ se mueve de forma uniforme hacia mayores frecuencias a medida que aumenta la temperatura. Por otro lado, $\omega^{\delta MAX}$ casi no se ve afectada

por la presión, dado que un cambio considerable de $\Delta P = 40$ GPa induce un pequeño $\Delta\omega^{\delta\text{MAX}} = 2,5$ meV. Sin embargo, cada presión tiene un límite de $\omega^{\delta\text{MAX}}$, cuyo valor máximo se alcanza a 155 GPa, lo que lleva a una mayor T_c .

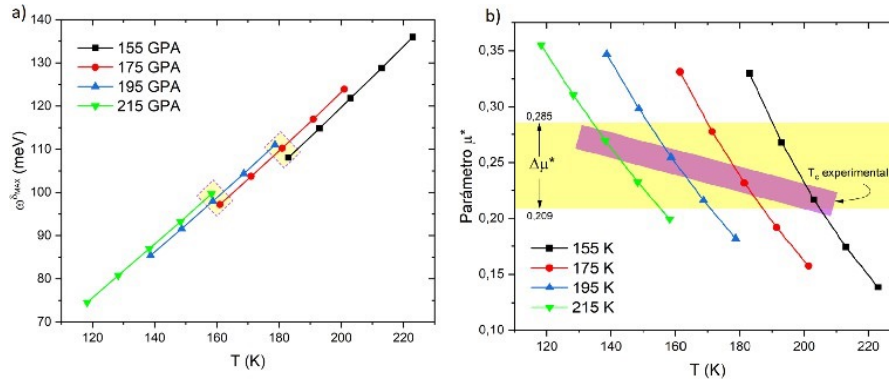


Fig. 3. a) Frecuencia del máximo de la $\delta T_c / \delta \alpha^2 F(\omega)$, $\omega^{\delta\text{MAX}}$, en función temperatura, a diferentes presiones. Los recuadros punteados (amarillos) muestran el leve cambio en $\omega^{\delta\text{MAX}}$ inducido por la presión. b) Parámetro μ^* en función de la temperatura para H_3S a diferentes a presiones. La franja horizontal (amarilla) señala el $\Delta\mu^*$ dentro del cual se establecen los μ^* ajustados a las T_c experimentales, indicados por la franja diagonal (violeta) [2].

En el cálculo de las $\delta T_c / \delta \alpha^2 F(\omega)$, la variación de la temperatura implica la determinación del parámetro μ^* de la Ec.3. En la Fig.3b se presentan la comparación entre los parámetros μ^* ajustado a las diferentes temperaturas para cada una de las presiones. Se observa en la Fig.3b que el parámetro μ^* muestra una correlación casi-lineal con la temperatura y colinealidad entre presiones, con pendiente media $\overline{m} = -4.3 \times 10^{-3}$. Los resultados muestran que un $\Delta T_c = 40$ K induce un $\overline{\Delta\mu^*} = 0.25$. Sin embargo, los valores de μ^* ajustados a las T_c experimentales en el rango de presiones de 155 a 215 GPa se encuentran el intervalo $\Delta\mu^*$ de 0,209-0,285, lo cual implica un $\overline{\Delta T_c} = 18.1$ K, un intervalo pequeño con respecto a los 203 K de la T_c experimental máxima del H_3S . Este resultado es interesante porque permitiría establecer un criterio inicial de estimación teórica de la T_c alrededor de un rango pequeño de temperaturas, según el $\Delta\mu^*$. Es entonces necesario determinar, con este procedimiento, el $\Delta\mu^*$ en otros sistemas para evaluar si este presenta un rango universal o si varía significativamente de un sistema a otro. En el cálculo de las $\delta T_c / \delta \alpha^2 F(\omega)$ se encontró que para temperaturas alejadas - 60 K y +30 K con respecto a la T_c experimental se generan μ^* con valores de 0,8 y 0,09 los cuales están fuera de los valores típicamente usados o calculados (entre 0,3 y 0,1), y sus $\delta T_c / \delta \alpha^2 F(\omega)$ presentaron dificultades computacionales en su cálculo, con comportamientos distintos en su forma a los observados en las $\delta T_c / \delta \alpha^2 F(\omega)$ calculadas a temperaturas cercanas a la T_c experimental.

4 Conclusiones

En este trabajo se presenta el análisis teórico preliminar de los efectos de la variación de la temperatura, alrededor de la temperatura crítica superconductor T_c experimental, en el cálculo de la derivada funcional $\delta T_c / \delta \alpha^2 F(\omega)$ para el superconductor H_3S , en el rango de presiones de 155 a 215 GPa. Estos cálculos incluyeron la determinación de los parámetros μ^* a través del ajuste de T_c en las ecuaciones linealizadas de Eliashberg. Las $\delta T_c / \delta \alpha^2 F(\omega)$ calculadas revelaron patrones de desplazamiento, intersección y separación inducidos por la temperatura y la presión que podrían estar asociados con las condiciones físicas en el estado superconductor y la estimación de la T_c . Los valores de μ^* obtenidos permitieron determinar un rango de valores que conducen a temperaturas que podrían establecer un criterio inicial para la posible estimación teórica de la T_c . Este procedimiento debe ser evaluado y confirmado en otros sistemas similares para establecer la posible generalización de los resultados aquí presentados.

References

1. Baquero R., Gutiérrez-Ibarra J., Meza L., Navarro O. y Kihlstrom K. E. Rev. Mex. Fis., 35, 461 (1989).
2. Camargo-Martínez J., Mesa F., González-Pedrerros G. PLoS ONE 18(6): e0286855 (2023).
3. Mitrovic B. y Carbotte J. P. Solid State Commun. 40, 249 (1981).
4. Camargo-Martínez J. A., González-Pedrerros G. I. y Mesa F. J. Phys.: Condens. Matter, 32, 505901 (2020).
5. Nicol E. J. and Carbotte J. P. Phys. Rev. B, 91, 220507 (2015).
6. González-Pedrerros G.I., y Baquero R. Physica C: Superconductivity and its applications 548, 132 (2018).
7. Camargo-Martínez J.A., González-Pedrerros G.I. y R Baquero. Superconductor Science and Technology 32 (12), 125013 (2019).
8. Yao Y., Tse J. S., Tanaka K., Marsiglio F. y Ma Y. Phys. Rev. B 79, 054524 (2009).
9. Drozdov A. P., Erements M. I., I. A. Troyan I. A., Ksenofontov V. y Shylin S. I. Nature 525, 73 (2015).
10. Bergmann G. y Rainer D. Z. Phys. 263, 59 (1973).

Una nueva familia de polinomios de jacobi: propiedades y aplicaciones

Edinson Fuentes¹ y Fabian Velásquez Clavijo²

¹ Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Villavicencio, edfuentes@unillanos.edu.co

² Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Villavicencio, fvelasquez@unillanos.edu.co

Resumen: En esta charla se presentan algunas propiedades algebraicas y analíticas de los polinomios de Jacobi definidos en el contexto del cálculo multiplicativo, en lugar del cálculo clásico. Además, se exploran características adicionales que pueden ser útiles para la aproximación de funciones reales positivas mediante series multiplicativas de Fourier- Jacobi, mostrando las diferencias y ventajas de cuando se utilizan series clásicas de Fourier. Algunos ejemplos numéricos son presentados.

17

Palabras claves: Polinomios de Jacobi, cálculo no Newtoniano.

1. Motivación general de la charla

El cálculo diferencial e integral, una de las teorías matemáticas más versátiles y aplicadas, fue desarrollado de forma independiente por los matemáticos Gottfried Leibniz e Isaac Newton en el siglo XVII. Esta forma de cálculo es conocida como cálculo clásico o cálculo newtoniano.

En el cálculo newtoniano, el concepto fundamental es la derivada, que se define en un punto de la siguiente manera:

Definition 1. Sea $f : A \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ una función real. La derivada clásica de f en $x \in A$ es definida por

$$f'(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

siempre y cuando el límite exista.

Bajo esta definición, surgen las ecuaciones de Sturm-Liouville, que son una clase especial de ecuaciones diferenciales lineales de segundo orden con aplicaciones profundas y extensas en diversas áreas de las matemáticas y la física [1]. Un caso particular de estas ecuaciones es la ecuación diferencial de Jacobi.

$$(1-x^2)y'' + [\beta - \alpha - (\alpha + \beta + 2)x]y' + n(n + \alpha + \beta + 1)y = 0, x \in [-1, 1].$$

18

La solución de esta ecuación es la conocida familia de polinomios de Jacobi, $P_n^{(\alpha, \beta)}$ con $\alpha, \beta > -1$, [7]. Estos polinomios poseen numerosas propiedades, siendo la más destacada su ortogonalidad en el intervalo $[-1, 1]$ con respecto a la función peso $\omega(x) = (1-x)^\alpha (1+x)^\beta$. Es decir,

$$\int_{-1}^1 P_n^{(\alpha, \beta)}(x) P_m^{(\alpha, \beta)}(x) \omega(x) dx = \frac{2n + \alpha + \beta + 1}{n! \Gamma(n + \alpha + \beta + 1)} \Gamma(n + \alpha + 1) \Gamma(n + \beta + 1) \delta_{n,m},$$

donde $\Gamma(z) = \int_0^\infty x^{z-1} e^{-x} dx$ es la función Gamma definida para todo complejo z con parte real positiva y $\delta_{n,m}$ es el delta Kronecker. Casos particulares son los siguientes:

1. Los polinomios de Legendre ($\alpha = \beta = 0$)

$$P_n(x) = P_n^{(0,0)}(x), \quad n \geq 0.$$

2. Los polinomios de Chebyshev de primer tipo ($\alpha = \beta = -1/2$)

$$\widetilde{T}_n(x) = \frac{2^{2n} 3^{2n} 4^{-1}}{n} P^{n(-\frac{1}{2}, -\frac{1}{2})}(x), \quad n \geq 0$$

3. Los polinomios de Chebyshev de segundo tipo ($\alpha = \beta = 1/2$)

$$\widetilde{U}_n(x) = 2^2 \frac{2n+1}{n+1} P^{n(\frac{1}{2}, \frac{1}{2})}(x), \quad n \geq 0.$$

4. Los polinomios de Gegenbauer ($\alpha = \beta \neq -1/2$)

$$\widetilde{P}_n^{\alpha+\frac{1}{2}}(x) = \frac{3^{2\alpha}}{\alpha} \frac{4^{-1} 3^{n+2\alpha}}{\alpha} 4 P^{n(\alpha, \alpha)}(x), \quad n \geq 0.$$

Estos polinomios tienen numerosas aplicaciones, principalmente en ecuaciones diferenciales, problemas de Sturm-Liouville, teoría de aproximación, análisis numérico y física cuántica, entre otras áreas. Para más referencias y aplicaciones adicionales, consulta [3,5].

Por otro lado, a lo largo de la historia se han propuesto definiciones alternativas a la derivada clásica, dando lugar a enfoques distintos al cálculo newtoniano, que se conocen colectivamente como cálculo no newtoniano. Uno de estos enfoques es el cálculo multiplicativo [2,8], en el cual la derivada se define de la siguiente manera:

Definition 2. Sea $f: A \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^+$ una función positiva. La derivada multiplicativa o $*$ derivada de f en x es definida por

$$f^*(x) := \frac{d^* f}{dx}(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h)^{\frac{1}{h}}}{f(x)},$$

siempre y cuando el límite exista.

Una nueva familia de polinomios de Jacobi: propiedades y aplicación 3 Bajo esta definición de derivada, es posible construir ecuaciones diferenciales que son análogas a las del cálculo clásico. En esta charla, se presentarán algunas propiedades de las soluciones de la ecuación diferencial de Jacobi multiplicativa, que se expresa como:

$$\frac{d^*}{dx} e^{1-x^2} \omega(x) \odot \frac{d^* v}{dx} + e^{n(n+\alpha+\beta+1)} \omega(x) \odot y^2 = 1, x \in [-1, 1]$$

donde $\omega(x) = (1-x)^\alpha (1+x)^\beta$. Las soluciones se llamarán polinomios de Jacobi multiplicativos. En los últimos años, el estudio de los polinomios ortogonales en el contexto del cálculo ha suscitado un notable interés. Algunos trabajos relevantes en este campo son [4,6,9,10]. Sin embargo, hasta ahora, los polinomios de Jacobi no han sido explorados en profundidad. La importancia de los polinomios multiplicativos radican en que ofrecen un rendimiento superior en el tratamiento de problemas que involucran funciones con variación exponencial. En este sentido, en la charla se presentan resultados que destacan la utilidad de la aproximación de funciones reales utilizando cálculo multiplicativo, mostrando que esta técnica es más eficiente que el cálculo clásico en ciertos casos. Además, los resultados son ilustrados con algunos experimentos numéricos.

Referencias

1. Arfken G., *Mathematical methods for physicists*, Academic Press, New York-London, 1966.
2. Bashirov A. E., Kurpinar Emine Mısırlı, Özyapıcı Ali, *Multiplicative calculus and its applications*, J. Math. Anal. Appl. 337 (2008), no.1, 36–48.
3. Boyd J. P., *Chebyshev and Fourier spectral methods*, Second edition Dover Publications, Inc., Mineola, New York, 2001.
4. Goktas S., *On the multiplicative Legendre equation*, Journal of Taibah University for Science, 16 (1) (2022), 805–812.
5. Ismail MEH., *Classical and Quantum Orthogonal Polynomials in One Variable*, Cambridge University Press, 2005.
6. Kosunalp HY, Bas S., Kosunalp S., *An Efficient Solution of Multiplicative Differential Equations through Laguerre Polynomials*, Symmetry. 2024 16 (6), 748.
7. Szegő G., *Orthogonal polynomials*, American Mathematical Society Colloquium Publications, vol. 23, RI, American Mathematical Society, Providence, 1939.
8. Uzer Ali, *Multiplicative type complex calculus as an alternative to the classical calculus*, Comput. Math. Appl. 60 (2010), no.10, 2725–2737.
9. Yalcin N., *Multiplicative Chebyshev differential equations and multiplicative Chebyshev polynomials*, Thermal Science 2022 Volume 26, Issue Spec. issue 2, Pages: 785-799.
10. Yalcin N., *The solutions of multiplicative Hermite differential equation and multiplicative Hermite polynomials*, Rend. Circ. Mat. Palermo (2) 70 (2021), no.1, 9–21.

Rendimiento locomotor en especies Cripticas del grupo *anolis fuscoauratus* en colombia

Acosta-Lugo Estefany^[0000-0002-5687-8280],
Pinto-Sánchez Nelsy^[0000-0001-7561-2982]

¹ Semillero de Evolución y conservación, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia
est.estefany.acosta@unimilitar.edu.co

Resumen. A lo largo de su evolución, las especies de *Anolis* han desarrollado adaptaciones morfológicas y comportamentales significativas influenciadas por el hábitat afectando su rendimiento locomotor. Este estudio investigó diversas especies crípticas de *Anolis* en los Andes colombianos, incluyendo *Anolis mariarum* y cuatro unidades taxonómicas de *Anolis tolimensis*. Se recolectaron 20 individuos por localidad, registrando 34 medidas morfológicas y fotografías de extremidades. Se realizó una pista de velocidad de carrera utilizando un cilindro de madera de 30 mm de diámetro en un ángulo de 45°. Las pruebas fueron grabadas y procesadas con el programa Tracker.

21

La velocidad de carrera varió significativamente entre especies y localidades. Los modelos lineales generalizados revelaron que la morfología es determinante en el rendimiento. La velocidad de carrera estuvo influenciada por el ancho de la almohadilla, la longitud del cuarto dedo, la longitud del húmero variando entre especies según adaptaciones ambientales. Este estudio subraya la complejidad de las adaptaciones morfológicas y fisiológicas en especies de *Anolis*, mostrando diferencias significativas entre especies crípticas relacionadas con la morfología y la temperatura. Estos hallazgos destacan la influencia de diferentes estrategias asociadas al rendimiento locomotor, cruciales para entender las estrategias adaptativas y la biodiversidad en los Andes colombianos.

Palabras clave: Almohadillas, hábitat, morfología, velocidad.

1 Introducción

Las especies de *Anolis* han mostrado una notable diversificación adaptativa impulsada por su capacidad de expresión fenotípica [1], en respuesta a cambios ambientales y la disponibilidad de nichos [2]. Este proceso promueve la especiación y la aparición de especies crípticas [3], desarrollando características morfológicas adaptadas a sus hábitats, las cuales están estrechamente relacionadas con el rendimiento locomotor, un rasgo crucial para la supervivencia en actividades como la alimentación, evasión de depredadores y búsqueda de pareja[4]. También se observa la dominancia territorial entre machos, con diferencias significativas en la correlación entre rendimiento y tamaño corporal [5]. En cuanto a la velocidad de carrera, la investigación de Ríos-Orjuela[6] muestra cómo el uso del hábitat induce diferencias morfológicas y, consecuentemente, influye en la capacidad locomotora de especies simpátricas de diferentes tamaños corporales.

El modelo de estudio fueron especies crípticas derivadas del clado *Anolis tolimensis*[7], [8], identificadas por evidencia genética y morfológica: *A. tolimensis* (Tolima), *Anolis mariarum* (Antioquia), *Anolis* candidata 1 (Cundinamarca), *Anolis* candidata 2 (Antioquia) y *Anolis* candidata 3 (Caldas), como se evidencia en el trabajo de Acevedo-Muñoz [9]. Este estudio plantea que las especies crípticas, a pesar de sus similitudes morfológicas, pueden presentar diferentes adaptaciones al hábitat y estrategias diversas en cuanto al rendimiento locomotor.

22

2 Metodología

2.1 Medidas morfológicas:

Se recolectaron mínimo 20 individuos mediante captura directa, 10 hembras y 10 machos, teniendo un total de 140 individuos en siete localidades y cuatro departamentos. Se tomaron las 32 medidas morfológicas de las cuales 24 fueron en campo: Longitud rostro-cloaca (SVL), longitud de cola (TL), punta del hocico a margen [10] y 8 variables tomadas a través de fotografías de las extremidades anteriores y posteriores con el programa ImageJ 1.54d.

2.2 Prueba de desempeño y análisis de datos

La arena de velocidad de carrera se utilizó un cilindro de madera de 30 mm de diámetro y 1,5 metros de longitud, cubierto con una malla de fibra de 1,6 mm y dispuesto en un ángulo de 45°. Se colocó una escala de un centímetro en la base del montaje y la cámara se alineó de manera paralela a la pista. Por

último, se realizaron tres repeticiones para cada prueba de la arena de rendimiento, se seleccionaron la velocidad de carrera máximo de las tres repeticiones obteniendo un total de 280 para velocidad de carrera. Las grabaciones de la prueba de rendimiento locomotor se procesaron con el *software* Tracker 6.0.7 para calcular la velocidad de carrera máxima (cm/s).

Se corrigió la influencia del tamaño corporal ajustando el efecto del SVL mediante los residuos de la regresión en las mediciones morfológicas. Se emplearon modelos lineales generalizados con distribución gaussiana y enlace de identidad para la velocidad de carrera. Finalmente, se utilizó el Criterio de Información de Akaike corregido (AICc) para seleccionar el modelo óptimo, y todos los análisis se realizaron con Rstudio [11].

3 Resultados

El mejor modelo para la velocidad de carrera fue las especie y tres variables morfológicas (AICc = 753.670 y AICcWt = 0.558). El análisis del mejor modelo mostró que las especies *A. tolimensis*, *A. candidata 2* y *A. mariarum* presentaron diferencias significativas. Las variables morfológicas que afectaron positivamente la velocidad de carrera fueron la longitud del húmero (HuL) (t-value = 2.456, p = 0.015) y el ancho de la almohadilla del cuarto dedo posterior (4TA) (t-value = 2.382, p = 0.018). En contraste, el largo del cuarto dedo posterior (4TL) mostró una relación negativa (t-value = -2.881, p = 0.004). Las gráficas de regresiones lineales sugieren que estas relaciones pueden variar entre especies y localidades.

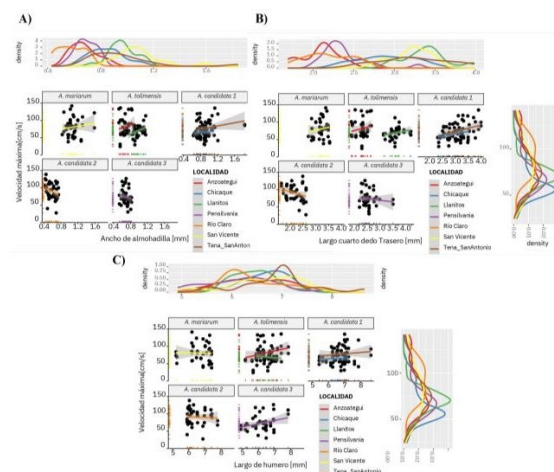


Fig. 1. Variables morfológicas asociadas con la velocidad de carrera máxima [cm/s] alcanzada durante las pruebas de desempeño en *Anolis*. A) ancho de almohadilla posterior del cuarto dedo (4TA), B) largo de almohadilla posterior del cuarto dedo (4TL), C) Longitud de húmero (HuL).

4 Conclusiones

Esta investigación revela diferencias significativas en el rendimiento locomotor entre especies y poblaciones de *Anolis*, destacando la importancia de estudiar también las especies crípticas. A pesar de parecer similares, estas especies pueden desarrollar mecanismos de adaptación distintos a su entorno. Las características morfológicas como el ancho de las almohadillas y la longitud del cuarto dedo posterior ofrecen ventajas en sustratos y hábitats degradados, y las morfológicas de la cabeza, como la distancia entre el oído y la mandíbula, se asocian con un mejor rendimiento en velocidad de carrera, sugiriendo su rol en la captura de presas y defensa territorial. Estos hallazgos subrayan la complejidad de las adaptaciones morfológicas y fisiológicas, así como la influencia de factores ambientales en el rendimiento locomotor, destacando la necesidad de considerar la degradación del hábitat y otras presiones ambientales en futuros estudios.

*Producto derivado del proyecto (IMP-CIAS-3400) financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada - Vigencia (2021).

References

1. N. Feiner, I. S. C. Jackson, K. L. Munch, R. Radersma, and T. Uller, "Plasticity and evolutionary convergence in the locomotor skeleton of greater antillean anolis lizards," *Elife*, vol. 9, no. e57468, pp. 1–47, Aug. 2020, doi: 10.7554/ELIFE.57468.
2. I. J. Wang, R. E. Glor, and J. B. Losos, "Quantifying the roles of ecology and geography in spatial genetic divergence," *Ecol Lett*, vol. 16, no. 2, pp. 175–182, Feb. 2013, doi: 10.1111/ele.12025.
3. M. H. Yáñez-Muñoz, C. Reyes-Puig, J. P. Reyes-Puig, J. A. Velasco, F. Ayala-Varela, and O. Torres-Carvajal, "A new cryptic species of *Anolis* lizard from northwestern South America (Iguanidae, Dactyloinae)," *Zookeys*, vol. 2018, no. 794, pp. 135–163, 2018, doi: 10.3897/zookeys.794.26936.
4. D. J. Irschick and J. B. Losos, "A comparative analysis of the ecological significance of maximal locomotor performance in caribbean anolis lizards," *Evolution* (N Y), vol. 52, no. 1, pp. 219–226, 1998, [Online]. Available: <https://academic.oup.com/evolut/article/52/1/219/6757406>
5. G. Perry, K. Levering, I. Girard, and T. Garland, "Locomotor performance and social dominance in male *Anolis cristatellus*," *Anim Behav*, vol. 67, no. 1, pp. 37–47, 2004, doi: 10.1016/j.anbehav.2003.02.003.

6. J. C. Ríos-Orjuela, J. S. Camacho-Bastidas, and A. Jerez, "Appendicular morphology and locomotor performance of two morphotypes of continental anoles: *Anolis heterodermus* and *Anolis tolimensis*," *J Anat*, vol. 236, no. 2, pp. 252–273, Feb. 2020, doi: 10.1111/joa.13092.
7. D. A. Ardila-Marín, E. José Hernández-Ruz, Y. Diana, and G. Gaitán-Reyes, "Ecología de *Anolis tolimensis* (Sauria, Iguanidae) en la Cordillera Oriental de Colombia," *Herpeto tropicos*, vol. 4, no. 2, pp. 71–78, 2008, [Online]. Available: www.herpetotropicos.com
8. D. A. Ardila-Marín, D. G. Gaitán-Reyes, and E. J. Hernández-Ruiz, "Biología reproductiva de una población de *Anolis tolimensis* (Sauria: Iguanidae) en los Andes Colombianos," *Caldasia*, vol. 30, no. 1, pp. 151–159, 2008, [Online]. Available: www.unal.edu.co/icn/publicaciones/caldasia.htm
9. M. C. Acevedo Muñoz, J. A. Velazco, and N. R. Ponto Sánchez, "Biodiveristy underestimation in *Anolis* lizards in the northern Andes," *PlosOne*, vol. Por publicar, 2024.
10. F. A. Grisales-Martínez, J. A. Velasco, W. Bolívar, E. E. Williams, and J. M. Daza, "The taxonomic and phylogenetic status of some poorly known *Anolis* species from the Andes of Colombia with the description of a nomen nudum taxon," *Zootaxa*, vol. 4303, no. 2, pp. 213–230, Aug. 2017, doi: 10.11646/zootaxa.4303.2.2.
11. R Core Team, "Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing," <https://www.R-project.org/>.

Diseño por cribado virtual usando cálculos computacionales y docking molecular de potenciales agentes antirretrovirales derivados de trans-(r,r) diaminociclohexano del tipo (3ar,7ar)- 1,3dibenciloctahidro-2h- bencimidazol-2-tiona: síntesis del potencial candidato

26

Cristian Payares-Bermúdez y Diego Quiroga
Laboratorio de Química Bioorgánica, Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas, Campus Nueva Granada, Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá 250247, Colombia
Correo electrónico: diego.quiroga@unimilitar.edu.co

Abstract. Este trabajo se buscó identificar el compuesto con mayor potencial como inhibidor de la proteína gp120, crucial en la infección por VIH. Para ello, se calcularon diversos descriptores computacionales, incluyendo energía HOMO-LUMO, potencial de ionización, afinidad electrónica, dureza química, electrofilicidad, y momento dipolar, además de realizarse un análisis de docking molecular con tres sitios activos de gp120. Los compuestos se evaluaron según su estabilidad y reactividad química, así como por su afinidad con la proteína. Los compuestos 13 y 15 destacaron por su alta estabilidad y afinidad, lo que sugiere una mayor eficacia como inhibidores. Un análisis por componentes principales (PCA) corroboró estas conclusiones, mostrando que estos compuestos poseen perfiles descriptores distintivos. Posteriormente, se procedió a la síntesis del compuesto 13, logrando un rendimiento global del 38%. Los resultados sugieren que el compuesto 13 es un candidato prometedor para el desarrollo de inhibidores de gp120.

Keywords: imidazolidin-2-tiona, VIH, gp-120, docking molecular, descriptores computacionales, PCA.

1 Introducción

El Virus de Inmunodeficiencia Humana (VIH), es considerada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), como una de las epidemias de mayor cuidado y control en el siglo XXI. Estadísticas que datan del año 2017, mostraron que alrededor de 36,9 millones de personas viven con el VIH, 21,7 millones tienen acceso a terapia antirretrovírica y alrededor de 1,8 millones de personas contrajeron la infección del VIH, en ese mismo año. Además, 940 mil murieron a causa de enfermedades relacionadas con el SIDA. Se reporta que 77,3 millones de personas se han infectado desde el inicio de la epidemia y 35,4 millones de personas han muerto de enfermedades relacionadas con el SIDA. Pese a que durante la última década se ha aumentado el uso de la terapia antirretroviral (TAR), y que, a finales de 2020, 27,5 millones de personas de un estimado de 37,7 millones en todo el mundo recibieron TAR. El aumento del uso de medicamentos contra el VIH se ha visto acompañado por la aparición de resistencia a los mismos, cuyos niveles han aumentado constantemente en los últimos años. La

resistencia es causada por cambios en la estructura genética del VIH que afectan la capacidad de los medicamentos para bloquear la replicación del virus, poniéndose en peligro la eficacia de aquellos utilizados para tratar el VIH (UN, 2022). Estos datos demuestran la necesidad de generar nuevos tratamientos más efectivos contra este tipo de virus.

Dentro de las estrategias adoptadas para generar nuevos y más potentes agentes antirretrovirales, el uso de herramientas computacionales que permitan la inhibición de la proteína gp120 del VIH-1, una glicoproteína que forma parte de la capa externa del virus, de la cual se sabe es esencial para la infección viral, ha emergido. La inhibición de la proteína gp-120 del VIH es crucial para combatir el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) ya que permite la entrada del VIH en las células T al unirse a los receptores CD4, un paso clave para la infección. Inhibir gp-120 podría bloquear esta interacción y detener la propagación del VIH en el cuerpo humano [1-3]. Sin embargo, gp120 puede mutar, evadiendo el sistema inmunológico y desarrollando resistencia a tratamientos antirretrovirales convencionales. Los compuestos heterocíclicos nitrogenados constituyen un grupo significativo de moléculas con diversas y documentadas actividades biológicas. Entre ellos, los compuestos del tipo imidazolidin-2-tiona han demostrado potencial como agentes antirretrovirales en el tratamiento del VIH y la hepatitis B, dos problemas de salud pública de relevancia continua. En este trabajo, se presenta el diseño de nuevos agentes antirretrovirales a partir de estudios in silico empleando cálculos computacionales DFT B3LYP y docking molecular. Usando estos resultados como herramienta de cribado virtual, se determinó el compuesto del tipo imidazolidin-2-tiona derivado de trans-(R,R)-1,2-diaminociclohexano con mayor potencial, el cual fue obtenido usando una estrategia de síntesis lineal fácil de ejecutar y versátil al emplear precursores estables del tipo 1,2-diamina. Los resultados se discuten a continuación.

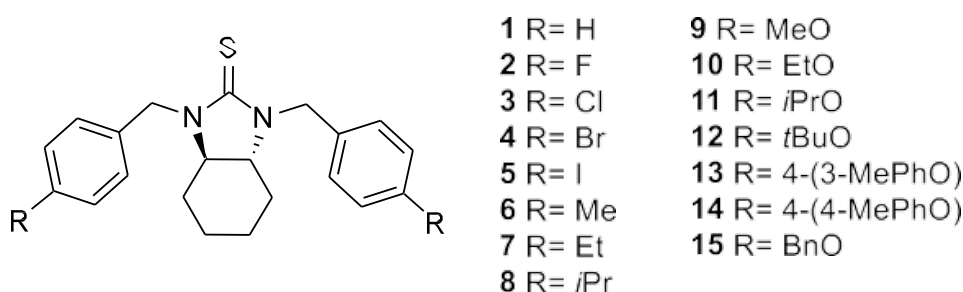


Figura 1. Estructuras de los compuestos de tipo imidazolidin-2-tiona diseñados y evaluados en el estudio *in silico*.

2 Materiales y métodos

2.1 Cálculos computacionales DFT B3LYP y de docking molecular

Para diseñar nuevos agentes antirretrovirales basados en diaminas quirales como *trans*(R,R)-diaminociclohexano, se crearon modelos moleculares de la proteína gp-120 del VIH [4], enfocándose en los sitios activos <VAL255, THR257, ASP368, GLU370, TRP427, GLN428, GLY429>, <LEU277, THR278, ASN280, HIS352> y <VAL101, GLN105, ILE109, GLN428, LYS476, TRP479>, junto con 15 ligandos propuestos del tipo (3aR,7aR)-1,3-dibencilotahidro-2H-bencimidazol-2-tiona 1-15 (Figura 1). Se usaron herramientas de docking molecular como AutoDock Tools, Vina y Bashscripting para identificar las interacciones de mayor afinidad entre los ligandos y los sitios activos de la gp-120. La estructura geométrica de los compuestos 1-15 se optimizó por completo sin imponer ninguna restricción de simetría con la función híbrida de tres parámetros de Becke y la función de correlación de Lee-Yang-Parr (B3LYP) en el nivel 6-31G. Se calcularon una serie de descriptores computacionales como Orbitales Moleculares Frontera (HOMO y LUMO), potencial de Ionización (I) y Afinidad Electrónica (A), potencial de Electrodonación (ω) y Electrofilicidad (η), momentos dipolares y mapas de Potenciales Electroestáticos Moleculares (MEP). La estructura cristalina de gp120 se obtuvo de un archivo de estructura establecida, descargada del banco de datos de proteínas (www.rcsb.org consultado el 5 de mayo de 2024). Las cajas

o rejillas se prepararon utilizando el módulo Protein Grid Generation, definiendo el volumen de la caja como $40 \times 40 \times 40 \text{ \AA}$ para todas las enzimas para incluir todos los sitios de unión. Los complejos ligando-enzima se prepararon y evaluaron mediante acoplamiento molecular utilizando el algoritmo genético lamarckiano (LGA) en el software de herramientas AutoDock v4.2.6. Los cálculos teóricos se realizaron utilizando el software PC Spartan'14 (Wavefunction Inc., Irvine, CA, EE. UU.). Una vez se obtuvo el valor de los descriptores computacionales mencionados y los valores de afinidad de cada compuesto con los diferentes sitios activos de gp120, se realizó un análisis de componentes principales (PCA) empleando el software R.

2.2 Metodología general para la síntesis de compuestos del tipo (3aR,7aR)-1,3dibenciloctahidro-2H-bencimidazol-2-tiona

Para llevar a cabo la síntesis del compuesto postulado como inhibidor de gp120, se adaptó una metodología de síntesis lineal basada en reportes previamente publicados en la literatura [5-6]. En un tubo reactor de vidrio para microondas, el tartrato de trans(R,R)-diaminociclohexano (1 mmol) se mezcló con el benzaldehído de interés (2 mmol). Con ayuda de una varilla de vidrio se homogenizó la mezcla de reacción y posteriormente, después de adicionar un agitador magnético, se irradió en un reactor de microondas alcanzando una temperatura de $120 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 40 min. Después de este tiempo, la mezcla de reacción fue redisoluelta en THF (3 mL), y se hizo adición de borohidruro de sodio (1,5 mmol). La mezcla de reacción se mantuvo en agitación constante durante 3 h, tiempo después el cual se adicionó disolución saturada de cloruro de amonio hasta pH alrededor de 6. La mezcla de reacción fue sometida a extracciones con CHCl_3 (5x5 mL), se dispuso en un tubo de microondas, se concentró hasta sequedad y se mezcló con disulfuro de carbono (3 mL). Luego, se irradió en el reactor de microondas nuevamente hasta lograr una temperatura de $80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 40 min. Finalmente, el crudo de reacción se concentró a sequedad y se purificó por cromatografía en columna para obtener el compuesto de interés.

3 Resultados

Con el fin de determinar el compuesto con mayor potencial como agente antirretroviral inhibidor de gp120, se procedió a calcular los descriptores computacionales mencionados en la parte metodológica. Es sabido que la energía del orbital molecular más alto ocupado (HOMO) y del orbital molecular más bajo desocupado (LUMO) son cruciales para entender la reactividad química y la estabilidad de una molécula y que la diferencia entre estas energías puede dar una indicación de la dureza y suavidad de la molécula. Por otro lado, también permiten establecer el Potencial de Ionización (I) y la Afinidad Electrónica (A), que pueden estar relacionados con la capacidad de la molécula para interactuar con otras especies químicas. El Potencial de Electrodonación (ω) y la Electrofilicidad (η) son descriptores que están relacionados con la capacidad de una molécula para donar o aceptar electrones, respectivamente, y pueden influir en la interacción de la molécula con biomoléculas mientras que el momento dipolar de una molécula puede influir en su solubilidad y en su capacidad para interactuar con membranas celulares y proteínas. Además, usando docking molecular se determinó la energía de afinidad entre el ligando y el sitio activo de la proteína gp120 (ASA), el cual se expresa en kCal/mol y se presenta en la Tabla 1.

31

Tabla 1. Resultados obtenidos para los descriptores computacionales y los valores de afinidad calculados (ASA) entre el ligando y el sitio activo de la proteína gp120.

Compuesto	I /eV	A /eV	η	Electrofilicidad	Potencial de electrodonación / eV	Electronegatividad	Momento dipolar / D	ASA* 1	ASA 2	ASA 3
1	4,36	0,84	3,52	0,96	-0,84	2,60	5,19	-7,24	-5,93	-5,68
2	4,48	0,94	3,54	1,03	-0,94	2,71	4,86	-7,92	-6,17	-6,06
3	4,57	1,14	3,43	1,18	-1,14	2,85	4,70	-6,84	-5,29	-5,47
4	4,60	1,20	3,40	1,23	-1,2	2,90	4,65	-8,06	-5,07	-5,33
5	4,59	1,27	3,32	1,29	-1,27	2,93	4,71	-4,42	-5,08	-4,78
6	4,30	0,74	3,56	0,89	-0,74	2,52	5,21	-6,63	-5,95	-4,60

7	4,30	0,75	3,55	0,89	-0,75	2,52	5,19	-7,62	-5,71	-5,61
8	4,30	0,76	3,54	0,90	-0,76	2,53	5,16	-6,63	-5,95	-4,60
9	4,48	0,72	3,76	0,89	-0,72	2,60	4,43	-5,91	-5,88	-4,81
10	4,46	0,7	3,76	0,88	-0,7	2,58	4,42	-5,91	-5,73	-4,47
11	4,43	0,73	3,7	0,89	-0,73	2,58	4,17	-8,40	-6,33	-6,56
12	4,41	0,72	3,69	0,89	-0,72	2,56	4,21	-7,28	-6,16	-5,46
13	5,81	0,73	5,07	1,05	-0,732	3,27	5,44	-10,4	-7,56	-5,80
14	5,79	0,82	4,97	1,09	-0,82	3,30	4,61	-9,42	-5,08	-4,78
15	5,80	0,70	5,10	1,03	-0,7	3,25	5,00	-10,4	-7,56	-5,80

A partir de los valores calculados, es posible establecer algunos aspectos relevantes referidos a cada compuesto y su naturaleza estructural. Dado que el potencial de ionización refleja la estabilidad del compuesto, valores más bajos indican una mayor tendencia a ceder electrones. Los compuestos 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 tienen valores de I relativamente bajos (en torno a 4,30 – 4,48 eV), lo que sugiere que podrían ser más reactivos y potencialmente más activos biológicamente. Por su parte, los compuestos 13, 14 y 15 presentan los valores más altos (5,79-5,81 eV), indicando una mayor estabilidad y menor reactividad, lo cual podría correlacionarse con una menor actividad biológica. Respecto a la afinidad electrónica (A), los compuestos 4 y 5 presentan los valores más altos (1,2-1,27 eV), lo que indica una mayor tendencia a aceptar electrones, un indicador de potenciales electrodonadores. Compuestos como el 10, 6, 9, y 15 tienen las afinidades electrónicas más bajas (0,7-0,74 eV), lo que podría indicar una menor actividad en términos de aceptación de electrones. La dureza química indica la resistencia de un compuesto a cambios en su densidad electrónica.

Compuestos como el 13, 14, y 15 tienen los valores más altos (5.078 5.1 eV), sugiriendo una mayor estabilidad y menor reactividad química. Los compuestos con dureza más baja (como el 3 y el 5) podrían ser más reactivos, lo que puede correlacionarse con una mayor actividad biológica. Respecto a la electrofilicidad, que mide la tendencia de una molécula a atraer electrones, los compuestos con mayor electrofilicidad son el 5 y el 4, sugiriendo una mayor propensión a participar en reacciones de aceptación

de electrones, lo que puede influir en su actividad biológica. Sin embargo, los valores de afinidad calculados por docking molecular arrojan conclusiones atractivas. Los compuestos **13 y 15** muestran las afinidades más fuertes con los tres sitios activos, especialmente en los sitios 1 y 2, lo que sugiere una alta probabilidad de inhibición efectiva. En comparación, los compuestos como 5, 6, y 8 presentan afinidades menos negativas, lo que sugiere una menor capacidad de interacción con la proteína. Así, desde un enfoque comparativo es posible afirmar que los compuestos **13 y 15** parecen ser los más prometedores en términos de actividad biológica potencial, dadas sus bajas afinidades con los sitios activos de la proteína gp120 y sus descriptores computacionales que sugieren una alta estabilidad y reactividad química adecuada.

Para evaluar el comportamiento de los parámetros calculados, se procedió a realizar un análisis por componentes principales (PCA), que reduce la dimensionalidad de los datos, permitiendo identificar las variables que más contribuyen a la variabilidad en el conjunto de datos. El primer componente principal (PC1) explicó el 43.3% de la varianza total mientras que el segundo componente principal (PC2) explicó el 31.8% de la varianza total. El PCA (figura 2) evidenció que los compuestos **13, 14 y 15** se agrupan en el cuadrante superior derecho de la gráfica, indicando que tienen un perfil descriptor similar y se diferencian significativamente de los demás compuestos. Los compuestos **3, 4, y 5** se agrupan en el cuadrante superior izquierdo, sugiriendo que comparten características similares que los diferencian de los otros compuestos. Los compuestos **6, 7, 8, 9, 10, 11, y 12** se encuentran mayormente en el cuadrante inferior izquierdo, lo que sugiere que tienen perfiles descriptores que los hacen más similares entre sí. Dado que los compuestos **13, 14 y 15** se destacaron significativamente en el análisis, se puede validar la conclusión de que son los más prometedores en términos de actividad biológica. Por otro lado, los compuestos en la región inferior izquierda, como el **6, 7, 8, 9, y 10**, podrían tener menor actividad biológica dado que se agrupan en un área que indica menor diferenciación en términos de afinidad con los sitios activos.

El complejo gp120-13 permite destacar sus interacciones hidrofóbicas tipo π - π T-shaped y π -alquilo, sugiriendo un fenómeno de inhibición competitiva. Como se evidencia en el diagrama de interacciones 2D (Figura 3), la presencia de anillos aromáticos es favorable para llevar a cabo el anclaje, sugiriendo que ligandos con naturaleza lipofílica tienden a interactuar de forma más efectiva con los residuos de aminoácido como ILE109, TYR384, PHE382 y ILE424 a través de interacciones π -alquilo predominantes.

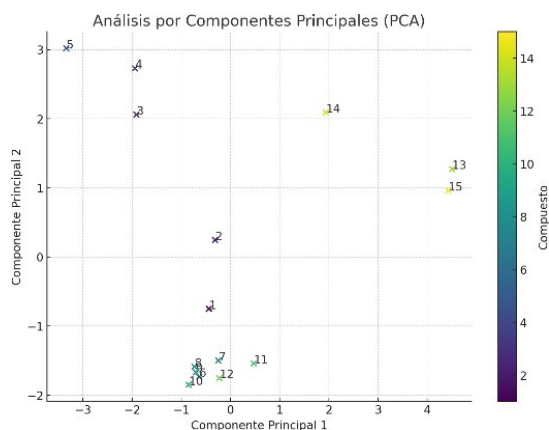


Fig. 2. PCA calculado para los datos de la tabla 1.

34

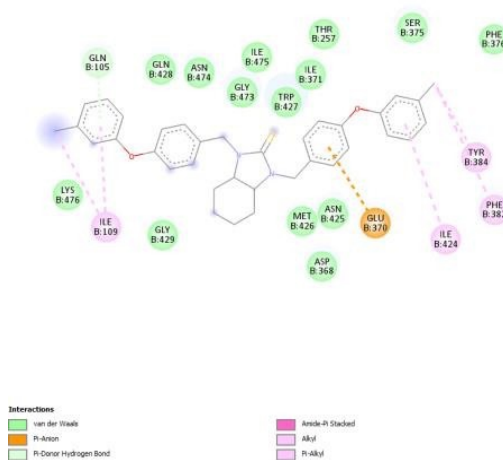
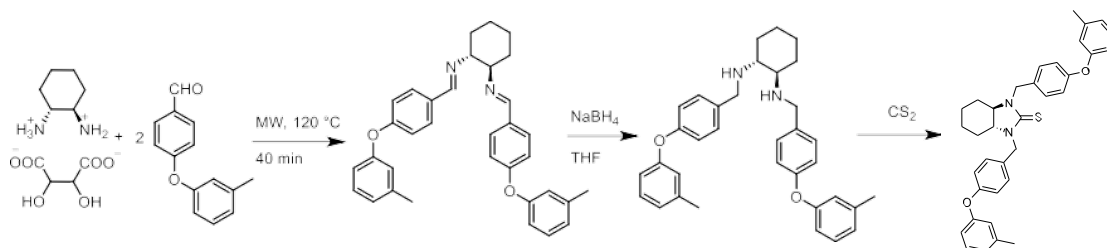


Fig. 3. Diagrama en 2D de las interacciones entre el sitio activo 1 de gp120 y el compuesto 13

Una vez establecido que el compuesto **13** fue postulado como aquel con mayor potencial como inhibidor de gp120, se procedió a realizar su síntesis química. Para ello, se utilizó una metodología lineal (Esquema 1) en la cual se usó el tartrato de trans-(R,R)1,2-diaminociclohexano como precursor. En el primer paso, se sintetizó la base de Schiff **BS13**, por reacción entre la amina precursora y 4-(3-metilfenoxi) benzaldehído en condiciones de irradiación de microondas. El rendimiento de esta reacción fue de 78%, siendo establecido a partir de varios ensayos en los cuales se extrajo usando cloroformo deuterado y midiendo el espectro RMN ^1H . Una vez garantizada la formación de **BS13**, se realizó un segundo paso de reducción con NaBH_4 en THF para obtener la respectiva diamina **DA13**, que también fue detectada a partir de experimentos de RMN ^1H , con rendimiento del 75%. Finalmente se sintetizó el compuesto **13** mediante irradiación de microondas y disulfuro de carbono, con rendimiento del 65%, de tal forma que el rendimiento global de la reacción fue del 38%. Esfuerzos posteriores a este trabajo deben ser realizados para mejorar el rendimiento global.



Esquema 1. Síntesis del compuesto 13

4 Conclusiones

El análisis comparativo de los descriptores computacionales y la afinidad de los compuestos evaluados con la proteína gp120 permitió identificar a los compuestos **13** y **15** como los más prometedores en términos de actividad biológica potencial. Estos compuestos mostraron perfiles descriptores que sugieren una alta estabilidad química y una fuerte afinidad con los sitios activos de la proteína, validando su potencial como inhibidores efectivos. El análisis por componentes principales (PCA) reforzó estas conclusiones, destacando la singularidad de estos compuestos en comparación con los demás. La síntesis del compuesto **13**, aunque exitosa, presentó un rendimiento global limitado, lo que subraya la necesidad de mejorar el proceso sintético. Los resultados de este estudio aportan una base sólida para el desarrollo futuro de inhibidores de gp120, con el compuesto **13** como un candidato clave.

5 Agradecimientos

Producto del proyecto PIC-CIAS-3856 financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la UMNG—Validez 2024.

Referencias

- [1] V. Yoon, M. Fridkis-Hareli, S. Munisamy, J. Lee, D. Anastasiades, and L. Stevceva, 'The GP120 Molecule of HIV-1 and its Interaction with T Cells', *Curr. Med. Chem.*, vol. 17, no. 8, pp. 741–749, Mar. 2010, doi: 10.2174/092986710790514499.
- [2] N. Losada et al., 'HIV-1 gp120 Antagonists Also Inhibit HIV-1 Reverse Transcriptase by Bridging the NNRTI and NRTI Sites', *J. Med. Chem.*, vol. 64, no. 22, pp. 16530–16540, Nov. 2021, doi: 10.1021/acs.jmedchem.1c01104.
- [3] L. K. Tsou, C.-H. Chen, G. E. Dutschman, Y.-C. Cheng, and A. D. Hamilton, 'Blocking HIV-1 entry by a gp120 surface binding inhibitor', *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, vol. 22, no. 9, pp. 3358–3361, May 2012, doi: 10.1016/j.bmcl.2012.02.079.

- [4] F. Curreli et al., 'Structure-Based Design of a Small Molecule CD4-Antagonist with Broad Spectrum Anti-HIV-1 Activity', J. Med. Chem., vol. 58, no. 17, pp. 6909–6927, Sep. 2015, doi: 10.1021/acs.jmedchem.5b00709.
- [5] K. Sharma, N. Fahmi, and R. V. Singh, 'Microwave synthesis, antimicrobial and antiamoebic activity of palladium and platinum complexes', in 2008 International Conference on Recent Advances in Microwave Theory and Applications, Jaipur, Rajasthan, India: IEEE, Nov. 2008, pp. 470–473. doi: 10.1109/AMTA.2008.4763113.
- [6] M. Milosavljevic et al., 'Simple one-pot synthesis of thioureas from amine, carbon disulfide and oxidants in water', J. Serbian Chem. Soc., vol. 81, no. 3, pp. 219–231, 2016, doi: 10.2298/JSC150831087M.

La aproximación de sistema cuántico de dos niveles sobre la generación de segundo armónico en nanoestructuras

Alfonso Andrés Portacio Lamadrid¹

¹Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Villavicencio, Colombia
ORCID=<https://orcid.org/0000-0002-5495-7102> aportacio@unillanos.edu.co

38

Resumen. Se estudia teóricamente la generación de segundo armónico (SHG) en un punto cuántico cilíndrico (CQD) en un campo magnético uniforme, en el marco de la aproximación de sistema cuántico de dos niveles y el formalismo matriz densidad. Las energías y las funciones de onda para un electrón en el CQD se obtuvieron solucionando la ecuación de Schrödinger independiente del tiempo. Los cálculos numéricos se efectúan para un CQD de GaAs/GaAlAs. Se encontró el aumento del confinamiento de los portadores de carga producido por el aumento del campo magnético y/o las dimensiones de la nanoestructura generan un corrimiento al azul en las energías de transición de los electrones. También se encontraron resonancias múltiples en la aproximación de sistema de dos niveles, asociadas con transiciones entre el estado excitado y el estado base y otras transiciones asociadas a cambios en los momentos dipolares permanentes.

Keywords: Generación de segundo armónico (SHG), punto cuántico cilíndrico, óptica no lineal.

1 Aspectos Teóricos

El sistema cuántico estudiado consiste de un electrón confinado en CQD de GaAs/Al- GaAs en presencia de un campo magnético uniforme \mathbf{B} orientado en la dirección axial del CQD. En el marco de la aproximación de masa efectiva el Hamiltoniano H_0 del sistema está dado por:

$$H_0 \equiv \frac{1}{2m^*} \left(\mathbf{P} - \frac{e}{c} \mathbf{A} \right)^2 + \dots + V_{\text{conf}}(\mathbf{r})$$

donde m^* es la masa efectiva, \mathbf{P} es el operador momento lineal, e es la carga fundamental, c es la velocidad de la luz en el vacío, \mathbf{A} es el vector potencial del campo magnético uniforme, el cual se puede escribir como $\mathbf{A}(\mathbf{r}) = 1/2 \mathbf{B} \times \mathbf{r}$ con $\mathbf{B} = B_z \hat{z}$ y en coordenadas cilíndricas se convierte en $A_\rho = A_z = 0, A_\phi = 1/2 B \rho$. $V_{\text{conf}}(\mathbf{r})$, es un potencial de confinamiento finito, el cual incluye potenciales parabólicos tanto en dirección radial como a lo largo de z y un término asimétrico en la coordenada z ; como se muestra a continuación:

$$V_{\text{conf}}(\mathbf{r}) = V_{\text{conf}}(\rho, \varphi, z) = V_\rho(\rho) + V_z(z). \quad (2)$$

Las expresiones para $V_\rho(\rho)$ y $V_z(z)$ son:

$$V_\rho(\rho) = \begin{cases} \frac{m^* \omega^2 \rho^2}{2} & \rho \leq R \\ V_0 & \rho > R \end{cases} \quad (3)$$

$$V_z(z) = \begin{cases} \frac{m^* \omega^2 z^2}{2} + \alpha \frac{m^* \omega^2 z^3}{2L} & |z| \leq \frac{L}{2} \\ V_0 & |z| \geq \frac{L}{2} \end{cases} \quad (4)$$

donde $\omega \sim \frac{\hbar^2}{\rho m^* R^2}$ y $\omega \sim \frac{\hbar z}{m^* L^2}$, con R y L el radio y la longitud del cilindro res-

pectivamente, V_0 es la altura de la barrera de potencial, que corresponde a la diferencia de las bandas de conducción del material (GaAs) y el material circundante ($\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$), el valor de V_0 depende de la concentración x de Al. α es un parámetro adimensional que indica la intensidad de la perturbación asimétrica. Usando el método de matriz de la densidad y el procedimiento iterativo descrito en las Refs. [5-8], se obtienen expresiones para las susceptibilidades de segundo orden que se indica a continuación [1-4]:

$$\chi^Z(\omega) = \frac{vM_{12}^2\delta_{12}\left(E_{21}^2\left(1 + \frac{T_1}{T_2}\right) + \left((\hbar\omega)^2 + \frac{\hbar}{\tau_2}\right)\left(\frac{T_1}{T_2} - 1\right)\right)}{30\left[E_{21} - \hbar\omega + i\frac{\hbar}{T_2}\right]\left[E_{21} + \hbar\omega + i\frac{\hbar}{T_2}\right]}, \quad (5)$$

$$\frac{v^{(2)}}{2\omega}(\omega) = \frac{\sigma_v\delta_{12}|M_{21}|^2}{s_0(E_{21} - \hbar\omega - i\hbar\Gamma_0)(E_{21} - 2\hbar\omega - i\hbar\Gamma_0)}, \quad (6)$$

donde σ_v es la densidad de electrones en el CQD, $E_{21} = E_2 - E_1$ es la energía de transición del estado Ψ_f al estado Ψ_i , $M_{ij} = |\langle\Psi_j|ez|\Psi_i\rangle|$ es el elemento de ma-

triz del momento dipolar eléctrico de transición (se ha considerado la polarización del campo óptico en la dirección Z), $\hbar\omega$ es la energía del fotón incidente, $\delta_{if} = |M_{ff} - M_{ii}|$, $\Gamma_0 = \frac{1}{\tau_2}$, con T_1 y T_2 los tiempos de relajación del

sistema longitudinal y transversal respectivamente

2 RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta sección, se presentan los resultados para la SHG y la THG producidos en un punto cuántico cilíndrico (CDQ) de AsGa / AsGaAl. Para realizar los cálculos se usaron los siguientes parámetros: masa efectiva del electrón $m^* = 0.067m_0$ (m_0 es la masa del electrón libre), $T_1 = 1\text{ps}$, $T_2 = 0.2\text{ps}$, $n_r = 3.2$, $\sigma_v = 5 \times 10^{24}\text{m}^{-3}$ y 40% de concentración de Al para el cual la barrera de potencial es $V_0 = 316\text{ meV}$ [7,8]

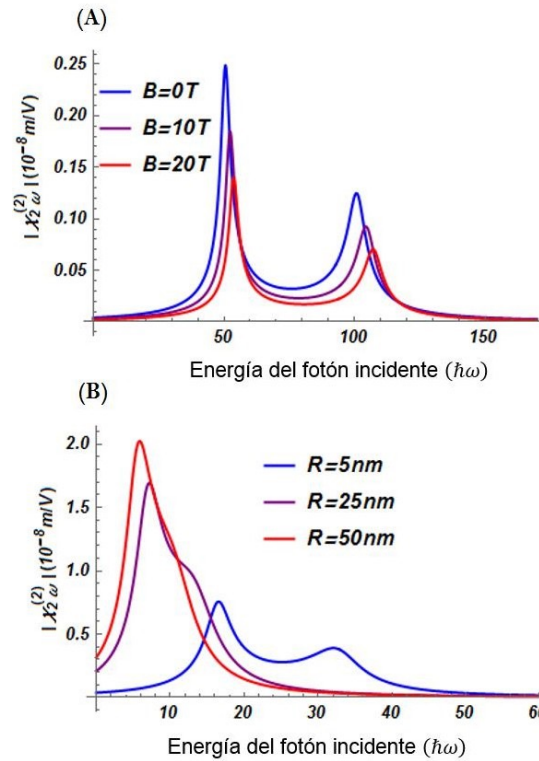


Figura 1: (A), SHG como una función de la energía del fotón incidente para tres valores del campo magnético, $B = 0 \text{ T}$ (curva azul), $B = 10 \text{ T}$ (curva morada), $B = 20 \text{ T}$ (curva roja) para un CQD con $R = 5 \text{ nm}$ y $L = 10 \text{ nm}$. (B) SHG como una función de la energía del fotón incidente para tres valores del radio del CQD, $R = 5 \text{ nm}$ (curva azul), $R = 25 \text{ nm}$ (curva morada), $R = 50 \text{ nm}$ (curva roja) para un CQD con $L = 10 \text{ nm}$.

La Figura. 1(A), muestra la SHG $X_{2\omega}^{(2)}$ como una función de la energía del fotón incidente para tres valores del campo magnético, $B = 0 \text{ T}$ (curva azul), $B = 10 \text{ T}$ (curva morada), $B = 20 \text{ T}$ (curva roja) para un CQD con $R = 5 \text{ nm}$ y $L = 10 \text{ nm}$. Se observa que los picos de resonancia para susceptibilidad de SHG se desplazan hacia el azul con el aumento del campo magnético, este comportamiento se debe a que la intensidad del campo magnético proporciona un término de confinamiento magnético parabólico adicional. Bajo este confinamiento magnético adicional, el valor de los niveles de energía en la sub-banda del CQD aumenta. La Fig. 1(B), muestra la SHG $X_{2\omega}^{(2)}$ como una función de la energía del fotón incidente para tres valores del radio del CQD, $R = 5 \text{ nm}$ (curva azul), $R = 25 \text{ nm}$ (curva morada), $R = 50 \text{ nm}$ (curva roja) para un CQD con $L = 10 \text{ nm}$. Se observa que el aumento del tamaño del CQD produce ancho del pico resonante sea más grande por lo cual solo se resuelve un solo pico resonante para la SHG, la razón física de este comportamiento es porque: una disminución del confinamiento de los electrones producida

por el aumento del tamaño del CQD, disminuye sus energías de transición y aumenta de las áreas extendidas en sus funciones de onda

3 CONCLUSIONES

En este artículo, se calcularon las energías y las correspondientes funciones de onda para el estado base y primer estado excitado de un electrón confinado en CQD de GaAs/Ga_{0.6}Al_{0.4}As en presencia de un campo magnético uniforme B orientado en la dirección axial del CQD. Se encontró que aún en la aproximación de sistema cuántico de dos niveles existen resonancias múltiples, con lo cual un sistema que presente algún tipo de asimetría puede producir SHG. También se encontró que el aumento del confinamiento geométrico y/o el confinamiento magnético

References

1. M.G. Kuzyk, K.D. Singer, and G.I. Stegeman, Adv Opt Photonics. 5, 4 (2013).
2. L. Tsang, D. Ahn, and S. Chuang, Appl Phys Lett. 52, 697 (1988).
3. M. Zaluzny, Acta Phys. Pol. A. 90, 1118 (1996).
4. M. Zal, Phys. Rev. B. 51, 9757 (1995).
5. A. A. Portacio, A.F. Jiménez, and M. Urango, Inf. Tecnol. 27, 285 (2016)
6. A. A. Portacio, Jimenez, and M. Urango, Rev. Mex. Fis. 62, 330 (2016).
7. A. A. Portacio, B.A. Rodríguez, and P. Villamil, Physica B: Condensed Matter, 511, 68 (2017).
8. A. A. Portacio, A.A., B.A. Rodríguez, and P. Villamil, Superlattices Microstruct. 113, 550 (2018).

Estados hidrogenoides de una impureza inmersa en un punto cuántico

Alfonso Andrés Portacio Lamadrid¹

¹ Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Villavicencio, Colombia ORCID=<https://orcid.org/0000-0002-5495-7102> aportacio@unillanos.edu.co

Resumen. Se estudia teóricamente los estados cuánticos de un punto cuántico cilíndrico (CDQ) de GaAs/Ga_{0.6}Al_{0.4}As con una impureza hidrogenoide en su interior y bajo la acción de un campo magnético uniforme, aplicado en la dirección axial del cilindro. Usando el método variacional se encontraron las energías y las funciones de onda de los estados de impureza, 1s – like, 2p– – like y 2p+ –like, cuando ella se mueve dentro del CQD. Se encontró que existe degeneramiento en la energía de la impureza para los estados 2p– – like y 2p+ –like en ausencia de campo magnético. Este degeneramiento se rompe solo al aplicar un campo magnético, indicando un efecto Zeeman en el sistema, así la variación de la intensidad del campo magnético permite sintonizar la condición resonancia de dos fotones.

43

Keywords: Punto cuántico, impureza hidrogenoide, campo magnético.

1 Aspectos Teóricos

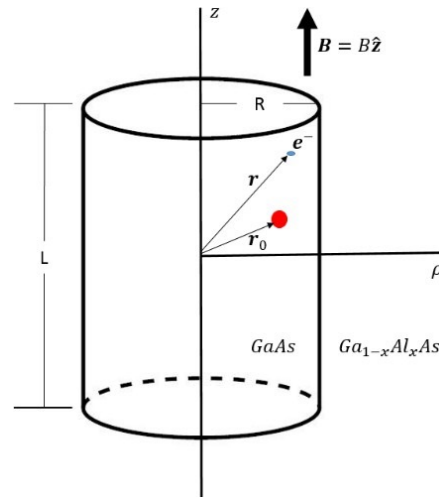
El sistema estudiado consiste de una impureza hidrogenoide confinada en un CQD en presencia de un campo magnético uniforme \mathbf{B} orientado en la dirección axial del CQD (Fig. 1). En el marco de la aproximación de masa efectiva y de un procedimiento variacional, el Hamiltoniano \hat{H}_0 de la impureza hidrogenoide se escribe como [1, 2]:

$$\hat{H}_0 = \frac{1}{2m^*} \left(\hat{\mathbf{P}} - \frac{\hat{e}}{c} \hat{\mathbf{A}} \right)^2 - \frac{\rho^2}{s|\mathbf{r} - \mathbf{r}_0|} + V_{\text{conf}}(\mathbf{r}), \quad (1)$$

donde $|\mathbf{r} - \mathbf{r}_0| = \sqrt{(\rho - \rho_0)^2 + (z - z_0)^2}$, \mathbf{r}_0 es la posición de la impureza medida desde

el centro de CQD, ϵ es la permitividad dieléctrica de la nano-estructura, m^* es la masa efectiva del electrón, \mathbf{P} es el operador momento canónico, e es la carga del electrón, c es la velocidad de la luz en el vacío, \mathbf{A} es el vector potencial del campo magnético uniforme, el cual se puede escribir como $\mathbf{A}(\mathbf{r}) = \frac{1}{2} \mathbf{B} \times \mathbf{r}$ con $\mathbf{B} = B\hat{z}$ y que en coordenadas cilíndricas se expresa como: $A_\rho = Az = 0$, $A_\varphi = 2B\rho$, $V_{\text{conf}}(\mathbf{r})$ es un potencial de confinamiento finito definido como sigue:

Fig. 1. Schematic representation of the cylindrical quantum dot under study.



$$V_{conf}(\mathbf{r}) = V_{conf}(\rho, \varphi, z) = V\rho(\rho) + Vz(z). \quad (2)$$

Las expresiones para $V\rho(\rho)$ y $Vz(z)$ son:

$$V\rho(\rho) = \begin{cases} V_0 \left(\frac{\rho}{R}\right)^2, & \rho \leq R \\ V_0, & \rho > R \end{cases} \quad (3)$$

$$Vz(z) = \begin{cases} 0, & |z| \leq \frac{L}{2} \\ V_0, & |z| \geq \frac{L}{2} \end{cases} \quad (4)$$

R y L son el radio y la longitud del cilindro, respectivamente, V_0 es la altura de la barrera de potencial, que corresponde a la diferencia de las bandas de conducción del material ($GaAs$) y el material circundante ($Ga_{1-x}Al_xAs$), el valor de eV_0 depende de la concentración x de Al .

Referencias

1. Portacio, A. A., Rodríguez, B. A., and Villamil, P. (2017). Non-linear optical response of an impurity in a cylindrical quantum dot under the action of a magnetic field. *Physica B: Condensed Matter*, 511, 68-73.
2. Villamil, P. (2010). Donor in cylindrical quantum well wire under the action of an applied magnetic field. *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, 42(9), 2436- 2440.

Estudio de estrategias de química verde para la síntesis de 3-aminooxindoles con potencial farmacológico

Santiago León Guerrero¹, Maria Paula Martinez Duque¹ y Edwar Cortés González¹

^{1,1,1} Universidad del Tolima, Ibagué, Tolima, Colombia.

46

Resumen. El cáncer y las enfermedades neurodegenerativas afectan gravemente la población, siendo una principal problemática para el país. Los compuestos heterocíclicos, como la isatina y sus derivados, son esenciales en la química medicinal por sus diversas propiedades farmacológicas. El uso de estos compuestos heterocíclicos y otros tratamientos actuales empleados para mitigar esta problemática no es suficiente, lo que invita a continuar con el descubrimiento de sustancias prometedoras. Por lo tanto, este estudio plantea la síntesis, caracterización y el análisis de las propiedades biológicas de los oxindoles derivados de isatina, mediante métodos tradicionales y sostenibles, buscando rutas más ecológicas y eficientes. El proceso sintético de un derivado de isatina se llevó a cabo a través de calentamiento convencional, microondas y ultrasonido. Una vez obtenido el producto, se caracterizará mediante TLC y medidas de punto de fusión, mediante técnicas espectroscópicas como ATR-IR, UV-Vis y espectrometría de masas, y se evaluarán sus propiedades antioxidantes y ADMET in-silico e in vivo. La reacción de condensación condujo a la formación de un sólido amarillo con un rendimiento del 29% por calentamiento convencional y 44% mediante microondas. Las medidas de caracterización corroboraron la pureza del producto obtenido y se demostró que el producto cumple con los requerimientos de las propiedades ADMET.

Palabras clave: Antioxidante, isatina, síntesis verde, propiedades ADMET.

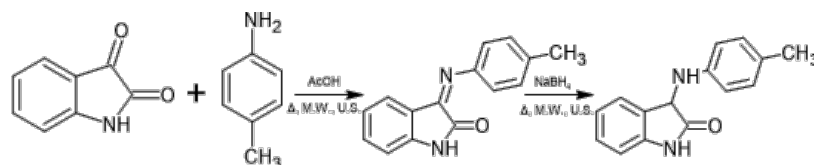
Introducción

La isatina es un compuesto que se usa como materia prima en la síntesis de fármacos y compuestos heterocíclicos, y ha demostrado tener notables propiedades antioxidantes, como una gran capacidad de secuestrar y neutralizar diferentes tipos de radicales libres, incluyendo radicales superóxidos, hidroxilo y DPPH [1]. Además, se ha evidenciado la capacidad de inhibir la peroxidación lipídica, protegiendo a las células del daño oxidativo [2]. Estas características antioxidantes hacen de la isatina una molécula de gran interés para su posible aplicación en la prevención y tratamiento de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo, como enfermedades neurodegenerativas, diabetes y cáncer. La presencia de diversos centros de reacción en la estructura de la isatina permite la síntesis de una gran cantidad de derivados, lo que amplía aún más su versatilidad y potencial aplicación [3]. Muchas metodologías sintéticas empleadas provocan la generación de subproductos, el uso de solventes y alto consumo energético, lo que ha llevado al desarrollo de métodos de síntesis alternativos y amigables con el medio ambiente, como las reacciones asistidas por irradiación de microondas y ultrasonido. Tomando en cuenta los antecedentes, se plantea el estudio comparativo de la síntesis de bases 3-aminoxindoles de la isatina por el método tradicional y la mediada por ultrasonido y microondas, mediante reacciones de condensación de isatina con anilinas p-sustituidas catalizadas en medio ácido para formar su imina correspondiente, que luego se reducirán a una amina secundaria, estos compuestos objetivo serán caracterizados por métodos espectroscópicos y evaluados por sus propiedades ADMET (absorción, distribución, metabolismo, excreción y toxicidad) y capacidad antioxidante por la técnica DPPH, con el fin de proponerlos como potenciales candidatos anticancerígenos.

47

1 Metodología

Esquema 1. Reacción propuesta para la obtención de 3-aminoxindoles.



Teniendo en cuenta la estrategia sintética mostrada en el esquema 1, se llevó a cabo la reacción de condensación en cantidades equimolares entre la isatina y la p-toluidina adicionando 3 gotas de ácido acético y 5 ml etanol como medio homogeneizante mediante el método convencional de calentamiento en un primer ensayo. El progreso de la reacción se monitoreó por cromatografía de capa delgada hasta agotar los reactivos (4 hrs). Luego, el precipitado formado se filtró y se lavó con etanol-agua, se dejó secar a 100°C, obteniendo un sólido de color amarillo brillante. A su vez, se realizó una evaluación de sus propiedades ADMET mediante los programas ProTox II, SwissADME, DataWarrior, PassOnline, Osiris Property Explorer y Molinspiration. Esta reacción también se realizará en microondas durante 8 minutos, y en ultrasonido para determinar el proceso más eficiente y sostenible. Posteriormente, esta imina será tratada con borohidruro de sodio en metanol, usando el ultrasonido para obtener la amina secundaria. Todos los productos serán caracterizados a través de técnicas analíticas, tales como: espectroscopia Infrarrojo, UV-vis y espectrometría de masas.

Resultados

Fig. 1. Producto obtenido



48

Fig. 2. TLC, 6:4 Hexano/Acetato donde a: es la isatina, b: p-toluidina y c: el producto



Fig. 3. Análisis in-sílico de la biodisponibilidad oral del producto realizado en SwissADME. La zona roja indica el espacio fisicoquímico ideal para la biodisponibilidad oral.

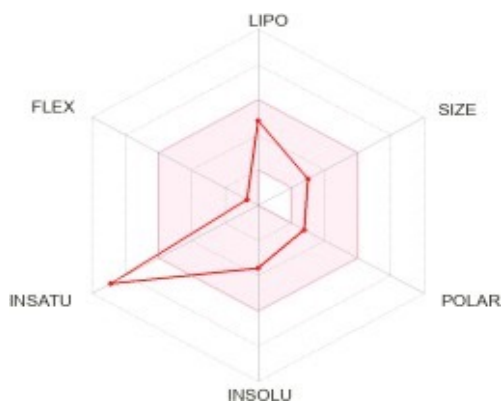


Fig. 4. Espectro de IR-ATR.

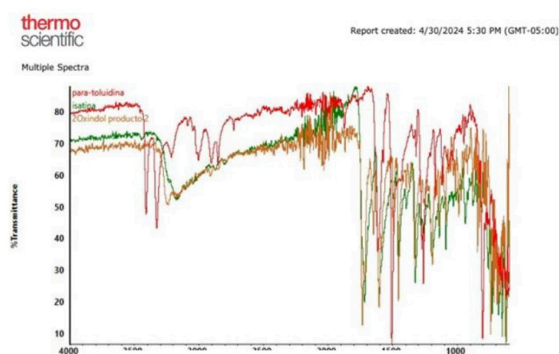


Tabla 1. Simulación de probabilidades de actividad e inactividad de principales actividades biológicas.

Actividad biológica	P_a	P_i
Inh. de la glutamil endopeptidasa II	0.878	0.004
Inh. de linoleato diol sintasa	0.877	0.004
Inh. de Venombina AB	0.851	0.004
Inh. de Ubiquinol-citocromo c reductasa	0.860	0.014
Analéptico cardiovascular	0.849	0.004

Fig. 6. Análisis in-sílico de posibles clases de proteínas diana respecto al producto evaluando un top 15 de proteínas (realizado en Swis- sADME).

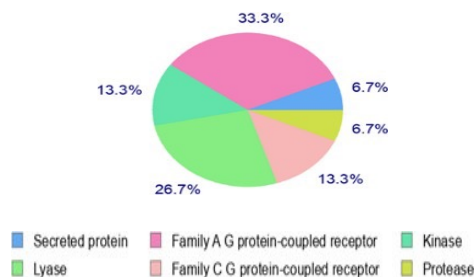
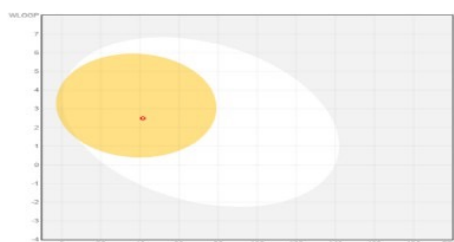


Fig. 5. Simulación del modelo de ab- sorción del huevo hervido (Realizado en SwissADME).



La síntesis dio como resultado un producto sólido, amarillo, que se observa en la figura 1. A través de calentamiento convencional, se obtuvo un porcentaje de rendimiento de 29%, y con el microondas 44%, con una reducción considerable del tiempo, pasando de 18 horas a 8 minutos. La cromatografía en capa delgada realizada (ver figura 2), indica que se completó la reacción y se obtuvo el compuesto puro, ya que los reactivos y los productos tienen factores de retención diferentes, significa que tienen propiedades distintas y, por lo tanto, se separarán en la placa [5]. Así mismo, se obtuvo el compuesto esperado porque en la figura 4 el espectrograma de IR-ATR, se evidencia la absorción del nuevo enlace $-C=N$ en 1600cm^{-1} , y la desaparición de los grupos amino y carbonilo en 3400 y 1750cm^{-1} respectivamente [6].

Se ha realizado el estudio in-sílico farmacocinético de las propiedades AD-MET me- diante el software SwissADME con el cual se ha obtenido la figura 3, que indica el grado de insaturaciones que contiene las moléculas, cierta lipofilidad, y que encaja dentro del grado de los parámetros de Lipinski.

La figura 5, simula el modelo de huevo hervido, en este caso, la gráfica indica que la base de Schiff es un excelente candidato para acceder a la barrera he- matoencefálica para tratar condiciones relacionadas a esta.

La figura 6 presenta las clases de posibles proteínas dianas para la base de schiff, siendo las más probables las proteínas membranales, las kinasas y las liasas.

La tabla 1 muestra los datos de simulación de probabilidades de actividad (Pa) o inactividad (Pi) siendo las principales propiedades bioactivas están relacionadas a la actividad antihipertensiva (ruta renina-angiotensina), alteración de la ruta del metabolismo del ácido linoleico, inhibidor de una enzima del veneno de la víbora del Gabón, inhibición que afecta la síntesis de energía en las células, y Estimulación y restablecimiento de la actividad normal del sistema cardiovascular y respiratorio, respectivamente.

Conclusión

El mejor método sintético se realiza utilizando el microondas por su disminución de tiempo, solventes y porcentaje de rendimiento. La placa de TLC y el espectro de ATR-IR comprueban la pureza del producto obtenido. Computacionalmente se confirma que el producto cumple con todos los requisitos de propiedades ADMET, biodisponibilidad y accesibilidad sintética, se encontraron diversas propiedades bioactivas con alto Pa, y también clases de posibles proteínas diana. Esta investigación puede incentivar el estudio de compuestos heterocíclicos con gran potencial farmacológico, así como futuras pruebas preclínicas para evaluar las propiedades biológicas de los compuestos obtenidos.

Referencias

1. El Sadek M. M., Abd El-Dayem N. S., Hassan S. Y., Mostafa M. A., and Yacout G. A.: Antioxidant and antitumor activities of new synthesized aromatic C-nucleoside derivatives. *Molecules*, vol. 19, no. 4, pp. 5163-5190, (2014).
2. Premanathan M., et al.: Antioxidant & anticancer activities of isatin (1H-indole-2,3-dione), isolated from the flowers of *Couroupita guianensis* Aubl. *The Indian Journal of Medical Research*, vol. 136, no. 5, pp. 822-826. (2012).
3. Hernandez M. C. G.: Síntesis y propiedades de nuevos polímeros basados en la isatina y sus derivados. Presented at the Congreso de Polímeros, México, D. F., pp. 3-9. (2010).
4. Mandal B.: Alternate Energy Sources for Sustainable Organic Synthesis. *ChemistrySelect*, vol. 4, no. 28, pp. 8301-8310, doi: 10.1002/

- slct.201901653 (2019).
5. Harris, D. C., y Bahvnani, B. A.: Análisis químico cuantitativo (9a ed.). Cengage Learning. (2021).
 6. Silverstein, R. M., Webster, F. X., Kiemle, D. J., y Bryce, D. L.: Spectrometric identification of organic compounds (8th ed.). John Wiley & Sons. (2018).

Análisis preliminar de la diversidad de mamíferos de un área rural del piedemonte llanero colombiano

Geraldine Quevedo¹[0009-0000-6606-6027], Lilia Ladino²[0000-0003-1197-0494] y Francisco Sán-chez¹[0000-0001-8826-5692]

¹ Grupo de Investigación ECOTONOS, Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad de los Llanos, sede Barcelona, km 12 vía Puerto López, Villavicencio, Colombia.

*geraldine.quevedo@unillanos.edu.co

² Grupo de Investigación SISTEMAS DINÁMICOS, Departamento de Matemáticas y Física, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad de los Llanos, sede Barcelona, km 12 vía Puerto López, Villavicencio, Colombia.

Resumen. En el Neotrópico, la implementación de estrategias de manejo y conservación efectivas en áreas rurales pueden permitir altos niveles de biodiversidad. La información sobre las comunidades bióticas que persisten en ambientes rurales es necesaria para planear dichas estrategias. Por ello estudiamos la co- munidad de mamíferos no voladores en fragmentos de bosque en un área del piedemonte llanero; un área considerada rica en biodiversidad, pero que ha su- frido profundas transformaciones, principalmente debido a las activida- des rura- les. Utilizamos cámaras trampa por casi dos años para contestar las siguientes preguntas: ¿qué especies están presentes?, ¿cuál es la frecuencia de las especies observadas? y ¿cuál es la diversidad en el área de estudio? Encontramos 20 especies de siete órdenes y 15 familias. En comparación con otros sitios de la Orinoquia, la diversidad observada fue alta. La especie más frecuente fue el venado *Odocoileus virginianus*. Nuestros resultados resaltan el valor de los remanentes de los fragmentos de bosque en áreas rurales y llaman la atención sobre la nece- sidad alternativas creativas para lograr la coexistencia entre la vida silvestre y los humanos en estos ambientes.

Keywords: remanentes de bosque, ecología rural, Orinoquia, sistemas productivos.

1 Introducción

En general, los paisajes rurales del neotrópico incluyen diferentes sistemas productivos que pueden estar mezclados con ecosistemas naturales, o similares a ellos, y si son efectivamente manejados, pueden ayudar a la conservación de la biodiversidad [1]. Las coberturas arbóreas en esos paisajes pueden mejorar la conectividad ecológica, así como la disponibilidad de hábitat para especies nativas ayudando a la conservación de la biodiversidad [2, 3]. En Colombia, el piedemonte llanero, donde los Andes y la Orinoquia se unen, es fundamental para la producción de alimentos y enfrenta profundos cambios, pues sus ecosistemas naturales han sido transformados principalmente en pastizales para ganadería extensiva y diferentes monocultivos para propósitos agroindustriales [4]. El piedemonte llanero es rico en biodiversidad gracias a la presencia de elementos de la montaña y de los ecosistemas de tierras bajas [5]. Sin embargo, los bosques de la región están actualmente amenazados debido a la expansión de la ruralidad y/o la expansión urbana [6]. Adicionalmente, hay información limitada sobre los grupos animales del piedemonte llanero, tales como los mamíferos no voladores que persisten en este contexto, dificultando la planeación de estrategias de conservación. Por lo tanto, estudiamos la comunidad de mamíferos de remanentes de bosque en un área rural del piedemonte llanero y a menos de 20 km de una ciudad. En particular, propusimos contestar las siguientes preguntas: ¿qué especies están presentes?, ¿cuál es la frecuencia de las especies observadas? y ¿cuál es la diversidad en el área de estudio?

54

2 Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

Hicimos el estudio en el Centro de Investigaciones La Libertad de Agrosavia; municipio de Villavicencio, departamento del Meta, Colombia; 336 msnm. El clima es cálido y húmedo, con una precipitación anual promedio de 2700 mm y una temperatura del aire promedio de 27°C [7]. La estación seca ocurre entre diciembre y marzo, mientras que estación lluviosa se da entre abril y noviembre. El Centro es un mosaico de ambientes que incluye áreas

construidas y vías, cultivos experimentales, pastizales y bosques de remanentes. Muestreamos los bosques más grandes del sitio: 110,15 ha y 175,70 ha, respectivamente.

2.2 Muestreo y análisis de datos

Ubicamos 12 cámaras trampa Bushnell core DS 4K, 6 en cada remanente de bosque, sin cebos, durante 700 noches entre mayo de 2022 y marzo de 2024. Las cámaras estuvieron activas 24 h al día y se programaron para grabar videos de 15 s, con 1 s entre videos. Revisamos las cámaras cada 15 días para verificar que estuvieron operativas y para descargar videos. Identificamos a los mamíferos con base en la experiencia de campo de los investigadores y la literatura disponible [e.g., 8].

Calculamos la tasa de captura mensual de cada especie como el número de registros independientes dividido por el esfuerzo de muestreo. El esfuerzo de muestreo corresponde al número total de cámaras multiplicado por el número de noches que estuvieron operacionales [9]. Usamos los números de Hill, q_0 , q_1 y q_2 , para estimar la diversidad de mamíferos utilizando iNEXT [10]. q_0 mide la riqueza de especies independiente de su abundancia relativa, q_1 mide el número efectivo de especies comunes, mientras q_2 da una medida del número efectivo de especies dominantes. También usamos iNext para estimar la completitud del muestreo con base en el número independiente de registros.

3 Resultados

55

Registramos 20 especies de mamíferos de siete órdenes y 15 familias. Rodentia y Carnivora fueron los órdenes con el mayor número de especies, con cinco y cuatro especies, respectivamente. Didelphimorphia y Primates tuvieron tres especies, Cingulata y Pilosa tuvieron dos especies, mientras que Artiodactyla tuvo una especie. Odocoileus virginianus, que tuvo la mayor tasa de captura $89.6 \text{ registros} \times (\text{trampas} \times \text{noche})^{-1}$. Cuniculus paca, Didelphis marsupialis, Saimiri cassiquiarensis, Myrmecophaga tridactyla y Dasypus novemcinctus tuvieron tasas de captura superiores a $25 \text{ registros} \times (\text{trampas} \times \text{noche})^{-1}$. Herpailurus yagouaroundi, Caluromys lanatus, Alouatta seniculus, Cerdocyon thous y Philander canus tuvieron las menores tasas de captura.

El análisis de completitud sugiere que el muestreo es satisfactorio y no fueron excluidas especies del mismo. En consecuencia, para todos los números de Hill se alcanzó una nivelación de las líneas indicando que el muestreo fue suficiente para una estimación robusta.

4 Conclusiones

Obtuvimos un muestreo completo de mamíferos no voladores presentes a nivel del suelo en bosques de un área rural del piedemonte llanero. Las comparaciones con estudios de otras áreas de la Orinoquia colombiana indica una alta diversidad de mamíferos en el área de estudio a pesar del contexto rural y la proximidad a una ciudad. En contraste a lo que se podría esperar, las especies más pequeñas encontradas no fueron las más comunes. Resaltamos la presencia de mamíferos de más de 10 kg, incluyendo el venado *O. virginianus* que logró las mayores tasas de captura. También encontramos cuatro especies de carnívoros e incluso especies amenazadas. Nuestros resultados demuestran el valor de los remanentes de bosque en áreas rurales para la conservación de la biodiversidad. Dado el contexto, habrá que buscar alternativas creativas para lograr la coexistencia de la vida silvestre con los humanos en este tipo de ambientes rurales.

Referencias

1. Harvey, C.A., González-Villalobos, J.A.: Agroforestry systems conserve species-rich but modified assemblages of tropical birds and bats. *Biodiversity and Conservation* 16, 2257-2292 (2007).
2. Harvey, C.A., Komar, O., Chazdon, R., Ferguson, B.G., Finegan, B., Griffith, D.M., Martínez-Ramos, M., Morales, H., Nigh, R., Soto-Pinto, L., van Breugel, M., Wishnie, M.: Integrating agricultural landscapes with biodiversity conservation in the Mesoamerican hotspot. *Conservation Biology* 22, 8-15 (2008).
3. Harvey, C.A., Villanueva, C., Villacís, J., Chacón, M., Muñoz, D., López, M., Ibrahim, M., Gómez, R., Taylor, R., Martínez, J., Navas, A., Saenz, J., Sánchez, D., Medina, A., Vilchez, S., Hernández, B., Perez, A., Ruiz, F., López, F., Lang, I., Sinclair, F.L.: Contribution of live fences to the ecological integrity of agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 111, 200-230 (2005).
4. Andrade-Pérez, G., Avella Rodríguez, C., Baptiste-Ballera, B., Bustamante Zamudio, C., Chaves, M., Corzo, G., Trujillo, M.: Transiciones socioecológicas hacia la sostenibilidad: gestión de la biodiversidad en los procesos de cambio de uso de la tierra en el territorio colombiano. Primera aproximación, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia, (2019).
5. Bustamante, C.: Gran Libro de la Orinoquia Colombiana, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Bogotá D.C., (2019).

6. Etter, A., Andrade, A., Saavedra, K., Amaya, P., Arevalo, P., Cortes, J., Pacheco, C., Soler, D., Lista roja de ecosistemas de Colombia (Vers. 2.0), Pontificia Universidad Javeriana - Conservación Internacional Colombia, https://iucnrlc.org/static/media/uploads/references/published-assessments/Brochures/brochure_lre_colombia_v_2.0.pdf, 2017, pp. 1-6.
7. Rodríguez-Quijano, P.: La Libertad : ciencia y tecnología agropecuaria entre el cielo y la llanura. *Innovación y Cambio Tecnológico (Colombia)* 1, 44-47 (2000).
8. Alfonso, A., Sánchez, F.: Mamíferos no voladores en un campus universitario de la Orinoquia colombiana. *Mammalogy Notes* 5, 29-39 (2019).
9. O'Brien, T.: Abundance, density and relative abundance: a conceptual framework. in: A.F. O'Connell, J.D. Nichols, K.U. Karanth (Eds.), *Camera traps in animal ecology: methods and analyses*, pp. 71-96. Springer, Heidelberg, (2011).
10. Hsieh, T.C., Ma, K.H., Chao, A.: iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution* 7, 1451-1456 (2016).

Estrategia Computacional una apuesta para reducir las tasas de deserción Universitaria en FCBI Unillanos.

Sara Cristina Guerrero¹[0000-0002-9777-2706] Carlos Andrés Marles Ávila²[0009-0008-4354-9243] Beatriz Rojas García³[1111-2222-3333-4444]

¹ Universidad de los Llanos, Colombia sguerrero@unillanos.edu.co ² Universidad de los Llanos, Colombia carlos.marles@unillanos.edu.co ³ Universidad de los Llanos, Colombia brojasg@unillanos.edu.com

58

Resumen: La deserción universitaria es un problema que afecta a muchas instituciones de educación superior, la literatura muestra que aproximadamente el 50% de los jóvenes a nivel latinoamericano no logran finalizar sus estudios Universitarios, donde la mayoría abandona el ciclo de formación emprendido en los primeros semestres. En el marco del proyecto institucional titulado "Caracterización de la deserción en los programas de la Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería" es prioritario que este tipo de estudios se proyecten a plantear o evidenciar las estrategias que contribuyen a contrarrestar los factores que la producen y así disminuir las altas tasas de abandono. Particularmente, se presenta el software matemático Unillanos-Math, el cual es una herramienta computacional que ayuda a los estudiantes a reforzar sus conocimientos matemáticos de manera autónoma, diagnostica tempranamente el nivel en las competencias matemáticas de los estudiantes admitidos a primer semestre. Esto facilita la identificación de áreas problemáticas y la implementación de acciones tempranas dirigidas a mejorar el rendimiento académico y aumentar la permanencia.

El desarrollo de Unillanos-Math se basó en un enfoque cuantitativo descriptivo y en la metodología propuesta por el PMI (Project Management Institute). En la fase inicial, se identificaron los contenidos en función de las temáticas de mayor dificultad, que luego fueron validadas por expertos y estudiantes. Se diseñaron los algoritmos numéricos necesarios para la generación aleatoria de preguntas y exámenes, y se desarrolló la herramienta bajo una arquitectura

cliente-servidor. Finalmente, la validación y la implementación del software con los estudiantes de primer ingreso a los programas de la Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería de Unillanos tuvo un alto grado de aceptación. Consideran que es una estrategia didáctica que apoya a los jóvenes a diagnosticar las competencias que tienen en matemáticas, su uso puede mejorar los niveles de formación que requiere el joven al iniciar el ciclo universitario.

Palabras Clave: Deserción universitaria, Educación superior, Software educativo, Estrategia de aprendizaje.

Abstract: University dropout is a problem that affects many higher education institutions. The literature shows that approximately 50% of young people across Latin America do not complete their university studies, with most of them abandoning their educational journey within the first semesters. Within the framework of the institutional project titled 'Characterization of Dropout Rates in the Programs of the Faculty of Basic Sciences and Engineering,' it is essential that such studies aim to propose or highlight strategies that help counteract the factors causing dropout, thereby reducing the high dropout rates. In particular, the Unillanos-Math software is presented as a computational tool that helps students independently strengthen their mathematical knowledge, providing early diagnosis of the mathematical competencies of students admitted to the first semester. This facilitates the identification of problem areas and the implementation of early actions aimed at improving academic performance and increasing retention.

The development of Unillanos-Math was based on a descriptive quantitative approach and the methodology proposed by the Project Management Institute (PMI). In the initial phase, the content was identified according to the topics of greatest difficulty, which were then validated by experts and students. The necessary numerical algorithms were designed for the random generation of questions and exams, and the tool was developed under a client-server architecture. Finally, the validation and implementation of the software with first-year students in the Faculty of Basic Sciences and Engineering at Unillanos received a high level of acceptance. They consider it a didactic strategy that helps young people diagnose their competencies in mathematics, and its use can improve the training levels required when starting the university cycle

Keywords: University dropout, Higher education, Educational software, Learning strategy

1 Introducción

La deserción universitaria en Colombia es una problemática que afecta a cada una de las instituciones de educación superior (IES), tasas que comúnmente las emplea la OCDE para argumentar sobre el éxito universitario [1]. La información reportada por el MEN en la plataforma de SPADIES evidencia que a nivel nacional las tasas de abandono por cohorte en el sistema para el primer semestre y año en el 2016 en promedio es del 9.61% y 14.9%, en las IES 16.3% y 23.9%, en los programas a nivel nacional fue del 18% y 26% respectivamente. Para el 2021 en el Sistema al primer semestre 11.09% y al año el 16.7%, en las IES el 16.4% y 24%, en los programas el 17% y 25.78%. Aspecto que impacta la capacitación del personal humano y el desarrollo de las regiones [2], ya que el joven se desvincula del sistema, se enfrenta al mercado laboral, y en la mayoría de los casos termina recibiendo una baja remuneración o simplemente terminan aumentando las tasas de desempleo en las regiones [3].

La realidad muestra que los estudiantes no logran permanecer en las universidades a lo largo del tiempo. Los causales son diversos la literatura identifica factores individuales, sociales, económicos, el desconocimiento del programa al que ingresan y los requisitos que demanda la carrera[1] o la integración académica porque las competencias en las áreas básicas no están al nivel de exigencia que demanda el ciclo de formación[4]. En este escenario, el objetivo de este trabajo es presentar una estrategia que contribuya apoyar a los jóvenes de nuevo ingreso a los programas de la FCBI en el área de matemáticas, a partir de software matemático donde los estudiantes pueden diagnosticar y afianzar las competencias en esta área.

60

2. METODOLOGÍA

El desarrollo se soporta en un enfoque cuantitativo descriptivo y en la metodología propuesta por el PMI (Project Management Institute), ya que describe los procesos que involucran la administración del proyecto. Se seguirán las fases definidas en el PMBOK (Project Management Body of Knowledge) [5]. La fase inicial partió del diseño de los contenidos en función de las temáticas de mayor dificultad, luego se validaron con expertos y estudiantes. Se plantearon los algoritmos numéricos respectivos para la generación aleatoria de preguntas y exámenes. Posteriormente, se diseñó y desarrolló la herramienta computacional, bajo la arquitectura cliente servidor. Finalmente se validó y

evaluó el desempeño del software con los estudiantes de primer ingreso a los programas de FCBI de Unillanos.

3. RESULTADOS

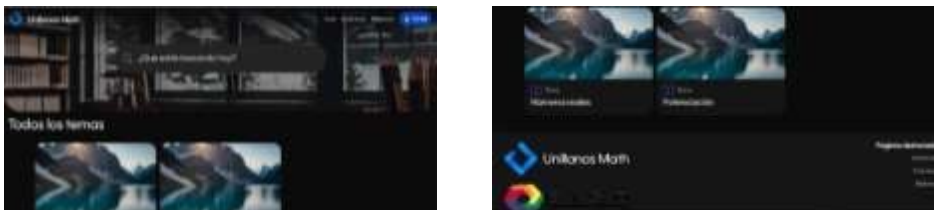
El desarrollo del software se fundamentó en la arquitectura cliente-servidor, adoptando una arquitectura hexagonal para optimizar la modularidad y la independencia de componentes. Esta elección arquitectónica facilitó una clara separación de responsabilidades entre las distintas capas de la aplicación, promoviendo así una mayor adaptabilidad, escalabilidad y facilidad de mantenimiento. En este contexto, se implementaron módulos esenciales como el de Biblioteca, que permite la gestión eficiente y el acceso organizado a recursos académicos, y el de Exámenes, diseñado para la creación, administración y evaluación de pruebas de forma sincrónica, ofreciendo retroalimentación inmediata sobre errores y dificultades. Además, en Java se programó la generación aleatoria de preguntas matemáticas.

Se realizó el proceso de validación con estudiantes del programa de Ingeniería de Sistemas, se corrigieron los errores, se hicieron los ajustes necesarios para que el software garantizara su funcionamiento, y usabilidad por parte de estudiantes, docentes y administradores.

El despliegue y usabilidad de software tuvo un alto grado de aceptación por parte de los estudiantes, al tiempo que hubo el reconocimiento de ser un elemento innovador, didáctico, con una interfaz amigable (Fig. 1) que permite conocer en tiempo real el desempeño y los errores cometidos por los discentes y de acuerdo a lo propuesto por Bernardo et al. [6] para la universidad puede ser una estrategia de autorregulación, autoaprendizaje y autoevaluación que contribuya a aumentar el éxito universitario al poder hacer uso de los recursos multimediales dispuestos en la biblioteca y los exámenes.

61

Fig. 1. Interfaz software matemático Unillanos Math.



4. Conclusiones

Estudiar la deserción universitaria es un aspecto de constante preocupación en el ámbito académico investigativo, estos deben trascender de realizar la caracterización de la población de estudiantes, a la propuesta o visualización de estrategias encaminadas a mitigar las altas tasas de abandono. La propuesta de la estrategia computacional Unillanos Math, proyecta ser un elemento que contribuya a la Universidad a diagnosticar y evaluar a los estudiantes en el primer semestre, generar procesos de autoevaluación y autorreconocimiento de los niveles de formación realmente que tienen.

Referencias

- [1] C. Aina, E. Baici, G. Casalone, y F. Pastore, «The determinants of university dropout: A review of the socio-economic literature», *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 79, p. 101102, feb. 2022, doi: 10.1016/j.seps.2021.101102.
- [2] S. C. Guerrero y R. L. Espejo, «Deserción universitaria: estudio comparativo entre Colombia y España desde la perspectiva de género», *Formación universitaria*, vol. 17, n.o 2, pp. 101-112, abr. 2024, doi: 10.4067/s0718-50062024000200101.
- [3] S. C. Guerrero, «Deserción universitaria: Políticas y vivencias de docentes y estudiantes en una universidad colombiana (2010-2017)», Editorial UPTC. Accedido: 20 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://librosaccesoabierto.uptc.edu.co/index.php/editorial-uptc/catalog/view/293/265/6247>
- [4] B. M. Kehm, M. R. Larsen, y H. B. Sommersel, «Student dropout from universities in Europe: A review of empirical literature», sep. 2019, doi: 10.1556/063.9.2019.1.18.
- [5] Project Management Institute, Ed., *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*, 4th ed. Newtown Square, Pa: Project Management Institute, Inc, 2008.
- [6] A. B. Bernardo, C. Galve-González, J. C. Núñez, y L. S. Almeida, «A Path Model of University Dropout Predictors: The Role of Satisfaction, the Use of Self-Regulation Learning Strategies and Students' Engagement», *Sustainability*, vol. 14, n.o 3, Art. n.o 3, ene. 2022, doi: 10.3390/su14031057.

Desafíos de la extracción e identificación de microplásticos en suelos agrícolas: Fase 1

Leidy Chirley Gamboa Pinilla1[0000] y Sandra Cecilia Bautista Rodríguez2[0000-0002-9856-4706]

1 Estudiante de sexto semestre del programa de Biología, Semillero de Investigación Econciencia, Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Universidad Central, Bogotá, Colombia.

2 Doctora en Ingeniería, Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo, Ingeniera Química. Profesora Asociada, programa de Ingeniería Ambiental, Líder Semillero Econciencia, Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Universidad Central, Bogotá, Colombia.

Abstract. La presencia de microplásticos (MP) en suelos agrícolas es una amenaza para la calidad del suelo, la biodiversidad y potencialmente para la salud humana. Su detección y caracterización presentan desafíos, debido a la falta de herramientas analíticas adecuadas y la escasez de estudios sistemáticos, lo que genera vacíos en el conocimiento sobre sus efectos. Esta investigación, en su primera fase, tiene como objetivo verificar la presencia de MP en suelos agrícolas del municipio de Cachipay (Cundinamarca) y su relación con la calidad del suelo. La fase inicial se basa en una revisión sistemática de la literatura científica, enfocada en los métodos de detección de MP y en la identificación de capacidades tecnológicas en la Universidad Central. Se propone una metodología que incluye la extracción, tamizado, secado e identificación de microplásticos mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), además de definir el muestreo de suelos y los parámetros de calidad que serán evaluados. En la segunda fase, se realizará un análisis estadístico de la correlación entre las variables de calidad del suelo y la presencia de MP. Como resultado principal de la primera fase, se ha desarrollado una metodología completa que abarca desde la recolección y preparación de las muestras hasta la identificación de los microplásticos. Finalmente, se han identificado métodos clave para la extracción, identificación y cuantificación de MP en suelos agrícolas. Estos incluyen técnicas como el tamizado, la separación por densidad y la eliminación de materia orgánica, así como FTIR, espectroscopia Raman, y

microscopía electrónica (SEM y TEM). Esta investigación, pionera en Colombia, contribuye al desarrollo de conocimiento teórico y metodológico en un área crucial para la sostenibilidad de los agroecosistemas.

Keywords: Métodos analíticos; Espectroscopia; FTIR, Contaminantes emergentes.

1 Introducción

Los estudios revisados muestran una creciente preocupación por la contaminación de microplásticos (MP) en suelos, así como una variedad de métodos y técnicas utilizados para su detección, extracción, identificación y cuantificación. Sin embargo, también se destaca la necesidad de estandarizar protocolos analíticos y abordar las limitaciones y desafíos en la investigación de MP en suelos agrícolas. El impacto negativo de los microplásticos (0,1 a 100 μm) en el medio ambiente y la salud humana es un problema emergente que ha generado preocupación a nivel mundial, como se discute en diversas revisiones exhaustivas [1]. La presencia de MP en suelos agrícolas representa una amenaza para la calidad del suelo, la biodiversidad y potencialmente la salud humana [2]. Además, existe evidencia de la transferencia de MP a través de las cadenas alimentarias, con posibles impactos en la salud humana, ya que se han detectado MP en alimentos y suplementos como leche, miel, cerveza, mariscos, sal de mesa y agua potable [3], [4]. El consumo de alimentos contaminados con MP podría tener efectos adversos en la salud humana, tales como inflamación, toxicidad celular y alteraciones en el sistema digestivo [5]. En los suelos agrícolas, los MP también pueden provocar cambios en las propiedades fisicoquímicas, la fauna, la microbiota y la vegetación [6].

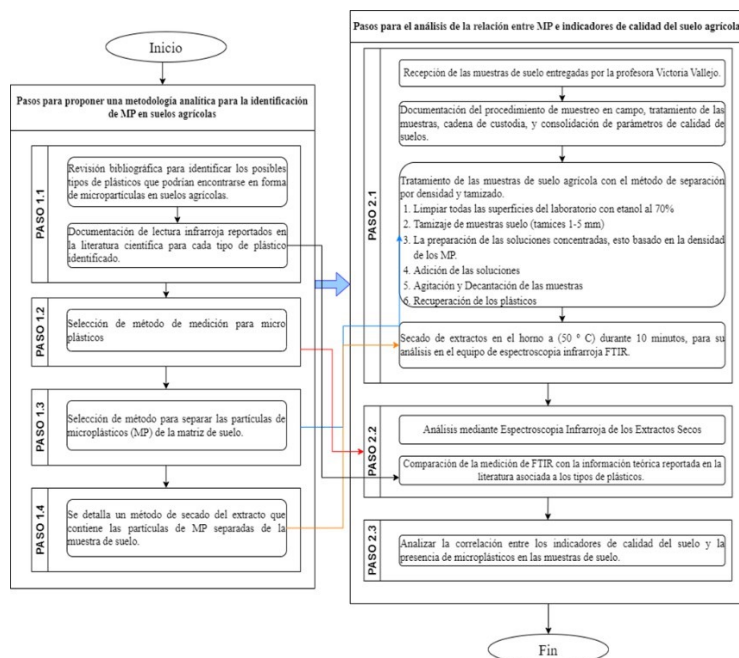
64

En cuanto a la medición de MP en suelos, [7] destaca la dificultad en su detección y caracterización, mientras que [8] subraya la falta de herramientas analíticas adecuadas para su detección. Asimismo, [9] señala que la falta de análisis sistemáticos de MP en suelos conlleva vacíos de conocimiento y comprensión sobre los efectos de este contaminante, tanto en la salud del suelo como en la salud humana.

2 Metodología

La investigación a desarrollar es tipo mixta, múltiple o integrativa, es un tipo de investigación donde se utiliza una metodología integra métodos cualitativos y cuantitativos en el mismo estudio [10], la síntesis de la metodología se presenta en la Figura 1.

Fig. 1. Propuesta metodológica



3 Resultados

Al realizar una revisión exploratoria en la base de datos Scopus, usando la expresión de búsqueda microplastic AND "soil contamination", se obtuvieron 68 documentos, en 2019, 1 documento, en 2020, 5; en 2021, 9 en 2022, 14; en 2023, 18 y en 2024, 21. Señalando lo reciente del interés de la comunidad científica en esta problemática. Se realizó un análisis de clúster usando el software VOSViewer, que analiza la relación entre palabras claves según su nivel de aparición en los documentos (título, resumen y palabras clave) y los vínculos entre palabras. De allí se generó la Figura 2-A, teniendo clúster de colores, el verde relaciona los polímeros, microplásticos y contaminación del suelo. El azul y rojo analizan relaciones entre medios afectados tanto bióticos como abióticos. Se resalta que el método más usado por los artículos es el FTIR (Fourier transformate infrared), como se observa en la Figura 2-B. Esta técnica se vincula con agricultura y ecosistemas como medios y plásticos como propileno polietileno y microplásticos como contaminantes del suelo. Como análisis transversal de los métodos y técnicas revisadas para la identificación de MP se resalta que, la elección del método óptimo dependerá de la naturaleza de la muestra y los recursos disponibles, que en este caso están acotados a los recursos de laboratorio de la FICB y el Clúster NBIC. Como síntesis del estado del arte se consolidan los métodos en la Tabla 1.

Figura 2-B Enfoque en método FTIR

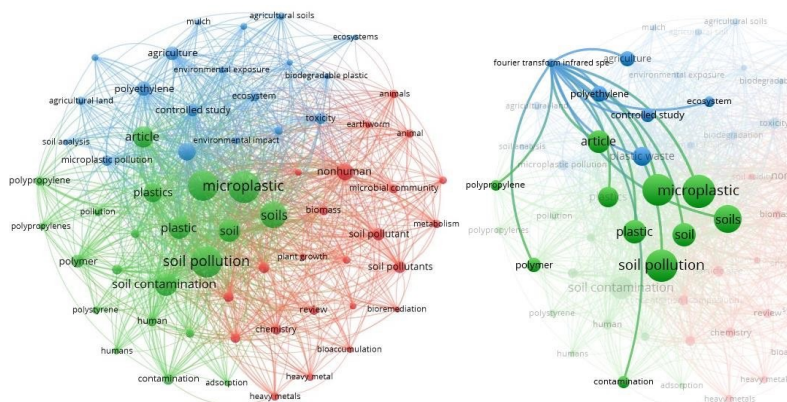


Tabla 1. Síntesis de métodos

Etapa	Métodos	Ventajas	Desventajas
Extracción	Tamizado Centrifugado	Permitir la clasificación preliminar de tamaños de plástico.	Podría verse obstaculizado por componentes adherentes del suelo; insuficiente para la eliminación de materia orgánica
	Separación por densidad	Preconcentración de plástico; simplificar la detección de plástico en análisis posteriores.	La clasificación podría no tener éxito
	Digestión alcalina/ácida oxidación y enzimática	Ácido: Adecuado para la digestión de materia orgánica en sedimentos y muestras biológicas.	Digestión de plástico (polietileno y polipropileno)
	Separación electrostática	alcalino: Adecuado para muestras biológicas; método más suave que los tratamientos ácidos, sin degradación del plástico.	Extrae ácidos húmicos y, por tanto, probablemente también plásticos asociados
	Tratamientos térmicos y ultrasónicos		Digestión del propio plástico
	Extracción de petróleo		
	Flotación por espuma		
	Extracción magnética		
	Separación de gradiente de densidad vertical		
	Remoción de fracción mineral		

Etapas	Métodos	Ventajas	Desventajas
Identificación MP	Microscopía óptica	Ofrece topografía superficial, estructura cristalina, composición química; puede acoplarse con EDS para análisis elemental.	Microscopia: Riesgo de sobrestimación del plástico por identificación errónea
	Microscopia de luz polarizada	Raman: Utilizado en multitud de estudios, identificación y cuantificación adecuada de partículas plásticas en sedimentos $N1 \mu m$, mejor resolución espacial que FT-IR	Raman: Las señales pueden verse distorsionadas por la autofluorescencia de la materia orgánica del suelo, un procedimiento de escaneo que requiere mucho tiempo
	Microscopía electrónica de barrido (SEM)	FTIR: Utilizado en multitud de estudios, adecuada identificación y cuantificación de partículas plásticas en sedimentos $N20 \mu m$, Menos sensible a la autofluorescencia que Raman.	FTIR: Esta puede ser falsificada por la materia orgánica del suelo, un procedimiento de escaneo que requiere mucho tiempo.
	Microscopía electrónica de transmisión (TEM)		
	Espectroscopia Raman		
	Espectroscopia FTIR		
	Espectroscopia NIR		
	Cromatografía de gases por pirólisis		
	Espectrometría de masas		
	Espectroscopia vibratoria		
	Espectroscopia de resonancia magnética nuclear de protones		
	Radioisótopos		
Cuantificación MP	Cromatografía líquida y cromatografía de gases.	Identificación adecuada de polietileno, polipropileno y poliestireno en matrices de muestras complejas como el suelo	Límite de detección deficiente de partículas ultrafinas
	La espectroscopia infrarroja (FTIR), la espectroscopia Raman	Adecuada identificación y cuantificación de partículas plásticas en sedimentos $> 20 \mu m$; menos sensible a la autofluorescencia que Raman	Pueden ser costosos Pueden llevar mucho tiempo su identificación dependiendo del método

En la Universidad Central es posible aplicar la técnica de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). Esta técnica, ampliamente utilizada para analizar la composición química y estructura molecular de materiales orgánicos e inorgánicos [14], [15], se basa en la excitación de grupos moleculares mediante luz infrarroja (2.5 a $15\ \mu\text{m}$, 4000 a $650\ \text{cm}^{-1}$), generando movimientos vibracionales específicos en los enlaces moleculares. Aunque es eficaz para la identificación de MP y puede evaluar el envejecimiento de partículas mediante la observación de oxidación en su superficie, su sensibilidad se ve comprometida al analizar partículas individuales menores a $10\ \mu\text{m}$, que pueden aparecer como películas o aglomerados [11], [12], [13], [14]. En cuanto a la identificación teórica de la fuente de MP en los suelos agrícolas, entre los más comunes se encuentran el polipropileno (PP), conocido por su resistencia al calor y su durabilidad, utilizado en redes de riego y mallas agrícolas, y el polietileno (PE), un plástico flexible y difícil de degradar, empleado en películas de invernadero y bolsas para cultivos. Otros tipos incluyen el poliestireno (PS), un material ligero y frágil presente en bandejas de transporte agrícola, y el tereftalato de polietileno (PET), un plástico transparente utilizado en envases de productos líquidos. Además, se encuentran plásticos como el cloruro de polivinilo (PVC), conocido por liberar toxinas durante su descomposición, y el policarbonato (PC), un material duro y transparente. Estos plásticos varían en densidad, desde el polipropileno con $0,9\ \text{g/cm}^3$ hasta el politetrafluoroetileno (PTFE), presente en maquinaria agrícola, con una densidad de $2,2\ \text{g/cm}^3$, lo que influye en su distribución y acumulación en los suelos agrícolas [3]; [4]; [7]; [8]; [9]; [17]; [18].

3.1 Definición de método de extracción de MP de suelos

68

Se propone extraer MP mediante separación por densidad de la muestra de suelo. Las superficies del laboratorio se limpiarán con etanol al 70% para evitar contaminación. Las muestras se tamizarán tres veces con tamices de 1 a $5\ \text{mm}$ antes de almacenarlas en vasos de precipitado. Se añadirán $60\ \text{ml}$ de solución saturada a $40\ \text{g}$ de suelo en un vaso de precipitado de $250\ \text{ml}$, asegurando que la muestra esté cubierta. La mezcla se agitará durante 3 minutos a $300\ \text{rpm}$ para separar los MP, repitiendo el proceso tres veces. La recuperación de los MP se realizará retirando la capa superior con un matraz de dos bocas, seguido de filtración con embudo Buchner, utilizando papel filtro y enjuague con agua destilada para una mejor recolección [4]; [9]; [16].

Conclusiones en avance

La primera fase de esta investigación ha permitido establecer una metodología detallada para la extracción e identificación de MP en suelos agrícolas. Sin embargo, este proceso no está exento de desafíos. La falta de herramientas analíticas estandarizadas y la variabilidad en las propiedades del suelo dificultan la detección precisa y cuantificación de MP, especialmente en partículas menores a 10 μm . Además, la interferencia de la materia orgánica y las limitaciones técnicas en los laboratorios locales representan obstáculos significativos. A pesar de estas dificultades, la implementación de técnicas como la espectroscopia FTIR ofrece una vía prometedora para avanzar en la comprensión de los impactos de los microplásticos en los agroecosistemas, contribuyendo así al desarrollo de estrategias más efectivas para mitigar su presencia en suelos agrícolas.

Referencias

1. Büks, F. & Kaupenjohann, M. (2020). Concentraciones globales de microplásticos en suelos: una revisión, *SOIL*, 6, 649–662, <https://doi.org/10.5194/soil-6-649-2020>
2. Stubenrauch, J & Felix, E. (2020). Contaminación plástica en los suelos: enfoques de gobernanza para fomentar la salud del suelo y los ciclos cerrados de nutrientes. *Environments* 7, no. 5: 38. <https://doi.org/10.3390/environments7050038>
3. He, D., Luo, Y., Lu, S., Liu, M., Song, Y., & Lei, L. (2018). Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. In *TrAC - Trends in Analytical Chemistry* (Vol. 109, pp. 163–172). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.006>
4. Zhang, B., Yang, X., Chen, L., Chao, J., Teng, J. & Wang, Q. (2020). Microplásticos en suelos: una revisión de posibles fuentes, métodos analíticos e impactos ecológicos. *Revista de tecnología química y biotecnología*. doi:10.1002/jctb.6334
5. Wright, S. L., & Kelly, F. J. (2017). Plastic and human health: A micro issue? *Environmental Science & Technology*, 51(12), 6634-6647.
6. Pérez, R., Álvarez, S., Kropp, R., Perdomo, A., Hernández, J & Díaz, F. (2022), Microplastics in Agricultural Systems: Analytical Methodologies and Effects on Soil Quality and Crop Yield. *Agriculture*. 12, 1162. <https://doi.org/10.3390/agriculture12081162>
7. Bläsing, M. & Amelung, W. (2018). Plásticos en el suelo: métodos analíticos y posibles fuentes. *Ciencia del medio ambiente total*, 612, 422–435. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.08.0

8. Möller, J, Löder, M y Laforsch, C. (2020). Encontrar microplásticos en suelos: una revisión de métodos analíticos. Ciencia y tecnología ambientales. doi:10.1021/acs.est.9b04618
9. Yang, L., Zhang, Y., Kang, S., Wang, Z. & Wu, C. (2021). Microplastics in soil: A review on methods, occurrence, sources, and potential risk. Science of The Total Environment, Vol- ume 780, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146546>.
10. Hernández Sampieri, Roberto; Collado, Carlos Fernández; Baptista Lucio, María del Pilar. (2014). Metodología de la investigación. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Sexta edición. Recuperado de. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodo- log%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed. pdf>
11. Silva, A., Bastos, A., Justino, C., da Costa, J., Duarte, A & Rocha-Santos, T., (2018). Microplastics in the environment: challenges in analytical chemistry - a review. Anal. Chim. Acta 1017, 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2018.02.043>.
12. Chen, Y., Wen, D., Pei, J., Fei, Y., Ouyang, D., Zhang, H., & Luo, Y. (2020). Identification and quantification of microplastics using Fourier Transform Infrared Spectroscopy: current status and future prospects. Current Opinion in Environmental Science & Health. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2020.05.004>
13. Barbosa, F., Adeyemi, JA, Bocato, MZ, Comas, A. y Campiglia, A. (2020). Un punto de vista crítico sobre los problemas actuales, las limitaciones y las necesidades futuras de investigación en estudios de micro y nanoplásticos: de la detección a la evaluación toxicológica. Investigación ambiental, 182, 109089. doi:10.1016/j.envres.2019.109089
14. Schwaferts, C., Niessner, R., Elsner, M. e Ivleva, NP (2019). Métodos para el análisis de partículas submicrométricas y nanoplásticas en el medio ambiente. Tendencias TrAC en química analítica. doi:10.1016/j.trac.2018.12.014
15. Barraza, G., De la Rosa, L., Martínez, A., Castillo, H., Cotte, M, & Alvarez, E. (2013). La microespectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIRM) en el estudio de sistemas biológicos. Revista latinoamericana de química, 41(3), 125-148. Recuperado en 17 de marzo de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-59432013000300001&lng=es&tlng=es.
16. Quinn, B., Murphy, F. y Ewins, C. (2017). Validación de la separación por densidad para la rápida recuperación de microplásticos de sedimentos. Métodos analíticos, 9(9), 1491–1498. doi:10.1039/c6ay02542k

17. Huang, J., Chen, H., Zheng, Y., Yang, Y., Zhang, Y. & Gao, B. (2021). Microplastic pollution in soils and groundwater: Characteristics, analytical methods and impacts, Chemical Engineering Journal, Volume 425. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.131870>.
18. Dahl, M., Bergman, S., Björk, M., Díaz-Almela, E., Granberg, M., Gullström, M., Leiva-Dueñas, C., Magnusson, K., Marco-Méndez, C., Piñeiro-Juncal, N., & Mateo, M. Á. (2021). A temporal record of microplastic pollution in Mediterranean seagrass soils. Environmental Pollution, 273. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116451>

Recursos multimediales inclusivos para apoyar a los estudiantes de primer ingreso a la Universidad

Rivera, María [0009-0001-2816-5750] y Guerrero, Sara 2[0000-0002-9777-2706]

1 Universidad de los Llanos, Meta, Colombia maria.rivera.valencia@unillanos.edu.co 2 Universidad de los Llanos, Meta, Colombia sguerrero@unillanos.edu.co

72

Resumen. Este trabajo se desarrolló en el marco del proyecto de investigación Estrategia pedagógica computacional para mejorar los niveles de formación en el área de matemáticas de los estudiantes de nuevo ingreso de la FCBI- Unillanos. El propósito es presentar la implementación de recursos multimediales inclusivos diseñados para apoyar el aprendizaje de matemáticas en estudiantes con discapacidad auditiva. La innovación principal de esta propuesta radica en la integración de un intérprete de lenguaje de señas en los videos educativos, asegurando la accesibilidad para estudiantes con discapacidad auditiva. El proyecto evalúa como estos recursos pueden influir en la comprensión y retención de los contenidos matemáticos, proponiendo una metodología inclusiva que podría ser un modelo para futuras iniciativas educativas. La validación de estos recursos se realizó a través de encuestas de satisfacción aplicadas a estudiantes y docentes, el análisis reveló que los recursos no solo fueron bien percibidos, sino que contribuyeron a la comprensión y el aprendizaje de los estudiantes, destacando la utilidad del enfoque inclusivo adoptado en el curso.

Abstract. This work was developed within the framework of the research project "Computational Pedagogical Strategy to Improve the Training Levels in Mathematics of New Students at FCBI-Unillanos". The purpose is to present the implementation of inclusive multimedia resources designed to support the learning of mathematics in students with hearing disabilities. The main innovation of this proposal lies in the integration of a sign language interpreter in the educational videos, ensuring accessibility for students with hearing disabilities. The project evaluates how these resources can influence the understanding

and retention of mathematical content, proposing an inclusive methodology that could serve as a model for future educational initiatives. The validation of these resources was carried out through satisfaction surveys applied to students and teachers, and the analysis revealed that the resources were not only well received but also contributed to the students' understanding and learning, highlighting the usefulness of the inclusive approach adopted in the resource.

Keywords: Matemáticas, aprendizaje, inclusión.

1. Introducción

La implementación de tecnologías en las instituciones educativas es fundamental para abordar los desafíos que enfrentan las personas con discapacidades auditivas a nivel mundial. Esto incluye a una significativa fracción de la población joven en Colombia. Este esfuerzo por proporcionar ambientes de aprendizaje inclusivos no solo ayuda a superar las barreras de comunicación, sino que también es esencial para garantizar que los jóvenes con discapacidad auditiva tengan igualdad de oportunidades en su educación y desarrollo profesional [1]. Este enfoque en la educación es importante, considerando que la pérdida auditiva no solo es un desafío de salud, sino también un obstáculo para la inclusión social y económica.

Según la Organización Mundial de la Salud, aproximadamente 430 millones de personas (5%) en el mundo sufren de pérdida auditiva, que puede oscilar desde leve a moderada (hipoacusia) hasta severa o profunda (sordera) en los casos más extremos [2]. En Colombia, alrededor de 2,6 millones de personas tienen algún tipo de discapacidad, lo que representa el 5,6% de la población total del país; ocupando la discapacidad auditiva, el tercer lugar entre las que más aquejan a las personas. Aunque una gran parte de los problemas de audición se observan en adultos mayores, el 31% de los casos de sordera afectan a individuos de entre 15 y 29 años [3]. Este grupo enfrenta desafíos en su rendimiento académico y en el acceso a oportunidades laborales justas, lo cual tiene un impacto directo en la mejora de su calidad de vida.

El enfoque inclusivo es vital no solo para estudiantes con discapacidades específicas sino también para abordar los desafíos más amplios que enfrentan todos los estudiantes al ingresar a la universidad. Por ejemplo, adaptarse a la universidad es un gran desafío para los nuevos estudiantes, especialmente en

áreas como las matemáticas, donde muchos muestran un nivel bajo al empezar [4]. Además, estos problemas académicos aumentan el riesgo de que los estudiantes decidan dejar sus estudios. Estas dificultades no solo afectan el rendimiento académico, sino que también juegan un papel crucial en la decisión de los estudiantes de continuar o abandonar la universidad.

Por lo expuesto, el objetivo de esta investigación es presentar un recurso multimedial inclusivo como estrategia de apoyo para el aprendizaje de las matemáticas de los estudiantes de primer ingreso en el marco del proyecto de investigación “Estrategia pedagógica computacional para mejorar los niveles de formación en el área de matemáticas de los estudiantes de nuevo ingreso de la FCBI- Unillanos”, de manera que contribuya a la disminución de las altas tasas de repitencia y la deserción estudiantil en los primeros semestres.

El resultado de esta investigación representa un aporte significativo para las instituciones de educación superior, al proporcionar un apoyo esencial a los estudiantes de nuevo ingreso. La creación de materiales multimedia inclusivos, diseñados para abordar temas de matemáticas e integrar la interpretación en lenguaje de señas. Este tipo de recursos refuerzan las competencias matemáticas y generan espacios educativos más accesible e inclusivos, facilitando la transición de los estudiantes de la enseñanza media a la formación universitaria. Este tipo de estrategias busca innovar y ofrecer alternativas de apoyo para reforzar las competencias matemáticas independientemente de la discapacidad auditiva al permitir acceder equitativamente a los contenidos educativos.

2. Materiales y métodos

Para el desarrollo de este proyecto se adoptó un enfoque mixto [5]. El enfoque cualitativo permitió validar los instrumentos por parte de expertos y estudiantes sobre el uso de los recursos multimediales y el cuantitativo evalúa y valida la estrategia implementada desde la perspectiva de los estudiantes y docentes. Se utilizó la metodología del Project Management Institute (PMI), que facilitó una estructura organizada y sistemática en todas las fases de la investigación. La fase inicial, la propuesta y estructuración de contenidos, el diseño del material multimedial y la fase final, validación y evaluación del mismo. Se estimó el tamaño de muestra de 68 estudiantes teniendo un error del 10% y un nivel de confianza del 90%.

3. Resultados

La implementación de los recursos multimediales inclusivos demostró un resultado positivo en la comprensión y el aprendizaje de las matemáticas entre los estudiantes. Los jóvenes valoraron altamente la claridad y accesibilidad de los contenidos, particularmente destacando la efectividad e innovación del lenguaje de señas incorporado en los videos. Los comentarios de los estudiantes resaltaron una mejora en la capacidad para entender los conceptos matemáticos presentados, lo que refleja directamente la utilidad del enfoque inclusivo del material. El material presentado se diseñó bajo tres niveles de dificultad alto, medio y bajo.

4. Conclusiones

La incorporación del lenguaje de señas en los videos educativos para matemáticas ha demostrado ser una herramienta que mejora la accesibilidad y el aprendizaje de los estudiantes. Este enfoque no solo facilita la inclusión de jóvenes con discapacidad auditiva, sino que también enriquece el entorno de aprendizaje, haciendo los materiales más comprensivos y atractivos. Los resultados obtenidos en las encuestas de satisfacción sugieren que estos recursos podrían ser adoptados en otras disciplinas y contextos educativos para promover una educación más inclusiva y equitativa.

Referencias

1. L. Rojas, "Gerencia estratégica de la innovación tecnológica en el proceso de vinculación Universidad Entorno Social," Revista de la universidad del Zulia, vol. 7, no. 19, pp. 65-79, 2016.
2. Organización Mundial de la Salud, "Sordera y pérdida de audición," 2 de marzo de 2023. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>.
3. DANE, "Discapacidad y cuidadores: Un análisis a partir de la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH)," Departamento Administrativo Nacional de Estadística, abril 2023. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/notas-estadisticas-casen/abril-2023-DiscapCuidadores.pdf>.
4. S. C. Guerrero, "Deserción universitaria: Políticas y vivencias de docentes y estudiantes en una universidad colombiana (2010-2017)," Editorial UPTC. Disponible en: <https://librosaccesoabierto.uptc.edu.co/index.php/editorial-uptc/catalog/view/293/265/6247>.

5. R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, y P. Baptista Lucio, Metodología de la investigación, 6ª ed. McGraw-Hill Interamericana, 2014. Disponible en: https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf. [Accedido: 15-ago-2024].

Metodología de química verde para la obtención de iminas y alcoholes

Yizeth Lorena Rincón Ortiz [1], Sara Sofia Cardoso Vera [1], Eimy Yineth Castilla Leal [1] y Edward Cortes Gonzalez [2,3]

1 Universidad del Tolima, Colombia; 6to semestre; SIECOB: Síntesis y Estudio de Compuestos Orgánicos Bioactivos; Grupo de Investigación GIPRONUT; Pregrado: Programa de Química, Facultad de Ciencias

2 Universidad del Tolima, Colombia; Docente de Química Orgánica/Directo de Semillero SIECOB

3 ecortesgo@ut.edu.co

Resumen. En el tratamiento de enfermedades como las cardiovasculares, el cáncer, las neurodegenerativas y la diabetes, la resistencia a los fármacos y la falta de especificidad de los medicamentos actuales representan desafíos significativos. Estas afecciones, vinculadas a procesos oxidativos, podrían beneficiarse de compuestos como el pirazol y el indol, conocidos por sus propiedades biológicas diversas. La síntesis de híbridos indol-pirazol es particularmente prometedora debido a su potencial para generar actividades farmacológicas sinérgicas. Sin embargo, los métodos convencionales presentan desventajas notables, como la contaminación ambiental y un alto consumo de tiempo y energía.

77

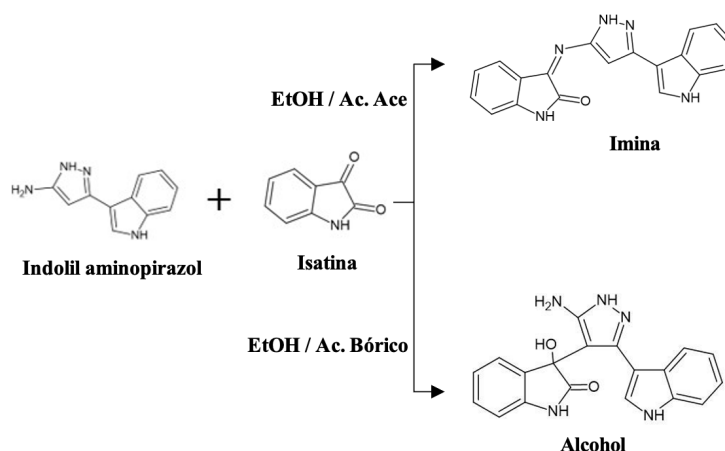
La síntesis orgánica asistida por microondas (MAOS) emerge como una herramienta clave dentro de la química verde, facilitando transformaciones más sostenibles. MAOS no solo ofrece eficiencia y rentabilidad, sino que también reduce significativamente la generación de residuos en comparación con métodos tradicionales. El uso de MAOS en la síntesis de indol y pirazol optimiza tanto el tiempo de reacción como la cantidad de solventes, contribuyendo a un proceso más respetuoso con el medio ambiente.

Este estudio se centra en la síntesis de una molécula híbrida derivada de indolil-aminopirazol con isatina, utilizando metodologías eco-amigables basadas en el calentamiento convencional y en MAOS. Se compararon ambos métodos: MAOS demostró reducir el tiempo de reacción y minimizar el uso de solventes,

alineándose con los principios de la química verde. Al variar el catalizador, se obtuvieron dos productos distintos: una imina con ácido acético y un alcohol con ácido bórico. Los productos mostraron diferencias en apariencia: el obtenido con MAOS era un polvo de color café rojizo, mientras que el obtenido con calentamiento convencional era de color café oscuro, sugiriendo posibles impurezas en el segundo método.

Las reacciones se monitorizaron mediante TLC y los productos fueron purificados por lavado y filtración. La caracterización se realizó mediante espectroscopia IR, UV-Vis y espectrometría de masas. Además, se evaluará la actividad antioxidante mediante el método DPPH para comparar el potencial de los compuestos finales. La investigación confirma que la síntesis asistida por microondas es una alternativa eficaz, mejorando la eficiencia y reduciendo el impacto ambiental en la producción de moléculas híbridas con potenciales aplicaciones farmacológicas.

Esquema 1. Propuestas de reacciones.



78

Palabras clave: Síntesis sostenible de Iminas, actividad antioxidante, propiedades espectroscópicas.

1 Introducción

La síntesis orgánica es fundamental en química, permitiendo la creación de moléculas complejas a partir de compuestos simples. Este proceso es esencial para desarrollar nuevos fármacos y materiales avanzados [1]. La química verde, que busca reducir el impacto ambiental, ha cobrado importancia al promover métodos que minimizan el uso de recursos y la generación de residuos [2]. En este contexto, la síntesis asistida por microondas (MAOS) ha

emergido como una técnica que acelera las reacciones, reduce el uso de solventes y subproductos, alineándose con los principios de la química verde [3]. La síntesis de híbridos indol-pirazol incluye reacciones clave para formar estas moléculas bioactivas. Una de ellas es la cicloadición [3+2] entre un indol y un pirazol. Por ejemplo, la reacción de un indol con un β -cetoéster en presencia de una base fuerte produce el híbrido indol-pirazol en un solo paso, acelerado por MAOS [4]. A veces, antes de la ciclación, se realiza una acilación para introducir grupos funcionales adicionales en el intermediario indólico, usando cloruros de ácido o anhídridos, catalizados por bases como trietilamina [5].

La alquilación de indoles, que sustituye un hidrógeno en el anillo indólico por un grupo alquilo, se lleva a cabo utilizando bromuros o yoduros de alquilo en presencia de una base [6].

Los catalizadores ácidos o básicos son esenciales para la síntesis de estos híbridos, mejorando la eficiencia y pureza del producto [7]. MAOS ha demostrado ser particularmente eficaz, proporcionando tiempos de reacción más cortos, mejores rendimientos y menor formación de subproductos [8]. La caracterización de los compuestos se realiza mediante espectroscopía IR y espectrometría de masas, confirmando la estructura y pureza [9].

La evaluación de la actividad antioxidante de los híbridos indol-pirazol es crucial para determinar su potencial terapéutico. El método DPPH mide la capacidad de una sustancia para donar átomos de hidrógeno a un radical libre estable, 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH). El cambio en la intensidad del color del DPPH, de morado a amarillo pálido, se mide espectrofotométricamente [10]. El método ABTS evalúa la capacidad de los compuestos para neutralizar el radical catiónico ABTS \bullet^+ , generado por la oxidación de ABTS con peróxido de sodio. La disminución de la intensidad del color del radical se mide espectrofotométricamente, permitiendo evaluar compuestos hidrofílicos y lipofílicos [11].

La integración de la química verde con MAOS en la síntesis de compuestos bioactivos representa un avance hacia procesos químicos más sostenibles y eficientes. La síntesis de híbridos indol-pirazol no solo mejora las propiedades farmacológicas, sino que optimiza la síntesis al alinearse con los principios de la química verde [12].

2 Metodología

La síntesis de moléculas híbridas derivadas del Indolil-aminopirazol e isatina; se llevó a cabo a través de calentamiento convencional, agitación constante y reactor de síntesis: Monowave 50. Para sintetizar la imina, se hizo uso de 15mL de etanol como solvente y 3 gotas de ácido acético como catalizador; estas cantidades para el método de calentamiento convencional y agitación. Con el reactor de síntesis, se realizó con 3mL de solvente y la misma cantidad de ácido dicha anteriormente. El avance de la reacción se controló mediante cromatografía de capa fina (TLC), y el producto, se obtuvo tras 48h de reacción por calentamiento convencional (80-150°C) y agitación constante. Con el uso del reactor, se obtuvo tras 10min de reacción a 100°C.

Por otro lado, para sintetizar el alcohol, se hizo uso de 5mL de etanol como solvente y 17.4mg (10% de la suma de los mg de reactivo utilizados) de ácido bórico como catalizador. También se controló la reacción mediante TLC y luego de 3h con 30min, se obtuvo el producto. Se agregó 2.5mL de agua destilada, con el objetivo de solubilizar el ácido bórico y estar seguros que el producto sólido no contuviera esta sustancia.

Los productos obtenidos se procedieron a su purificación mediante lavado y filtración. Para caracterizarlos, se planea utilizar técnicas espectroscópicas como IR y espectrometría de masas. Además, se evaluará su actividad antioxidante mediante el método DPPH para determinar si las moléculas híbridas exhiben un mayor potencial antioxidante en comparación con los compuestos originales por separado.

80

3 Resultados

Se llevaron a cabo dos métodos de síntesis: uno mediante calentamiento convencional durante 48 horas y otro con un reactor de microondas en solo 10 minutos. Ambos métodos produjeron una imina en forma de polvo fino de color marrón rojizo. Además, al utilizar ácido bórico como catalizador y agitar durante 3 horas y 30 minutos, se obtuvo un sólido amarillo, identificado como un alcohol.

Es notable la diferencia en el tiempo de reacción entre los métodos, siendo el uso de microondas significativamente más eficiente y requiriendo menos solvente, lo que resalta su contribución a la química verde.

Las pruebas de solubilidad de la imina (tabla 1) mostraron que no es soluble en solventes apolares o ligeramente polares, sugiriendo características polares. Sin embargo, su insolubilidad en agua, un solvente polar, indica la necesidad de realizar más estudios para entender mejor este comportamiento.

Tabla 1. Solubilidad del producto sólido imina

Solvente	Solubilidad
Agua fría	-
Agua caliente	-
Etanol frío	+/-
Etanol caliente	+/-
Ácido acético	+
Hexano	-
Acetato de etilo	-
Cloroformo	-
- : Insoluble ; +/- : Ligeramente soluble ; + : Soluble	

4 Conclusiones

- Los pirazoles tienen potencial para el desarrollo de nuevos medicamentos.
- MAOS reduce el tiempo de reacción y el uso de solventes, produciendo compuestos más puros.
- Se emplearán técnicas espectroscópicas y el método DPPH para evaluar la actividad antioxidante y calidad de los compuestos.
- La combinación de MAOS con la química verde optimiza la sostenibilidad y eficiencia en la síntesis de compuestos bioactivos.

81

Referencias

1. J. Clayden, N. Greeves, S. Warren, and P. Wothers, Organic Chemistry, 2nd ed. Oxford, UK: Oxford University Press, 2012.
2. P. T. Anastas and J. C. Warner, "Green Chemistry: Theory and Practice". New York, NY, USA: Oxford University Press, 1998.
3. C. O. Kappe, "Controlled Microwave Heating in Modern Organic Synthesis," Angewandte Chemie International Edition, vol. 43, no. 46, pp. 6250-6284, 2004.

4. A. L. McHale, "Synthesis and Characterization of Indol-Pyrazole Hybrid Molecules," *Journal of Organic Chemistry*, vol. 77, no. 8, pp. 2845-2854, 2012.
5. C. O. Kappe, "Microwave-Assisted Organic Synthesis: A Review," *Tetrahedron*, vol. 60, no. 47, pp. 10947-10962, 2004.
6. M. D. Green and J. A. Smith, "Recent Advances in the Acylation of Indoles," *Synthesis*, vol. 48, no. 10, pp. 1202-1214, 2016.
7. T. L. Anderson, "Alkylation of Indoles: A Comprehensive Review," *Chemical Reviews*, vol. 113, no. 12, pp. 6686-6715, 2013.
8. G. A. H. El-Din et al., "Microwave-Assisted Synthesis of Organic Compounds," *Chemical Society Reviews*, vol. 37, no. 4, pp. 662-676, 2008.
9. K. M. Kulkarni, "Efficient Synthesis of Pyrazole Derivatives Using Microwave-Assisted Techniques," *Journal of Heterocyclic Chemistry*, vol. 51, no. 5, pp. 1247-1254, 2014.
10. S. B. Vong and M. E. White, "Spectroscopic Techniques for the Characterization of Organic Compounds," *Analytical Chemistry*, vol. 89, no. 11, pp. 6023-6032, 2017.
11. M. S. Blois, "Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical," *Nature*, vol. 181, no. 4617, pp. 1199-1200, 1958.
12. J. R. Miller, S. A. Rice-Evans, and T. J. Rice-Evans, "ABTS Radical Cation Decolorization Assay for Antioxidants," *Food Chemistry*, vol. 65, no. 2, pp. 375-379, 1999.

Estados de desarrollo biológico a partir de la coloración de la tortuga sabanera (*podocnemis vogli muller*, 1935)

Avila R. María C.¹ y Astwood R. Jorge A.²

¹ Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Programa de Biología, Villavicencio, Colombia. maria.avila@unillanos.edu.co

² Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Departamento de Biología, Villavicencio, Colombia. jastwood@unillanos.edu.co

Resumen. Los testudines presentan variaciones cromáticas en la cabeza, caparazón y patas, algunos estudios analizan las diferencias en la coloración de las especies, sin embargo, la literatura carece de investigaciones sobre la relación de la coloración con el desarrollo ontogénico. Un ejemplo, es la tortuga sabanera, sus poblaciones han sido escasamente estudiadas y los reportes son sobre la estructura poblacional, a partir de la frecuencia de individuos en categorías de edad, generadas por características morfométricas. Sin embargo, se ha demostrado que las especies de tortugas se encuentran expuestas a factores como la disponibilidad de nutrientes y el estrés, que pueden llegar a influir en los mecanismos de desarrollo ontogénico. En el presente trabajo se identificó el estado de desarrollo biológico de la tortuga sabanera a partir del porcentaje de coloración de las escamas de la cabeza. Se emplearon fotografías de la cabeza de 22 ejemplares, se ordenaron en una secuencia, se asignó un porcentaje de 0 a 100 de ocupación de la coloración en 6 escamas de la cabeza y de acuerdo a este se realizó la identificación del estado de desarrollo de cada individuo. A partir de la secuencia obtenida con las fotografías se pudo observar la pérdida del porcentaje de la coloración en las escamas de la cabeza. De los 22 individuos, 15 son clasificados como adultos, 6 subadultos y 1 juvenil. Aunque no hay datos disponibles sobre la importancia ecológica del cromatismo en los testudines, estas coloraciones pueden estar relacionadas con la defensa frente a los depredadores.

Palabras clave: Categorías de edad, cromatismo, escamas, estructura poblacional.

1. Introducción

Los testudines presentan variaciones cromáticas principalmente en la cabeza, caparazón y patas, algunos estudios destacan y analizan las diferencias en la coloración de las especies como [1] y [2], sin embargo, la literatura carece de investigaciones sobre la relación de la coloración con el desarrollo ontogénico. Un ejemplo de esto es la tortuga sabanera, *Podocnemis vogli*, una especie de tamaño mediano con caparazón de forma ovoide, aplanada y lisa [3]. Su coloración varía entre café oliva y café claro, en neonatos suele ser verde oliva [4],[5]. El plastron es gris amarillento y pálido, en neonatos amarillos [6],[5]. Las crías exhiben marcas faciales blanquecinas o amarillas claras que se distribuyen sobre el borde posterior y medial del ojo, sobre las márgenes del tímpano y a lo largo del surco interorbital. Estas marcas se desvanecen en las hembras adultas y pueden ser retenidas parcialmente por los machos maduros [7], [Fig. 1].

Fig. 1. Individuo subadulto de la tortuga sabanera (*Podocnemis vogli* Müller, 1935). Tomada por Jorge A. Astwood.



Las poblaciones de *P. vogli* han sido escasamente estudiadas y los reportes son principalmente demográficos (estructura poblacional) realizados por Viloria [8] y Sepúlveda [3], a partir de la frecuencia de individuos en categorías de edad, generadas por características morfométricas que permiten clasificar a los individuos en neonatos, juveniles y adultos. Sin embargo, se ha demostrado que la mayoría de las especies de tortugas presentan crecimientos lentos e irregulares con promedios de vidas largos

[9],[10] y se encuentran expuestas a factores como la disponibilidad de nutrientes y el estrés, que pueden llegar a influir en los mecanismos de desarrollo ontogénico, responsables de las estructuras biológicas [11],[12]. Por ello, el presente trabajo tuvo como objetivo identificar el estado de desarrollo biológico de *Podocnemis vogli* a partir del porcentaje de coloración de las escamas de la cabeza.

2. Metodología

2.1 Identificación de estados de desarrollo

Secuencia fotográfica

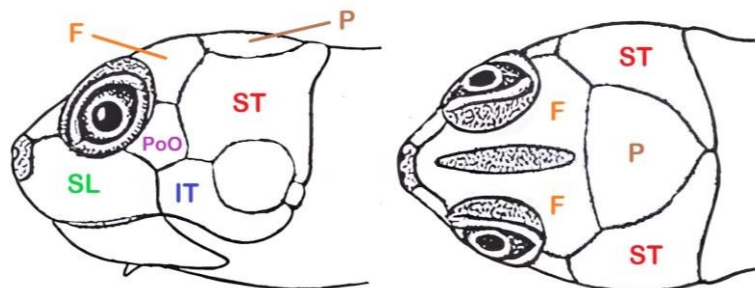
Se emplearon fotografías de la cabeza en vista lateral de 22 ejemplares procedentes de la Estación de Biología Tropical Roberto Franco de Villavicencio-Meta y el resguardo indígena Guacamayas Mamiyare de Cumaribo-Vichada, se ordenaron en una secuencia que permite observar los cambios en la presencia y tamaño de la coloración presente en las escamas de la cabeza de cada individuo [Fig. 3].

Estados de desarrollo

En este trabajo se plantea una propuesta para la identificación de estados de desarrollo de individuos de *Podocnemis vogli* a partir del porcentaje de coloración en las escamas de la cabeza:

- Se asignó una cuadrícula para cada fotografía que facilitó el análisis de la ocupación de la coloración en las escamas de la cabeza, se tuvieron en cuenta 6 escamas [Fig. 2].

Fig. 2. Gráfico de la vista dorsal y lateral de la cabeza de un individuo de *Podocnemis vogli*. SL. Supralabial. PoO. Postocular. ST. Supratimpánica. IT. Infratimpánica. F. Frontal. P. Parietal. Tomado y modificado de Rueda et al., 2007.



- De acuerdo a la coloración, se asignó un porcentaje de 0 a 100 de ocupación con respecto al total de la escama, este procedimiento se realizó para cada una de las 6 escamas, con los porcentajes de ocupación, posteriormente se calculó el promedio de ocupación de la coloración en la cabeza para cada individuo.
- Con el promedio de ocupación de la coloración, se realizó la identificación del estado de desarrollo de cada individuo de acuerdo a un rango que se establece de la siguiente manera:

Tabla 1. Porcentaje de coloración de las escamas de la cabeza, para la identificación del estado de desarrollo de individuos de *Podocnemis vogli*.

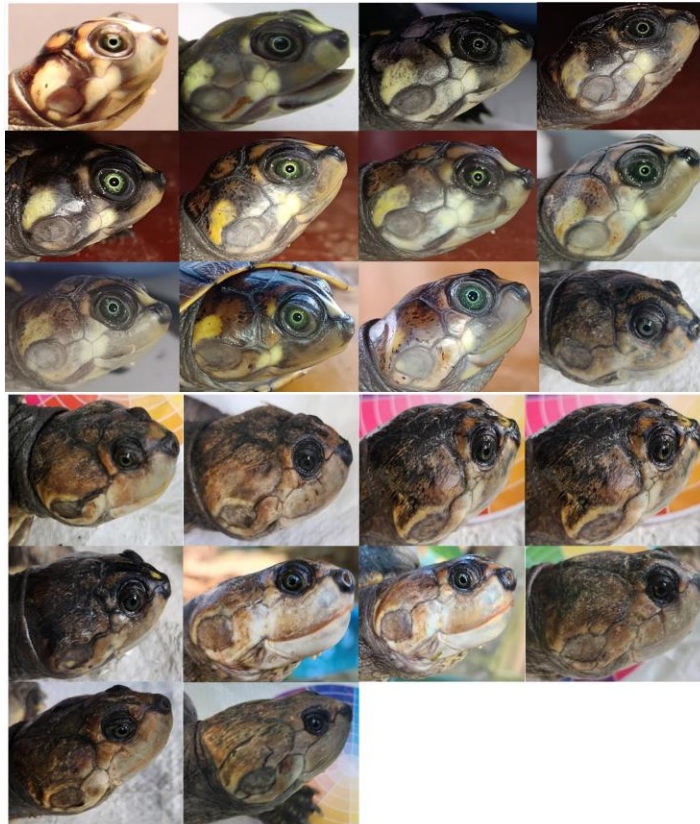
Porcentaje de manchas (%)	Estado de desarrollo
Mayor a 0 y menor a 30	Adultos
Mayor a 30 y menor a 50	Subadultos
Mayor a 50 y menor a 70	Juveniles
Mayor a 70	Neonatos

3. Resultados y discusión

3.1 Secuencia fotográfica

A partir de la secuencia obtenida con las fotografías se pudo observar la pérdida del porcentaje de la coloración blanquecina y amarillenta pálida en las escamas de la cabeza [Fig. 2]. De acuerdo a lo reportado con Rueda et al. [7], las crías y los neonatos son los que exhiben marcas faciales y luego estas se desvanecen en las hembras y machos maduros.

Fig. 3. Recopilación de fotografías de la cabeza en vista lateral de individuos de *Podocnemis vogli*. Tomadas por María C. Avila y Jorge A. Astwood.



Aunque no hay datos disponibles sobre la importancia ecológica del cromatismo en los testudines, estas coloraciones pueden estar relacionadas con la supervivencia de los individuos, funcionando como un modelo de defensa frente a los depredadores [2].

87

3.2 Estados de desarrollo

De los 22 individuos empleados en este trabajo, se obtuvo que todos no presentaron coloración en la escama parietal, 15 de ellos son adultos los cuales presentan promedios de ocupación de la coloración que varían entre 0 a 30% en las escamas postorbital, supratimpánica, infratimpánica y supralabial, en comparación con los 6 subadultos restantes en donde presentaban un porcentaje de coloración entre 30 a 50% con la diferencia que estos si presentaban coloración en la escama frontal en comparación a los adultos y solo 1 individuo es un juvenil con un porcentaje de coloración entre 50 y 70% [Tabla 2].

Tabla 2. Porcentaje de coloración de las escamas de la cabeza y estados de desarrollo de individuos de Podocnemis vogli.

Escama	Postocu- lar	Suprala- bial	S u p r a timpáni- ca	Infra tim- pánica	Frontal	Parietal		Est a d o de desa- rrollo
1	0	0	20	15	0	0	5.8	Adulto
2	0	5	0	10	5	0	3.3	Adulto
3	5	10	10	0	0	0	4	Adulto
4	5	1	1	10	0	0	2.8	Adulto
5	10	1	0	30	0	0	6.8	Adulto
6	10	5	9	15	0	0	6.5	Adulto
7	0	5	5	4	0	0	2.3	Adulto
8	80	10	12	30	5	0	22.8	Adulto
9	0	5	0	9	5	0	3.2	Adulto
10	70	5	2	2	0	0	13.2	Adulto
11	1	5	9	15	0	0	5	Adulto
12	90	50	30	70	10	0	41.6	Subadul- to
13	70	60	35	60	10	0	39.1	Subadul- to
14	90	20	15	75	15	0	35.8	Subadul- to
15	81	25	30	79	15	0	38.3	Subadul- to
16	0	40	48	25	15	0	21.3	Adulto
17	21	16	25	20	20	0	17	Adulto
18	85	45	43	24	15	0	35.3	Subadul- to
19	0	15	36	45	30	0	21	Adulto
20	0	15	23	32	0	0	11.6	Adulto
21	90	60	85	82	55	20	65.3	Juvenil
22	50	30	46	35	41	0	33.6	Subadul- to

La clasificación de los estadios de desarrollo tiene como base el porcentaje de ocupación de la coloración de las escamas de la cabeza, pero además de esto también resulta importante resaltar otras características morfológicas que respalden la propuesta, en este caso las crías de la tortuga sabanera cuentan con un porcentaje de coloración mayor a 70 y presentan rastros del saco vite-lino [10]. Los juveniles de Podocnemis vogli además de poseer un porcentaje de manchas mayor a 50% también cuentan con una carena medial sobre el segundo y cuarto escudos vertebrales [3],[6].

En el caso de los adultos tienen un caparazón liso, de forma oval y aplanado, no expandido posteriormente y con una ligera indentación nuchal [7], el plastrón es de color gris amarillento y pálido. Presentan cinco poros axilares y uno inguinal sobre el puente [3], entre la unión de los escudos pectorales del plastrón con las marginales del caparazón, y en la zona inguinal de los escudos abdominales del plastrón [12].

4. Referencias

1. R. Alejandro, "Basking behavior is modulated by health state and color conspicuity to predators in a wild population of Spanish terrapins", Ph.D. dissertation, Dept. Bio. Anim., Extremadura Univ., Badajoz, Spain, 2014.
2. L. R. Silva, "Cromatismo em Testudines: seu papel na ecologia", Trabajo Fin de Grado, Uberlândia, 2018.
3. A. Sepúlveda, V. Páez, M. Gómez, M. Morales y C. Lasso, "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS POBLACIONES Y EL USO DE LOS HÁBITATS DE PODOCNEMIS VOGLI (MÜLLER 1935) DURANTE UNA TEMPORADA REPRODUCTIVA EN LA RESERVA NATURAL PRIVADA DE BOJONAWI (DEPARTAMENTO DE VICHADA, COLOMBIA)", Revista Latinoamericana de Herpetología, vol. 3, no. 2, pp. 83-94, 2020.
4. M. Portocarrero, "Tortugas del género Podocnemis. Especies Amenazadas en la Reserva de Biósfera El Tuparro" en: Plan de manejo y conservación de especies amenazadas en la Reserva de Biósfera El Tuparro: Delfines de río, Manatíes, Nutrias, Jaguares y Tortugas del género Podocnemis. Proyecto Pijiji Orinoko (Fundación Omacha - Fundación Horizonte verde), F. Trujillo, M. Portocarrero y C. Gómez, Unión grafica Ltda, 2008, pp. 77-89.
5. M. A. Morales, C. A. Lasso y F. Trujillo, "Podocnemis vogli (Müller 1935)" en: Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), V. P. Páez,
6. M. A. Morales, C. A. Lasso, O. V. Castaño y B.C. Bock, Unión gráfica Ltda, 2012, pp. 399- 403.
7. C. Ramo, "Biología del galápagos (Podocnemis vogli Müller, 1935) en el ható "El Frío", Llanos de Apure (Venezuela)", DOÑANA Acta Vertebrata, vol. 9, no. 3, pp. 7-159, 1982.
8. J.V. Rueda et al., Las tortugas y los cocodrilianos de los países andinos del trópico. Serie de guías tropicales de campo No. 6. Conservación Internacional. Bogotá: Editorial Panamericana, 2007, pp. 537.

8. N. A. Vilorio y M. Forti, "Abundancia, estructura de tallas y proporción de sexos de *Podocnemis vogli* (Müller, 1935) en el hato Masaguaral, estado Guárico, Venezuela" en Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales, 2012, pp. 177.
9. J. Congdon y R. van Loben Sels, "Relationships of reproductive traits and body size with attainment of sexual maturity and age in Blanding's turtles (*Emydoidea blandingi*)", *Journal of Evolutionary Biology*, vol. 6, pp. 547-557, 1993.
10. M. L. Ortiz y J. A. Rodríguez, "Estado del conocimiento y amenazas de la tortuga sabanera (*Podocnemis vogli*, Podocnemididae) en Colombia", *Orinoquia*, vol. 21, no. 1, pp. 26-33, 2017.
11. C. R. FERRARA, "Comunicação acústica de tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812), Testudines: Podocnemididae) na Reserva Biológica do Rio Trombetas, Pará", Ph.D. dissertatio, Dept. INPA, Manaus, 2012.
12. A. Sepúlveda, "PODOCNEMIS VOGLI (Müller, 1935)", *Catálogo de anfibios y reptiles de Colombia*, vol. 4, no. 2, pp. 36-44, 2018.

Estructura genético-mitocondrial de *Podocnemis vogli* una herramienta para el manejo de animales en cautiverio y de tráfico ilegal para la conservación de la especie.

Diana L. Naranjo^{1,2}, Karen Giselle Rodríguez-Castro ^{1,3}

¹ Semillero de Investigación Genevol. Centro de Recursos Genéticos. Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad de los Llanos. Villavicencio. Colombia

² diana.lozano@unillanos.edu.co

³ karen.giselle.rodriguez@unillanos.edu.co

Abstract. *Podocnemis vogli* es una tortuga de hábitos semiacuáticos, que se distribuye ampliamente en la cuenca del Orinoco. Análisis moleculares han demostrado que sus poblaciones han disminuido, por la reducción de su hábitat, el tráfico y la caza ilegal, por lo que su estado de amenaza es incierto. Debido a esto, identificar los grupos genético-poblacionales de las especies permite revelar el origen geográfico de los individuos y así, implementar planes de conservación que consideren las unidades genéticas, la distribución, y evitar la contaminación genética. Se recolectaron muestras de sangre de 16 individuos de *P. vogli* en los departamentos del Meta y Casanare, y en la EBTRF (Estación de Biología Tropical Roberto Franco). Se extrajo el ADN mediante la técnica fenol-cloroformo, y se amplificó el marcador mitocondrial Citocromo B (Cytb). Se identificaron cuatro grupos genético-poblacionales, donde la mayoría de individuos se encuentran agrupados en el haplotipo 1, y hay 3 haplotipos exclusivos. Aunque aparentemente sea más simple instaurar planes de manejo con el haplotipo 1 para *P. vogli*, no deben reali-

zarse exclusivamente para estos individuos, ya que los otros haplotipos son importantes para mantener la diversidad genética de la especie, pues estos pueden representar adaptaciones locales.

Keywords: Citocromo B, Haplotipos, origen geográfico, Tortuga sabanera.

1 Introducción

Actualmente, para las especies de tortugas del género *Podocnemis* las amenazas aumentan diariamente por la contaminación, la reducción del área de su hábitat, el tráfico y la caza ilegal, entre otros factores [1,2]. La tortuga sabanera, *Podocnemis vogli*, es una tortuga de hábitos semiacuáticos que se encuentra ampliamente distribuida en las sabanas de la cuenca del Orinoco en Colombia y Venezuela [3], y está fuertemente afectada por los factores anteriormente nombrados [4]. Debido a la escasez de estudios, *Podocnemis vogli* se encuentra actualmente categorizada en preocupación menor según Morales-Betancourt et al. [2], sin embargo, Cardenas-Barrantes [4] indica que las poblaciones han disminuido y presentan cuellos de botella en la Orinoquía colombiana, por lo que su estado de amenaza es aún incierto.

Una de las amenazas más fuertes a las que se ve enfrentada la especie es el tráfico ilegal. Las altas cifras de biodiversidad que posee Colombia, respecto a otros lugares, hacen que éste sea un centro de explotación y tráfico de especies silvestres [5], en el que los reptiles son los animales más traficados, por ejemplo, representaron cerca del 40% a 60% de los animales incautados, entre el 2022 y marzo de 2024 [6], [7]. Adicionalmente, debido a las pérdidas de individuos, algunos de los animales traficados son llevados a centros especializados, como zoológicos, estaciones biológicas o centros de rehabilitación, y otros son liberados sin tener en cuenta su lugar de origen y sus adaptaciones locales. Estas prácticas en la fauna silvestre causan reducción en el tamaño de las poblaciones y pérdida de la variabilidad genética [8], y al ser liberados en diferentes lugares, pueden generar contaminación genética. Una alternativa para minimizar las alteraciones de las poblaciones a nivel genético es el uso de las herramientas moleculares para identificar las unidades de manejo a nivel geográfico, además son muy útiles para identificar el estado de conservación de las poblaciones [9]. Dentro de este contexto, se busca identificar las poblaciones genético-mitocondriales de *Podocnemis vogli* para poder asignar el origen geográfico de animales en cautiverio y de tráfico ilegal, y establecer planes de manejo que consideren y respeten las unidades genéticas y así, poder devolverlos a su lugar de origen, cuando sea necesario.

2 Materiales y métodos

2.1 Muestreo

Se recolectaron muestras de sangre de *P. vogli* de individuos en cautiverio de la Estación de Biología Tropical Roberto Franco (EBTRF) y animales libres de los departamentos de Casanare y Meta de la vena femoral, siguiendo el protocolo descrito por Ortiz et al. [10]. A los animales en vida libre se les registraron las coordenadas del punto de colecta, y posteriormente fueron liberadas en el lugar donde fueron recolectadas, sin comprometer su integridad, viabilidad o supervivencia. Todas las muestras de sangre fueron colectadas en tubos Eppendorf y conservadas en etanol al 96% en el Laboratorio de Biología Molecular del Centro de Recursos Genéticos de la Universidad de los Llanos bajo un código único para cada individuo.

2.2 Extracción y amplificación del ADN

Mediante el protocolo de Fenol-Cloroformo [11] se extrajo el ADN total de las muestras de *P. vogli* de las diferentes localidades. Para evaluación de la calidad del material genético se realizó cuantificación del ADN extraído, por medio de la técnica de electroforesis con gel de agarosa al 2,0% [12] y espectrofotometría con NanoDrop BioSpec-nano [13].

Se amplificó un fragmento del marcador molecular de la región mitocondrial Citocromo b (Cytb) de aproximadamente 1044 pares de bases, con el par de primers mtc2 + mt-f-na [14]. La PCR se corrió en el termociclador MultiGene Optimax, para un volumen final de 30 μ L, que contenía: 15 μ L de My Tag HS MIX (2X), 0.4 mM de primer reverso, 0.4 mM de primer directo, 50 ng de ADN. El termociclo de PCR para el Cytb es el siguiente: desnaturalización inicial durante 5 min a 94 °C, seguido de 40 ciclos con desnaturalización durante 45 s a 94 °C, temperatura de recocido a 53 °C durante 45 s y elongación final a 72 °C durante 90 s [14].

93

2.3 Análisis de las muestras

Las muestras amplificadas fueron secuenciadas mediante la técnica de electroforesis capilar, utilizando BigDye Terminator v3.1 de Applied Biosystems en SSiGMol (Servicio de Secuenciación y Análisis Molecular) del Instituto de Genética de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Previamente se descargó una secuencia depositada en la base de datos del NCBI (National Center for Biotechnology Information) de *P. vogli*. La edición de secuencias codificantes del gen mitocondrial Cytb en *P. vogli* se realizó de manera manual utilizando el software Geneious 8.0.2 [15], y se verificaron mediante alineación con el algoritmo de búsqueda de alineación local básica

(BLAST) [16]. La diversidad de haplotipos y de nucleótidos se estimó utilizando el software DNASP 5.0 [17]. Se construyó una red de haplotipos para revelar las unidades genético- poblacionales, que infiere información genealógica a partir de la secuencia de nucleótidos a través del software PopART v1.7 [18]. Estos análisis ayudan a asignar a los individuos en cautiverio dentro de sus unidades genético-poblacionales, para separarlos dentro de núcleos reproductivos, permitiendo hacer liberaciones en sus áreas de distribución correspondientes, de ser necesario.

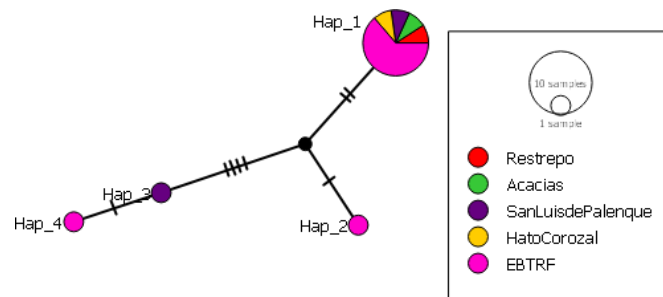
3 Resultados

Se amplificaron 23 muestras de *Podocnemis vogli*, y se lograron secuenciar 16 de estas de diferentes localidades con fragmentos entre 700 a 1044 pb, no obstante, debido a la calidad de las secuencias evaluada con la alineación y edición manual, sólo se analizaron 597 pb del marcador molecular Cytb. La diversidad haplotídica fue de 0.3309, que indica poca diversidad a lo que se ha evidenciado en *P. vogli* anteriormente, de 0.667 a 0.5 a 0.667 [4]. Se logró identificar 589 sitios monomórficos y 8 sitios polimórficos (variables), de los cuales 2 son singletons y 6 son parsimoniosamente informativos. Los análisis revelaron cuatro grupos poblacionales; el haplotipo 1 con 13 individuos de diferentes orígenes geográficos, los haplotipos 2 y 4 con individuos de la EBTRF, y un último grupo, el haplotipo 3 con un individuo de San Luis de Palenque, Casanare (Figura 1).

94

La red de haplotipos indica que la mayoría de individuos, agrupados en el haplotipo 1, podrían ser asignados a cualquier parte de la Orinoquía, considerando el marcador molecular Cytb, mientras que los otros individuos sí se necesitan separar para reproducirse, y que se liberen los individuos en sus lugares de origen, de ser necesario. Cabe destacar que el origen geográfico de algunos haplotipos no se pueden determinar e inclusive, algunos de ellos no fueron muestreados en vida silvestre, demostrando que es necesario ampliar el área de muestreo para identificar el origen geográfico de los individuos de la especie y conseguir así una técnica robusta para el manejo correcto de la especie.

Fig 1. Red de haplotipos de las tortugas sabaneras en la Orinoquía colombiana.



El Cytb es eficiente para demostrar las diferencias ancestrales entre la especie, ya que es poco variable, sin embargo, es recomendable usar un marcador molecular más variable, que permita identificar las diferencias locales más recientes. Esto ha sido demostrado en otras especies del género *Podocnemis*, donde el Cytb muestra una baja variabilidad genética [4], [19], mientras que otras regiones mitocondriales, como la región control ha presentado más polimorfismos [20].

Las herramientas moleculares han sido eficientes para otras tortugas en cautiverio, por ejemplo, en la EBTRF se han realizado estudios con *Chelonoidis carbonarius* [21] y *Rhinoclemmys melanosterna* [22], donde identificaron los grupos poblacionales, y clasificaron a los individuos por núcleos reproductivos, que evitarán la contaminación genética en poblaciones silvestres. Estudios en otros grupos taxonómicos, como el Caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius*), han revelado tres grupos poblacionales y ha permitido que individuos de esta especie hayan sido liberados en sus lugares de origen [23]. Estos estudios han permitido proponer soluciones efectivas para la conservación de especies en vía de extinción, y que se encuentran en cautiverio.

4 Conclusiones

La topología presentada por el haplotipo 1 nos indica que se trata de un grupo genético-poblacional común, debido a que es compartido por individuos de diferentes orígenes geográficos. Es decir *P. vogli* presenta un grupo genético común y otros exclusivos de áreas geográficas que pueden representar adaptaciones locales, sin embargo, hace falta información sobre individuos en vida libre de otras áreas geográficas para caracterizar la especie y poder tener una herramienta eficiente para asignar a los individuos en cautiverio a sus orígenes geográficos.

Referencias

- [1] WWF, "Estos son algunos de los animales más traficados en Colombia | WWF," 2022. <https://www.wwf.org.co/?379192/Estos-son-algunos-de-los-animales-mas-traficados-en-Colombia> (accessed Aug. 20, 2024).
- [2] M. Morales-Betancourt, V. Páez, and C. Lasso, Conservación de las tortugas continentales de Colombia, no. December. 2014. [Online]. Available: https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadYServiciosEcosistemicos/pdf/Programas-para-la-gestion-de-fauna-y-flora/TORTUGAS_FINAL_BAJA.pdf
- [3] A. M. Sepúlveda Seguro, "Podocnemis vogli (Müller, 1935)," Catálogo anfibios y Reptil. Colomb., vol. 4, no. 2, pp. 36–44, 2018.
- [4] D. M. Cárdenas-Barrantes, "Diversity and gene flow in four Colombian turtle population of Podocnemis vogli (Testudines: Podocnemididae)," p. 70, 2021.
- [5] J. A. Pino Varón and P. H. Laura Cristina, "Tráfico Ilegal De Especies Silvestres En Colombia: Problemáticas Emergentes Y Nuevas Tendencias," Univ. Libr. Colomb., pp. 1–32, 2023.
- [6] F. J. A., . O. Y., . M. A., and . R. G., "TRÁFICO ILEGAL DE TORTUGAS CONTINENTALES (TESTUDINATA) EN COLOMBIA: UNA APROXIMACIÓN DESDE EL ANÁLISIS DE REDES," Acta Biológica Colomb., vol. 19, pp. 381–392, 2014, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319031647005>
- [7] A. J. Paz Cardona, "Lucha contra el tráfico de animales en Colombia: lanzan guía para detectar partes de felidos en el mercado ilegal," Mongabay, 2024. <https://es.mongabay.com/2024/04/lucha-contra-trafico-animales-colombia-guia-detectar-partes-felidos/> (accessed Aug. 25, 2024).
- [8] N. J. Mancera Rodríguez and O. Reyes García, "COMERCIO DE FAUNA SILVESTRE EN COLOMBIA," Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín, vol. 61, no. 2, pp. 4618–4645, 2008, Accessed: Aug. 25, 2024. [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472008000200015&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- [9] J. A. Godoy, "La genética, los marcadores moleculares y la conservación de especies," Ecosistemas, vol. 18, no. 1, 2009, [Online]. Available: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/73>
- [10] M. L. Ortiz, P. A. Rodríguez, and M. L. Bueno, "Caracterización citogenética de la tortuga sabanera Podocnemis vogli (reptilia: testudinata: podocnemididae)," Acta Biológica Colomb., vol. 10, no. 1, pp. 19–33, 2005, [Online]. Available: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/27114>
- [11] T. Sambrook, J., Fritsch, E.F., Maniatis, Molecular Cloning: A Laboratory Manual, Second. Cold Springs Harbor, NY: Cold Springs Harbor Laboratory Press, 1989.

- [12] D. Voytas, "Agarose Gel Electrophoresis," *Curr. Protoc. Mol. Biol.*, vol. 51, no. 1, pp. 2.5A.1-2.5A.9, Jul. 2000, doi: 10.1002/0471142727.MB0205AS51.
- [13] S. R. Gallagher and P. R. Desjardins, "Quantitation of DNA and RNA with Absorption and Fluorescence Spectroscopy," *Curr. Protoc. Protein Sci.*, vol. 52, no. 1, p. A.4K.1-A.4K.21, May 2008, doi: 10.1002/0471140864.PSA04KS52.
- [14] U. Fritz et al., "A rangewide phylogeography of Hermann's tortoise, *Testudo hermanni* (Reptilia: Testudines: Testudinidae): implications for taxonomy," *Zool. Scr.*, vol. 35, no. 5, pp. 531-543, Sep. 2006, doi: 10.1111/J.1463-6409.2006.00242.X.
- [15] M. Kearse et al., "Geneious Basic: An integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data," *Bioinformatics*, vol. 28, no. 12, pp. 1647-1649, 2012, doi: 10.1093/bioinformatics/bts199.
- [16] S. F. Altschul, W. Gish, W. Miller, E. W. Myers, and D. J. Lipman, "Basic local alignment search tool," *J. Mol. Biol.*, vol. 215, no. 3, pp. 403-410, 1990, doi: 10.1016/S0022-2836(05)80360-2.
- [17] P. Librado and J. Rozas, "DnaSP v5: a software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data," *Bioinformatics*, vol. 25, no. 11, pp. 1451-1452, Jun. 2009, doi: 10.1093/BIOINFORMATICS/BTP187.
- [18] J. W. Leigh and D. Bryant, "POPART: Full-feature software for haplotype network construction," *Methods Ecol. Evol.*, vol. 6, no. 9, pp. 1110-1116, 2015, doi: 10.1111/2041-210X.12410.
- [19] M. Vargas-Ramírez, H. Stuckas, O. V. Castaño-Mora, and U. Fritz, "Extremely low genetic diversity and weak population differentiation in the endangered Colombian river turtle *Podocnemis lewyana* (Testudines: Podocnemididae)," *Conserv. Genet.*, vol. 13, no. 1, pp. 65-77, 2012, doi: 10.1007/s10592-011-0263-4.
- [20] L. E. Bernacki and C. W. Kilpatrick, "Structural Variation of the Turtle Mitochondrial Control Region," *J. Mol. Evol.*, vol. 88, no. 7, pp. 618-640, Sep. 2020, doi: 10.1007/S00239-020-09962-0/FIGURES/5.
- [21] B. S. Ramos Villalba, "Caracterización molecular de los parentales de la tortuga morrocoy de patas rojas *Chelonoidis carbonarius* (Testudines: Testudinidae) presentes en la Estación de Biología Tropical Roberto Franco, Villavicencio-Meta," Univ. los Llanos, 2023.
- [22] M. H. Agudelo Gonzalez, "Delimitación molecular de los grupos poblacionales de la tortuga palmera *Rhinoclemmys melanosterna* (Testudines: Geoemydidae) en la Estación de Biología Tropical Roberto Franco, Villavicencio-Meta," Univ. los Llanos, 2023.
- [23] N. Castillo-Rodríguez, A. M. Saldarriaga-Gómez, R. Antelo, and M. Vargas-Ramírez, "Population genetic structure in the critically endangered *Crocodylus intermedius* (Crocodylia: Crocodylidae): a shift in perspective for conservation actions in Colombia," *Biol. J. Linn. Soc.*, Feb. 2024, doi: 10.1093/BIOLINNEAN/BLAD174.

Er³⁺:Y₃Al₅O₁₂/Pt/ZnO para la producción fotocatalítica de hidrógeno

A.M. Morales Rivera 1,2[0000-0003-0300-5280], Christian F. Varela 2[0000-0002-1691-542X], C. A. Parra -Vargas2 [0000-0001-8582-3337] y L.C. Moreno - Aldana1[0000-0001-5142-7483]

1 Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Carrera 45 No 26-85, Bogotá, Colombia

2 Departamento de Biología y Química, Universidad de los Llanos, Km. 12 Vía Puerto López, Villavicencio, Colombia

3 Escuela de Física, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Avenida Central del Norte 39-115 Tunja, Boyacá, Colombia
ammorales@unillanos.edu.co

98

Abstract. El hidrógeno es una importante fuente de energía renovable, que requiere fotocatalizadores más eficientes. Este trabajo evaluó por primera vez la generación fotocatalítica de H₂ del nuevo material Er³⁺:Y₃Al₅O₁₂ / Pt/ZnO, donde se analizó el efecto que tiene la concentración de granate. El material fue sintetizado por el método sol-gel, recubierto empleando el método sono-químico y se caracterizó por XRD, SEM-EDX y UV-Vis-DRS. El seguimiento de la generación de H₂ con UV-Vis se realizó por espectrometría de masas, adicionalmente, se evaluó el efecto del metanol como agente de sacrificio. El método de síntesis permitió obtener ZnO de morfología esférica definida y de alta cristalinidad, con una generación de H₂ de 676 μmolh⁻¹g⁻¹. El recubrimiento disminuyó las V_o y un 2% de Pt aumento la producción de H₂ a 842 μmolh⁻¹g⁻¹. Una relación de masa 1.0:0.3 de Pt/ZnO:granate condujo a la mayor producción de H₂ (1304 μmolh⁻¹g⁻¹) y una disminución de solo el 20% después de 5 ciclos. Además, el 10% v/v de metanol mejoró la generación de H₂ hasta 3026 μmolh⁻¹g⁻¹. Er³⁺:Y₃Al₅O₁₂/Pt/ZnO que supera la producción de ZnO hasta ahora reportada en UV-Vis.

Keywords: ZnO, sol-gel, Er³⁺:Y₃Al₅O₁₂, agente de sacrificio, producción de H₂.

1 Introducción

El consumo de energía a nivel mundial es suplido en un 84% por fuentes no renovables provenientes de combustibles fósiles, que generan gases como CO_2 , CH_4 y N_2O que contribuyen con la contaminación ambiental y el efecto invernadero [1]. Debido a esto se ha empleado hidrógeno como una nueva fuente renovable; sin embargo, actualmente el 96% del H_2 a nivel mundial es generado por reformado con vapor de gas natural, de nafta y la gasificación de carbón, por lo que ha incursionado la fotocatalisis para la producción de H_2 a partir de la fotodescomposición del agua, debido a que es una metodología libre de contaminación [2].

El ZnO es utilizado como semiconductor empleado para la generación de H_2 . El ZnO con una banda prohibida de 3.2 eV, tiene una alta movilidad de electrones, es abundante, de bajo costo, baja toxicidad y alta eficiencia [3]. Sin embargo, sigue siendo un reto lograr un alto rendimiento, debido a su limitada absorción óptica y rápida recombinación de los portadores. Por lo cual, se han implementado nuevas metodologías que incluyen la adición de un metal, el uso de agentes de sacrificio y agentes luminiscentes de conversión ascendente ($\text{Er}^{3+}:\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$), con el fin de disminuir la recombinación de los pares e^-/h^+ y mejorar la eficiencia en la región del visible, ya que el $\text{Er}^{3+}:\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ genera un fotón de alta energía a partir de la absorción de dos fotones de menor energía [4]. La presente investigación tuvo como objetivo sintetizar un nuevo material $\text{Er}^{3+}:\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12} / \text{Pt}/\text{ZnO}$ para generación de H_2 , con el fin de que permita mejorar la separación de los pares e^-/h^+ y ser utilizado con UV-Vis. Para lograr este objetivo, se estudió el efecto de $\text{Er}^{3+}:\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, Pt y agente de sacrificio (metanol) sobre la producción fotocatalítica de hidrógeno del ZnO en UV-Vis.

99

2 Metodología

El ZnO fue sintetizado por el método sol-gel, para lo cual se partió de $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ y ácido cítrico en una relación de citrato/catión igual a uno. La solución precursora se sometió a un proceso de gelificación y secado en una estufa a 120 °C por 24 h, hasta obtener una espuma que fue precalcina a 400 °C por 1 h y calcina a 700 °C por tiempo de 2 h. El $\text{Er}^{3+}:\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ fue obtenido por el método sol-gel, para lo cual se mezcló ácido nítrico bajo agitación con Er_2O_3 y Y_2O_3 . Posteriormente, se mezcló con una solución de $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ según la fórmula $\text{Y}_3\text{Al}_0.45\text{Er}_{0.05}\text{O}_{12}$ y una solución de ácido cítrico, la mezcla se secó a 120 °C por 24 h, precalcino a 400 °C por 1 h

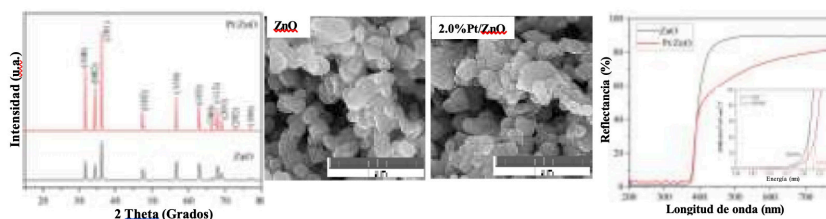
y calcino a 1000 °C por 10h. El recubrimiento con Pt del ZnO se realizó el método sonoquímico empleando una solución de H_2PtCl_6 y se calentó por 2 h a una temperatura de 180 °C. Por último, el $Er^{3+}:Y_3Al_5O_{12}$ y Pt/ZnO fueron mezclados en relación de masa de 1.0:0.1, 1.0:0.3 y 1.0:0.5 en un vaso de precipitado y se añadieron 30 mL de agua destilada, posteriormente se dispersaron en ultrasonido durante 30 min, se filtro y lavo el sólido, posteriormente el polvo se calcino a 500 °C 2 h.

Los fotocatalizadores obtenidos fueron caracterizados por: difracción de rayos X (DRX), microscopía electrónica de barrido (SEM) en un Tescan Vega 3 SB y reflectancia difusa en un espectrofotómetro Cary 5000 Uv-Vis-NIR. Para la producción de H_2 se tomó 50 mL de agua destilada y 50 mg de catalizador mezclados en un reactor y la cuantificación se realizó por espectrómetro de masas cuadrupolar QMS 422 de Pfeiffer (ThermoStar/OmniStar Prisma™). Se evaluó el efecto del agente de sacrificio con un 10%v/v y 20 %v/v de metanol.

3. Resultados y discusión.

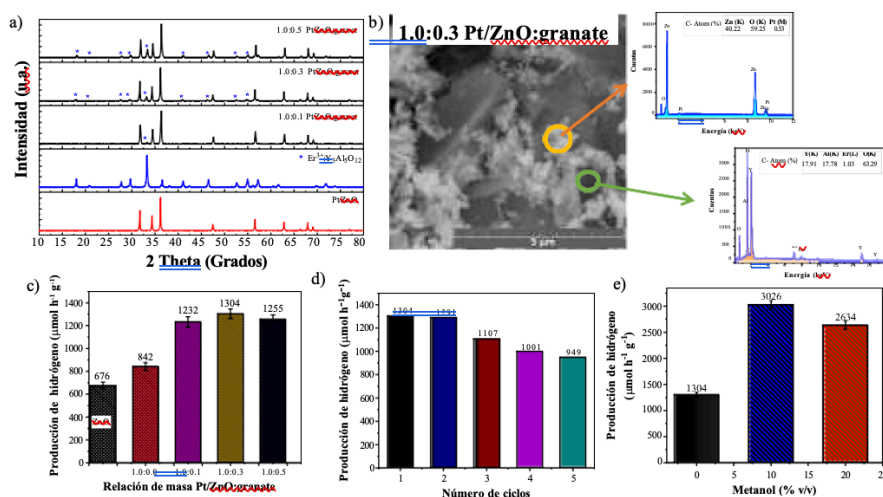
La Figura 1 las caracterizaciones realizadas al ZnO y Pt/ZnO. Los resultados de difracción permitieron identificar como fase única el ZnO de estructura hexagonal, grupo espacial P6₃mc (186) y con una orientación preferencial en el plano (1 0 1). Se determinó un tamaño de cristalito de 38.6 nm y 55.6 nm para ZnO y Pt/ZnO. El análisis morfológico mostró partículas de morfología esférica que no cambian con el recubrimiento de Pt llevando a tamaño de 142 nm. La caracterización óptica permitió determinar una banda prohibida de 3.21 eV y de 3.23 eV para ZnO y Pt/Zn. El Pt/ZnO presentó una banda de valencia (VB) de 2.63 eV y de conducción (CB) de -0.60 eV, estos potenciales son adecuados para la producción de H_2 .

Fig. 1. Resultados de DRX, SEM y reflectancia de ZnO y Pt/ZnO.



La Figura 2a muestra los difractogramas de las mezclas de Pt/ZnO y Er³⁺:Y₃Al₅O₁₂ con diferentes relaciones de masa. Los resultados no evidenciaron la formación de fases secundarias debido al proceso de mezclado. Se identificó el ZnO de estructura hexagonal y Er³⁺:Y₃Al₅O₁₂ de estructura cubica de grupo espacial Ia-3d (230) y con una orientación preferencial en el plano (4 2 0) con parámetros de red de $a = b = c = 12.010 \text{ \AA}$ y un volumen de 1732.32 \AA^3 . A partir del análisis morfológico se identificaron partículas esféricas pequeñas sobre partículas grandes de morfología irregular (Fig.2b). El análisis de composición puntual permitió identificar que las partículas grandes corresponden a Er³⁺:Y₃Al₅O₁₂ y las partículas pequeñas corresponden a Pt/ZnO.

Fig. 2. Resultados de DRX (a), SEM (b) y producción de H₂ de Er³⁺:Y₃Al₅O₁₂/Pt/ZnO: con diferentes relaciones de masa (c), estudio de reciclabilidad (d) y efecto del agente de sacrificio (e).



Los estudios fotocatalíticos realizados permitieron determinar una producción de 676 μmol/g h de H₂ (Fig. 2c), la cual aumentó en un 24% con el recubrimiento de Pt con un valor de 842 μmol/g h . La correlación con la caracterización previamente realizada, atribuye el aumento a la disminución en las vacancias de oxígeno (Vo), menores procesos de recombinación de los pares e⁻/h⁺, adicionalmente, el Pt atrapa los e⁻ y genera más sitios activos en el ZnO. La Fig. 2c muestra la relación entre la generación de H₂ y el efecto de la relación masa del Pt/ZnO:Er³⁺:Y₃Al₅O₁₂, donde se evidencia que el Er³⁺:Y₃Al₅O₁₂ aumentó la generación de H₂ del Pt/ZnO entre un 146% a 156%. La relación de masa de 1.0:0.3 logró la generación máxima de 1304 μmol/g h , el aumento en la producción se atribuye a que el Er³⁺:Y₃Al₅O₁₂ genera más radiación UV para el proceso de excitación del ZnO, a partir de radiación en la región del visible [5].

La muestra con una relación de masa de 1.0:0.3 de Pt/ZnO:Er³⁺:Y₃Al₅O₁₂ mostró una disminución del 20% después de 5 ciclos de uso (Fig. 2d), lo que demostró una alta actividad, eficiencia y estabilidad a largo plazo. Para aumentar aun más la producción de H₂, se evaluó el efecto del agente de sacrificio. Un porcentaje de 10 % v/v de metanol logró una producción de H₂ de 3026 $\mu\text{mol/g h}$, que es 2.3 veces mayor que la producción obtenida empleando únicamente H₂O (Fig. 2e). Los resultados fueron atribuidos a que se utilizaron efectivamente los h⁺ minimizando la recombinación de la carga y acelerando la generación de H₂.

El mecanismo de producción del Er³⁺:Y₃Al₅O₁₂/Pt/ZnO en solución acuosa con metanol inicia con la absorción de luz visible por Er³⁺:Y₃Al₅O₁₂ y emisión de fotones de mayor energía por medio del proceso de luminiscente de conversión ascendente. Los fotones de suficiente energía excitan eficazmente el ZnO, causando que los e⁻ en VB del ZnO pasen a la CB, creando h⁺. Los e⁻ fotogenerados son atrapados por el Pt, el cual evita la recombinación de los pares e⁻/h⁺ y actúa como sitios activos para producir H₂ [6]. Los h⁺ generados inducen la división de las moléculas de agua en oxígeno y protones y también permiten la oxidación del metanol. Por último, los e⁻ que han sido transferidos a la partícula metálica reducen los H⁺ a H₂.

4. Conclusiones

Se sintetizó el material Er³⁺:Y₃Al₅O₁₂/Pt/ZnO con una relación de masa de 1.0:0.3 y una producción de H₂ de 1304 $\mu\text{molh}^{-1}\text{g}^{-1}$, de alta estabilidad y fotoactividad, con una disminución solo del 20% después de 5 ciclos de uso. Adicionalmente, se determinó que un 10% v/v de metanol como agente de sacrificio aumentó la producción de H₂ (3026 $\mu\text{molh}^{-1}\text{g}^{-1}$) que la obtenida empleando únicamente H₂O, debido a que elimina h⁺. La producción obtenida supera varios trabajos reportados y abre la brecha a nuevas investigaciones sobre el uso ZnO mezclado con materiales luminiscentes de conversión ascendente para generación de H₂.

Referencias

1. S.H. Mohr, et al. Projection of world fossil fuels by country, Fuel. 141,120–135 (2015)
2. T. Hisatomi, et al, Recent advances in semiconductors for photocatalytic and photoelectro- chemical water splitting, Chem. Soc. Rev. 43, 7520–7535 (2014).

3. T. Jafari, et al. Photocatalytic water splitting-The untamed dream: A review of recent advances, *Molecules*. 21, 1-29 (2016).
4. C. Lu, et al., An effective quaternary nano-sized $\text{Er}^{3+}:\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}/\text{Pt}-\text{PdS}/\text{ZnS}$ visible-light photocatalyst for H_2 production, *RSC Advances*. 5, 54769–54776 (2015).
5. Y. Guo, et al. Enhancement of visible-light photocatalytic activity of Pt supported potassium niobate ($\text{Pt}-\text{KNbO}_3$) by up-conversion luminescence agent ($\text{Er}^{3+}:\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$) for Hydrogen Evolution from aqueous methanol solution, *Energy*. 82, 72–79 (2015).
6. A.B. Patil, et al. Efficient photocatalytic hydrogen production over Ce/ZnO from aqueous methanol solution, *Materials for Renewable and Sustainable Energy*. 10, 1-9 (2021).

Análisis numérico para ecuaciones degeneradas mixtas lineales de tipo 0.g

Beatriz Rojas¹, Ramiro Acevedo², Christian Góme³

¹ Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia,
brojasg@unillanos.edu.co,

² Universidad del Cauca, Popayaⁿ, Colombia,
rmacevedo@unicauca.edu.co

³ Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia,
chgomez@unillanos.edu.co

Abstract. Este trabajo presenta un análisis detallado de la estructura matemática y el desarrollo de métodos numéricos para una familia de ecuaciones mixtas degeneradas lineales. Estas ecuaciones, que generalizan la ecuación del calor en su forma mixta, plantean desafíos significativos debido a la degeneración de los coeficientes, lo que afecta tanto la formulación teórica como la discretización numérica. Se revisan los avances recientes en la existencia y unicidad de soluciones continuas, así como los primeros estudios numéricos, destacando la falta de un análisis totalmente discreto. Este estudio explora nuevas direcciones en la discretización temporal y espacial para estas ecuaciones, con el objetivo de cerrar la brecha entre la teoría y la práctica computacional, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones en este campo.

104

Keywords: Elementos finitos, método a posteriori, corrientes inducidas.

Introducción

En este trabajo, se abordará la estructura matemática de una familia de ecuaciones mixtas degeneradas lineales, que han suscitado un creciente interés en la comunidad científica debido a su complejidad y relevancia en diversos campos. Estas ecuaciones, que generalizan la clásica ecuación del calor, han sido estudiadas en diferentes contextos, y recientemente se han desarrollado importantes avances teóricos, como se detalla en los trabajos

de referencia [1], [2]. En particular, la existencia y unicidad de la solución del problema continuo ha sido rigurosamente establecida en [3], lo que proporciona una base sólida para el estudio de estos sistemas.

A pesar de los avances mencionados, aún existe una brecha significativa en el análisis numérico de estas ecuaciones, especialmente en lo que respecta a esquemas totalmente discretos. Hasta el momento, no se ha desarrollado un análisis exhaustivo que contemple todos los aspectos de la discretización temporal y espacial para estos sistemas degenerados. Las primeras investigaciones sobre estas ecuaciones fueron presentadas en [4], enfocándose en el caso más sencillo, la ecuación del calor en su forma mixta.

El estudio de las ecuaciones mixtas degeneradas lineales es crucial, ya que modelan fenómenos físicos donde los coeficientes pueden anularse o volverse indefinidos, lo que complica tanto su análisis teórico como su resolución numérica. Estas peculiaridades introducen desafíos adicionales, como la pérdida de coercividad y la necesidad de técnicas especializadas para abordar la degeneración. Por ello, el desarrollo de métodos numéricos eficientes y precisos para estas ecuaciones es fundamental, especialmente en aplicaciones prácticas donde se requieren simulaciones computacionales robustas.

Resultados

Sean X, Q espacios de Hilbert reales, con normas $\|\cdot\|_X, \|\cdot\|_Q$, respectivamente, y X', Q' sus correspondientes espacios duales. Además, $\langle \cdot, \cdot \rangle_X$ y $\langle \cdot, \cdot \rangle_Q$ representan el producto de dualidad de X y Q , respectivamente. Además, sean Y y M espacios de Hilbert reales, tales que $X \subset Y$ y $Q \subset M$; $S : Q \rightarrow Q'$ y $B : X \rightarrow Q'$ ($B' : Q \rightarrow X'$ su operador adjunto respectivo) operadores lineales y continuos. Además, sea $A : X \rightarrow X'$ lineal, $T > 0$, $g \in L^2(0, T; Q')$ y $p_0 \in Q$, entonces una familia de ecuaciones degeneradas mixtas \mathcal{O} consisten en:

105

2 Beatriz Rojas, Ramiro Acevedo, Christian Gómez

Problem 1. Encontrar $u \in L^2(0, T; X)$ y $p \in L^2(0, T; Q)$ tal que
 $\langle Au(t), v \rangle + \langle B'p(t), v \rangle = 0$, d
 $\langle Sp(t), q \rangle - \langle Bu(t), q \rangle = \langle g(t), q \rangle \quad \forall q \in Q, dt$
 $Sp(0) = Sp_0$, en M' .

Las siguientes hipótesis que permitirán establecer condiciones necesarias y suficientes para demostrar la existencia y unicidad del Problema 1.

H1. Existe $\alpha > 0$ tal que $\langle Av, v \rangle + \langle Bv, Q' \rangle \geq \alpha \|v\|$ $\forall v \in Q'$

H2. B satisface la condición inf-sup.

H3. Existe $\alpha^* > 0$ tal que $\langle Sq, q \rangle \geq \alpha^* \|q\|^2$ $\forall q \in Q$

H4. Existe $K > 0$ tal que para cada $h \in Q'$ y $\varphi > 0$, la condición

$p \in \text{Ker} B' : \langle (\varphi R^2 + S)p, q \rangle = \langle h, q \rangle \quad \forall q \in \text{Ker} B'$

implica que $\|p\|_Q \leq K \|h\|_{Q'}$.

H5. A y S + C son operadores estrictamente mono-tonos.

A continuación, se enunciará la versión lineal de existencia y unicidad. Theorem 1. Sean $S : Q \rightarrow Q'$ y $B : X \rightarrow Q'$ ($B' : Q \rightarrow X'$ su operador adjunto respectivo) lineales. Asuma que S es continuo, simétrico y mono-tono, B continuo, $A : X \rightarrow X'$ es lineal simétrico, mono-tono y continuo. Además, las hipótesis H1.-H4. se cumplen. Entonces existe una solución $u \in L^2(0, T; X)$ y $p \in L^2(0, T; Q)$ del Problema 1. Más aún, si se cumple H5. la solución es única. Proof. 2 Ver Teorema 3.4 [3].

Como parte importante e innovadora del trabajo se presenta una aproximación totalmente discreta para la ecuación evolutiva degenerada mixta. Para lo cual se asumen todas las condiciones dadas en el Teorema 1. Se usará en la discretización temporal el método de Euler. Así, sea $\Delta t = N$ el paso de tiempo, $t_n = n\Delta t$, $n = 0, \dots, N$ una partición de $[0, T]$. Se denotará $dt\theta_n = (\Delta t)^{-1}(\theta_n - \theta_{n-1})$ la derivada de primer orden en el tiempo discreto con $\theta_n = \theta(t_n)$. Además, considérese X_h y Q_h subespacios de dimensión finita de los espacios X y Q respectivamente. Sea $u_{0,h} \in X_h$, $p_{0,h} \in Q_h$, $f \in C([0, T], X')$ y $g \in C([0, T], Q')$ la discretización total del problema 1 se presenta a continuación.

Problem 2. Encontrar $u_n \in X_h$ y $p_n \in Q_h$, $n = 1, \dots, N$, tal que $h \langle A u_n, v \rangle + \langle B' p_n, v \rangle = 0$, $h \langle S d_t p_n, q \rangle - \langle B u_n, q \rangle = \langle g(t_n), q \rangle \quad \forall q \in Q_h$, $h \langle u_n, v \rangle = \langle u_{0,h}, v \rangle$, $h \langle p_n, q \rangle = \langle p_{0,h}, q \rangle$. Para la existencia y unicidad del problema anterior se enuncia el siguiente teorema: Theorem 2. Suponga que los operadores S, A, B y satisfacen las condiciones del Teorema 1. entonces la aproximación por discretización del Problema 2 tiene única solución $u_n \in X_h$ y $p_n \in Q_h$. Introduciendo los términos estándar para el estudio del error es necesario considerar u y u_n ($n = 1, \dots, N$); p y p_n ($n = 1, \dots, N$) las soluciones para el Problem 1 y el Problem 2, respectivamente. Así, se puede obtener estimaciones cuasi óptimas del error, para ambas variables. En este caso se usa una técnica estándar para problemas

evolutivos estudiada en [5]. Se aplica la teoría abstracta a un caso en concreto proveniente de la ecuación del calor. Finalmente programamos los elementos finitos de Raviart-Thomas y Lagrange que permiten validar los resultados numéricos obtenidos. Análisis numérico para ecuaciones degeneradas mixtas lineales de tipo 0.

Conclusiones

El estudio teórico de las ecuaciones mixtas degeneradas lineales ha permitido establecer una base sólida en cuanto a la existencia y unicidad de sus soluciones, lo que confirma la relevancia de estos modelos en diversos contextos científicos. Estos avances teóricos son fundamentales, ya que proporcionan una plataforma indispensable para el desarrollo de nuevas metodologías y soluciones en el análisis de este tipo de ecuaciones, que generalizan la clásica ecuación del calor.

La degeneración de los coeficientes en estas ecuaciones no solo complica su análisis teórico, sino que también demanda el uso de técnicas numéricas especializadas y robustas. Dado que estos sistemas modelan fenómenos físicos complejos, es crucial que los métodos numéricos desarrollados sean precisos y eficientes, lo que garantizara simulaciones computacionales fiables y aplicables en la práctica.

Por último, se destaca la importancia de continuar investigando en la intersección entre la teoría y la práctica numérica para estas ecuaciones. Es esencial un esfuerzo sostenido para cerrar la brecha existente y avanzar en la comprensión y aplicación de estos modelos en escenarios más complejos y realistas. Este enfoque permitiría potenciar la utilidad de estos modelos en diversas aplicaciones científicas y tecnológicas.

Referencias

1. Acevedo, Ramiro and Loaiza, Gerardo, A fully-discrete finite element approximation for the eddy currents problem, Ingenieria y Ciencia, 9 (2013).
2. Ramiro Acevedo and Christian Gómez and Bibiana López-Rodríguez, Fully-discrete finite element approximation for a family of degenerate parabolic problems, Math. Model. Anal. 27 (2022).
3. Showalter, R. E., Nonlinear degenerate evolution equations in mixed formulation, SIAM J. Math. Anal., SIAM Journal on Mathematical

- Analysis, 42 (2010).
4. Daniele Boffi and Lucia Gastaldi, Analysis of Finite Element Approximation of Evolution Problems in Mixed Form, journal, 42 (2004).
 5. Crouzeix, Michel and Raviart, Pierre.-A., Conforming and nonconforming finite element methods for solving the stationary Stokes equations. I, Rev. Française Automat. Informat. Recherche Opérationnelle Sér. Rouge, 7 (1973)

Un método a posteriori por medio de elementos finitos para un potencial tridimensional

Angie Marisol Tavares¹, Christian Gómez², Beatriz Rojas³

¹ Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia,

angie.tavera@unillanos.edu.co,

² Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia, chgomez@unillanos.edu.co

³ Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia, brojasg@unillanos.edu.co

Abstract. En este trabajo, se presenta una formulación variacional proveniente de problemas relacionados con corrientes inducidas, específicamente asociado a un potencial vectorial tridimensional. Se prueba el buen posicionamiento de esta formulación variacional y se proponen estimadores a posteriori residuales asociados a dicha formulación variacional. Finalmente, se realizan análisis numéricos tridimensionales que corroboran los resultados obtenidos, validando tanto la confiabilidad como la eficiencia del estimador.

Keywords: Elementos finitos, método a posteriori, corrientes inducidas.

109

Introducción

El modelo de corrientes inducidas se obtiene al omitir las corrientes de desplazamiento en las ecuaciones de Maxwell [1, capítulo 8], y proporciona una aproximación razonable a la solución del sistema completo de Maxwell en el rango de bajas frecuencias (ver [2]). Este modelo se utiliza comúnmente en diversas aplicaciones científicas e industriales, como el calentamiento por inducción, el frenado electromagnético, la generación eléctrica, etc. (ver [3, Capítulo 9]). En este poster se estudia la fiabilidad y eficiencia de los estimadores de error a posteriori basados en residuos para un problema tridimensional de corrientes inducidas en régimen armónico en un dominio computacional acotado. Mas precisamente, hallar A tal que

$$\begin{aligned} i\omega\sigma A + \operatorname{curl} \operatorname{curl} A &= J \text{ en } \Omega, \\ A \times n &= g \text{ sobre } \partial\Omega, \\ \operatorname{div} A &= 0 \text{ en } \Omega, \\ A \cdot n &= 0 \text{ sobre } \partial\Omega. \end{aligned}$$

En este modelo tenemos que existe un dominio conductor $\Omega_C \subset \Omega$ y un dominio dieléctrico $\Omega_D := \Omega \setminus \Omega_C$, en cual la conductividad σ es nula. También es sabido que μ es la permeabilidad del medio. Un formulación más compleja fue introducida en [4], y su análisis matemático y numérico, que incluye la existencia y unicidad de la solución y la convergencia teórica de la aproximación mediante el método de elementos finitos, se realizó en [5]. Sin embargo, el análisis teórico del método a posteriori no ha sido realizada. Por ello, el problema anterior supone un primer paso de dicho análisis. Para obtener la formulación variacional es necesario introducir los siguientes espacios funcionales

$$\begin{aligned} H(\operatorname{curl}; \Omega) &:= \{v \in L^2(\Omega)^3 : \operatorname{curl} v \in L^2(\Omega)^3\} \\ H_0(\operatorname{div}, \Omega) &:= \{v \in L^2(\Omega)^3 : \operatorname{div} v \in L^2(\Omega), v \cdot n = 0\} \end{aligned}$$

con sus respectivas normas usuales. La formulación variacional del problema esta dada por: hallar $A \in H(\operatorname{curl}; \Omega) \cap H(\operatorname{div}, \Omega)$ tal que

$$i\omega\sigma A \cdot Z + \int_{\Omega \setminus \Omega_C} \operatorname{curl} A \cdot \operatorname{curl} Z + \int_{\Omega} \operatorname{div} A \operatorname{div} Z = \int_{\Omega} J \cdot Z + \int_{\partial\Omega} (g \times n) \cdot Z,$$

para cada $\forall Z \in H(\operatorname{curl}; \Omega) \cap H(\operatorname{div}, \Omega)$.

Resultados

Usando como aproximación los elementos de Lagrange tridimensionales, podemos obtener una formulación discreta, lo cual permite proponer los indicadores de error pertinentes asociados al problema. Los indicadores de error locales propuestos y el estimador de error global se derivan de una ecuación de error basada en residuos. Los indicadores consideran términos definidos en los elementos (tetraedros) de la triangulación y en sus caras, incluidas las interfaces entre elementos donde se calculan dos funciones potenciales electromagnéticas diferentes. La fiabilidad del estimador de error global se deduce combinando la ortogonalidad del error con la definición de un operador de interpolación tipo Scott-Zhang que preserva algunas propiedades de las trazas normales. Además, la eficiencia del estimador global

se obtiene utilizando las funciones burbuja cúbicas y cúbicas estándar para proporcionar las estimaciones superiores de los términos volumétricos y de salto de los indicadores de error locales. Finalmente, presentamos ejemplos numéricos que confirman la fiabilidad y eficiencia de los estimadores de error a posteriori, y muestran el buen rendimiento de los algoritmos adaptativos asociados. Trabajos similares para el problema de corrientes parásitas en régimen armónico, pero utilizando otras variables como incógnitas principales, se presentan en [6], [7], [8]. El estimador a posteriori local viene dado por

$$\begin{aligned}\eta_2 &= h^2 \int |J - \text{curl } Ah|^2 \\ \eta_2 &= hF \int |\text{div } Ah|^2 + \int |\text{curl } Ah|^2 \\ \eta_2 &= hF \int |\text{curl } Ah - g|^2 \\ \text{Por lo tanto, el estimador global será} \\ \eta_2 &= \Sigma(\eta_2 + \eta_2 + \eta_2)\end{aligned}$$

En la Tabla 1 se puede apreciar el buen comportamiento del error y del estimador.

Table 1. Tabla de errores

h	eAL2	eCurlA	η	O(eAL2)	O(eCurlA)	O(η)	eta/(eAL2 + eCurlA)
0.70710678	1.68399375	8.72915697	51.5991266	0	0	0	4.95518868290546
0.44386987	0.59530239	4.51056954	28.280688	2.23312231	1.417899690	1.29136741	5.53885573801045
0.22999003	0.15222311	2.31347774	13.5439867	2.07397937	1.01540983	1.119686	5.49295616719238
0.19181435	0.09171629	1.76049104	10.6909797	2.79199119	1.50530344	1.30351828	5.77202105994809
0.11454836	0.03213572	1.03655217	6.24935581	2.03427549	1.02747055	1.04149337	5.84769027909769
0.09110102	0.02031864	0.82175042	4.94931425	2.00163068	1.01393028	1.01834377	5.87756338175129
0.05321074	0.000703406	0.48336751	0.48336751	1.97276686	0.98689026	0.99687137	5.90472759004409

Conclusiones

El análisis a posteriori de un problema estacionario en términos de la variable A asociado a un modelo de corrientes inducidas permitió evaluar la precisión de las aproximaciones numéricas obtenidas, ofreciendo estimaciones rigurosas del error en las soluciones calculadas. Estas estimaciones son fundamentales para garantizar la fiabilidad de los resultados en aplicaciones prácticas, ya que proporcionan una medida cuantitativa de la calidad de la solución obtenida. Además, el enfoque a posteriori facilita la adaptación del método numérico, permitiendo refinamientos localizados en la malla de elementos finitos, lo que optimiza el uso de recursos computacionales sin comprometer la precisión global del modelo.

La aplicación de estimaciones a posteriori en el contexto de un modelo estacionario de corrientes inducidas ligado a la variable A también subraya la importancia de la robustez y la adaptabilidad del método de elementos finitos. Estos análisis no solo validan la exactitud del modelo, sino que también identifican posibles regiones donde la solución puede ser mejorada, particularmente en zonas donde la no linealidad o las singularidades del campo magnético son más pronunciadas. En conjunto, estas conclusiones demuestran que las técnicas de estimación a posteriori son esenciales para el desarrollo de simulaciones más precisas y eficientes, lo que resulta crucial para la ingeniería electromagnética en aplicaciones industriales complejas.

Referencias

112

1. A. BOSSAVIT, Computational Electromagnetism, Academic Press Inc., San Diego, CA, 1998.
2. H. Ammari, A. BuffA And J.-C. Nédélec, A justification of eddy currents model for the Maxwell equations, SIAM J. Appl. Math., 60, 1805–1823 (2000).
3. A. Alonso And A. Valli, Eddy Current Approximation of Maxwell Equations: Theory, algorithms and applications, Milano, Italia: Springer, 2010.
4. O. Bruneau And K. Preis, On the use of the magnetic vector potential in the finite element analysis of the three-dimensional eddy currents, IEEE Trans. Magn., 25 (1989), pp. 3145–3159.
5. R. Acevedo And R. Rodríguez, Analysis of the $A, V - A - \psi$ potential formulation for the eddy current problem in a bounded domain, Electron. Trans. Numer. Anal., 26, 270–284 (2007).

6. R. Beck, R. HIPtmAlr, R. HOPPe And B. WOHLmuTH, Residual based a posteriori error estimators for eddy current computation, ESAIM: M2AN, 34, 159–182 (2000).
7. C. CHen, E. CreuS´e, S. NIcAlSe And Z. TAnG, Residual-based a posteriori estimators for the potential formulations of electrostatic and time-harmonic eddy current problems with voltage or current excitation, Int. J. Numer. Meth. Engng, 107 (2016), pp. 377–394.
8. C. CHen, Y. Le MenAcH, E. CreuS´e, S. NIcAlSe, F. PlrIOu And N. N´emITZ, A posteriori residual error estimators with mixed boundary conditions for quasi-static electromagnetic problems, COMPEL, 34 (2015), pp. 724–739.

Las especies de *Lentinus* (Basidiomycota, Polyporales) y *Pleurotus* (Basidiomycota, Agaricales) en la biotecnología colombiana

Michelle Dayana Mesa-Mosquera^{1,2}[0009-0002-6752-9243], Danna Lizeth Guevara- Prieto^{1,3}[0000-0002-3821-7470], Martha L. Ortiz-Moreno⁴[0000-0003-0172-9111] y Lida C. Lesmes- Rodríguez⁵[0000-0002-1312-0891]

¹ Programa de Biología, Facultad Ciencias de Básicas e Ingeniería, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta

² Semillero de investigación Fungillanos, Semillero de investigación Genevol, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta

³ Semillero de investigación Fungillanos, Grupo de investigación Biorinoquia, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta

⁴ Grupo de investigación en Sustentabilidad Ambiental (SUSA), Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta

⁵ Departamento de Biología y Química, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta

mdmesa@unillanos.edu.co

114

Abstract. Actualmente, los hongos de pudrición blanca *Pleurotus* spp. y *Lentinus* spp. son de interés biotecnológico por sus propiedades enzimáticas en Colombia. Por ello, el objetivo de este trabajo es hacer una revisión de los usos biotecnológicos actuales y potenciales que se les ha dado a especies de estos géneros. Para su búsqueda, se siguió el protocolo PRISMA. La información se extrajo de 5 bases de datos y se seleccionó a partir de los criterios de inclusión y exclusión establecidos. El género con más usos es *Pleurotus*; con respecto a *Lentinus* spp., que ha sido menos utilizado, se hallaron pocos estudios sobre sus usos en la biotecnología colombiana. Se recomienda aportar al conocimiento de estas y otras especies de hongos de pudrición blanca para aumentar el desarrollo biotecnológico del país.

Keywords: Biosíntesis, enzimas ligninolíticas, lignina, usos.

1 Introducción

Colombia es uno de los países con mayor diversidad de especies en el mundo. La variedad de condiciones ambientales en sus regiones promueve la diversificación de los organismos, entre ellos los macromicetos [1]. Dentro de este grupo, están los hongos de pudrición blanca que son de especial interés por poseer enzimas ligninolíticas con capacidad para degradar lignina y otras moléculas que componen la madera [2], siendo las especies de los géneros *Lentinus* y *Pleurotus* unas de las más estudiadas actualmente. *Lentinus* spp. pertenece a la familia Polyporaceae, reconocida por ser ligninolítica y con distribución en regiones subtropicales [3]. Entre los usos documentados para las especies de *Lentinus* spp., se encuentran el uso comestible y biotecnológico, siendo ejemplo *L. crinitus*, cuyas setas son bajas en grasas [4][5] y ricas en proteínas y vitaminas [6]. Además, las especies de este género han demostrado ser capaces de sintetizar lacasas en medios sintéticos [7][8] y tener actividad antifúngica y antimicrobiana [9][10].

El género *Pleurotus* pertenece a la familia Pleurotaceae, la cual es diversa en especies y amplia en distribución dado que es cultivada en todo el mundo. Estos macromicetos poseen potencial en biorremediación, extracción y degradación de metabolitos secundarios por su contenido enzimático [11]. Países como Estados Unidos, Ucrania y Suecia han realizado estudios centrados en su aplicación en biotecnología, nutrición y medicina [11].

En los últimos años, en Colombia se ha avanzado en el desarrollo de investigaciones sobre biotecnología enfocada en hongos de pudrición blanca. Por esta razón, el objetivo de este trabajo es hacer una revisión sistemática de los usos biotecnológicos actuales y potenciales que se les ha dado a especies de los géneros *Lentinus* y *Pleurotus*.

115

2 Materiales y métodos

2.1 Fuentes de información y estrategia de búsqueda

Conforme a los protocolos PRISMA, fueron seleccionadas las bases de datos Google Scholar, Elsevier Group, MDPI, Scielo y ResearchGate. Las fuentes de información se buscaron empleando los operadores booleanos AND y OR y palabras clave *Lentinus*, *Pleurotus*, biotecnología, biodegradación, biosíntesis, enzimas ligninolíticas y Colombia; tanto en español como en inglés.

2.2 Criterios de elegibilidad

El desarrollo de esta revisión se basó los criterios nombrados a continuación:

- En los documentos publicados, se reportó información referente a usos biotecnológicos de *Lentinus* spp. y *Pleurotus* spp. en Colombia.
- Se consideraron todas las categorías de biotecnología mientras que utilizaran los géneros de hongos del estudio.
- Solo se contemplaron estudios realizados en Colombia.
- Se tuvieron en cuenta aquellos documentos que permitieron visualizar el contenido completo del archivo.
- Los documentos académicos incluidos fueron artículos de investigación, libros, tesis y artículos de revisión.
- Se eligieron los documentos publicados en el intervalo de tiempo 2015-2024.

2.3 Selección de estudios

Los autores organizaron dos grupos de trabajo, donde cada uno utilizó las palabras clave en las bases de datos y confirmó la presencia de al menos dos de estas. Posteriormente, se revisó el título y el resumen de cada documento. Al finalizar, la información se comparó entre los autores. Los documentos fueron leídos y analizados en su totalidad, teniendo presentes los criterios de inclusión y exclusión descritos previamente; los registros duplicados fueron eliminados.

2 Resultados

Se obtuvieron 2424 documentos mediante la estrategia de búsqueda establecida, encontrando 2048 en Google Scholar, 112 en Science Direct, 133 en Scielo, 122 en MDPI y 9 en ResearchGate. De estos, se identificaron 382 registros duplicados y se descartaron 1133 por no estar relacionados con el tema y objetivo de la revisión. En la fase de cribado, se seleccionaron 296 documentos para la revisión del texto en su totalidad porque cumplían con el criterio de tener las palabras clave en el título y en el resumen. Luego de su lectura, se eligieron 56 trabajos puesto que cumplieron todos los criterios; aquellos que no cumplieron con al menos uno, fueron descartados. Finalmente, dentro de los documentos seleccionados, 47 presentaron información sobre los hongos de pudrición blanca del género *Pleurotus* y 12 del género *Lentinus*.

3 Conclusiones

En la actualidad, el interés por los hongos de pudrición blanca se ha acrecentado en el campo de la biotecnología colombiana. Especies de *Pleurotus* spp. se han utilizado principalmente para producción de enzimas ligninolíticas, consumo por su valor nutricional, biorremediación, degradación y tratamiento de desechos de cultivos e industriales, compostaje, producción de metabolitos secundarios, formación de consorcios con otros organismos, degradación de residuos plásticos, fabricación de biomateriales, tratamiento para alimentos y en mejoramiento vegetal. Además, *P. ostreatus* es la especie con más usos de este género.

Para *Lentinus* spp., las investigaciones se centran principalmente en la especie *L. crinitus*. En Colombia, hasta el momento, las especies de este género se han utilizado para la producción de enzimas ligninolíticas, aprovechamiento de propiedades antimicrobianas, consumo por su valor nutricional y producción de metabolitos secundarios. Finalmente, las pocas investigaciones referentes a *Lentinus* spp. demuestra que es necesario contribuir a su conocimiento y al de otros hongos de pudrición blanca presentes en Colombia, con el fin de usarlos en diversos sectores para el desarrollo biotecnológico del país.

Referencias

1. Fernández, V.: Evaluación de actividad ligninolítica en macrohongos de bosque húmedo tropical, Chocó, Colombia (Tesis Pregrado), Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Colombia (2022).
2. Zambrano-Forero, C. J., Dávila-Giraldo, L. R., Jaimes, L. O. B., Arteaga, J. J. M., Robledo, G. L. y Arango, W. M.: The lignocellulolytic effect from newly wild white rot fungi isolated from Colombia. *International Journal of Environment and Waste Management*, 27(4), 440- 454 (2021)
3. Pegler, D. N.: A preliminary Agaric flora of East Africa. Her Majesty's Stationary Office, London. *Kew Bulletin Addition* 6: 615 (1997).
4. Mattila, P., Könkö, K., Eurola, M., Pihlava, J. M., Astola, J., Vahteristo, L. y Piironen, V.: Contents of vitamins, mineral elements, and some phenolic compounds in cultivated mushrooms. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(5), 2343-2348 (2001).
5. Heleno, S. A., Barros, L., Sousa, M. J., Martins, A. y Ferreira, I. C.: Tocopherols composition of Portuguese wild mushrooms with antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 119(4), 1443-1450 (2010).
6. dos Santos Filho, J. R., da Silva Santos, É., Linde, G. A., Colauto, N. B., Gonçalves R. A. C. y de Oliveira, A. J. B.: *Lentinus crinitus*: Traditional use, phytochemical and pharmacological activities, and industrial and

- biotechnological applications. Food Research International, 113179 (2023).
7. Valle, J. S., Vandenberghe, L. P. S., Santana, T. T., Almeida, P. H., Pereira, A. M., Linde, G. A. y Soccol, C. R.: Optimum conditions for inducing laccase production in *Lentinus crinitus*. Genetics and Molecular Research, 13(4), 8544-8551(2014).
8. Tavares, M. F., Avelino, K. V., Araújo, N. L., Marim, R. A., Linde, G. A., Colauto, N. B. y do Valle, J. S.: Decolorization of azo and anthraquinone dyes by crude laccase produced by *Lentinus crinitus* in solid state cultivation. Brazilian Journal of Microbiology, 51, 99-106 (2020).
9. Figueiredo, Á. y Silva, A. C.: Actividad "in vitro" de extratos de *Pycnoporus sanguineus* e *Lentinus crinitus* sobre o fitopatógeno *Fusarium* sp. Acta Amazonica, 44, 1-8 (2014).
10. Bertéli, M., Barros, L., Reis, F. S., Ferreira, I. C. F. R., Glamočlija, J, Soković, M., do Valle, J. S., Linde, G. A., Ruiz, S. P. y Colauto, N. B.: Antimicrobial activity, chemical composition and cytotoxicity of *Lentinus crinitus* basidiocarp, Food Funct (2021).
11. Sekan, A. S., Myronycheva, O. S., Karlsson, O., Gryganskyi, A. P. y Blume, Y.: Green potential of *Pleurotus* spp. in biotechnology. PeerJ, 7, e6664 (2019).

Dinámica temporal de una comunidad de mamíferos neotropicales en un ambiente rural y estacional

Geraldine Quevedo1*[0009-0000-6606-6027], Lilia Ladino2[0000-0003-1197-0494] y Francisco Sánchez1[0000-0001-8826-5692]

1 Grupo de Investigación ECOTONOS, Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad de los Llanos, sede Barcelona, km 12 vía Puerto López, Villavicencio, Colombia.

*geraldine.quevedo@unillanos.edu.co

2 Grupo de Investigación SISTEMAS DINÁMICOS, Departamento de Matemáticas y Física, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad de los Llanos, sede Barcelona, km 12 vía Puerto López, Villavicencio, Colombia.

Resumen. La disponibilidad de agua y la precipitación explican la abundancia, distribución y diversidad de una amplia gama de grupos animales y vegetales. La Orinoquia colombiana presenta una alta estacionalidad en la precipitación, por lo que se esperaría poder predecir la variación en su biodiversidad con base en este factor. Por lo anterior, estudiamos la dinámica de la riqueza de mamíferos silvestres y la precipitación, y construimos modelos matemáticos para evaluar escenarios que permitan pensar en el manejo en áreas rurales del piedemonte llanero. Estudiamos la comunidad de mamíferos no voladores en un área rural del piedemonte llanero colombiano, una región considerada rica en biodiversidad, pero que ha sufrido y sigue sufriendo profundas transformaciones. Usamos cámaras trampa durante 23 meses para evaluar la riqueza de mamíferos. Reconocimos relaciones diferentes entre la riqueza de especies y la variación de la precipitación entre un ciclo hidrológico correspondiente a un año del Niño y otro correspondiente a un año de la Niña. Por ello construimos un modelo para cada ciclo hidrológico que incluye como predictores la precipitación y las perturbaciones asociadas a la actividad rural. Los modelos matemáticos que mejor se ajustaron a la variación de la riqueza

de mamíferos en los dos ciclos hidrológicos sugieren diferencias en la forma en que el efecto de la estacionalidad climática y de las perturbaciones se relacionan. Nuestros modelos sugieren tener en cuenta la variación climática y manejar las perturbaciones en ambientes rurales como parte de estrategias para permitir la conservación de especies silvestres de mamíferos, garantizando así la persistencia de los servicios ecosistémicos que prestan, lo que beneficia los paisajes rurales agropecuarios

Palabras clave: Riqueza de especies, modelos matemáticos, Orinoquia, remanentes de bosque, sistemas productivos

1 Introducción

En los ecosistemas neotropicales se ha reportado que la disponibilidad de agua y la precipitación explican la abundancia y distribución de una amplia gama de grupos taxonómicos tanto de plantas como de animales [1,2]. En la Orinoquia, durante la época de lluvias puede haber amplias zonas inundadas, que vuelven a secarse durante la época seca, y este contraste en condiciones afecta el tipo de vegetación que se encuentra en un área particular [3]. La fauna responde a los cambios climáticos, que se relacionan con la variación estacional de la productividad y de la vegetación en la Orinoquia [4, 5, 6]. A pesar de la reconocida relación entre productividad y diversidad y que la diversidad de la Orinoquia se debe relacionar con la estacionalidad de sus lluvias, hasta donde nuestra revisión de literatura lo indica, esta dependencia no ha sido explorada para predecir los niveles de biodiversidad en la región. Por lo tanto, construimos modelos matemáticos para empezar a entenderla dinámica temporal de la riqueza mamíferos silvestres en una zona rural del piedemonte llanero. La riqueza de especies es uno de los componentes cuantitativos de la biodiversidad y se relaciona con funciones de los ecosistemas, como el ciclo de energía, nutrientes y de la materia orgánica [7]. Adicionalmente, un entorno bajo perturbación regularmente es inestable y ello puede afectar el número de especies, al persistir sólo aquellas tolerantes a estas condiciones [7]. En efecto, las perturbaciones humanas en el uso de la tierra son uno de los impulsores de la pérdida de diversidad [8]. Así, aquí presentamos modelos que deben considerarse como propuestas iniciales para entender cómo la estacionalidad climática en la Orinoquia y las perturbaciones humanas predicen la respuesta de mamíferos en agroecosistemas, particularmente la variación de la riqueza de mamíferos en el tiempo.

2 Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

Realizamos la investigación en el Centro de Investigaciones La Libertad de Agrosavia, municipio de Villavicencio, departamento del Meta, Colombia; 336 m s.n.m. El clima es cálido y húmedo con una precipitación media anual de 2700 mm y una temperatura media del aire de 27°C [9]. La temporada seca es entre diciembre y marzo, y la temporada de lluvias entre abril y noviembre. El Centro es un mosaico de entornos que incluyen áreas construidas, cultivos experimentales, pastos y remanentes de bosques. Muestreamos los dos bosques más grandes, 110,15 ha y 175,70 ha, respectivamente.

3 Muestreo de mamíferos y análisis de datos

Colocamos 12 cámaras trampa Bushnell core DS 4K, 6 en cada remanente de bosque, sin cebo, durante 700 noches entre mayo de 2022 y marzo de 2024. Las cámaras estuvieron activas las 24 h del día y fueron programadas para grabar videos de 15 s, con 1 s entre videos. Revisamos las cámaras cada 15 días para verificar que estuvieran operativas y descargar videos. Identificamos mamíferos según nuestra experiencia de campo y la literatura disponible [e.g., 10, 11]. Calculamos la tasa de captura mensual para cada especie como el número de registros independientes dividido por el esfuerzo de muestreo. El esfuerzo de muestreo lo calculamos como el número total de cámaras multiplicado por el número de noches que estuvieron activas [12]. Calculamos el número de Hill q_0 , que corresponde a la riqueza de especies independiente de su abundancia, usando iNEXT [13]. Evaluamos la relación entre q_0 y la precipitación mensual y realizamos correlaciones no paramétricas de Spearman. A partir de los resultados obtenidos y observaciones sobre las perturbaciones en el área de estudio, construimos dos modelos matemáticos para representar la dinámica de la riqueza de mamíferos no voladores.

4 Resultados

Los modelos matemáticos que planteamos son propuestas iniciales para predecir la variación de la riqueza durante dos ciclos hidrológicos, que tienen en cuenta los resultados de las correlaciones entre la riqueza y la precipitación mensual. En el primer ciclo hidrológico, mayo 2022-marzo 2023, la variación de la riqueza tuvo una correlación negativa con la precipitación mensual ($\rho = -0.649$, $P = 0.03$), mientras que, en el segundo ciclo, abril 2023-marzo 2024, la variación de la riqueza de especies estuvo positivamente correlacionada con la precipitación ($\rho: 0.681$, $P\text{-valor} = 0.021$). Los modelos matemáticos que mejor se ajustaron a la variación de la riqueza de mamíferos entre los dos ciclos hidrológicos sugieren diferencias en la forma en que el efecto de la estacionalidad climática y de las perturbaciones se relacionan. Nuestros modelos predicen que las variaciones en las características de los ciclos hidrológicos, debido a fenómenos como “el Niño” o “la Niña” que implican desviaciones considerables por debajo o por encima de los valores promedio de precipitación, combinado con la intensidad de las perturbaciones pueden afectar la dinámica general de los ecosistemas y la ecología de los mamíferos, así los años con muy bajas precipitaciones y dependiendo de los niveles de perturbación pueden reducir considerablemente la cantidad de especies de mamíferos. Las perturbaciones humanas amplifican los efectos de la estacionalidad climática sobre el número de especies, el aumento de las perturbaciones, disminuye la riqueza de mamíferos silvestres no voladores, incluso hasta el punto de perder todas las especies, intensificando la incapacidad de ganar y recuperar especies.

122

5 Conclusiones

Los modelos matemáticos describieron la dinámica local de la riqueza del ensamble de mamíferos no voladores en bosques húmedos tropicales rodeados de cultivos en zona rural del piedemonte llanero y proporcionan una buena aproximación de los efectos de la variación climática y las perturbaciones humanas sobre la fauna que persiste en el Centro de Investigación Agrosavia La Libertad. Nuestros modelos son propuestas iniciales que sugieren tener en cuenta la variación climática y manejar las perturbaciones en ambientes rurales como parte de estrategias para permitir la conservación de especies silvestres de mamíferos en dichos ambientes, garantizando así la persistencia de los servicios ecosistémicos que prestan, lo que beneficia los paisajes rurales agropecuarios.

Referencias

- [1] Parolari, A. J., Paul, K., Griffing, A., Condit, R., Perez, R., Aguilar, S., & Schnitzer, S.A. Liana abundance and diversity increase with rainfall seasonality along a precipitation gradient in Panama. *Ecography*, 43(1), 25-33. <https://doi.org/10.1111/ecog.04678>, (2020)
- [2] Hawkins B. A. and Pausas J. G., "Does plant richness influence animal richness?: the mammals of Catalonia (NE Spain)," *Divers Distrib*, vol. 10, no. 4, pp. 247-252, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2004.00085.x>. (2004)
- [3] Huber O., de Stefano R. D., Aymard G., and Riina R., "Flora and Vegetation of the Venezuelan Llanos: A Review," *Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests*, pp. 95-120, doi: 10.1201/9781420004496-5/flora-vegetation-venezuelan-llanos-review-otto-huber-rodrigo-duno-de-stefano-gerardo-aymard-ricarda-riina(2006)
- [4] Maldonado-Chaparro A. and Sánchez-Palomino P., "Seasonal spatial distribution patterns of a capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) population in the flooded savannas of Colombia," *Mastozool Neotrop*, vol. 17, pp. 287-294, Mar. (2010).
- [5] Trujillo F. and Mosquera-Guerra F., "Caracterización, uso y manejo de la mastofauna asociada a los morichales de los llanos orientales de Colombia," *Morichales, Cananguchales y otros palmares inundables de Suramérica*, pp. 98-112, doi: 10.5167/uzh-130866. (2016)
- [6] August P. V., "Population ecology of small mammals in the llanos of Venezuela. Special Publications of the Museum, Texas Tech University," pp. 71-104, (1984).
- [7] Worm B. and Duffy J. E., "Biodiversity, productivity and stability in real food webs," *Trends Ecol Evol*, vol. 18, no. 12, pp. 628-632, (2003).
- [8] Pang S. E. H, De Alban J. D. T., and Webb E. L., "Effects of climate change and land cover on the distributions of a critical tree family in the Philippines," *Sci Rep*, vol. 11, no. 1, p. 276, (2021).
- [9] Rodríguez-Quijano, P.: *La Libertad : ciencia y tecnología agropecuaria entre el cielo y la llanura. Innovación y Cambio Tecnológico (Colombia)* 1, 44-47 (2000).
- [10] Alfonso A. and Sánchez F., "Mamíferos no voladores en un campus universitario de la Orinoquía colombiana," *Mammalogy Notes*, vol. 5, pp. 29-39, (2019).
- [11] Morales A. L, Sánchez F., Poveda K., and Cadena A. , *Mamíferos terrestres y voladores de Colombia : guía de campo (No. Doc. 21579) CO-BAC, Bogotá*. (2004).
- [12] O'Brien, T.: Abundance, density and relative abundance: a conceptual framework. in: A.F. O'Connell, J.D. Nichols, K.U. Karanth (Eds.), *Camera traps in animal ecology: methods and analyses*, pp. 71-96. Springer, Heidelberg, (2011).
- [13] Hsieh T. C, Ma, K. H. and Chao A., "iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers)," *Methods Ecol Evol*, vol. 7, no. 12, pp. 1451-1456, Dec. 2016, doi: 10.1111/2041-210X.12613.

Magnetic Moment Behavior in Garnet-Type Ferrimagnetic Materials $Gd_{1-x}Ho_xFe_5O_{12}$ Doped with Ho and Gd

Davian Martinez Buitrago¹, Edith Milena Cardenas¹, and Luis Elvis Cano²
Universidad de los Llanos, Villavicencio, COL,
damartinez@unillanos.edu.co,
WWW home page: <https://www.unillanos.edu.co/>

Abstract. Ferromagnetic materials based on rare earth doped iron garnet $Gd_{1-x}Ho_xFe_5O_{12}$ with $x = 0 - 1$ analyzed from 50 to 300 K, show some variations in their magnetization affecting the value of the magnetic moment measured at 50 K for all doping values x . The magnetization as a function of temperature exhibits a systematic variation with the change in concentration x . Its magnetic moment shows how it decreases with respect to increasing Holmium, but its magnetic moment ratio decreases with increasing x , it is worth mentioning that some of its magnetic moments change with increasing applied magnetic field, this response is associated with its compensation temperature of each x , a magnetic moment close to zero is expected around this temperature, when compared with the magnetization curves as a function of temperature it shows how the magnetic moment increases near T_{comp} .

Keywords: Garnet, ferrimagnetic, Holmium, gadolinium, earth rare

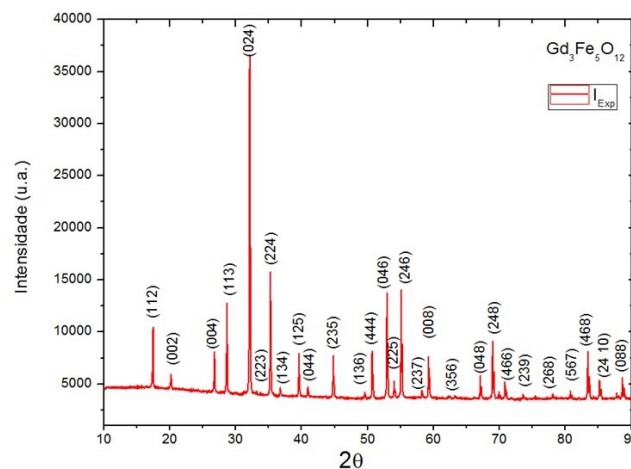
1 Experimental Methods

For the preparation of the samples were used high purity reagents Gd_2O_3 of 99.999%, Ho_2O_3 of 99.999% and Fe_2O_3 99.97%. The samples were prepared in powder and mixed in mortar, pressed in the form of a pellet and carried to a calcined process at 900 C for 24 hours at a rate of 10 C/min and then be

analyzed by X-ray diffraction (XRD) in order to verify the formation of crystalline phase, the same samples were pulverized and mixed again to then be pellet and carried again to a second thermal process at 1200 C for 36 hours at a rate of 10 C/min of heating, again X-ray diffraction was performed in order to confirm its crystalline phase reported by other authors. For magnetic analysis processes, each of the doped samples had its magnetization measured as a function of temperature for different magnetic fields between 500 Oe and 30 kOe, varying the temperature from 50 K to 300 K.

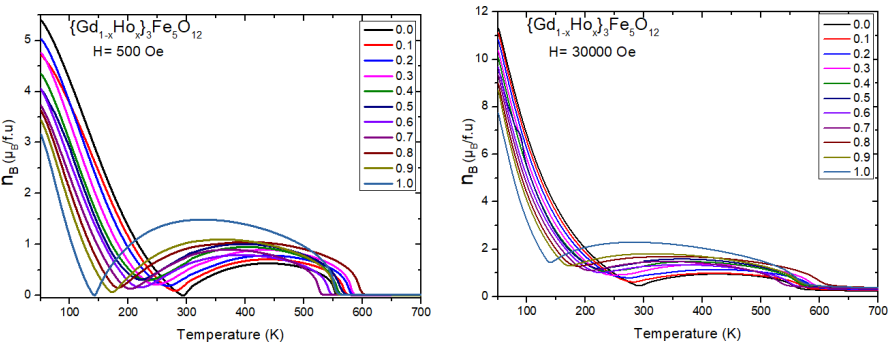
After doing the thermal treatments and with the use of the x-ray diffraction database for analysis and identification of phases Crystallography Open Database (COD) [1] (X'pert HighScore software), it can be seen that there is a phase existence unique Garnet-type cubic structure arrangement (Gadolinium garnets) with group space Ia $\bar{3}$ d (No. 230) [2] (fig. 1). With information through identification we have crystallographic data for the Gd_{1-x}HoxFe₅O₁₂ composites, lattice parameters and atomic positions.

Fig. 1. X-ray diffraction of the cubic phase for the sample Gd₃Fe₅O₁₂



By mixing some rare earths such as Holmium, new doping are found that correspond to Ferrimagnetic garnets at different concentrations show their ferromagnetic response, for each value of x, its magnetic transition can be seen at a certain temperature value, called compensation temperature T_{comp} , at this value its magnetic moment is not totally zero (figure 2), this result is presented for all values of applied magnetic field [3].

Fig. 2. Magnetization as a function of temperature for $[\text{Gd}_{1-x}\text{Ho}_x]\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ in units of the Bohr magneton formula for applied field values (a) 500 and (b) 30000 Oe.



For all values of x in the shells, as shown in figure 2, it continues to be ferri-magnetic, represented for each value of x a T_{comp} , only that its magnetism at its compensation point is not totally zero, a similar case is given for any applied field table 1 [4].

Table 1. Values of compensation temperature T_{comp} and spontaneous magnetization at the T_{comp} point in the samples $[\text{Gd}_{1-x}\text{Ho}_x]\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ obtained for each applied magnetic field

5 0 0 Oe	1 0 0 0 Oe	5 0 0 0 Oe	10000 Oe	30000 Oe						
x	B (μB)	$c o m p$	B (μB)	$c o m p$	B (μB)	$c o m p$	B (μB)	$c o m p$	B (μB)	
T_{comp} (K)	n	(K)	n	(K)	n	(K)	n	(K)	n	
0	293.57	0.00	292.02	0.01	290.66	0.08	290.56	0.16	292.09	0.47
0.1	280.08	0.09	280.01	0.12	282.39	0.21	282.39	0.30	283.03	0.66
0.2	267.01	0.19	266.01	0.23	269.01	0.34	269.01	0.44	274.56	0.80
0.3	247.01	0.21	244.03	0.26	243.03	0.38	243.03	0.49	246.56	0.91
0.4	232.99	0.30	231.03	0.35	230.02	0.49	230.02	0.61	234.03	1.07
0.5	220.99	0.31	220.54	0.37	220.04	0.52	220.55	0.66	223.98	1.18
0.6	221.03	0.16	221.34	0.20	222.05	0.33	222.95	0.47	226.01	1.02
0.7	203.63	0.13	203.04	0.17	204.03	0.33	204.63	0.49	208.00	1.10
0.8	182.51	0.15	181.70	0.21	182.54	0.40	183.43	0.58	187.57	1.29
0.9	172.70	0.07	170.87	0.12	170.52	0.31	171.05	0.51	173.02	1.30
1	142.03	0.00	140.73	0.04	139.04	0.25	139.27	0.49	140.53	1.45

References

1. Grazulis, Saulius and Chateigner, Daniel and Downs, Robert T. and Yokochi, A. F. T. and Quiro's, Miguel and Lutterotti, Luca and Manakova, Elena and Butkus, Justas and Moeck, Peter and Le Bail, Armel: Crystallography Open Database an open-access collection of crystal structures. Journal of Applied Crystallography. 42, 726-729 (2009). doi:10.1107/S0021889809016690
2. Geller, S and Gilleo, MA: The crystal structure and ferrimagnetism of yttrium-iron garnet, $Y_3Fe_2(FeO_4)_3$. Journal of Physics and Chemistry of solids. 3, 30-36 (1957).
3. Dionne, Gerald F: Molecular field and exchange constants of Gd^{3+} -substituted ferrimagnetic garnets. Journal of Applied Physics. 42, 2142-2143 (1971).
- 4 D. Martinez Buitrago
4. X Oudet: Le moment magnétique des grenats $Ln_3Fe_5O_{12}$. In Annales de la Fondation Louis de Broglie. 26, 353-366 (2001).

Evaluación multitemporal de las coberturas del municipio de aipe en los últimos 30 años

Diego Alejandro Tello-Ochoa1[0009-0006-5796-7150]; María Daniela Pulido-Osorio2[0000-0003-4651-5862]; Carmen Elena Barragán-Ruiz3[0000-0002-0607-6992]

1 Facultad de ciencias exactas y naturales, Programa de Biología Aplicada, Universidad Surco- lombiana, Neiva, Huila, Colombia u20182172906@usco.edu.co

2 Fundación Universitaria Navarra, Neiva, Huila, Colombia maria.pulidoosorio8@gmail.com

3 Departamento de Ciências Biológicas, Programa de Ecologia e Evolução, Universidade Fede- ral de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil car.hele.ruiz@gmail.com@usco.edu.co

128

Resumen. Las actividades antropogénicas se han convertido en el principal fac- tor de transformación y destrucción de los ecosistemas, afectando gra- vemente su estructura y funcionalidad. Así, en respuesta a esta problemática, se propuso es- tudiar las coberturas del municipio de Aipe, Huila. Utilizando sistemas de infor- mación geográfica, se realizó una clasificación supervisada de las coberturas de paisaje mediante áreas de entrenamiento, empleando el algoritmo de máxima pro- babilidad en el software QGIS. Con esto, en- contramos la presencia de ocho tipos de coberturas, siendo que desde 1992 hasta 2022 disminuyeron las coberturas de bosques y áreas con vegetación herbácea en todo el municipio, mientras que las áreas de pastos aumentaron. Se evidenciaron alteraciones de las coberturas por la presión antropogénica en el municipio de Aipe.

Palabras clave: Clasificación supervisada, Fragmentación del bosque, Paisaje, Antropización.

1 Introducción

La cobertura vegetal es la capa de vegetación natural que cubre una superficie terrestre determinada [1]. Esta juega un papel crucial en la protección del medio ambiente al mantener la estabilidad hídrica [2] y sirve como un indicador en la evaluación de procesos biofísicos en los ecosistemas [3]. Desde hace más de tres décadas, los cambios en la cobertura vegetal se reconocen como una causa importante de alteraciones ambientales a nivel mundial [4], siendo la principal causa de esta reducción la actividad antrópica y los cambios en el uso del suelo los cuales han provocado un desequilibrio en el ciclo natural, modificando las propiedades de la superficie terrestre y favoreciendo la erosión y desertificación [5].

Estas actividades son responsables de la pérdida anual de 12 millones de hectáreas de cobertura vegetal en Colombia, lo que ha llevado a graves transformaciones en los paisajes y un aumento en la pérdida de biodiversidad [6], [7]. En el departamento del Huila para el año 2014, el 49% (977.000 ha) del departamento estaba dedicada a la producción agrícola, con más de un millón de hectáreas destinadas a las actividades agropecuarias [8], actividades que contribuyeron a la degradación de los ecosistemas [9]. En el municipio de Aipe, el 66,5% del territorio está afectado por la desertificación, producto de la expansión agrícola, ganadera y urbana, lo que ha deteriorado la calidad del agua y del suelo [6], [10]. Además, es uno de los pocos municipios que posee relictos de Bosque Seco Tropical (BsT) el cual es denominado como el menos conocido y el más amenazado en Colombia debido a las actividades antrópicas [11].

Actualmente se desconoce el impacto específico de la actividad antrópica y la desertificación en la cobertura vegetal de Aipe en los últimos 30 años siendo que solo existen estudios parciales [6] del municipio o que evalúen los cambios a pequeña escala de las coberturas del municipio [12]. Así, existe una laguna de información que representa una brecha en el conocimiento de la cobertura vegetal en áreas críticas de Colombia [13]. De esta forma, los objetivos de este estudio fue evaluar multitemporalmente la cobertura vegetal del municipio de Aipe durante los últimos 30 años.

2 Materiales y métodos

El municipio de Aipe, Huila se ubica en la región norte del departamento del Huila, específicamente en el Valle Interandino del Río Magdalena, abarcando la zona de la cuenca alta. La extensión total abarca 801.04 km², con un rango altitudinal que varía desde los 350 m.s.n.m. hasta los 640 m.s.n.m. Dentro del municipio se seleccionaron puntos estratégicos que tuvieran coberturas representativas para la obtención de información de estas y los diferentes usos del suelo presentes en la zona utilizando la metodología CLC (Corine Land Cover) para Colombia [14].

Se usaron imágenes satelitales Landsat 4, 5 y 7 (1992, 2002, 2010 y 2022) con nubosidad menor al 30% y tamaño de píxel 30mx30m obtenidas del portal web earthexplorer.usgs.gov administrada por el United States Geological Survey (USGS). A todas las imágenes se les aplicaron correcciones atmosféricas utilizando el método DOS1 (Dark Object Subtraction 1) con el fin de eliminar los efectos atmosféricos presentes a partir de los píxeles más oscuros de cada imagen [15]. Adicionalmente, se le aplicaron correcciones radiométricas a la imagen Landsat7 del 2022 ya que presentaba “bandeo” debido al fallo del SLC (Scan Line Corrector) utilizando los archivos máscaras de validación que disponen las imágenes Landsat7 para corregir este error.

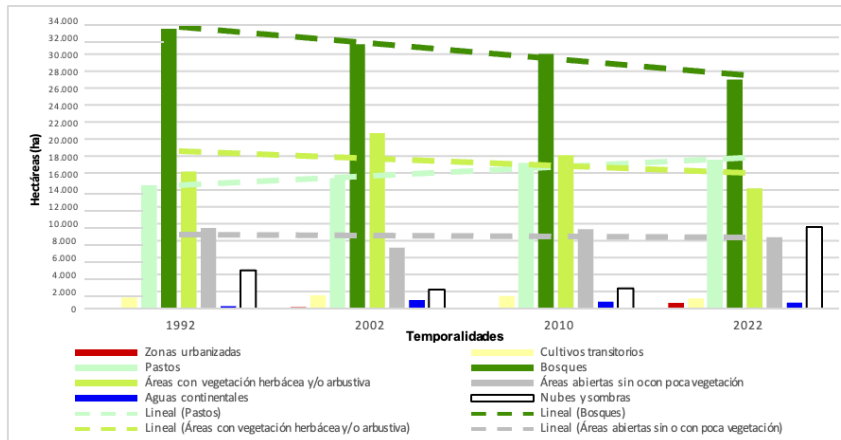
Ya con las imágenes corregidas, se realizó una clasificación supervisada con el SCP Dock del complemento SCP (Semi-automatic Classification Plugin) bajo el algoritmo “Máxima probabilidad”, donde se indicó al software las coberturas del municipio mediante aproximadamente 50 polígonos de entrenamientos por cobertura, considerando la metodología CLC [14].

130

3 Resultados

Fueron encontradas ocho coberturas en el municipio clasificadas en las categorías de segundo nivel según CLC [14]. Todas las temporalidades analizadas (desde el año 1992 hasta el 2022) mostraron dominancia coberturas clasificadas como vegetales naturales dentro del área siendo la temporalidad con mayor proporción de estas coberturas el año 2002 51.914 ha (65%), mientras que el más bajo el año 2022 41.233 ha (52%). Así, el municipio contó en promedio con 60% de coberturas vegetales naturales.

Fig. 1. Gráfica de barras mostrando los resultados de clasificación supervisada de coberturas vegetales del municipio Aipe de los años 1992, 2002, 2010 y 2022. En línea punteada mostrando las tendencias lineales de los cambios de las coberturas a través del tiempo.



Las cuatro coberturas más predominantes del municipio tendieron a ordenarse (mayor a menor) en los años 1992, 2002 y 2010 de la siguiente forma: Bosques, Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, Pastos y Áreas abiertas sin o con poca vegetación. Sin embargo, el año 2022 obtuvo este orden debido al crecimiento progresivo de los Pastos y la disminución de las Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, Pastos.

El análisis general de los cambios de las coberturas (1992-2022) evidencia tendencias no favorables ambientalmente para el municipio (consultar Fig. 1). Los bosques a pesar de ser el de mayor proporción, tuvo un decrecimiento promedio de 2,5% (1.998 ha) entre periodos analizados. Al igual que las Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva que a pesar de que estas obtuvieron un crecimiento del 6% (4.522 ha) en el año 2002, posteriormente decayeron hasta representar el 17,8% (14.163 ha) en el año 2022.

En contraste, los pastos aumentaron en todas las temporalidades analizadas, representando inicialmente 18,3% (14.529 ha) en el año 1992 y finalizó con 22,1% (17.527 ha) reflejando una tendencia hacia la expansión de las actividades agrícolas y ganaderas en la región, que han ejercido una presión sobre las coberturas vegetales naturales. A medida que los pastos han ganado terreno, se ha evidenciado un desplazamiento de áreas boscosas y de vegetación secundaria, lo que pone de manifiesto el impacto de las actividades antrópicas en la modificación del paisaje natural y en la degradación de ecosistemas para el municipio.

Por último, coberturas de menor tamaño mostraron dinámicas fueron las zonas urbanizadas que crecieron hasta llegar a 715 ha, los cultivos transitorios fluctuaron entre 1.200 ha y 1.550 ha dependiendo de la época recogida y las áreas abiertas sin o con poca vegetación fluctuaron debido a las épocas de lluvia o sequía que caracteriza los trópicos.

4 Conclusiones

Las cuatro temporalidades analizadas se caracterizaron por tener tendencias en la dinámica de las coberturas a través de los años. Demostrando que la disminución en las áreas boscosas y en las áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, mientras que las áreas dedicadas a pastos han incrementado progresivamente. Estos cambios evidencian la presión que ejercen las actividades antrópicas, como la expansión ganadera, la deforestación y otros usos del suelo que influyen en el deterioro de los bosques y la vegetación nativa.

Referencias

- [1] A. Portilla y J. Paola, Estudio de variación de la cobertura vegetal y estado actual del Cerro Imbabura aplicando herramientas GIS con fines de declaración de área protegida, USFQ, (2013).
- [2] L. N. Hernández-Calderón y J. A. Salamanca-Carvajal, Análisis multitemporal del cambio de cobertura vegetal y su influencia en la generación de caudales pico de la cuenca del Río Sardinata, del departamento de Norte de Santander-Colombia", Uni. Catol. Colomb., (2019).
- [3] D. Changalombo y J. Rivera, "Evaluación de la dinámica temporal de la cobertura vegetal del Cantón Salcedo mediante el uso de imágenes satelitales desde el año 2000 al 2020", UTC, (2022).
- [4] L. Chen y H. Yang, "Scenario simulation and forecast of land use/cover in northern China", Chines Science Bulletin, pp. 53: 1401-1412., (2008).
- [5] C. E. N. Inouye, W. C. de Sousa, D. M. de Freitas, y E. Simões, "Modelling the spatial dynamics of urban growth and land use changes in the north coast of São Paulo, Brazil", Ocean Coast Manag, vol. 108, pp. 147-157, (2014).
- [6] J. A. Vargas, "Análisis multitemporal de la cobertura del suelo en el departamento del Huila (Alto Magdalena, Colombia)", UDCA, (2013).
- [7] M. Jean-François y A. Flamenco, "Modelación de los cambios de coberturas/uso del suelo en una región tropical de México", Peer-reviewed, (2011).
- [8] UPRA, "Retos del departamento del Huila frente a la planificación del ordenamiento rural agropecuario". Agronet inicio. Accedido el 16 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.agronet.gov>.

- co/Noticias/Paginas/Retos-del-departamento-del-Huila-frente-a- la-
planificación-del-ordenamiento-rural-agropecuaria.aspx.
- [9] A. Olaya, M. Sánchez, y J. C. Acevedo, “La Tatacoa: ecosistema estratégico de Colombia”, Surcolombiana, (2001).
 - [10] T. ; Ruiz y G. Febles, “La desertificación y la sequía en el mundo”, Av Investig Agropecu, (2004).
 - [11] D. P. Alvarado-Solano y J. T. Otero Ospina, “Spatial Distribution of Tropical Dry Forest in Valle Del Cauca, Colombia”, Acta Biolo Colomb, vol. 20, n.o 3, pp. 141-153, (2015).
 - [12] E. J. Núñez Ortiz y O. A. Toro Tróchez, “Desarrollo de un modelo espacial a partir de herramientas de procesamiento digital de imágenes para cuantificar la tendencia de la deserti- ficación del desierto de la Tatacoa, en el departamento del Huila”, UCM, (2017).
 - [13] J. A. Rojas-Morales y M. Marín-Martínez, “Diversity, structure and natural history of am- phibians in the upper Claro River basin, a buffer zone of the National Natural Park Los Neva- dos, Central Cordillera of Colombia”, J Threat Taxa, vol. 11, n.o 3, pp. 13261-13277, (2019).
 - [14] IDEAM, “Leyenda nacional de coberturas de la tierra : metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100.000”, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p. (2010).
 - [15] C. Valdivieso-Ros, F. Alonso-Sarria, y F. Gomariz-Castillo, “Effect of different atmos- pheric correction algorithms on sentinel-2 imagery classification accuracy in a semiarid medi- terranean area”, Remote Sens (Basel), vol. 13, n.o 9, p. 1770, (2021).

Fungal biotechnology: sustainable transformation of crude oil using hydrocarbonoclastic fungi and reducing toxic agents.

María José Forero-Camacho^{1*} Juan José Falla-Giraldo²

12 Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta, Colombia
+maria.forero.camacho@unillanos.edu.co

134

Abstract. La contaminación del suelo producida por derrames de petróleo constituye una preocupación crítica a nivel mundial. La explotación, perforación, transporte y procesamiento de petróleo produce una mezcla compleja de compuestos químicos, incluyendo hidrocarburos aromáticos policíclicos, que pueden afectar el bienestar de los ecosistemas y la salud humana. Varias investigaciones han identificado y evaluado el potencial de varias especies de hongos como agentes para remediar suelos contaminados con petróleo, ya que son los candidatos perfectos para eliminar eficazmente gran cantidad de hidrocarburos totales en el suelo y cuerpos de agua. Mediante análisis bibliométricos PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), el objetivo de este trabajo fue describir el potencial de los hongos como herramientas biotecnológicas para la biorremediación sostenible del petróleo. La búsqueda de información se realizó mediante bases de datos académicas, relacionadas al campo de la biotecnología fúngica y se emplearon operadores booleanos (AND, OR, NOT) para combinar y refinar los términos de búsqueda. Se encontraron 163 artículos para el proceso de cribado y se seleccionaron 50 artículos para la revisión sistemática. Encontramos que la biotecnología fúngica desempeña un papel crucial en la búsqueda de soluciones sostenibles para los desafíos ambientales e industriales y

que, a través de la biorremediación, los hongos pueden eliminar o neutralizar contaminantes en el suelo, ayudando a restaurar ecosistemas degradados. Con base en lo anterior, concluimos que la biotecnología fúngica ofrece una alternativa innovadora y eficiente que contribuye significativamente a la descontaminación ambiental y la producción sostenible de bio-combustibles.

Keywords: micorremediación, hidrocarburos, biorremediación hongos, extremófilos, contaminación

1 Introducción

La industria del petróleo es uno de los principales contaminantes del suelo y cuerpos de agua en muchas regiones del planeta, debido principalmente a fugas, accidentes de transporte, excavaciones, rotura de tuberías, entre otras (Rahmati et al., 2022). La composición de estos contaminantes es de alcanos, cicloalcanos, monoaromáticos (entre ellos benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos, conocidos como BTEX), y otros hidrocarburos aromáticos policíclicos. La alta hidrofobicidad y baja solubilidad de estos compuestos, genera una lenta velocidad de degradación, lo que los hace más persistentes en el medio ambiente, provocando ecotoxicidad (Mayans et al., 2024). Teniendo en cuenta lo anterior, la industria sostenible del petróleo requiere de nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente, que permitan proporcionar recursos financieros como también que presenten capacidad para remediar ecosistemas que han sido intervenidos previamente por el hombre. La biorremediación fúngica es un proceso que emplea organismos vivos, en este caso hongos para la recuperación de áreas contaminadas (Rathankumar et al., 2022), este proceso se puede lograr mediante varios métodos, como la atenuación natural, la bioestimulación, la bioaumentación o combinaciones de estos métodos (Tomer et al., 2021).

En esta revisión, se examinan los avances recientes en la aplicación de hongos hidro-carbonoclastas para la biodegradación de hidrocarburos en la industria de combustibles fósiles. Se analizan estudios de casos específicos, destacando las especies fúngicas más efectivas y los mecanismos enzimáticos involucrados en la transformación de hidrocarburos. Además, se discuten las perspectivas futuras de la biotecnología fúngica en la reducción de agentes tóxicos.

2 Metodología

La búsqueda de información se realizó mediante ocho bases de datos académicas, relacionadas al campo de la biotecnología fúngica, donde se incluyen: Science Direct, MDPI, Scholar Google, Frontiers, ResearchGate, Springerlink, Elsevier y Scopus. Además, de otros registros de bases de datos alternas que proporcionaron información acerca de la funga hidrocarbonoclasta, Ecology and evolutions, DIALNET, RIINN. Los términos de búsqueda incluyeron: micorremediación, hidrocarburos, biorremediación hongos, extremófilos y contaminación. Se emplearon operadores booleanos (AND, OR, NOT) para combinar y refinar los términos de búsqueda. La revisión sistemática siguió el protocolo PRISMA para este tipo de estudios

Se incluyeron artículos sobre las técnicas de micorremediación en la bioconversión del crudo de petróleo, empleando el uso de hongos extremófilos especializados en la degradación de hidrocarburos.

Estudios acerca de las propiedades intrínsecas de hongos con capacidad para metabolizar diversos tipos de hidrocarburos, sus características morfológicas y fisiológicas para la biotransformación de compuestos orgánicos como benceno, tolueno, xileno, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), como el naftaleno, antraceno, y fluoreno que están presentes en forma de impurezas en el crudo de petróleo y revisiones sistemáticas de micorremediación del fracking, (explotación petrolífera en aguas profundas y en tierra firme) donde el manejo de residuos orgánicos es muy difícil debido a su limitado acceso.

136

En los criterios de inclusión se tuvo en cuenta artículos publicados a partir del año 2020, por otra parte, el idioma no fue un criterio de selección. Se incluyeron estudios sistemáticos, proyectos de investigación, artículos y tesis, además de literatura pertinente a diversas naciones con el objetivo de obtener información actualizada acerca de la biotecnología fúngica asociada al crudo de petróleo a nivel global.

Los criterios de exclusión están relacionados con la retractación por parte de los editores de revistas, que reconocieron que la publicación era rechazada por motivos asociados a dudas sobre la autoría, intereses personales y fallas en la revisión por los pares.

3 Resultados

Se encontraron 163 artículos mediante la estrategia de búsqueda descrita anteriormente; 90 artículos de Google Scholar, 34 artículos de Springerlink, 12 de Sciencedirect, 6 artículos de Mdpi, 4 artículos de Frontiers, 7 artículos de ResearchGate, 4 de Elsevier y 6 de Scopus. Se registraron 141 artículos para el proceso de cribado, donde se excluyeron 39 documentos, debido a que no cumplían con algunos criterios de selección. Posteriormente se seleccionaron 102 artículos con el fin de someterlos a criterios de elegibilidad teniendo en cuenta una revisión a profundidad del título y el resumen, donde se excluyeron otros 57 artículos que no se relacionaban con el objetivo de estudio. Finalmente, se seleccionaron 50 artículos para la revisión sistemática.

4 Conclusión

El rol de la biotecnología fúngica ha sido crucial en la búsqueda de soluciones sostenibles para los desafíos ambientales e industriales. A través de la biorremediación, los hongos pueden eliminar o neutralizar contaminantes en el medio ambiente, ayudando a restaurar ecosistemas degradados. La biotecnología fúngica ofrece una alternativa innovadora y eficiente que contribuye significativamente a la descontaminación ambiental y la producción sostenible de biocombustibles, como también gestionar los problemas relacionados con salud humana y animal. En este contexto, esta tecnología también contribuye indirectamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados con la sostenibilidad ambiental, mejorando la salud de los ecosistemas acuáticos y mitigando el cambio climático.

137

References

1. F. Rahmati, B. Asgari Lajayer, N. Shadfar, P. M. van Bodegom, and E. D. van Hullebusch, "A Review on Biotechnological Approaches Applied for Marine Hydrocarbon Spills Remediation," *Microorganisms*, vol. 10, no. 7, p. 1289, Jun. 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/microorganisms10071289>.

2. B. Mayans, R. Antón-Herrero, C. García-Delgado, L. Delgado-Moreno, M. Guirado, J. Pérez-Esteban, and E. Eymar, "Bioremediation of petroleum hydrocarbons polluted soil by spent mushroom substrates: Microbiological structure and functionality," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 473, pp. 134650–134650, Jul. 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.134650>.
3. A. K. Rathankumar, K. Saikia, P. S. Kumar, S. Varjani, S. Kalita, N. Bharadwaj, and V. K. Vaidyanathan, "Surfactant-aided mycoremediation of soil contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbon (PAHs): progress, limitation, and countermeasures," *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, Mar. 2021, doi: <https://doi.org/10.1002/jctb.6721>.
4. A. Tomer, R. Singh, S. K. Singh, S. A. Dwivedi, C. U. Reddy, M. R. A. Keloth, and R. Rachel, "Role of Fungi in Bioremediation and Environmental Sustainability," *Fungal Biology*, pp. 187–200, 2021, doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-54422-5_8.

Aprovechamiento De Cenizas De Calderas Alimentadas Por Biomasa: Una Revisión

Carol Gineth Ibáñez Rodríguez 1[0009-0003-3272-1064], Saul Martínez Molina 1[0000-0001-7855-4714] y Juan David Mahecha-Pulido 1[0000-0002-4276-2922]

1 Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad de los Llanos, Villavicencio 500001, Colombia.

carol.ibanez@unillanos.edu.co

smartinezmolina@unillanos.edu.co

juan.mahecha@unillanos.edu.co

Resumen. Introducción: La biomasa tiene un gran potencial como fuente de energía renovable y juega un papel crucial en la transición hacia un modelo energético sostenible al reducir la dependencia de los combustibles fósiles. Sin embargo, el proceso de combustión de biomasa genera cenizas, cuyo uso ha sido limitado. Objetivo: Este estudio de revisión tiene como objetivo explorar alternativas para el aprovechamiento de estas cenizas, utilizando una metodología basada en la búsqueda de estudios con combinaciones de palabras clave como “ceniza”, “biomasa” y “aprovechamiento” en motores de búsqueda y bases de datos científicas. Resultados: Las cenizas de biomasa pueden utilizarse en aplicaciones industriales significativas, tales como enmienda y fertilización del suelo, producción de materiales de construcción y fabricación de geo polímeros. La clasificación de las cenizas según su composición química y mineralógica facilita la predicción de sus propiedades y aplicaciones. Conclusiones: las cenizas de biomasa pueden convertirse en un recurso valioso dentro de una economía circular si se gestionan adecuadamente, destacando la importancia de la investigación continua para optimizar su uso y mitigar riesgos.

Palabras clave: Reciclaje de cenizas, fertilizantes ecológicos, geopolímeros, economía circular.

1 Introducción

Aunque el petróleo ha sido crucial para la generación de energía a lo largo de la historia, la escasez de recursos fósiles [1], el impacto ambiental negativo asociado a su uso y la volatilidad de los precios han impulsado la búsqueda de diversas fuentes alternativas de energía que sean renovables, sostenibles, eficientes y rentables[2]. Entre estas alternativas, la biomasa destaca por su gran potencial energético, ya que puede utilizarse en procesos de combustión para la producción de energía [3]. Sin embargo, a pesar de las ventajas medioambientales que ofrece, este proceso genera algunos sub-productos industriales considerados como desechos, que varían en aproximadamente entre el 2 al 4% de masa alimentada [4]. Se prevé que la gestión de estas cenizas se convertirá en un reto mayor a medida que la industria aumente su dependencia de los biocombustibles. Por lo tanto, es esencial identificar alternativas de uso para estas cenizas de biomasa o BA, por su escritura en inglés 'Biomass Ashes' [5].

El aprovechamiento de las cenizas generadas en la combustión de biomasa presenta un gran potencial en el marco de la economía circular [6]. Es fundamental considerar su uso como material estructural, agente calcificante, fertilizante o enmienda de suelos, bajo un enfoque sistémico y holístico que fomente la transición de los sistemas productivos desde esquemas lineales hacia modelos circulares[7]. La aplicación de estos principios al manejo de subproductos permite explorar el desarrollo de productos con mayor valor agregado, contribuyendo así a la sostenibilidad [8].

140

2 Metodología

2.1 Recolección de información

La información secundaria se recolectó a partir de diversas fuentes académicas y científicas, utilizando motores de búsqueda como Google Académico y bases de datos reconocidas como Scopus, Web of Science, SciELO y Springer. También se consultaron repositorios virtuales de universidades e institutos de investigación colombianos para obtener información de nivel nacional. Las búsquedas se realizaron con palabras clave como "ceniza", "biomasa", "aprovechamiento", "integración energética", "sostenibilidad", "gestión ambiental", "economía circular" y sus equivalentes en inglés.

2.2 Aplicación de criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron estudios técnicos y artículos científicos publicados en revistas indexadas nacionales e internacionales, así como tesis de posgrado disponibles en repositorios oficiales. También se consideraron políticas y normativas relevantes sobre el aprovechamiento de cenizas de biomasa. Solo se analizaron documentos en español e inglés, excluyendo estudios anteriores al año 2000, a menos que aportaran un contexto histórico relevante.

2.3 Análisis de la información

La información sobre el aprovechamiento de cenizas de caldera fue sistemáticamente clasificada. Se identificaron los principales parámetros fisicoquímicos, los métodos de análisis y las aplicaciones potenciales de las cenizas. Este análisis facilitó la identificación de estrategias para el uso eficiente de las cenizas, con el fin de agregar valor al residuo y establecerlo como una alternativa viable para la gestión ambiental.

3 Resultados

El análisis de la composición química y mineralógica de las cenizas de biomasa (BA) ha revelado su potencial para diversas aplicaciones industriales, destacando su uso en la enmienda y fertilización del suelo, la producción de materiales de construcción, y la generación de geopolímeros.

3.1 Enmienda y fertilización del suelo

Las BA generadas a partir de diversas fuentes como madera, residuos forestales, paja, y cáscaras de arroz, entre otras, han demostrado ser efectivas para mejorar las condiciones fisicoquímicas y biológicas de los suelos. Este se demuestra con la capacidad de las cenizas para suministrar nutrientes esenciales, como C, O, H, Ca, K, y trazas de elementos como Mn, Zn, y Fe, que son cruciales para el equilibrio natural del sistema. Además, las BA proporcionan un carácter alcalino que incrementa el pH del suelo, mejora la estructura, la aireación y la capacidad de retención de agua, y reduce la lixiviación ácida de elementos peligrosos, lo que promueve un entorno más favorable para la actividad biológica y ciertos microorganismos [9].

No obstante, estudios recientes subrayan la necesidad de realizar investigaciones adicionales a largo plazo para evaluar los riesgos potenciales, como la presencia de oligoelementos peligrosos (As, B, Cd, Hg, Pb), la posible contaminación con dioxinas y furanos, compuestos organoclorados muy estables en el medio ambiente, capaces de bioacumularse en los tejidos humanos y animales, [10]; y el riesgo de que las cenizas obstruyan los poros del suelo.

También se destaca la importancia de gestionar adecuadamente el choque de pH y las quemaduras químicas en plantas, así como la necesidad de pre-tratar las cenizas (mediante granulación o peletización) para evitar efectos negativos en el suelo asociados con la aglomeración, compactación o modificación de la composición[7].

3.2 Materiales de construcción

Las cenizas de biomasa han sido exploradas como un componente en la fabricación de materiales de construcción, incluyendo ladrillos, cementos y agregados [11]. Estas aplicaciones aprovechan la resistencia mecánica y las propiedades de inmovilización de contaminantes de las cenizas. Su inclusión en materiales de construcción no solo contribuye a la sostenibilidad, sino que también ofrece una solución para la disposición de grandes volúmenes de cenizas, que de otro modo podrían representar un problema ambiental [12].

3.3 Producción de geopolímeros

La incineración de residuos sólidos municipales genera cenizas volantes de caldera (FA por su escritura en inglés 'Fly Ashes'), que representan un desafío debido a su clasificación como residuo peligroso [13]. Una solución emergente es la producción de geopolímeros, que son materiales de construcción con bajo consumo energético, baja contaminación y alta tasa de utilización. Estos geopolímeros, cuando se usan como activadores alcalinos, no solo presentan alta resistencia mecánica, sino que también son eficaces en la inmovilización de metales pesados y la resistencia a la corrosión ácida [14]. Este enfoque no solo mitiga el impacto ambiental de las FA, sino que también genera productos útiles en la industria de la construcción [15].

4 Conclusiones

Las cenizas de biomasa, subproducto de la combustión de biomasa para la generación de energía, representan una oportunidad significativa para la transición hacia una economía circular. A través de una revisión exhaustiva de la literatura científica, se ha evidenciado que estas cenizas poseen un gran potencial para ser utilizadas en diversas aplicaciones, como enmienda y fuente de fertilización de suelos, para la producción de materiales de construcción y para la generación de geopolímeros.

Sin embargo, es fundamental abordar los desafíos asociados a su uso, como la presencia de elementos traza potencialmente tóxicos, por ello la necesidad de clasificar sistemáticamente y caracterizar adecuadamente cada tipo de ceniza según su composición química y mineralógica para así propor-

nar una herramienta capaz de predecir sus propiedades y orientar su óptimo aprovechamiento en los procesos de aplicación. Asimismo, se requiere de una regulación clara y específica que garantice un aprovechamiento seguro y sostenible de las cenizas de biomasa.

En este sentido, es necesario continuar investigando y desarrollando tecnologías que permitan maximizar el valor de este residuo y minimizar sus impactos ambientales, especialmente enmarcados en el cumplimiento de los ODS, más específicamente los número 12 'Producción y consumo responsables' y número 11 'ciudades y comunidades sostenibles'; considerando modelos de análisis de ciclo de vida (ACV) en los cuales se involucra al productor del residuo con su responsabilidad extendida del manejo de las BA para la descarbonización de sus actividades económicas y la contribución al desarrollo sostenible.

Referencias

- [1] A. Puyana Mutis and I. Rodríguez Peña, "Discusión entre disponibilidad energética y sustentabilidad ambiental en Estados Unidos, 1980-2016," *The Anáhuac Journal*, vol. 20, no. 1, Jun. 2020, doi: 10.36105/theanahuacjour.2020v20n1.02.
- [2] B. M. Jenkins, L. L. Baxter, and T. R. Miles, "Combustion properties of biomass," *Fuel Processing Technology*, vol. 54, pp. 17-46, 1998.
- [3] L. Yáñez-Iñiguez, E. Urgilés-Urgilés, E. Zalamea-León, and A. Barragán-Escandón, "Potential from forestry waste for the contribution to the urban energy matrix," *Granja*, vol. 32, no. 2, pp. 42-52, Sep. 2020, doi: 10.17163/lgr.n32.2020.04.
- [4] I. J. Serrano, G. Perez, E. Fuente, A. María, and G. Bustos, "VALORIZACIÓN DE CENIZAS PROCEDENTES DE CALDERA DE LECHO FLUIDIZADO COMO MATERIA PRIMA PARA LA OBTENCIÓN DE FASES PRECURSORAS DE OTROS MATERIALES," 2012. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/303987899>
- [5] A. Elliott, T. Mahmood, and A. Kamal, "Boiler ash utilization in the Canadian pulp and paper industry," Oct. 01, 2022, Academic Press. doi: 10.1016/j.jenvman.2022.115728.
- [6] C. Asquer et al., "Biomass ash characterisation for reuse as additive in composting process," *Biomass Bioenergy*, vol. 123, pp. 186-194, Apr. 2019, doi: 10.1016/j.biombioe.2019.03.001.
- [7] S. V. Vassilev, D. Baxter, L. K. Andersen, and C. G. Vassileva, "An overview of the composition and application of biomass ash. Part 1. Phase-mineral and chemical composition and classification," *Fuel*, vol. 105, pp. 40-76, Mar. 2013, doi: 10.1016/j.fuel.2012.09.041.
- [8] P. Ghisellini, C. Cialani, and S. Ulgiati, "A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and

- economic systems," *J Clean Prod*, vol. 114, pp. 11–32, Feb. 2016, doi: 10.1016/j.jclepro.2015.09.007.
- [9] D. Vamvuka and E. Kakaras, "Ash properties and environmental impact of various biomass and coal fuels and their blends," *Fuel Processing Technology*, vol. 92, no. 3, pp. 570–581, Mar. 2011, doi: 10.1016/j.fuproc.2010.11.013.
- [10] S. V. Vassilev, D. Baxter, L. K. Andersen, and C. G. Vassileva, "An overview of the composition and application of biomass ash.: Part 2. Potential utilisation, technological and ecological advantages and challenges," *Fuel*, vol. 105, pp. 19–39, Mar. 2013, doi: 10.1016/j.fuel.2012.10.001.
- [11] R. Rajamma et al., "Biomass fly ash effect on fresh and hardened state properties of cement based materials," *Compos B Eng*, vol. 77, pp. 1–9, 2015, doi: 10.1016/j.compositesb.2015.03.019.
- [12] D. Eliche-Quesada, M. A. Felipe-Sesé, S. Martínez-Martínez, and L. Pérez-Villarejo, "Comparative Study of the Use of Different Biomass Bottom Ash in the Manufacture of Ceramic Bricks," *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 29, no. 12, Dec. 2017, doi: 10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002078.
- [13] J. Cuenca, J. Rodríguez, M. Martín-Morales, Z. Sánchez-Roldán, and M. Zamorano, "Effects of olive residue biomass fly ash as filler in self-compacting concrete," *Constr Build Mater*, vol. 40, pp. 702–709, 2013, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.09.101.
- [14] Y. Chen et al., "Utilization of municipal solid waste incineration fly ash as construction materials based on geopolymerization," *Resources, Conservation and Recycling Advances*, vol. 19, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.rcradv.2023.200162.
- [15] O. J. Olatoyan, M. A. Kareem, A. U. Adebajo, S. O. A. Olawale, and K. T. Alao, "Potential use of biomass ash as a sustainable alternative for fly ash in concrete production: A review," *Hybrid Advances*, vol. 4, p. 100076, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.hybadv.2023.100076.

Propuesta de Implementación de Planta Piloto de Pirólisis para Generar Combustibles

Alberto Villarraga¹[0000-0001-7284-3152], Saúl Martínez Molina²[0000-0001-7855-4714] y Carol Gineth Ibáñez Rodríguez¹[0009-0003-3272-1064]

¹ Universidad de los Llanos, Villavicencio. 500001 Meta, Colombia

avillarraga@unillanos.edu.co

smartinezmolina@unillanos.edu.co

carol.ibanez@unillanos.edu.co

Abstract. Problema: La generación de residuos sólidos urbanos es un problema global. En la Universidad de los Llanos, en la Sede Barcelona, se producen en promedio 900 kg de residuos aprovechables mensualmente, de los cuales 415 kg son residuos plásticos. Objetivo: Este trabajo presenta una propuesta para el aprovechamiento de estos residuos plásticos mediante pirólisis, con el objetivo de generar gasolina en la universidad. Metodología: Se realizó una revisión bibliográfica sobre investigaciones que han producido gasolina a partir de plástico, evaluando y adaptando estas tecnologías a las condiciones específicas de la universidad para identificar las propuestas más rentables. Resultados: Como resultado, se presenta una propuesta de diseño de una planta piloto que incluye el balance de materia y energía para la generación de hidrocarburos con alto poder calorífico a partir de plásticos. Se identificaron los flujos de balance de materia necesarios para operar una planta de pirólisis, estimando su viabilidad económica para una producción aproximada de 7 kg de material combustible por lote con un tiempo de residencia de 3 horas. Conclusiones: Este prediseño abre la posibilidad de un trabajo más detallado en la línea de profundización en Generación de Energía del Programa de Ingeniería de Procesos.

145

Palabras clave: Pirólisis del plástico, Planta piloto, Conversión de residuos, Generación de combustibles, Sostenibilidad Ambiental.

1 Introducción

En 2018, Colombia generó aproximadamente 31,500 toneladas diarias de residuos plásticos, equivalentes a 11,5 millones de toneladas anuales [1]. Este problema ambiental, evidenciado por la presencia de microplásticos en playas, con densidades que varían entre 3 y 1387 elementos por metro cuadrado [2], también representa una oportunidad para producir combustibles mediante pirólisis [3]. La Universidad de los Llanos, a través de su programa de Ingeniería de Procesos, impulsa investigaciones que aprovechen estos residuos para la generación de energía, alineándose con las políticas de sostenibilidad y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en particular el numeral 11.

2 Metodología.

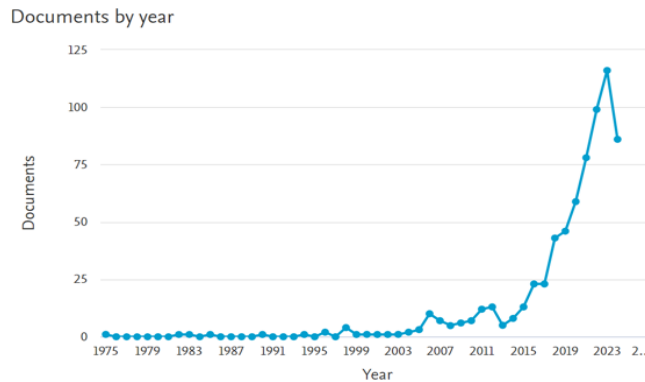
Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva utilizando bases de datos como Scopus, ScienceDirect y Google Scholar para identificar avances en la pirólisis de residuos plásticos y su conversión en combustibles. Se seleccionaron las tecnologías y catalizadores más eficientes, evaluando su adaptabilidad a la Universidad de los Llanos. Con base en esta selección, se establecieron las corrientes de entrada y salida, y se realizó un cálculo preliminar del balance de materia. Finalmente, se estudió el equipo mínimo necesario para la operación de la planta piloto, incluyendo reactor, sistemas térmicos y equipos auxiliares

3 Resultados

146

La figura 1, obtenida de una búsqueda en Scopus con la ecuación "pyrolysis" AND "fuels" AND "plastic" AND "waste", muestra un notable aumento en publicaciones desde 2010, alcanzando un pico en 2022. Este crecimiento refleja el interés creciente en la pirólisis de plásticos para la producción de combustibles, impulsado por la necesidad de soluciones sostenibles en la gestión de residuos plásticos. En las primeras décadas (1975-2000), las publicaciones eran escasas.

Fig 1. Publicaciones relacionadas a la ecuación de búsqueda determinada en Scopus



El análisis detallado con VOSviewer reveló la estructura temática y evolución de conceptos clave, como "pyrolysis", "plastics waste", "diesel engines" y "catalysis", que emergen como nodos centrales. Además, el reciente aumento en investigaciones sobre economía circular y sostenibilidad sugiere un enfoque hacia la gestión integrada de residuos. En resumen, la búsqueda en Scopus y el análisis con VOSviewer ofrecen una visión clara de las tendencias clave en la investigación de la pirólisis de plásticos.

Al revisar la bibliografía en Colombia se encontraron pocos artículos relacionado con la pirólisis del plástico, entre ellos se tienen documentos se destaca el trabajo de Joaquín et Al[4], sin embargo, no se analiza un posible aprovechamiento, Campuzano et al[5] analiza el potencial de tres diferentes residuos sólidos como aprovechamiento energético y otros autores analizan su potencial de aprovechamiento pero no se encuentran que se tenga una planta o planta piloto en marcha de aprovechamiento del residuo por medio de la pirólisis[6], por lo tanto, se destaca la importancia en ser pioneros en la aplicación de pirólisis para el aprovechamiento de los residuos[7].

El diseño de una planta piloto de pirólisis para la conversión de polipropileno en combustibles líquidos es un desafío que combina tanto la optimización técnica como las consideraciones económicas. Este proceso no solo requiere una infraestructura adecuada, sino también un análisis detallado de las condiciones operativas que maximicen el rendimiento y la eficiencia del sistema. El rendimiento de la reacción de pirólisis depende de varios factores, incluidos la temperatura, el tipo de catalizador y las condiciones específicas del proceso. En el caso del polipropileno, se ha observado que un aumento en la temperatura mejora significativamente el rendimiento de la pirólisis. Por ejemplo, al aumentar la temperatura de 550 °C a 650 °C, el rendimiento del

aceite pirolítico casi se duplica, pasando de un 20,38% a un 36,58%. Además, la utilización de catalizadores como la zeolita ha demostrado mejorar tanto el rendimiento como la calidad del combustible obtenido, logrando un 86,4% comparado con un 80,82% sin catalizador [8]. La pirólisis lenta, por su parte, ofrece una mayor eficiencia de conversión (95%) en comparación con la pirólisis rápida, que tiende a producir más ceras. Estos resultados subrayan la importancia de optimizar las condiciones de la reacción para maximizar la producción de combustibles a partir de plásticos mediante pirólisis.

Tabla 1.Propuesta de balance de materia

Compuestos	Entrada	Salida
Polímeros plásticos	10.00	0.00
Zeolita	1.00	0.00
Desparafinador	0.00	0.70
Material Combustible	0.00	6.81
Parafinas	0.00	0.58
Gases No Condensables	0.00	1.81
Carbón Pirolítico	0.00	1.10
Total	11.00	11.00

El balance de materia para la reacción de pirólisis que se propone con base al análisis de diversos estudios, con modelaciones de diferentes plásticos[9][10] [11], para este proyecto se predicen valores establecidos en la Tabla 1. Este balance propuesto surge del promedio mensual de los residuos plásticos generados por la Universidad de los Llanos, entre la Sede San Antonio y la Sede Barcelona. Dicha cantidad podría aumentar si se genera una mayor conciencia en la población universitaria sobre la recolección y separación de residuos plásticos, para este estudio se asumen que todo el plástico es polipropileno. Dada esta situación, es esencial impulsar proyectos que fomenten el desarrollo de este reactor de pirólisis enfocado en la obtención de combustibles. Este enfoque permitiría aplicar ingeniería avanzada en la valorización de residuos plásticos, reduciendo el impacto ambiental y generando oportunidades de investigación en las ingenierías de la Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. En este contexto, es crucial considerar también los aspectos económicos de implementar una planta piloto de pirólisis. Basándose en diversas fuentes estudiadas, se estima que la construcción de una planta de estas características requiere una inversión significativa. Los principales costos están asociados a componentes esenciales como un reactor de 200 litros, fundamental para la conversión del polipropileno, junto con dos intercambiadores de calor que aseguran un control térmico efectivo durante el proceso. Además, se requieren tres barriles de almacenamiento de 42 galones (158.99 litros) cada uno

para contener el combustible y otros subproductos generados [12].

Otros elementos clave en la estructura de costos incluyen una bomba de agua con capacidad máxima de 3000 L/h, necesaria para la refrigeración del sistema, y tanques para oxígeno y GLP, con capacidades de 6 m³ y 30 kg (55 litros) respectivamente, esenciales para la combustión y operación continua de la planta. Estos equipos, junto con componentes adicionales como el desparafinador y los sistemas de quemadores, representan una parte considerable de la inversión total. Aunque no se proporciona un costo total exacto, está claro que la implementación de una planta de este tipo implica una inversión significativa en equipos especializados[13][14].

Aunque los costos del proyecto son significativos, su viabilidad es alta y posicionaría a la universidad como líder regional en tecnologías de conversión de residuos en combustibles. Además, un reactor de pirólisis no solo proporcionaría un entorno pedagógico ideal para prácticas estudiantiles en conversión energética, sino que también transformaría residuos plásticos en recursos energéticos, alineándose con los principios de la economía circular. Este proyecto mitigaría la cantidad de residuos plásticos en vertederos y mejoraría los indicadores de sostenibilidad de la universidad, reforzando su compromiso con la gestión ambiental responsable.

4 Conclusiones

El proyecto para implementar una planta piloto de pirólisis en la Universidad de los Llanos es una iniciativa viable para convertir residuos plásticos en combustibles. El balance de materia y energía basado en los residuos de las sedes de San Antonio y Barcelona indica que, con mayor conciencia en la recolección de residuos, la producción de combustibles podría incrementarse. Aunque la inversión inicial es significativa, la viabilidad económica es alta, posicionando a la universidad como líder regional en tecnologías sostenibles. Además, este proyecto ofrece un entorno pedagógico valioso para la formación práctica de estudiantes en procesos de conversión energética y contribuye a los objetivos de sostenibilidad y reducción del impacto ambiental.

Referencias

1. Sanchez-Echeverri, L.A.; Tovar-Perilla, N.J.; Suarez-Puentes, J.G.; Bravo-Cervera, J.E.; Rojas-Parra, D.F. Mechanical and Market Study for Sand/ Recycled-Plastic Cobbles in a Medium-Size Colombian City. *Recycling* 2021, 6, 17. <https://doi.org/10.3390/recycling6010017>.
2. Garcés-Ordóñez, O., Espinosa, L. F., Cardoso, R. P., Cardozo, B. B. I., & Anjos, R. M. D. (2020). Plastic litter pollution along sandy beaches in the Caribbean and Pacific coast of Colombia. *Environmental Pollution*, 267, 115495. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115495>
3. Zhao, B., Wang, H., Yao, Z., Alfarraj, S., Alharbi, S. A., Krishnan, R., Chi, N. T. L., & Brindhadevi, K. (2022). Processing and utilization of the solid plastic waste oil as the sustainable substitute for fossil fuel for the CI engine from microwave assisted pyrolysis process. *Fuel*, 327, 125191. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.125191>
4. Hernandez-Fernandez, J.; Lambis, H.; Reyes, R.V. Application of Pyrolysis for the Evaluation of Organic Compounds in Medical Plastic Waste Generated in the City of Cartagena-Colombia Applying TG-GC/MS. *Int. J. Mol. Sci.* 2023, 24, 5397. <https://doi.org/10.3390/ijms24065397>
5. Campuzano, F., Ortiz, C. F., Betancur, M., & Martínez, J. D. (2018). Characterization of three different solid wastes as energy resources for pyrolysis. *IOP Conference Series Materials Science And Engineering*, 437, 012002. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/437/1/012002>
6. Aziz, M. A., Rahman, M., & Molla, H. (2018). Design, fabrication and performance test of a fixed bed batch type pyrolysis plant with scrap tire in Bangladesh. *Journal Of Radiation Research And Applied Sciences*, 11(4), 311-316. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2018.05.001>
7. Jaroenhasemmesuk, C., & Tippayawong, N. (2015). Technical and Economic Analysis of A Biomass Pyrolysis Plant. *Energy Procedia*, 79, 950-955. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.592>
8. Lumieres - Repositorio institucional Universidad de América: Evaluación del proceso de pirólisis para la producción de diesel a nivel laboratorio a partir de residuos plásticos de industrias de alimentos. (s. f.). <https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/477>
9. Gil, S. A., Arias, A. N. A., & Zapata, R. B. (2022). Simulación y obtención de combustibles sintéticos a partir de la pirólisis de residuos plásticos. *Ingeniería y Desarrollo*, 37(02), 306-326. <https://doi.org/10.14482/inde.37.2.1285>
10. Belbessai, Salma, Abir Azara, and Nicolas Abatzoglou. 2022. "Recent Advances in the Decontamination and Upgrading of Waste Plastic Pyrolysis Products: An Overview" *Processes* 10, no. 4: 733. <https://doi.org/10.3390/pr10040733>
11. Rajan, Krishna Prasad, Ibrahim Mustafa, Aravinthan Gopanna, and Selvin P. Thomas. 2023. "Catalytic Pyrolysis of Waste Low-Density Polyethylene (LDPE) Carry Bags to Fuels: Experimental and Exergy Analyses" *Recycling* 8, no. 4: 63. <https://doi.org/10.3390/recycling8040063>.

12. Saravanathamizhan, R., Perarasu, V., & Vetriselvan, K. (2023). Thermochemical conversion of biomass into valuable products and its modeling studies. En Elsevier eBooks (pp. 137-152). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-824318-3.00004-7>
13. Krzywda, R., & Wrzesińska, B. (2020). Simulation of the Condensation and Fractionation Unit in Waste Plastics Pyrolysis Plant. Waste And Biomass Valorization, 12(1), 91-104. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-00994-7>
14. Kodera, Y., Yamamoto, T., & Ishikawa, E. (2021). Energy- and economic-balance estimation of pyrolysis plant for fuel-gas production from plastic waste based on bench-scale plant operations. Fuel Communications, 7, 100016. <https://doi.org/10.1016/j.jfueco.2021.100016>

Eficiencia Energética en Barcelona

Wilson Alberto Monroy-Moyano¹, Olga Lucero Vega-Márquez¹, and Alberto Alfonso Villarraga-Baquero¹

Universidad de los Llanos, Km 12 Vía Barcelona, Villavicencio, Meta, Colombia

{wilson.monroy, olvegam, avillarraga}@unillanos.edu.co

Resumen Este proyecto se centra en la conservación de energía y la promoción del uso de energías renovables en la comunidad rural de Barcelona, Villavicencio, Colombia. A través de encuestas y la colaboración con la Institución Educativa Felicidad Barrios, se identificaron brechas críticas en el conocimiento sobre eficiencia energética. El proyecto incluye la planificación e implementación de sesiones de formación dirigidas tanto a estudiantes como a miembros de la comunidad. Los resultados subrayan la importancia de comprender las prácticas de ahorro energético, los beneficios de las energías renovables y las posibles ventajas económicas de estas tecnologías. La iniciativa busca fomentar prácticas sostenibles y reducir el impacto ambiental en la comunidad.

Keywords: conservación de energía, energías renovables, eficiencia energética, formación comunitaria, desarrollo sostenible, educación rural, impacto ambiental, reducción de costos energéticos, comunidad rural

152

1. Introducción

El ahorro energético y el aprovechamiento de los recursos renovables son dos aspectos fundamentales en la intención de preservar las condiciones climáticas del planeta[1]. En la Universidad de los Llanos, estos principios se han convertido en elementos clave en la gestión de la calidad institucional[9] y en las prácticas de formación profesional. La integración de estos temas en el currículo refleja un compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental, buscando preparar a los estudiantes para enfrentar los desafíos actuales en términos de consumo responsable de recursos.[5]

En nuestro entorno, que es una comunidad rural, hemos identificado un considerable desconocimiento sobre la importancia del ahorro energético. Este desconocimiento afecta no solo la economía doméstica, sino también la sostenibilidad ambiental de la región. Como resultado, a través de este trabajo, buscamos formar a una parte de la comunidad de la vereda Barcelona, ubicada en el km 12 de la vía a Puerto López, en Villavicencio, Meta, Colombia, sobre este problema y ofrecerles soluciones prácticas, como el aprovechamiento de energías alternativas, que puedan contribuir a su desarrollo sostenible[3].

Para llevar a cabo el proyecto, se comenzó con un reconocimiento de la situación actual de consumo de energía en la comunidad, proceso que ha permitido recopilar datos fundamentales que actualmente estamos clasificando y analizando[6][7]. A corto plazo, esperamos implementar un plan de formación enfocado en el uso eficiente de la energía, dirigido tanto a la comunidad en cuestada como a los estudiantes de los grados 9°, 10° y 11° de la Institución Educativa Felicia Barrios, localizada en la vereda. Este enfoque dual tiene como objetivo no solo aumentar el conocimiento, sino también promover un cambio en los hábitos de consumo energético que beneficie tanto a la comunidad como al medio ambiente.

2. Metodología

Este trabajo es de tipo descriptivo en referencia a lo dicho por Hernández en [8] y se desarrolla siguiendo etapas a escala del modelo de gestión integral de energía [2], definidas así Análisis y establecimiento de objetivos. En esta fase, se identificará el conocimiento actual de la comunidad y se determinarán los objetivos que se espera que los participantes alcancen al finalizar el proyecto. Este diagnóstico inicial se basará en encuestas y entrevistas estructuradas, dirigidas tanto a los habitantes de la vereda Barcelona como a las directivas de la Institución Educativa Felicia Barrios. Los datos obtenidos permitirán establecer objetivos claros y medibles, alineados con las necesidades detectadas y con los principios de desarrollo sostenible.

Planeación. Durante esta fase, se desarrollará un plan detallado que incluirá la selección de herramientas y métodos pedagógicos para la formación. Se utilizarán métodos interactivos y prácticos, como talleres y demostraciones, para fomentar una comprensión más profunda entre los participantes. Se elegirán herramientas específicas para medir el ahorro energético, como medidores de consumo y software de análisis de datos. Además, se planificarán los recursos necesarios, como materiales didácticos y equipos técnicos, y se organizarán las actividades por etapas, asegurando la correcta secuencia y

timing del proyecto. Desarrollo. En esta etapa, se utilizarán los datos recopilados en las fases anteriores para crear el programa de formación basado en los objetivos establecidos. Se diseñarán módulos de aprendizaje que cubrirán temas clave, como la importancia del ahorro energético, el impacto de las energías renovables y estrategias prácticas para reducir el consumo energético en los hogares. Estos módulos se adaptarán para ser comprensibles y relevantes tanto para los estudiantes de la Institución Educativa como para los adultos de la comunidad.

Implementación. En esta fase, se llevará a cabo la formación, dirigida a dos grupos específicos: primero, a los estudiantes de los grados 9°, 10° y 11° de la Institución Educativa Felicia Barrios, utilizando un enfoque académico adaptado a su nivel de comprensión; y segundo, a los adultos de la comunidad que habrán participado en las encuestas, mediante talleres y charlas adaptadas a sus necesidades y contexto. La participación activa de la comunidad y el apoyo de las directivas educativas serán esenciales para el éxito de esta fase. Evaluación. Finalmente, se realizará una evaluación exhaustiva para medir el impacto del proyecto. Se aplicarán pruebas y encuestas post-formación para evaluar el aumento en el conocimiento de los participantes sobre el ahorro energético y el uso de energías renovables. Además, se realizará un análisis comparativo de los datos de consumo energético antes y después de la implementación de la celda solar instalada, con el fin de cuantificar el ahorro energético y validar la efectividad de las soluciones propuestas. Los resultados de esta evaluación proporcionarán información crucial para futuras intervenciones y mejoras del proyecto.[10]

3. Resultados

A la fecha de presentación de este trabajo, hemos completado la encuesta con la comunidad y establecido un acercamiento significativo con las directivas de la Institución Educativa Felicidad Barrios. Este proceso nos ha permitido comprender mejor las necesidades y expectativas tanto de los estudiantes como de los miembros de la comunidad en relación con el ahorro energético y el uso de energías renovables.

El Cuadro 1 presenta la relación de cursos que serán impartidos en la institución educativa, los cuales han sido diseñados específicamente para abordar las inquietudes y necesidades identificadas. La institución educativa ha mostrado un apoyo irrestricto para la formación de los estudiantes mencionados, lo que refuerza nuestro compromiso conjunto de promover prácticas sostenibles y conscientes del uso de la energía. Este respaldo es crucial para

asegurar la participación activa y el éxito de los programas formativos. Los cursos programados en la Institución Educativa Felicidad Barrios, que se detallan en el Cuadro 1, han sido diseñados no solo para impartir conocimientos técnicos, sino también para fomentar una mentalidad de sostenibilidad entre los estudiantes. Cada sesión se enfocará en aspectos específicos del consumo y ahorro de energía, proporcionando a los participantes herramientas prácticas que puedan aplicar en su vida diaria.

Cuadro 1. Fechas y títulos de eventos relacionados con energía

Título	Fecha
Consumo de energía	20 o 27 de agosto 2024
Tips para el ahorro de energía	4 o 18 de septiembre 2024
Cómo ahorrar con energías renovables	16 o 23 de octubre 2024
Consideraciones sobre la generación de energía	30 de octubre 2024

La planificación de estos eventos ha sido minuciosa, tomando en cuenta la disponibilidad tanto de los estudiantes como de los miembros de la comunidad, para maximizar la asistencia y el impacto de cada sesión. Estamos seguros de que estos cursos no solo incrementarán el conocimiento sobre el ahorro energético y el uso de energías renovables, sino que también inspirarán a los participantes a tomar acciones concretas para reducir su huella energética y contribuir al desarrollo sostenible de la vereda Barcelona.

En cuanto a la comunidad, los resultados obtenidos a través de las encuestas revelan varios aspectos importantes:

1. **Importancia del conocimiento energético:** Es muy importante que las comunidades, especialmente aquellas más alejadas de las principales ciudades, comprendan cómo se puede ahorrar energía. Este conocimiento no solo contribuye a la reducción de costos, sino que también juega un papel fundamental en la adaptación y mitigación de los efectos provocados por fenómenos naturales, tales como el cambio climático.
2. **Impacto positivo de las energías renovables:** Las energías renovables, como la solar, eólica, hidroeléctrica y geotérmica, tienen un impacto ambiental significativamente menor en comparación con los combustibles fósiles. Al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación del aire, estas energías ayudan a mitigar el cambio climático, lo que es esencial para la preservación del medio ambiente y la salud pública en el largo plazo.

3. Consideraciones económicas: Aunque la inversión inicial para la implementación de tecnologías de energías renovables puede ser alta, su uso puede reducir considerablemente los costos operativos y de mantenimiento a largo plazo. Esto es especialmente relevante cuando se toma en cuenta la tendencia decreciente en el costo de la tecnología renovable en los últimos años, lo que hace que estas opciones sean cada vez más accesibles y atractivas para comunidades rurales como la nuestra.

4. Conclusiones

En el desarrollo de este trabajo en la vereda Barcelona del municipio de Villavicencio, se evidencia hasta el momento:

- La gran diferencia económica existente en el recibo de la energía entre el tipo de vivienda, ya que las viviendas catalogadas como tipo comercial pagan muchísimo más que las viviendas tipo residencial.
- La poca información que se tiene sobre la posibilidad de disminuir el consumo de energía y de esta manera verlo reflejado en el recibo mensual de la energía.
- Se presentan cortes casi a diario de la energía en la vereda, en ocasiones esos cortes pueden ser de incluso horas.
- El desconocimiento de implementar aplicaciones de energías renovables como lo son especialmente los paneles solares para usarlos como fuente de iluminación en las noches.

Por otro lado, como parte de los entregables de este proyecto instalaremos una celda de energía solar para pruebas, con el fin de realizar mediciones de consumo y establecer su beneficio, para comparar el ahorro energético.[4]

156

Referencias

1. Autor, N.: Energy Efficiency and Renewable Energy. CRC Press, Boca Raton, FL, 2nd edn. (2016)
2. Carlos, J., Avella, C., Daniel, E., Figueroa, L., Ospino, I.T., Fredy, O., Caicedo, P., Ciro, E., Oqueña, Q., Ricardo, J., Medina, V.: Modelo de gestión energética para el sector productivo nacional, vol. 6. Universidad Autónoma del Caribe (7 2008), <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496250973005.pdf>
3. Chiras, D.: The Homeowner's Guide to Renewable Energy: Achieving Energy Independence Through Solar, Wind, Biomass and Hydropower. Mother Earth News, Vermont, USA, revised and updated edition edn. (2012)

4. Chiras, D.D.: Solar electricity handbook: A simple, practical guide to solar energy: How to design and install photovoltaic solar electric systems. Earthscan (2012)
5. de los Llanos, U.: Manual de gestión de calidad institucional. Universidad de los Llanos (2020)
6. Martino, A., Pérez, L.: Eficiencia energética en comunidades rurales: un estudio de caso en la vereda barcelona, villavicencio. Energía y Desarrollo Sostenible (2024)
7. Martino, H.M.: Eficiencia energética en edificios públicos. In: XXVI Congreso AR-QUISUR 2023 (Montevideo, 2023) (2024)
8. Sampieri, R.H., Collado, C.F., Lucio, M.D.P.B.: Metodología de la investigación. McGraw Hill España (2014)
9. Unillanos: Informe de revisión por la dirección del sistema de gestión de la calidad, sistema de gestión ambiental y sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo. (4 2023), https://drive.google.com/file/d/1A2tHEeM50ErCs-Ms_8U3YQ_g60-UaG6X/view
10. Yogi, G.D.: Energy efficiency and renewable energy: A new concept for electricity generation. Renewable energy 85, 1330–1333 (2016)

Experiencia de aula para la gestión del recurso hídrico: Caso Rio Ocoa (Villavicencio, Colombia)

Sandra L Parada-Guevara (0000-0002-5266-8112), Helena García-Rosero (0000-0002-1146-392X), Nelson Briceño (0000-0002-3004-478X) y Clemencia Salas (0009-0006-9561-5463).

Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Departamento de Biología y Química, Villavicencio, Colombia
sparada@unillanos.edu.co

158

Resumen Las pedagogías activas participativas como el trabajo de aula, son estrategias de aprendizaje basado en proyectos colaborativos que permiten el desarrollo de competencias investigativas y de sensibilización sobre los efectos de las actividades antrópicas en la salud de los ecosistemas, los animales y las personas. El problema socioambiental percibido en el rio Ocoa, es la normalización del deterioro del rio, en donde las comunidades en su paso por Villavicencio, toman agua para su consumo, recreación y actividades productivas; pero, además allí, depositan sus residuos sólidos, vertimientos de aguas residuales, deforestan y se asientan informalmente. Para evaluar la calidad del agua del cauce y proponer una intervención comunitaria, docentes del Departamento de Biología y Química, de la Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad de los Llanos, se unieron en una práctica curricular con los cursos de Ecobiología de poblaciones, química inorgánica y microbiología de los programas de pregrado en enfermería, ingeniería de procesos y biología. Se seleccionaron con criterios de accesibilidad y cercanía a las viviendas de los estudiantes, 10 puntos en la zona urbana del rio, con observación dirigida y una matriz de evaluación se realizó el análisis ecológico de las riberas del rio y se midieron parámetros fisicoquímicos in situ de pH, oxígeno disuelto, conductividad y sólidos disueltos, y en los laboratorios, análisis de sólidos, turbidez y microbiológicos. Como resultado se evidenció la

baja calidad del agua y la pérdida del bosque ripario y conectividad de corredores, lo que incide en el bienestar y la salud de las personas, atenta contra la flora y la fauna, y degrada la calidad del ambiente por la alteración del paisaje, malos olores, proliferación de plagas, hipoxia del río y alta carga bacteriana. Se elaboraron planes de cuidado en salud humana y se sensibilizaron algunos vecinos del río para un fortalecimiento de la gobernanza del agua, a través del conocimiento y monitoreo del recurso hídrico a fin de gestionar la protección, recuperación y conservación de los ecosistemas acuáticos continentales y el derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.

Palabras claves: contaminación de fuentes hídricas, parámetros fisicoquímicos del agua, microbiológicos, plan de cuidado, aprendizaje basado en proyectos.

Bussines Process Traceability in Software - BiPTrac

Olga Lucero Vega Márquez^{1,2}, Jhon Roa¹ and Martin Perez¹

¹ Universidad de los Llanos, km12 vía Barcelona, Villavicencio, Colombia,

{olvegam, jhon.roa, martin.perez}@unillanos.edu.co

² Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial, Bogotá, Colombia ,

olvegam@unal.edu.co

160

Resumen Problema: La evolución de sistemas de información basados en procesos de negocio - BPM presenta desafíos, particularmente en mantener la sincronización entre modelos BPMN y sus implementaciones en código fuente. **Objetivo:** Con este fin, se desarrolló un sistema de trazabilidad para conectar modelos BPMN con sus correspondientes elementos en código, facilitando la gestión de cambios. **Metodología:** Utilizando la metodología Design Science Research - DSR, se creó la herramienta BPbSw-Traceability, que extrae elementos clave del modelo BPMN y los vincula con el código fuente a través de anotaciones de Java. **Resultados:** Se realizaron experimentos que comparan la precisión y el tiempo de identificación de artefactos impactados en modificaciones de sistemas externos, tanto manualmente como con el uso de BPbSw-Traceability. **Conclusiones:** La herramienta, junto con pautas claras para el reconocimiento de artefactos, podría reducir significativamente el tiempo y mejorar la precisión en la identificación de los artefactos impactados.

Keywords: BPMN, trazabilidad, evolución de software, Design Science Research.

1. Introducción

La creciente complejidad de los sistemas de información ha impulsado la adopción de enfoques basados en procesos de negocio - BPM para modelar y automatizar las operaciones en las organizaciones [11] [8] . Sin embargo, la evolución de estas aplicaciones plantea desafíos significativos, uno de ellos se relaciona con mantener la coherencia entre los modelos de procesos y sus implementaciones[9]. En este contexto, la presente investigación se centra en el desarrollo de un sistema de trazabilidad que permita enlazar los elementos de los modelos BPMN y sus correspondientes homólogos (atributos, variables) en código [7]. El enlace que permite el sistema, es obtenido gracias al cotejo entre el modelo BPMN y el código fuente(Sistemas externos), donde se extraen los elementos del modelo mas significativos y se busca la seccion en el codigo en el que estos se encuentran, esto con ayuda de un sistema de anotaciones. Este sistema tiene como objetivo principal reducir el esfuerzo asociado a la evolución de software basado en procesos de negocio.[3]

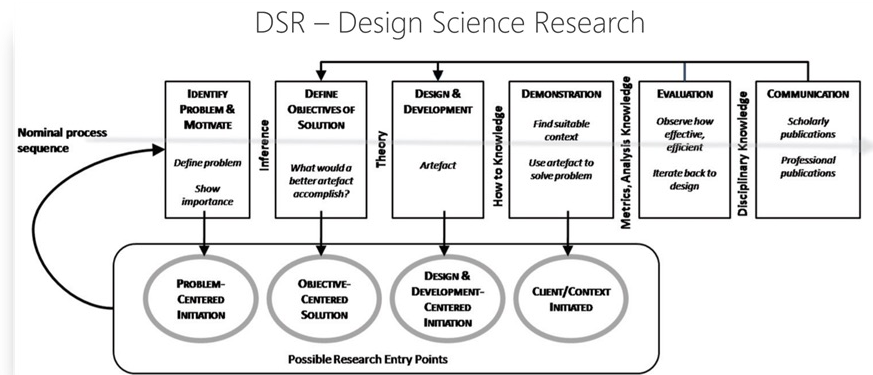
A través de este proyecto, se busca acortar la brecha existente sobre la propagación de cambios desde los modelos BPMN hasta los elementos externos con los que el proceso se relaciona, esto con la creacion de una herramienta que permita la identificacion de los artefactos que se impactan al realizar ciertas modificaciones. Se espera que con el resultado se facilite la evolucion de los sistemas de informacion basados en BPM.

2. Metodología

161

Debido a que esta investigación parte de un problema cuya solución se logra a través de la construcción de un artefacto, esta investigación es guiada por la metodología DSR, o Design Science Research de sus siglas en inglés [2], que se traducen como Investigación en la Ciencia del Diseño. La DSR es un enfoque de investigación usada en Ingeniería para responder a preguntas como “¿Qué hacer?”, “¿Cómo hacerlo?”, “¿Con qué hacerlo?” o “¿Cómo mejorarlo?”, las cuales implican resolver problemas en un dominio determinado. Las respuestas a este tipo de preguntas se centran en el diseño de artefactos que pueden ser estrategias, procedimientos, productos, servicios, procesos, o cualquier otra cosa que pueda ayudar a las personas a lograr sus objetivos. Esta metodología se desarrolla siguiendo una serie de fases que se relacionan e la forma en que se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Metodología "Design Science Research", tomado de[6]



2.1. Identificación del problema

A través de una revisión sistemática de la literatura[10], se identificó que la evolución de sistemas basados en procesos de negocio presenta un desafío recurrente: la dificultad de mantener la sincronización entre los modelos de procesos (en lenguaje BPMN) y su implementación en código. Esta discordancia se traduce en altos costos de mantenimiento y un aumento en el riesgo de errores durante las modificaciones del sistema.

La trazabilidad se presenta como una técnica esencial para simplificar este proceso al permitir identificar las clases, métodos, modelos DTO, y otros elementos en las implementaciones que sufrirán modificaciones. El proyecto propone desarrollar un sistema de trazabilidad que permita enlazar los elementos de un modelo BPMN con los elementos externos relacionados, con el objetivo de mejorar la gestión de cambios.

162

2.2. Objetivos de la solución

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar un sistema de trazabilidad que actúe como un puente entre un modelo de proceso de negocio - BPMN y los sistemas de información externos con los que éste se relaciona, de forma que se pueda mejorar el esfuerzo requerido en la evolución del software BPM. [4] [1] [5]

2.3. Diseño y Desarrollo

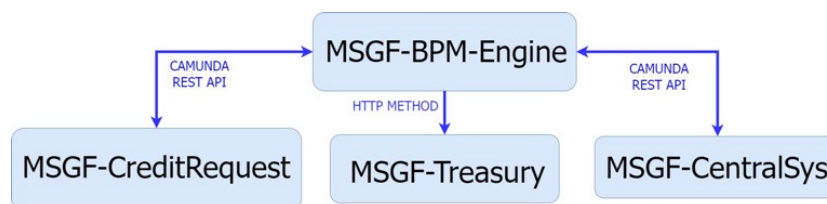
El diseño y desarrollo del artefacto requerido partió del análisis de un caso de laboratorio creado para este propósito: La fundación MSG, que es una fábrica

de créditos. La Figura 2 resume la arquitectura de dicho sistema y el repositorio MSGF-hub lo describe en detalle. Tal como se aprecia en ella, en el centro del sistema de información se encuentra el modelo BPMN desplegado en la máquina de Camunda, en el componente llamado MSGF-BPM-Engine; así que partimos por recolectar información relevante sobre las actividades del modelo BPMN, como UserTask, ServiceTask, SendTask, entre otras. Para esto hicimos un barrido del archivo .XML y extrajimos el nombre de la actividad, el tipo de implementación y su configuración, sus variables, entradas y salidas. Estos datos los recopilamos en una estructura tipo JSON.

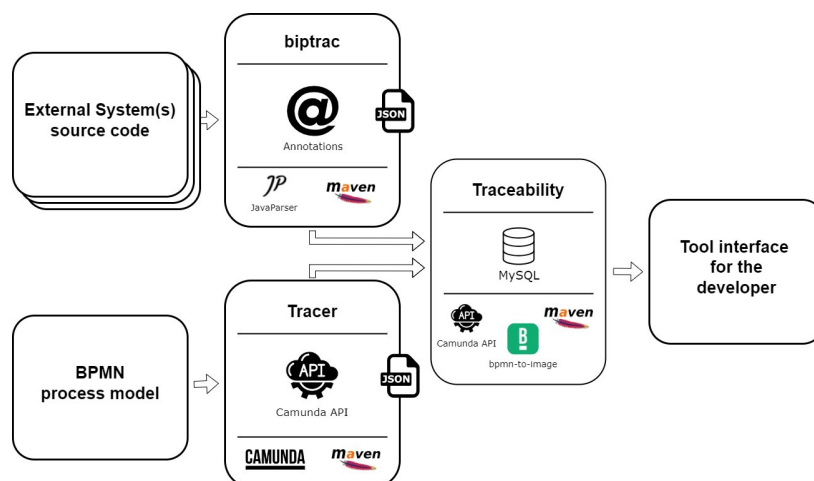
El resultado de esta operación es la herramienta BPbSw-Traceability; su documentación se encuentra en el repositorio BPbSw-Traceability.

Tras completar este módulo inicial, surgió la necesidad de integrar la información del JSON con los sistemas de información externos relacionados, lo que condujo al desarrollo del módulo Biptrac. Aquí enfrentamos el desafío de identificar clases y métodos en el código fuente. Para abordar este problema utilizamos las anotaciones de Java y creamos anotaciones personalizadas para clases y métodos, capaces de recibir parámetros específicos según su alcance. Una vez implementadas y aplicadas estas anotaciones en el código fuente de los sistemas de información externos (en Java), empleamos la biblioteca JavaParser para analizar el código fuente, localizar las anotaciones y extraer tanto sus argumentos como los nombres de las clases y métodos correspondientes.

Figura 2. Arquitectura del sistema MSGF



Con la información obtenida, generamos un nuevo archivo JSON. Para presentar estos datos de manera estructurada y coherente, desarrollamos la herramienta BPbSw-Traceability, que combina BPMN-Tracer con Biptrac como evidenciamos en la Figura 3. Además, incorporamos una base de datos para mantener un registro detallado de las trazas entre los modelos BPMN y los proyectos Java, facilitando la gestión y seguimiento de las trazas generadas.



2.4. Demostración

Para evaluar la herramienta y obtener resultados concretos, se llevaron a cabo varios experimentos con participantes de diferentes perfiles. En primer lugar, un integrante con experiencia en los sistemas externos realizó manualmente las gestiones necesarias para una modificación específica, que consistía en agregar el dato de la dirección de la pareja en los sistemas que componían el caso de estudio, sin utilizar la herramienta. A continuación, otro integrante sin conocimiento previo en los sistemas externos llevó a cabo la misma modificación de manera manual. Luego, un grupo de estudiantes sin familiaridad con los sistemas externos realizó la modificación de forma manual.

164

Durante este último experimento, los estudiantes lograron completar la modificación, pero enfrentaron problemas técnicos, como la falta de recursos computacionales, lo que dificultó la apertura del entorno de desarrollo y la ejecución de los sistemas externos. Para superar estos problemas, se decidió eliminar la ejecución mediante Docker, instalar el gestor de bases de datos en cada equipo y limitar la tarea a la identificación de los artefactos involucrados en la modificación. Además, se deshabilitó la visualización del modelo BPMN en la herramienta.

Finalmente, con el mismo grupo de estudiantes, se planteó un nuevo experimento en el que se debían realizar cinco modificaciones a variables de interés. Los estudiantes debieron identificar manualmente los artefactos involucrados en cada modificación y, posteriormente, utilizar la herramienta BPbSw-Traceability para asistir en esta tarea. Debido a problemas técnicos,

en algunos casos fue necesario proporcionar una URL específica para acceder a la herramienta. Tras estas adaptaciones, los experimentos se llevaron a cabo con éxito y sin mayores contratiempos.

3. Resultados

A partir del último experimento, se pudo registrar el tiempo que tardaron los sujetos del experimento en identificar los artefactos impactados en cada una de las cinco modificaciones realizadas sin la herramienta y la misma identificación contando con la herramienta. Adicionalmente al tiempo, se hizo un análisis de la precisión en dicha identificación. En total fueron 12 sujetos y cada uno de ellos realizó la identificación de artefactos impactados para cinco modificaciones diferentes. El análisis de estos datos está siendo procesado al momento de presentar este trabajo.

4. Conclusiones

La trazabilidad entre los modelos de procesos de negocio y los sistemas externos con los que se conectan presenta un desafío significativo en términos de comunicación. En este trabajo, se abordó este problema mediante el establecimiento de pautas claras para el reconocimiento de los artefactos tanto en el modelo BPMN como en los sistemas externos. Se espera que el análisis de los datos demuestre una reducción significativa en el tiempo requerido y una mejora en la precisión de la identificación de los artefactos impactados gracias al uso de la herramienta BPbSw-Traceability.

165

Referencias

1. Antoniol, G., Cleland-Huang, J., Hayes, J.H., Vierhauser, M.: Grand challenges of traceability: The next ten years. Tech. rep., Cornell University (10 2017), <https://arxiv.org/abs/1710.03129v1><http://arxiv.org/abs/1710.03129>
2. vom Brocke, J., Hevner, A., Maedche, A.: Introduction to design science research. None pp. 1–13 (2020). https://doi.org/10.1007/978-3-030-46781-4_1, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-46781-4_1
3. Christa, S., Madhusudhan, V., Suma, V., Rao, J.J.: Software maintenance: From the perspective of effort and cost requirement. Advances in Intelligent Systems and Computing 469, 759–768 (2017). https://doi.org/10.1007/978-981-10-1678-3_73, <https://link.springer.com/>

- chapter/10.1007/978-981-10-1678-3_73
4. Cleland-Huang, J., Zisman, A., Gotel, O.: Software and systems traceability, vol. 9781447122. Springer-Verlag London Ltd (2012). <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2239-5>
5. Gotel, O., Cleland-Huang, J., Hayes, J.H., Zisman, A., Egyed, A., Grunbacher, P., Antoniol, G.: The quest for ubiquity: A roadmap for software and systems traceability research. In: 2012 20th IEEE International Requirements Engineering Conference (RE). pp. 71–80. IEEE (9 2012). <https://doi.org/10.1109/RE.2012.6345841>
6. Lawrence, C., Tuunanen, T., Myers, M.D.: Extending design science research methodology for a multicultural world. IFIP Advances in Information and Communication Technology 318, 108–121 (2010). https://doi.org/10.1007/978-3-642-12113-5_7, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-12113-5_7
7. Vega-Marquez, O.L., Duarte, H.: Business process models evolution using traceability between bpmn and its supporting software (ongoing research). In: Congreso Internacional de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad de Los Llanos (2020), <http://cici.unillanos.edu.co/es/2020/ autores/memorias/> http://cici.unillanos.edu.co/media2020/memorias/ CICI_2020_paper_106.pdf
8. Vega-Márquez, O.L., Chavarriaga, J., Linares-Vásquez, M., Sánchez, M.: Requirements Comprehension Using BPMN: An Empirical Study, pp. 85–111. Springer, Cham (2019). https://doi.org/10.1007/978-3-030-17666-2_5, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-17666-2_5
9. Vega-Márquez, O.L., Duarte, H., Chavarriaga, J.: Software development process supported by business process modeling an experience report. In: BMSD 2017 - Proceedings of the 7th International Symposium on Business Modeling and Software Design. pp. 242–246 (2017). <https://doi.org/10.5220/0006529702420245>
10. Vega-Márquez, O.L., Duarte, H., Collazos, V.: Mapping study on traceability between bpmn models and source code. International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology 12, 218 (1 2022). <https://doi.org/10.18517/IJASEIT.12.1.16170>, http://ijaseit.insightsociety.org/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=1&article_id=16170
11. Vega-Márquez, O.L., Duarte, H., Rodríguez, L., Gómez, C.: Digital government enterprise app generator a bpm based approach. In: Gómez, C. (ed.) CICI2022. pp. 1–6 (2022), <https://cici.unillanos.edu.co/media/archivos/2023/02/01/ID6194.pdf>

Automatización de Web Scraping para Optimizar la Gestión de Datos en Telefónica Colombia

Juan Sebastián Gutiérrez¹, Edwin Javier Sánchez², Ilber Adonayt Ruge³, Oscar Fernando Vera⁴

^{1,2,3,4} Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia ¹juan.gutierrez08@uptc.edu.co, ²edwinjavier.sanchez@uptc.edu.co, ³ilber.ruge@uptc.edu.co, ⁴oscar.vera@uptc.edu.co

Abstract. En un mundo empresarial cada vez más digitalizado, la capacidad de gestionar datos eficientemente se vuelve esencial para mantenerse competitivo. Telefónica Colombia, empresa de telecomunicaciones, se encuentra frente a importantes desafíos relacionados con el manejo de grandes cantidades de datos, lo cual tiene un impacto directo en su capacidad para tomar decisiones. Este trabajo utilizó el web scraping como una solución automatizada con el objetivo de mejorar la recolección y gestión de datos. Para extraer datos de fuentes en línea, se emplearon herramientas como Python, BeautifulSoup y Selenium. Esto permitió disminuir considerablemente la cantidad de trabajo manual necesario y liberar recursos para tareas estratégicas. El uso de web scraping en Telefónica Colombia no solo optimiza su eficiencia operativa, sino que también potencia su capacidad de adaptarse a las necesidades del mercado. Esto se logra al realizar análisis en tiempo real de gran cantidad de datos, incluyendo información sobre la competencia, las tendencias del sector y el comportamiento del consumidor. Al permitir ajustes estratégicos más precisos y oportunos, esto otorga a la empresa una ventaja competitiva.

167

Keywords: Python, Scraping, HTML, NIT.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción al Web Scraping

En el actual contexto de transformación digital, las empresas se encuentran inmersas en un entorno altamente competitivo y en constante cambio. La eficaz utilización de datos se ha vuelto esencial para la toma de decisiones informadas y la relevancia empresarial. En este escenario, el web scraping emerge como una herramienta crucial para recopilar de forma automatizada información valiosa de la web.

Con el paso de los años, el web scraping se ha convertido en una metodología viable de recopilación de datos en numerosas disciplinas, ya que existe información útil en vastas fuentes que se encuentran en línea. Se utiliza con mayor eficacia para recopilar datos que no se pueden clasificar bien, pero sí convertir a un formato estructurado para su recopilación, incluidos los estudios de mercado y los análisis de tendencias [1]. Permite obtener datos geolocalizados con alta resolución temporal, lo que mejora la investigación sobre temas sociales y económicos como los alquileres y la gentrificación [2][3]. Sin embargo, los problemas éticos y legales relacionados con las ideas, como la propiedad y los permisos, son retos importantes [4]. Además, el scraping de datos web se enfrenta a problemas como la incoherencia y la parcialidad de los datos, que pueden afectar a la fiabilidad de los resultados [2]. Sin embargo, sigue siendo un método eficaz de recopilación dinámica de datos, y cabe mencionar su aplicación con éxito para evaluar el Índice de Precios del Vestido y el Calzado, que a su vez contribuye a mejorar las predicciones de inflación y a obtener datos de mercado más detallados [5].

168

El web scraping es el proceso automatizado de extracción de información de páginas web. Esta técnica permite a las empresas obtener datos de diversas fuentes en línea de manera ágil y eficiente [6].

1.2 BeautifulSoup para Análisis de Documentos HTML

BeautifulSoup, una biblioteca altamente utilizada en Python, se destaca por su capacidad para simplificar el análisis de documentos HTML y la extracción eficiente de datos de páginas web. Desde su introducción, ha sido fundamental en numerosos proyectos de web scraping y análisis de datos web. "BeautifulSoup proporciona una forma sencilla y poderosa de extraer datos de documentos HTML [7]. Esta declaración refleja la reputación de la biblioteca como una herramienta invaluable para los desarrolladores que buscan administrar y extraer información de manera eficiente de páginas web.

1.3 Selenium para Automatización de Navegadores

En contraste con BeautifulSoup, que se centra en el análisis estático de documentos HTML, Selenium se destaca por su capacidad para automatizar la interacción con navegadores web. Esta herramienta permite a los desarrolladores simular interacciones humanas en páginas web, especialmente útil para sitios con contenido dinámico generado por JavaScript.

Selenium es ampliamente utilizado en el web scraping debido a su capacidad para interactuar con elementos dinámicos de una página web y realizar acciones como hacer clic en botones y completar formularios de manera automatizada [8]. La capacidad de Selenium para manejar elementos dinámicos de páginas web lo convierte en una herramienta esencial para proyectos de web scraping que involucren sitios con contenido interactivo.

1.4 Implementación Práctica del Web Scraping con Python

La implementación práctica del web scraping con Python implica una serie de pasos, desde la identificación de la estructura de la página web objetivo hasta el procesamiento y almacenamiento de los datos extraídos. Los desarrolladores utilizan herramientas como BeautifulSoup para analizar el HTML y extraer elementos relevantes y recurren a Selenium cuando se requiere la automatización de interacciones en el navegador.

Este tipo de técnicas son las de procesamiento del lenguaje natural, y su enfoque más sencillo es la extracción de palabras clave para analizar el contexto del documento o texto que se esté procesando [9]. Esto implica una fase inicial de análisis de la estructura de la página web objetivo para identificar los elementos de interés y determinar la estrategia de extracción más adecuada.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Para el web scraping, se empleó Python en Visual Studio Code, aprovechando su versatilidad y herramientas de desarrollo. El objetivo fue extraer datos clave del Registro Único Empresarial y Social (RUES) [10], incluyendo NIT, estado de matrícula, año de renovación, ciudad y actividad comercial de las empresas como se muestra en la figura 1.

Fig. 1. Información de importancia en la página de RUES.

Registro Mercantil			
Información general	Actividad económica	Representante legal	Propietario / Establecimiento
Identificación NIT 800216579 - 2 Categoría de la Matrícula Sociedad ó persona jurídica principal ó esal Tipo de Sociedad Sociedad comercial Tipo Organización Sociedad anonima Cámara de Comercio Bogota Número de Matrícula 578588			Fecha de Matrícula 1994/01/13 Fecha de Vigencia 2053/12/14 Estado de la matrícula Activa Fecha de renovación 2024/05/02 Último año renovado 2024 Fecha de Actualización 2024/05/02

Se utilizaron las bibliotecas BeautifulSoup y Selenium para desarrollar scripts automa- tizados de extracción. BeautifulSoup se encargó del análisis HTML, mientras que Se- lenium gestionó las solicitudes múltiples y la extracción a gran escala (figura 2).

Fig 2. Parseo de datos de contenido usando la librería BeautifulSoup.

```
# Parsear el contenido HTML con BeautifulSoup
soup = BeautifulSoup(div_content, 'html.parser')

# Buscar los elementos <p> dentro del div
p_elements = soup.find_all('p', class_='registroapi_valor')

# Crear un diccionario para almacenar la información organizada
info = {}
for p in p_elements:
    etiqueta = p.find_previous('p', class_='registroapi_etiqueta').text.strip()
    valor = p.text.strip()
    info[etiqueta] = valor

# Obtener la información organizada
estado = info.get("Estado de la matrícula")
ciudad = info.get("Cámara de Comercio")
ultimo_renovado = info.get("Último año renovado")
```

170

Los datos obtenidos se organizaron en archivos Excel para su análisis y visualización posterior. La metodología incluyó una revisión inicial del sitio RUES para identificar las estructuras HTML relevantes, seguida del desarrollo y optimización de los scripts de scraping. Este enfoque permitió a Telefónica Colombia obtener eficientemente in- formación crítica en tiempo real, mejo- rando su capacidad de toma de decisiones estra- tégicas y operativas en un mercado competitivo.

3 RESULTADOS

La adopción del web scraping en Telefónica Colombia resultó ser un éxito rotundo, logrando una notable optimización de los procesos operativos. Esta innovación tecno- lógica permitió reducir en un 80% las tareas manuales, lo que se tradujo en un salto cualitativo en términos de eficiencia.

La recolección automatizada de información posibilitó la obtención rápida y precisa de datos cruciales, enriqueciendo significativamente las bases de datos corporativas. Como resultado, los nuevos equipos de trabajo pudieron identificar con mayor precisión las empresas potenciales a las que ofrecer los servicios y ventajas de Telefónica- Movistar.

La capacidad de procesar y analizar grandes cantidades de información en tiempo real potenció la toma de decisiones estratégicas y operativas de Telefónica Colombia. Los datos extraídos, que incluían información vital como NIT, estado de matrícula, fecha de renovación, ubicación y actividad económica de las empresas registradas en el RUES como se observa en la tabla 1, estos resultados se integraron perfectamente en los sistemas internos usando Excel gracias a Pandas con el cual el procesamiento de datos arroja un archivo fácil y dinámico, proporcionando una visión más completa y actualizada del panorama empresarial.

Tabla 1. Resultados en Excel de una búsqueda realizada con Web Scraping.

NIT	Estado	Ciudad	o año reno	Actividad
900995296	Activa	Bogota	2024	COMERCIO
900159008	Activa	Bogota	2024	COMERCIO
900787714	Activa	Monteria	2024	INDUSTRIA
900363837	Activa	Bogota	2024	INDUSTRIA

4 CONCLUSION

Esta implementación no solo mejoró la eficiencia operativa, sino que también permitió a Telefónica Colombia detectar nuevas oportunidades de negocio y áreas de mejora. Esto facilitó una adaptación más ágil a las fluctuaciones del mercado y la explotación de nichos emergentes. La disminución de tareas manuales no solo supuso un ahorro en tiempo y recursos, sino que también permitió a los empleados concentrarse en actividades de mayor valor estratégico. Se evidencio que la automatización de la recopilación

de datos mediante web scraping no solo incrementó notablemente la eficiencia operativa de Telefónica Colombia, sino que también le otorgó una ventaja competitiva al proporcionar un acceso más veloz y exacto a información crítica del mercado. Esto ha conducido a una planificación y ejecución más efectiva de las estrategias comerciales, impactando positivamente en el rendimiento global de la compañía

Referencias.

- [1] Chandra, Bhatt., Gaitri., Devendra, Kumar., Rahul, Chauhan., Ashish, Vishvakarma., Teekam, Singh. (2023). Web Scraping: Huge Data Collection from Web. 2023 International Conference on Sustainable Emerging Innovations in Engineering and Technology (ICSEIET), Ghaziabad, India, 2023, pp. 375- 378, doi: 10.1109/ICSEIET58677.2023.10303037.
- [2] Brenning, Alexander., Henn, Sebastian. (2023). Web scraping: a promising tool for geographic data acquisition. doi: 10.48550/arXiv.2305.19893.
- [3] Machado, Gilnei. (2023). Web Scraping: Data search and retrieval methodology in information science. Academic Education Navigating the Path of Knowledge. doi:10.56238/sevened2023.008-002.
- [4] Boegershausen, Johannes., Datta, Hannes., Borah, Abhishek., Stephen, Andrew. (2022). Fields of Gold: Scraping Web Data for Marketing Insights. Journal of Marketing. 86. 1-20. doi:10.1177/00222429221100750.
- [5] Juszczak, Adam. (2023). The use of web-scraped data to analyse the dynamics of clothing and footwear prices. Wiadomości Statystyczne. The Polish Statistician. 2023. doi:15-33. 10.59139/ws.2023.09.2.
- [6] Singrodia, Vidhi., Mitra, Anirban., Paul, subrata. (2019). A Review on Web Scraping and its Applications. International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI), Coimbatore, India, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICCCI.2019.8821809.
- [7] Abodayeh, Ayat., Hejazi, Reem., Najjar, Ward., Shihadeh, Leena., Latif, Rania. (2023). Web Scraping for Data Analytics: A BeautifulSoup Implementation. 2023 Sixth International Conference of Women in Data Science at Prince Sultan University (WiDS PSU,2023), pp. 65-69, doi: 10.1109/WiDS-PSU57071.2023.00025.
- [8] Thomas, David., Mathur, Sandeep. (2019). Data Analysis by Web Scraping using Python. 3rd International conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA), pp. 450-454, doi: 10.1109/ICECA.2019.8822022.
- [9] Bale, Ajay., Ghorpade, Naveen., Kamalesh, S., Rohith, S., Rohith, R., Rohan, BS. (2022). Web Scraping Approaches and their Performance on Modern Websites. Third International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC 2022), doi:10.1109/ICESC54411.2022.9885689.
- [10] "Registro mercantil", RUES, 2024. [En línea] Disponible: <https://rues-front.rues.org.co/detalle?m=578588&c=04>.

Job Performance Prediction Supported by Fuzzy Logic Techniques

Villegas-Izaguirre, José Manuel¹, Vargas-Rojas, Omar², Ahumada-Tello, Eduardo¹

¹ Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana, México

² Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Acacias, Colombia

villegas_josemanuel@uabc.edu.mx

Abstract. This research paper explores a wide range of predictive methodologies that incorporate fuzzy logic and demonstrate effectiveness in human resource management and uncertainty mitigation. An integrated framework is established for predicting job performance through a systematic methodology that skillfully addresses intrinsic factors such as uncertainty and subjectivity. Definitions of input and output parameters are outlined, a mathematical procedure for transforming these parameters through defuzzification is performed, and results are evaluated through practical tests conducted with the proposed model. Based on the results, it can be demonstrated that the application of fuzzy logic serves as an example of improvement of traditional methods used in job performance evaluation. As a suggestion, and to optimize the model for better results, the rules governing the fuzzy model should be modified according to the specific criteria relevant to the case being evaluated.

173

Keywords: Fuzzy Logic, Prediction, Job Performance.

1. Introduction

Accurately assessing job performance is crucial for strategic decisions that enhance productivity. Traditional methods, while effective, often miss the complexity and uncertainty of work conditions. Fuzzy logic offers a more flexible approach to predicting job performance [1].

Academic studies frequently utilize the ANFIS framework by Takagi and Sugeno, along with structured approaches to data preparation and performance evaluation [2]. Other studies review literature to identify relevant theories and methodologies, including Fuzzy Tsukamoto and Fuzzy Mamdani, aiming to pinpoint key evaluation criteria and their weighted scoring [3]. Data mining techniques, such as the C4.5 algorithm and Naive Bayes, also offer automated solutions for performance evaluation [4]. Effective evaluation demands a clear understanding of criteria, measurement scales, and the application of fuzzy logic. This requires precise scale tables for individualized results [5].

This paper explores using fuzzy logic to predict job performance, focusing on a model based on experience, previous performance, and job satisfaction, showcasing its adaptability in complex business environments.

2. Methodology

The methodology developed to predict employee performance is based on a fuzzy logic system, capable of handling the uncertainty and subjectivity inherent in job evaluation metrics. Fuzzy logic was implemented due to its ability to manage imprecise data, thus providing an effective tool for performance prediction.

2.1 Definition of Variables

174

This section provides a detailed description of the variables used in the employee performance prediction system, including both input variables and the output variable. Each variable is analyzed in terms of its definition, measurement method, and linguistic values within the fuzzy logic system. See Figure

2.2 Input variables Experience:

Measures the number of years an employee has worked in their field. It is categorized as follows:

- Beginner (0-2 years): Little to no experience.
- Intermediate (3-5 years): Moderate experience and skill development.
- Experienced (6+ years): Extensive experience and ability to handle complex tasks.

Previous Week's Performance:

A composite assessment of weekly performance, including:

- Punctuality: Discipline in attendance.
- Goal Achievement: Attainment of work targets.
- Work Quality: Accuracy and effectiveness in tasks.

Job Satisfaction:

The level of employee well-being, assessed through:

- Work Environment: Physical conditions and organizational climate.
- Relationships with Colleagues and Supervisors: Quality of interactions at work.
- Opportunities for Growth: Perception of professional development opportunities.

2.3 Output variables Predicted Performance:

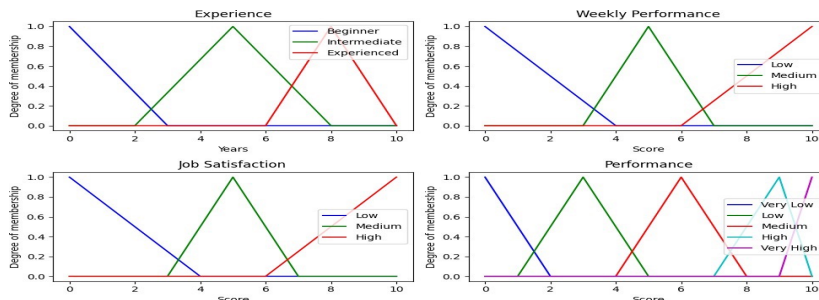
The result of performance prediction on a scale from 0 to 10, categorized as follows:

- Very Low (0-2): Poor performance.
- Low (2-5): Below average performance.
- Medium (5-7): Satisfactory performance.
- High (7-9): Above average performance.
- Very High (9-10): Exceptional performance.

Calculation Process: The fuzzy logic system processes the input variables using the defined fuzzy rules and produces an output that reflects the expected performance. Defuzzification converts the fuzzy outputs into a concrete numerical value on the 0 to 10 scale. This methodological approach not only provides a performance prediction but also offers a solid basis for task allocation and identifying high-potential employees, which is crucial for organizational success.

175

Fig. 1. Representation of input and output variables and their linguistic values.



2.4 Defuzzification

The fuzzy logic system uses the Centroid defuzzification method, which calculates the output value by taking the center of mass of the area under the membership curve. The Centroid method calculates the output value and using the formula: $y = \sum i(\mu(x_i) \cdot x_i) / \sum i\mu(x_i)(1)$ where $\mu(x_i)$ is the value of the membership function for the input x_i .

3. Results

The employee performance prediction system, using fuzzy logic, was tested with various combinations of the input variables: experience, weekly performance, and job satisfaction. The results obtained show how these combinations influence the prediction of final performance, and clear patterns can be identified in how variations in these inputs affect the predicted performance. The results can be seen in Table 1.

The accuracy of the performance prediction system is a crucial aspect that determines its practical utility. Throughout the tests performed, the system showed a reasonable ability to accurately predict performance, aligning with expert assessments and historical data. However, there are some areas where improvements could be made to further increase the accuracy and reliability of the system.

Table 1. Results obtained from combinations of input and output variables

Experience	Weekly performance	Job satisfaction	Predicted performance
Beginner	Low	Low	2.0
Beginner	Medium	Medium	3.5
Beginner	High	High	5.0
Intermediate	Low	Low	4.0
Intermediate	Medium	Medium	6.0
Intermediate	High	High	7.5
Experienced	Low	Low	5.0
Experienced	Medium	Medium	7.5
Experienced	High	High	9.0

4. Conclusions

The use of fuzzy logic techniques in predicting job performance has been shown to be effective in human resource management by handling uncertainty in performance evaluation. Results indicate that the system can complement and improve traditional methods. However, fine-tuning of the fuzzy rule continuum is required to optimize its accuracy. This approach has the potential to be applied in broader research and organizational contexts.

References

- [1] B. Taşkan, B. Karatop, and C. Kubat, "A Fuzzy Logic Approach for Corporate Performance Evaluation," *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, pp. 733–743, 2024, doi: 10.1007/978- 981-99-6062-0_69.
- [2] P. Rabiei and D. Arias-Aranda, "An Adaptive Network-based Fuzzy Inference System for predicting organizational commitment according to different levels of job satisfaction in growing economies," *Simulation*, vol. 94, no. 4, pp. 341–358, 2018, doi: 10.1177/0037549717712037.
- [3] A. Christian, A. Yani, K. Indriani, and H. Nurdin, "Model Implementasi Logika Fuzzy Untuk Penilaian Kinerja Karyawan IT Support," *Jurnal Sistem Informasi dan Informatika (Simika) P- ISSN*, vol. 5, pp. 2622–6901, 2022.
- [4] R. Santhosh and M. Mohanapriya, "Generalized fuzzy logic based performance prediction in data mining," in *Materials Today: Proceedings*, 2021, pp. 1770–1774. doi: 10.1016/j.matpr.2020.08.626.
- [5] V. M. Belov, T. M. Pestunova, N. V. Belova, and D. L. Kosov, "Technique for Evaluating the Effectiveness of the Information Security Department," in *Proceedings of the 2023 IEEE 16th International Scientific and Technical Conference Actual Problems of Electronic Instrument Engineering, APEIE 2023*, 2023, pp. 1130–1133. doi: 10.1109/APEIE59731.2023.10347645.

FPSOC-Based Hardware Acceleration for Artificial Potential Field Algorithm

Rony Trespalacios¹, Jairo Cuero², and Oscar Correa³

¹ Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia,
rony.trespalacios@unillanos.edu.co

² Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia
jairo.cuero@unillanos.edu.co

³ Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia
oscar.correa@unillanos.edu.co

178

Abstract. Hardware-software codesign (HW/SW) has evolved since the 1990s, becoming essential in advanced electronic systems. In mobile robotics, hardware acceleration of algorithms has significantly improved critical real-time tasks, such as the exploration of mobile robots. This study evaluates the acceleration of the potential field planning algorithm using FPSoC on the TurtleBot 3 Burger platform. We set up a development environment with ROS Noetic on the Ultra96v2 FPSoC and Ubuntu 20.04 LTS on the development PC. Vitis HLS and Vivado 2020.2 were used to describe and design the partitioned tasks in hardware. We divided the algorithm into two phases: potential map calculation and trajectory planning. The methodology included creating an IP Block in hardware and integrating it into the software processing unit via AXI Lite v4 and AXI DMA ports. The results show significant acceleration, reducing execution time from 862.1 ± 4.8 ms in software to 27 ± 1.1 ms in hardware, achieving a speedup factor of $\times 31.95$. Additionally, the evaluation of physical resource usage and power analysis indicated an energy efficiency of 2.53 W. This research demonstrates the feasibility of using FPSoC to enhance the computational performance of mobile robots. It provides a framework for complex real-time robotic tasks such as autonomous navigation and advanced image processing.

Keywords: Hardware-software integration, Task partitioning, Autonomous navigation, Algorithm acceleration, Mobile robotics.

1 Introduction

The advancement of robotics has driven the development of new data processing architectures to meet increasing computational demands. These include multi-core processors, FPGAs (Field Programmable Gate Arrays), and microcontroller-based solutions, each addressing specific needs of robotic applications such as real-time execution, flexibility, and low power consumption. In particular, FPGAs (Field Programmable System-on-Chip) devices offer parallel task execution, accelerating algorithms to enhance mobile robot performance.

FPGA applications and co-design strategies have been successfully applied in harsh environments, such as mobile robots on Mars [1]. These strategies have effectively accelerated algorithms in tasks like computer vision [2] and autonomous navigation [3]. Task partitioning for hardware acceleration has been explored not only in robotics but also in areas like neural networks [4], video analysis [5], and cryptography [6], resulting in reduced processing times and enhanced performance. For example, [7] achieved a tenfold reduction in processing time for map construction in a mobile robot using a LiDAR sensor. Similar methodologies have been applied in SLAM [8] and robot control [9]. This study addresses the challenge of integrating hardware and software to accelerate complex robotic algorithms while improving energy efficiency. We present a hardware/software co-design approach that leverages FPGAs technology to enhance the performance of path-planning algorithms in autonomous robots.

2 Methodology

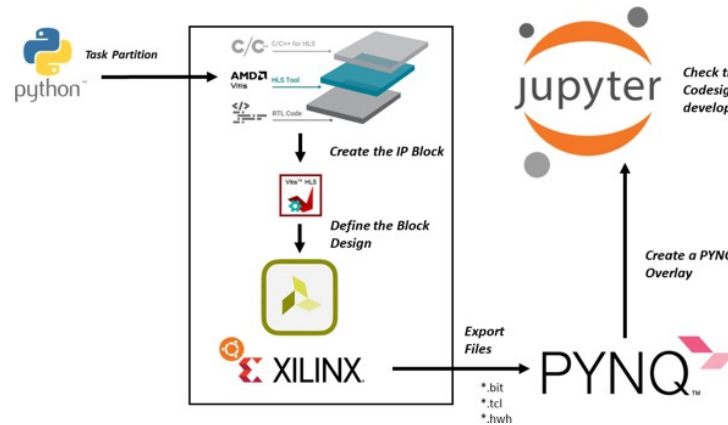
179

We began by configuring the developer's PC with tools essential for HW-SW co-design and ROS integration with the robotic platform. The methodology proposed by Crockett et al. (2019) guided our approach, involving a manual partitioning of the algorithm based on the feasibility of hardware implementation [10]. This iterative methodology continues until both general and specific objectives of the project are met.

The first step involved analyzing various algorithms used in mobile robotics to identify suitable partitioning techniques. Based on this analysis, we selected an appropriate algorithm for hardware acceleration, defining the necessary requirements and acceptance tests. If the HW/SW co-design did not meet the established criteria, we repeated the process with an alternative algorithm.

Once we determined the algorithm for software implementation, we followed the workflow depicted in Figure 1, which aligns with the overall methodology.

Fig. 1. Workflow associated with the implemented methodology.



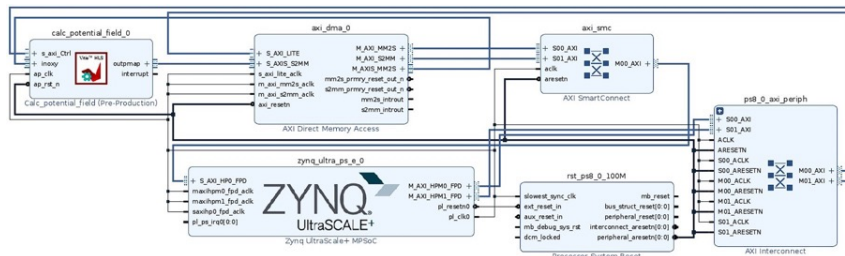
3 Results

The TurtleBot 3 Burger (TB3), powered by ROS, was used in this project. We replaced its default Raspberry Pi SBC with the Ultra96v2 board, which features a Xilinx Zynq UltraScale+ MPSoC. This board's programmable logic was employed for hardware acceleration of selected algorithms using a HW/SW co-design methodology.

180

We set up the development environment with PYNQ v2.7 on the Ultra96v2, Ubuntu 20.04 LTS on the developer PC, and ROS Noetic on both. We also installed Vitis HLS 2020.2 and the necessary Board Definition Files (BDF). The Potential Field Planning (PFP) algorithm was chosen for its low complexity and high parallelization potential. We partitioned the algorithm into computing the potential map and generating the trajectory based on equipotential lines. The PFP algorithm was first simulated in software to verify its functionality. Following this, we described the partitioned tasks in Vitis HLS, developed a C++ codebase, and created an IP Block for hardware implementation.

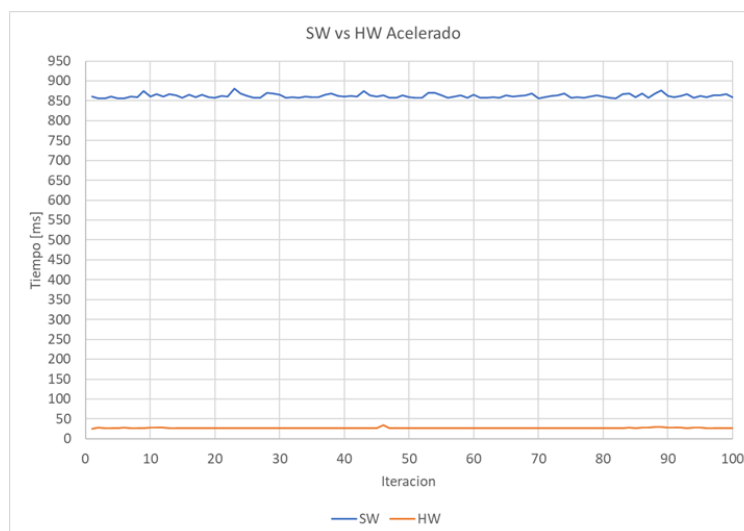
Fig. 2. Block design description of the PS-PL interface between the Zynq Ultrascale+ processor and the IP Block developed through the AXI-Lite4 and AXI-DMA ports.



After synthesizing and implementing the bitstream, we transferred it to the TB3 and created a PYNQ Overlay for data transfer between software and the IP Block. Unit tests confirmed the HW/SW co-design's accuracy.

We evaluated performance by measuring processing times for potential map generation in both software and hardware implementations. Hardware showed a significant acceleration, with an average execution time of 27 ± 1.1 ms (37.1 ± 1.2 FPS) compared to 862.1 ± 4.8 ms (1.2 ± 0.01 FPS) in software, yielding an acceleration factor of approximately 31.95x. Vivado 2020.2 provided a power analysis, estimating a power consumption of approximately 2.53 W for the hardware design, underscoring the energy efficiency and resource usage of the HW/SW integration in autonomous mobile robotics applications.

Fig. 3. Graph of processing times for the generation of the potential map for SW and HW in the 100 iterations.



4 Conclusiones

Algorithms used in mobile robotics can be significantly accelerated, such as the potential field planning algorithm, which was accelerated by a factor of 31.95. Therefore, hardware task acceleration in FPGAs devices is suitable for implementation in mobile robots that require substantial computational capacity for certain critical tasks.

Continued exploration of hardware acceleration for computationally intensive tasks in robotics is recommended, considering the wide spectrum of possibilities that real-time implementation of complex algorithms presents. This study highlights the potential for emerging applications such as autonomous navigation and advanced image processing, anticipating a new era of robotic capability amplified by hardware acceleration.

References

1. G. Lentaris, I. Stamoulias, D. Soudris, and M. Lourakis, "Hw/sw codesign and fpga acceleration of visual odometry algorithms for rover navigation on mars," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 26, pp. 1563–1577, 8 2016.
2. L. Matthies, M. Maimone, A. Johnson, Y. Cheng, R. Willson, C. Villalpando, S. Goldberg, A. Huertas, A. Stein, and A. Angelova, "Computer vision on mars," *International Journal of Computer Vision*, vol. 75, pp. 67–92, 10 2007.
3. I. Kostavelis, L. Nalpantidis, E. Boukas, M. A. Rodrigalvarez, I. Stamoulias, G. Lentaris, D. Diamantopoulos, K. Siozios, D. Soudris, and A. Gasteratos, "Spartan: Developing a vision system for future autonomous space exploration robots," *Journal of Field Robotics*, vol. 31, pp. 107–140, 1 2014.
4. E. Manor and S. Greenberg, "Using hw/sw codesign for deep neural network hardware accelerator targeting low-resources embedded processors," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 22 274–22 287, 2022.
5. X. Zhang, Y. Ma, J. Xiong, W. M. W. Hwu, V. Kindratenko, and D. Chen, "Exploring hw/sw co-design for video analysis on cpu-fpga heterogeneous systems," *IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems*, vol. 41, pp. 1606–1619, 6 2022.

6. S. Devadas, S. Langowski, N. Samardzic, S. Servan-Schreiber, and D. Sanchez, "Designing hardware for cryptography and cryptography for hardware," in Proceedings of the 2022 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security, 2022, pp. 1–4.
7. J. David and C. Ortega, "Arquitectura hw/sw para la aceleración de tareas de robots móviles mediante la integración de fpga y ros," 2022.
8. R. Eyvazpour, M. Shoaran, and G. Karimian, "Hardware implementation of slam algorithms: a survey on implementation approaches and platforms," Artificial Intelligence Review, vol. 56, pp. 6187–6239, 11 2022. [Online]. Available: <https://dl.acm.org/doi/10.1007/s10462-022-10310-5>
9. V. Tzoumas, L. Carlone, G. J. Pappas, and A. Jadbabaie, "Lqg control and sensing co-design," IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 66, pp. 1468–1483, 4 2021.
10. L. Crockett, D. Northcote, C. Ramsay, F. Robinson, and R. Stewart, Exploring Zynq MPSoC: With PYNQ and machine learning applications, 2019.

Prototipo didáctico de helicóptero para la enseñanza de conceptos de control.

Jorge Andres Gomez Merchan 1, Liliana Fernández Samaca¹, Camilo Andrés Sanabria Totai-
tive²

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Escuela de Ingeniería Electrónica, Facultad seccional Sogamoso.

1Grupo de investigación DSP, 2Grupo de investigación GIRA jorge.gomez05@uptc.edu.co,
liliana.fernandez@uptc.edu.co camilo.sanabria@uptc.edu.co

Resumen. En este artículo se presenta la construcción y puesta en funcionamiento de un prototipo didáctico de helicóptero con dos grados de libertad. Esta plataforma permite simular y estudiar la dinámica y el control de vehículos aéreos no tripulados (UAV), ofreciendo una solución económica y adaptable en comparación con modelos comerciales. Así mismo se resalta el diseño de una interfaz hombre maquina desarrollada en el software libre MyOpenLab.

Palabras clave: Helicóptero de dos grados de libertad, plataforma educativa, interfaz hombre-maquina.

184

1 Introducción

Los vehículos aéreos no tripulados (UAV) han ganado popularidad en los últimos años debido a su capacidad para maniobrar en espacios reducidos y su capacidad para realizar misiones importantes en entornos difíciles. Estas características los hacen una opción viable y significativa para una variedad de aplicaciones como vigilancia y control en áreas urbanas, agricultura de precisión [1]. Para el estudio y diseño de los vehículos aéreos, se utilizan entre otras, plataformas de helicópteros de dos grados de libertad (2- DOF por sus siglas en ingles), que permiten simular el comportamiento de estos vehículos y explorar la dinámica y el control de vuelo de estas por parte de los estu-

diantes de ingeniería [2]. Las plataformas para uso académico se componen de un eje central acoplado a un eje pivotante, con una hélice delantera que controla la elevación de la nariz del helicóptero (Pitch) sobre el eje horizontal, mientras que, una hélice trasera controla la dirección (Yaw). Existen diferentes plataformas para uso académico, pero con un costo elevado. En este artículo se presenta la metodología para el desarrollo de una plataforma 2-DOF dentro de un enfoque de aprendizaje basado en proyectos (PBL o ABP) [3] [4] de bajo costo, para la cual se realizó una interfaz hombre-maquina (HMI) utilizando el software MyOpenLab.

2 Metodología

Para el desarrollo e implementación de un prototipo didáctico de helicóptero de dos ejes de libertad, se propone la metodología mostrada en la fig. 1, que consta de cinco etapas: construcción de la estructura física, modelamiento de la plataforma por variables de estado, diseño e implementación de controladores, desarrollo de una interfaz gráfica hombre-máquina para la experimentación y control del prototipo. El proceso de desarrollo del prototipo, también se enmarca en una metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL), que permite la integración de conocimientos teóricos con la aplicación práctica, y facilita abordar el proyecto de manera integral y aplicada.

Fig. 1. Metodología propuesta para un prototipo didáctico de helicóptero.



3 Resultados

3.1 Helicóptero de dos grados de libertad

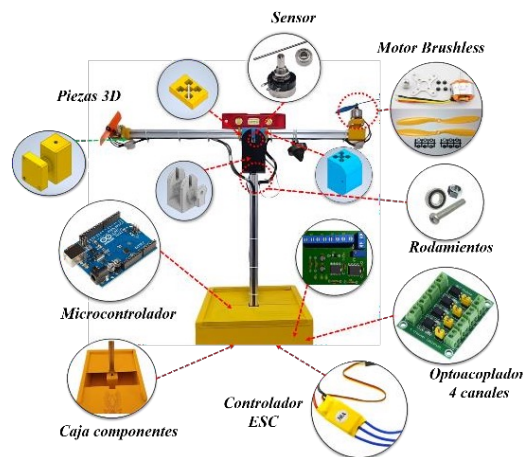
Para la construcción de este prototipo, se emplearon diferentes materiales, actuadores y sensores, considerando cuatro factores fundamentales en la selección de estos: durabilidad, ligereza, estética y fácil montaje. Como resultado, se obtuvo la estructura vista en la figura 2.

3.2 Controlador del prototipo

Se diseñó un controlador por espacio de estados para el helicóptero de dos grados de libertad (2-DOF) basado en el siguiente modelo matemático que describe el comportamiento dinámico del prototipo:

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -2.61 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -2.61 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Theta(t) \\ \psi(t) \\ \Theta(t) \\ \dot{\psi}(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 6 & 0.08 \\ 0.7 & 0.5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1(t) \\ u_2(t) \end{bmatrix} \quad (1)$$

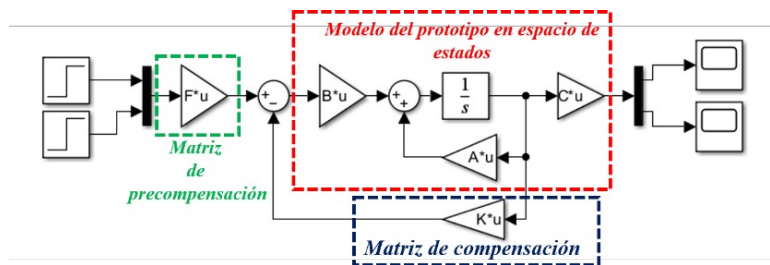
Fig. 2. Estructura final del helicóptero de dos grados de libertad y sus partes.



$$y(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Theta(t) \\ \psi(t) \\ \dot{\Theta}(t) \\ \dot{\psi}(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1(t) \\ u_2(t) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Las variables de entrada del modelo corresponden a los ángulos de pitch ($\theta(t)$) y yaw ($\psi(t)$) y sus respectivas velocidades angulares; las variables de salida son los ángulos de pitch y yaw. El controlador diseñado regula con precisión la posición y orientación del helicóptero. En la figura 3 se muestra el diagrama de bloques del controlador, donde la matriz K corresponde a los valores de compensación de las variables de estado y la matriz F a la precompensación para optimizar el control del sistema [5][6].

Fig. 3. Diagrama de bloques de control por variables de estado.

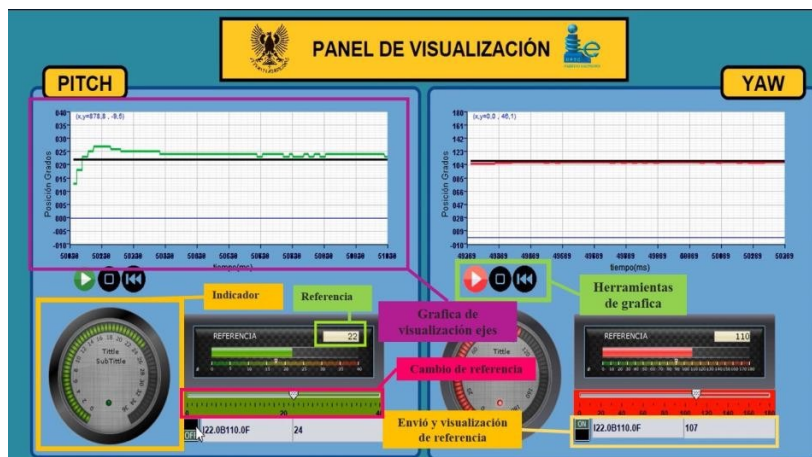


3.3 HMI en Myopenlab

El HMI que se desarrolló en MyOpenLab para el helicóptero de dos grados de libertad permite interactuar visualmente con el sistema y monitorear en tiempo real parámetros importantes, como los ángulos de pitch y yaw. Esta interfaz gráfica facilita la supervisión y el cambio de referencia del helicóptero, proporcionando una representación en tiempo real del comportamiento del sistema. La programación en MyOpenLab se realiza mediante bloques funcionales que se conectan entre sí, permitiendo un diseño intuitivo del flujo de control. En la figura 4, se observan la interfaz realizada y los resultados obtenidos al aplicar el control por espacio de estados al prototipo.

187

Fig. 4. HMI realizado en Myopenlab con controlador por espacio de estados.



4 Conclusiones

En este artículo se presenta la metodología seguida para el desarrollo de un prototipo didáctico de dos grados de libertad, diseñada para ser replicable, adaptable y de bajo costo. Para la interfaz de manejo se utilizó el software libre MyOpenLab, como una herramienta que se puede usar en el aprendizaje de conceptos de control y automatización. Para el prototipo se diseñó y probó un controlador por espacio de estados, con el que se pueden controlar los dos ejes, con un tiempo de respuesta inferior a 3.1 s, y un máximo sobrepico de 14 %.

Referencias

1. U. Franke. "Civilian Drones: Fixing an Image Problem?" CSS Blog Network. Accedido el 10 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://isnblog.ethz.ch/uncategorized/civilian-drones-fixing-an-image-problem>.
2. Universidad De Siena. "CE 150 HELICOPTER MODEL". Control Systems Web Site. [En línea]. Disponible: https://control.dii.unisi.it/cmr/altro/heli_ce150_manual.pdf
3. M. Chávez, A. Concha, F. Maciel, S. Gadi, S. Thenozhi y R. Betancourt. "Desarrollo y control de un helicóptero de laboratorio de 2 GDL y de bajo costo | Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial". [En línea]. Disponible: <https://polipapers.upv.es/index.php/RIAI/article/view/18942>
4. L. Fernandez, J. Ramirez y M. Orozco. "Project-based learning approach for control system courses". SciELO - Brasil.[En línea]. Disponible: <https://www.scielo.br/j/ca/a/zNC4ZrzJxL788qTtWsB3PbQ/?lang=en>
5. K. Ogata, Modern control engineering. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall, 1970.
6. Quanser. (n.d.). Aerospace Plant: 2-DOF Helicopter.

Uso de la tecnología .Net Core en Instituciones de Educación Superior en Colombia

Roger Calderón Moreno¹[0000-0001-5923-8601], Sharon Daniela Robayo Niño² Cindy Lorena Ordoñez Villamil³

¹ Universidad de los Llanos, Villavicencio Meta, Colombia

² Universidad de los Llanos, Villavicencio Meta, Colombia

³ Universidad de los Llanos, Villavicencio Meta, Colombia rcalderonmoreno@unillanos.edu.co cindy.ordonez@unillanos.edu.co sharon.robayo@unillanos.edu.co

Resumen. El presente artículo tiene como objetivo brindar un análisis de datos de la literatura encontrada sobre .Net Core en Colombia a través de los últimos años, evidenciando por medio de diferentes fuentes de información, los proyectos que se han desarrollado, detallando procedencia, período de ejecución y los distintos enfoques que se han trabajado haciendo uso de esta herramienta en conjunto con otras tecnologías.

Palabras clave: Desarrollo de software, framework, .Net Core, género.

189

Abstract. The objective of this article is to provide a data analysis of the literature found on .Net Core in Colombia over recent years, evidencing through different sources of information, the projects that have been developed, detailing origin, execution period and the different approaches that have been worked using this tool with other technologies.

Keywords: Framework, .Net Core, Software Development, gender.

1 Introducción

El avance tecnológico evidenciado durante los últimos años representa una evolución significativa y de fuerte impacto en la vida cotidiana. Las nuevas tendencias tecnológicas apuntan a áreas más complejas, como la realidad virtual, Wifi 7, sustitución de contraseñas por contraseñas biométricas, manufactura con IA, computación cuántica, entre otras. En América Latina, según el índice mundial de innovación 2022, elaborado cada año por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), en ese año se evaluaron 16 países de la región, donde se obtuvo como resultado a Chile entre los 50 países más innovadores con una puntuación de 34 sobre 100. Seguido por Brasil con 32,5 puntos en el puesto 54, y por México en el puesto 58 con 31 puntos. Subiendo en el índice, aunque con un rendimiento menor a comparación de otros lugares, se encuentran Colombia, Perú y Argentina con los puestos 63, 65 y 69 respectivamente. [2]

Siendo así, cada vez más inevitable el avance hacia las nuevas tecnologías en Latinoamérica y con ello, la búsqueda de las herramientas adecuadas para la construcción de aplicaciones y programas que proporcionen servicios para una mejora en la calidad de vida. De este modo, el desarrollo de software expande sus horizontes, dedicándose a trabajar en más de una plataforma, ya sea web, móvil o en la nube.

A partir de una revisión bibliográfica, hecha mediante múltiples consultas en Google Scholar [13] y específicamente de documentación encontrada en Colombia, se realizó este trabajo con el propósito de presentar un análisis comparativo a través de diferentes tipos de categorías (año, género, municipio de origen, formación profesional, etc.) y brindar una serie de conclusiones en relación a los resultados obtenidos.

190

2 Evolución

.Net Core (también conocido como .NET) es un framework multiplataforma desarrollado por Microsoft y sucesor de .Net Framework. A lo largo de su trayectoria, ha experimentado un significativo avance hasta alcanzar su versión más reciente, .Net 7.0. El comienzo de .Net Core se dio en 2014 con el anuncio de su versión .Net Core 1.0, para un futuro lanzamiento en junio de 2016, cuyo enfoque se dirigió en implementar una API adecuada para crear aplicaciones multiplataforma modernas, incluyendo aplicaciones y servicios web y en la nube para Linux usando ASP.NET Core. Posteriormente se lanzó .Net Core 1.1 en noviembre del mismo año y se centró en corregir errores,

aumentar la cantidad de distribuciones de Linux admitidas, admitir .Net Standard 1.6 y mejorar su rendimiento. Con .Net Core 2.0, unos meses más tarde, se concentraron en la implementación de .Net Standard 2.0, la capacidad de hacer referencia a bibliotecas de .Net Framework y más mejoras de rendimiento. [1, p. 312]

Para la llegada de .Net Core 2.1 en 2018 se tuvo como propósito un sistema de herramientas extensible agregando nuevos tipos, nuevas API para criptografía y compresión, un paquete de compatibilidad de Windows con 20.000 API antiguas de Windows, versiones de Entity Framework Core (EF Core) y de LINQ GroupBy, entre otros. [1, p. 313]

Luego, con .Net Core 2.2 se realizaron mejoras de diagnóstico para el tiempo de ejecución, compilación por niveles opcional y agregaron nuevas funciones a ASP.NET Core y EF Core, como compatibilidad con datos espaciales utilizando tipos de la biblioteca NetTopologySuite (NTS), etiquetas de consulta y colecciones de entidades de propiedad. .Net Core 3.0 se enfocó en agregar soporte para crear aplicaciones de escritorio de Windows como Windows Forms (2001), Windows Presentation Foundation (WPF) y Entity Framework 6.3, implementaciones en paralelo y de aplicación local, un lector JSON rápido, acceso al puerto serie y otros accesos a la configuración de pines para soluciones de internet de las cosas (IoT). Más adelante, .Net Core 3.1 se concentró en correcciones de errores y brindar mejoras para que pudiera ser una versión de soporte a largo plazo (LTS), sin perder soporte hasta diciembre de 2022. [1, p. 313]

En 2020, .Net 5.0 se dedicó a unificar las distintas plataformas .Net (excepto las móviles), refinar la plataforma y mejorar el rendimiento en temas como expresiones regulares y procesamiento del JSON. Con .Net 6.0 se agregaron más funciones a EF Core para la administración de datos, nuevos tipos para trabajar con fechas y horas, además de brindar mejoras en características como: soporte para Apple Silicon, nuevos métodos LINQ, verificar el estado del Software Development Kit (SDK) de .Net, etc. Un año más tarde, .Net 7.0 se centró en unificarse con la plataforma móvil, añadir más funciones como coloración de sintaxis de cadenas e IntelliSense, compatibilidad para crear y extraer archivos Tar y dar mejoras en el rendimiento de inserciones y actualizaciones con EF Core. [1, p. 314-315] Con .Net Core también se tiene la oportunidad de trabajar con otras tecnologías como: C#, un lenguaje de programación orientado a objetos que permite crear muchos tipos de aplicaciones seguras y duraderas que se ejecutan en .Net. [8]

ASP.NET Core, un framework web de código abierto, para construir servicios y aplicativos modernos. Además de que extiende .Net con herramientas

específicas para compilar aplicaciones web como, por ejemplo, sintaxis de plantillas, sistema de autenticación, bibliotecas para modelos web, como el modelo-vista-controlador (MVC), entre otras. [9]

Xamarin.Forms es un marco multiplataforma de código abierto de Microsoft para crear aplicaciones para iOS, Android y Windows con .NET a partir de una única base de código compartida. [10]

Blazor se caracteriza por ser una plataforma de trabajo cuyo propósito es la creación de interfaces de usuario web interactivas del lado cliente, usando C# como lenguaje de programación para escribir el código, en lugar de JavaScript. Una aplicación Blazor puede ser construida como Blazor Server, Blazor WebAssembly o Blazor Hybrid, dependiendo de las necesidades del usuario. [11]

.NET Multi-platform App UI (.NET MAUI) es un marco multiplataforma para crear aplicaciones móviles y de escritorio nativas con C# y XAML. Maui unifica las API de Android, iOS, macOS y Windows en una sola, permitiendo la implementación de la mayor parte de la lógica de la aplicación y el diseño de la interfaz de usuario desde una única base de código. [12]

En vista de lo expuesto anteriormente, la tecnología de .Net Core ha tenido un auge significativo en diversos campos laborales y académicos para la creación de software en cualquier plataforma.

3 Proceso de recolección y organización de datos

192

Para la recolección de información se realizó una búsqueda exhaustiva en Google Scholar, el buscador de Google que facilita la obtención de documentos académicos, realizando las debidas consultas y revisión de cada documento encontrado. No se seleccionaron más fuentes de información debido a la falta de datos pertinentes. Teniendo en cuenta durante este proceso el uso de las ecuaciones de búsqueda, utilizando los operadores lógicos (AND, OR), operador sintáctico (uso de comillas), rangos de valores (en el caso de este artículo, de 2017 a 2023) y el limitador de búsqueda (IN). Los términos específicos que se utilizaron fueron: desarrollo de software, .net core, c#, Colombia, trabajos de grado, proyectos. Mientras que los criterios de selección que se tuvieron presentes al consultar los distintos documentos fueron: presentación (contenido del documento presentado de manera clara y organizada), pertinencia (relevancia de la información respecto a lo

que se necesita), procedencia (autoría, producción y publicación) y actualidad (fecha de publicación).

4 Análisis y resultados

Como resultado de la búsqueda de proyectos que utilizaron la tecnología de .Net Core para el diseño y construcción de software en Colombia, se obtuvo un estimado de 60 documentos (tesis de grado y artículos) realizados durante los años 2017 a 2023. Se revisó cada uno de ellos y se organizaron en las siguientes categorías:

- Año de desarrollo.
- Municipio de origen (de la entidad donde se realizó).
- Género de los autores.
- Tipo de Institución (pública o privada).
- Documento resultado de: tesis pregrado, tesis posgrado o artículo científico.
- Disciplina (Programa académico en el que se realizó).
- Herramientas utilizadas:
 - De .Net Core.
 - En asocio con .Net Core.
- Plataforma diseñada.

4.1 Año de Desarrollo

A continuación, en Tabla 1, se aprecian los datos obtenidos por medio de la revisión bibliográfica respecto al año de publicación de los diversos trabajos que hicieron uso de la herramienta .Net.

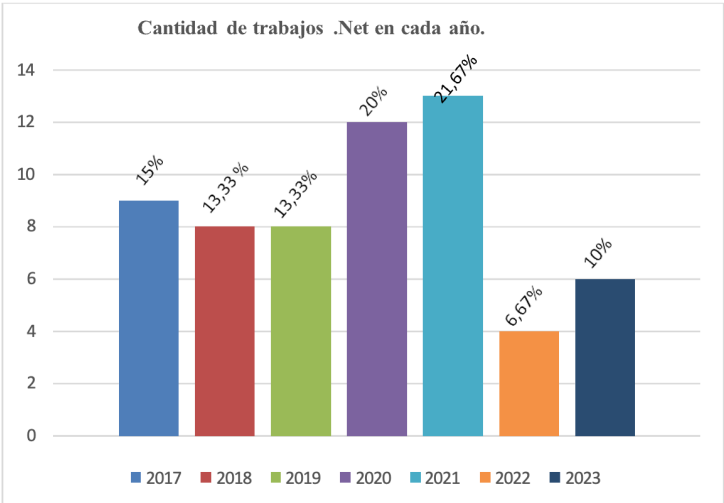
193

Table 1. Cantidad de trabajos por año

Año	Cantidad	%
2017	9	15
2018	8	13,33
2019	8	13,33
2020	12	20
2021	13	21,67
2022	4	6,67
2023	6	10
TOTAL	60	100

Con la información anterior, se realizó la siguiente gráfica:

Fig. 1. Cantidad de trabajos por año.



Como se muestra en la Fig. 1, el uso de esta herramienta tuvo un crecimiento considerable en los años 2020 y 2021. La popularidad de .Net en esa época se demostró por medio de las encuestas para desarrolladores que se realizaron en el sitio web StackOverflow, donde un 70.7% de los usuarios eligió ASP.NET Core como el framework web más querido en 2020 [3] y en 2021 aumentó a un 71.47% junto a Svelte [4]. En dichas encuestas, también se destacó a .Net (versión 5.0 en adelante) como el más popular en la categoría de otros frameworks y librerías en el año 2023. [5]

4.2 Municipio de origen

En Tabla 2 se registraron los datos encontrados con respecto al municipio en donde se encuentra localizada la institución de educación superior para la que el autor realizó su trabajo/artículo referente a la tecnología de .Net.

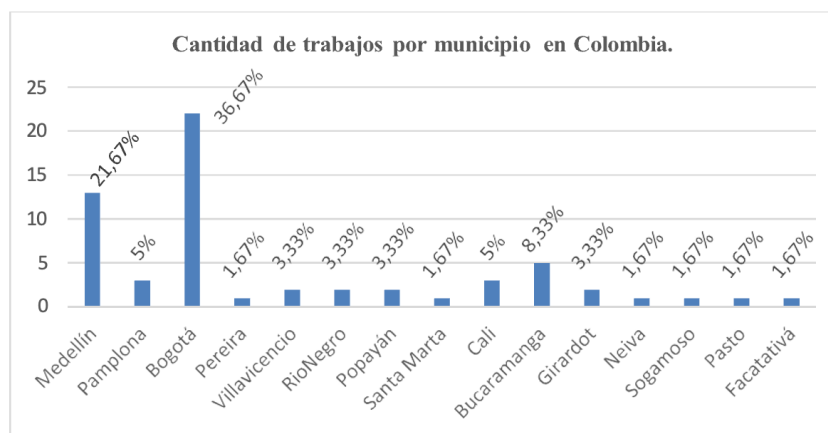
Table 2. Trabajos por municipio

MUNICIPIO	CANTIDAD	%
Facatativá	1	1,67
Neiva	1	1,67
Pasto	1	1,67
Pereira	1	1,67
Santa Marta	1	1,67
Sogamoso	1	1,67

MUNICIPIO	CANTIDAD	%
Girardot	2	3,33
Popayán	2	3,33
Rionegro	2	3,33
Villavicencio	2	3,33
Cali	3	5
Pamplona	3	5
Bucaramanga	5	8,33
Medellín	13	21,67
Bogotá	22	36,67
TOTAL	60	100

Seguidamente, se elaboró la gráfica que se muestra en Fig. 2, donde se evidenció que la mayoría de trabajos se realizaron en Bogotá y Medellín. Esto se debe a que en ambas ciudades se presenta una mayor oferta de formación en Tecnologías de la Información (TI), Medellín con 44 instituciones de educación superior y Bogotá con 93, como lo demostró el documento Mapa Oferta Académica en TI publicado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia (MinTIC), contando con formación técnica profesional, tecnológica, universitaria, maestría y doctoral. [6]

Fig. 2. Cantidad de trabajos por municipio



4.3 Género de los autores

En los trabajos de grado y artículos tomados en cuenta para el análisis del presente artículo, se encontró la información registrada en Tabla 3.

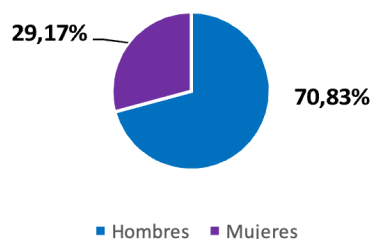
Table 3. Trabajos por género

GÉNERO	CANTIDAD	%
Mujeres	21	29,17
Hombres	51	70,83
TOTAL	72	100

De los datos mostrados anteriormente, se realiza la siguiente gráfica:

Fig. 3. Trabajos por género.

Cantidad de trabajos realizados por género.



Como se puede observar, más de un 70% de los trabajos revisados fueron realizados por hombres (tanto de manera individual como grupal) y un 29,17% realizados por mujeres.

196

El avance de la presencia de las mujeres en las áreas de TI, si bien parece no ser demasiado, sí que ha tenido un crecimiento notorio en los últimos años. El último informe de Women in Tech 2022, publicado por BairesDev, se enfocó en la representación de la mujer en el sector tecnológico entre 2015 y 2021, reflejando un aumento del 40% en la participación de aspirantes femeninas. Para el caso de Colombia, se encontró que las vacantes tecnológicas han crecido entre un 12% y 51% durante un periodo de 6 años, evidenciando que cada vez más mujeres han ingresado al sector de la tecnología. [7]

4.4 Tipo de Institución

Entre las instituciones de educación superior, según su carácter académico, se encuentran las universidades, instituciones universitarias, instituciones técnicas profesionales e instituciones tecnológicas. Sin embargo, cualquiera de estas se puede clasificar en dos tipos: de origen público o privado. Dicha

clasificación es la que se tuvo en cuenta para los datos registrados en Tabla 4. Se contempló cada institución de educación superior donde se realizaron los trabajos o documentos revisados, sin repetir datos.

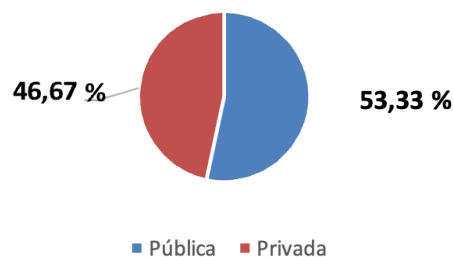
Table 4. Trabajos por tipo de institución

TIPO DE INSTITUCIÓN	CANTIDAD	%
Privada	14	46,67
Pública	16	53,33
TOTAL	30	100

Posteriormente, se graficaron estos datos, tal como se evidenció en Fig. 4.

Fig. 4. Cantidad de trabajos por tipo de institución

Cantidad de trabajos realizados por institución educativa.



Obteniendo como resultado, una diferencia mínima entre la cantidad de trabajos realizados en entidades públicas y la realizada por entidades privadas.

4.5 Tipo de documento: Tesis (pregrado, posgrado) o artículo

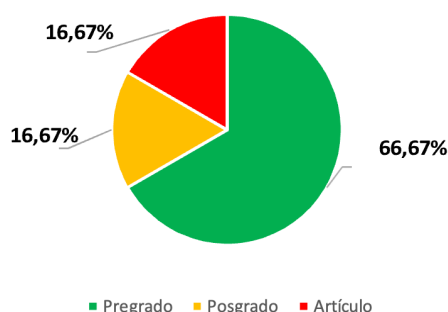
En la documentación consultada se encontraron tres tipos de trabajos o documentos que realizaron proyectos aplicando la tecnología de .Net, estos fueron de formación (pregrado y posgrado) y artículos en publicaciones de revistas. De esta forma, se categorizó la recolección de estos datos como se observó en Tabla 5.

TIPO DE TRABAJO	CANTIDAD	%
Artículo	10	16,67
Posgrado	10	16,67
Pregrado	40	66,67
TOTAL	60	100

Basada en la información de la tabla anterior, se realizó el gráfico expuesto en Fig. 5, evidenciándose que la mayoría de trabajos fueron realizados en pregrado y de manera equitativa en posgrado y artículo.

Fig. 5. Trabajos por tipo de document

Cantidad de trabajos realizados por tipo de documento.



La cantidad de estudiantes que deciden continuar sus estudios realizando un pos- grado, suele ser mucho menor a la de los que se graduaron en pregrado. Uno de los factores a considerar es no contar con la financiación para realizar un posgrado, tal como se mostró en la noticia “Barreras y oportunidades: lo que viven las estudiantes de posgrado en Colombia” en el sitio web Uniandino, donde se contactaron a algunas científicas naturales y sociales que coincidieron en aquel factor. [15]

En Colombia, según el Ministerio de Educación, las matrículas en la Instituciones de Educación Superiores (IES) tuvieron un aumento significativo en 2022. De las cifras en dicho año se evidenció que 2.466.228 estudiantes lograron matricularse, con 2.284.637 cursando pregrado y 181.591 en posgrado. [14]

4.6 Disciplina

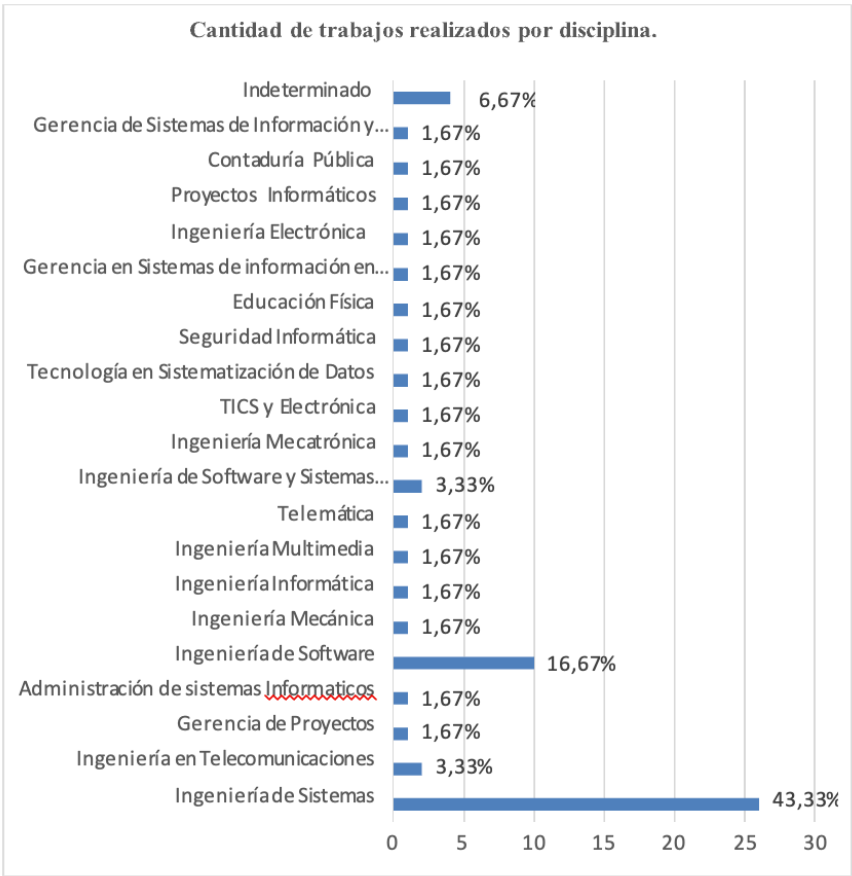
Con el paso del tiempo, el uso de herramientas tecnológicas ya no solo abarca a las disciplinas relacionadas con la rama de la informática, si bien sigue siendo la principal, también se puede desarrollar software en otras áreas del conocimiento. Esto se observó en los datos registrados en la Tabla 6.

Table 6. Trabajos por disciplina

DISCIPLINA	CANTIDAD	%
Administración de sistemas Informáticos	1	1,67
Contaduría Pública	1	1,67
Educación Física	1	1,67
Gerencia de Proyectos	1	1,67
Gerencia de Sistemas de Informa- ción y Proyectos Tecnológicos	1	1,67
Gerencia en Sistemas de información en Salud	1	1,67
Ingeniería Electrónica	1	1,67
Ingeniería Informática	1	1,67
Ingeniería Mecánica	1	1,67
Ingeniería Mecatrónica	1	1,67
Ingeniería Multimedia	1	1,67
Proyectos Informáticos	1	1,67
Seguridad Informática	1	1,67
TICS y Electrónica	1	1,67
Tecnología en Sistematización de Datos	1	1,67
Telemática	1	1,67
Ingeniería de Software y Sistemas Informáticos	2	3,33
Ingeniería en Telecomunicaciones	2	3,33
Indeterminado	4	6,67
Ingeniería de Software	10	16,67
Ingeniería de Sistemas	26	43,33
TOTAL	60	100

Se realizó la gráfica correspondiente a estos datos en Fig. 6, donde se ilustró un total de 21 disciplinas que implementaron la herramienta de .Net para la construcción de distintos proyectos. Algunas de las áreas externas a la rama de la informática encontradas en la revisión bibliográfica son Contaduría Pública, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Mecatrónica, Gerencia de Proyectos y Educación Física.

Fig. 6. Cantidad de trabajos por disciplina



4.7 Herramientas utilizadas De .Net Core.

A través de los años, el crecimiento de .Net ha traído una variedad de características para la creación de aplicaciones de cualquier tipo de plataforma. Algunas de las tecnologías que más se destacaron en la búsqueda de documentos para esta revisión bibliográfica se registraron en Tabla 7.

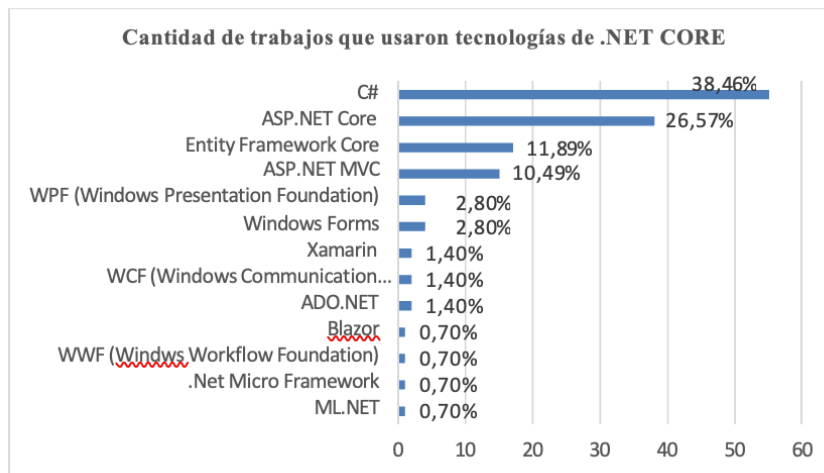
Table 7. Trabajos que utilizaron herramientas de .net core

HERRAMIENTA	CANTIDAD	%
ML.NET	1	0,70
.Net Micro Framework	1	0,70
WWF (Windows Workflow Foundation)	1	0,70
Blazor	1	0,70
ADO.NET	2	1,40
WCF (Windows Communication Foundation)	2	1,40

Xamarin	2	1,40
Windows Forms	4	2,80
WPF (Windows Presentation Foundation)	4	2,80
ASP.NET MVC	15	10,49
Entity Framework Core	17	11,89
ASP.NET Core	38	26,57
C#	55	38,46
TOTAL	143	100

En Fig. 7 se registraron los datos encontrados de la tabla anterior.

Fig. 7. Cantidad de trabajos que utilizaron herramientas de .Net Core.



Como se observó en Fig. 7, en los documentos seleccionados para el análisis comparativo de este artículo, mayormente se utilizó el lenguaje de programación C#, ASP.NET Core, Entity Framework Core y ASP.NET MVC. Esto se debe a que dichas tecnologías en conjunto pueden usarse para el desarrollo de aplicaciones web modernas y escalables. Con Entity Framework para el manejo de acceso de datos, ASP.NET MVC que implementa el modelo-vista-controlador y ASP.NET Core como puente de unificación y permitiendo su ejecución en distintas plataformas.

En lo que respecta a algunas tecnologías como Maui, no se dispone de momento trabajos realizados en Colombia debido a que su fecha de lanzamiento (23 de mayo de 2022) sigue siendo reciente. Sin embargo, Maui se encontró en el top 3 de tecnologías que usuarios de .Net (versión 5.0 en adelante) les gustaría usar el próximo año (2024), según se mostró en la encuesta de StackOverflow en 2023. [5]

En asocio con .Net Core.

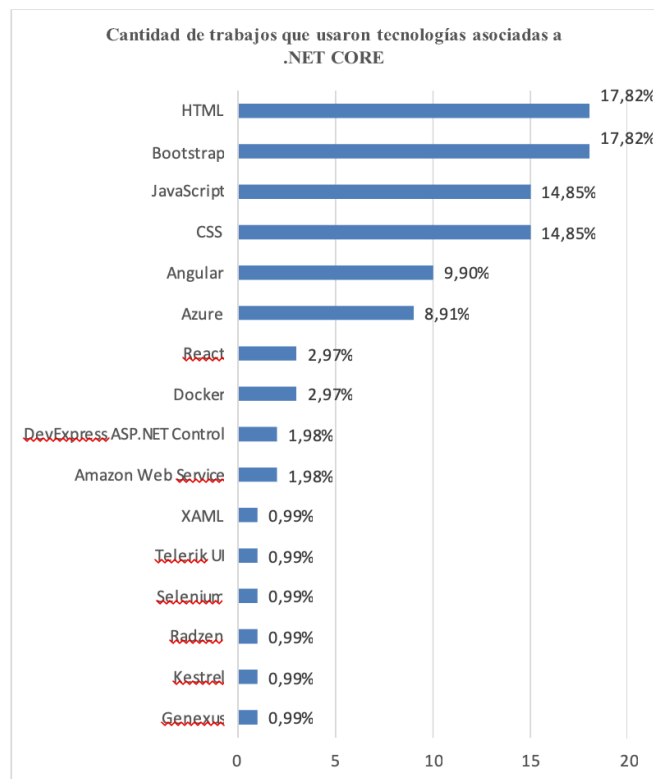
De las herramientas que se pueden asociar con .Net Core, se utilizaron en los trabajos de grado y artículos revisados, las que se han registrado en Tabla 8.

Table 8. Trabajos que utilizaron herramientas en asocio con .net core

HERRAMIENTA	CANTIDAD	%
Genexus	1	0,99
Kestrel	1	0,99
Radzen	1	0,99
Selenium	1	0,99
Telerik UI	1	0,99
XAML	1	0,99
Amazon Web Service	2	1,98
DevExpress ASP. NET Control	2	1,98
Docker	3	2,97
React	3	2,97
Azure	9	8,91
Angular	10	9,90
CSS	15	14,85
JavaScript	15	14,85
Bootstrap	18	17,82
HTML	18	17,82
TOTAL	101	100

En Fig. 8 se realizó la gráfica correspondiente a la información registrada anteriormente.

Fig. 8. trabajos que utilizaron herramientas en asocio con .Net Core.



De este resultado, se observó que las tecnologías de vanguardia como HTML, CSS, JavaScript y Bootstrap se siguen considerando como componentes esenciales en lo que respecta al desarrollo web actual y continúan evolucionando para no caer en el desuso o ser reemplazadas por enfoques más modernos. Esto se demostró en la última encuesta del sitio StackOverflow, donde JavaScript y HTML/CSS se mantuvieron con porcentajes de 63,61% y 52,97% respectivamente, encabezando la sección de tecnologías más populares. [5]

4.8 Tipo de plataforma diseñada

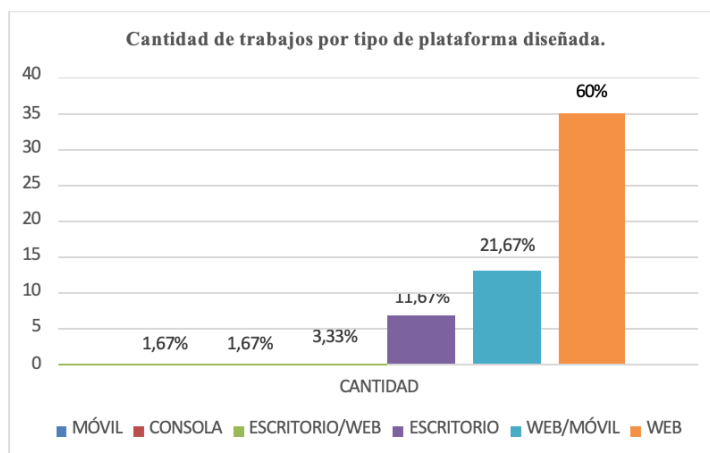
Se encontró que el tipo de plataforma de los aplicativos que se desarrollaron en los documentos encontrados en la revisión bibliográfica referente a la tecnología .Net Core fueron los registrados en Tabla 9.

Table 9. Trabajos tipo de plataforma

PLATAFORMA	CANTIDAD	%
Móvil	1	1,67
Consola	1	1,67
Escritorio/Web	2	3,33
Escritorio	7	11,67
Web/Móvil	13	21,67
Web	36	60
TOTAL	60	100

En Fig. 9 se evidenció que, de los 60 trabajos elegidos, el 60% fue aplicativo web, el 21,67% fueron plataformas web y móvil, el 11,67% fue de aplicaciones de escritorio, finalizando con un 1,67% para los aplicativos móviles y de consola.

Fig. 9. Cantidad de trabajos por plataforma diseñada



5 Conclusiones

- Net es una herramienta que proporciona una gran variedad de características útiles para la creación de aplicaciones en cualquier plataforma, además de ser utilizada en múltiples campos académicos, debido a las ventajas que ofrece como la reducción de costos y beneficio en tiempos de desarrollo.
- El uso de .Net se mantiene de manera equitativa en entidades de educación superior tanto públicas (53,33%), como en privadas (46,67%), mostrando que el crecimiento de proyectos de TI en las instituciones de educación superior es equitativo, independientemente del sector al que pertenecen.

- En Colombia, se observa que las ciudades con mayor auge de la tecnología .Net son Bogotá (36,67%), Medellín (21,67%), Bucaramanga (8,33%), Cali (5%) y Pamplona (5%). Las dos primeras se destacan por tener mayor oferta académica en las áreas de TI en el país.
- La construcción de aplicaciones utilizando la tecnología de .Net se concentra principalmente en realizar plataformas tipo web (60%) y tipo web/móvil (21,67%), de- mostrando que el avance tecnológico escala hacia las tecnologías web y móviles, dado que brindan una mejor estrategia digital, mayor valor al usuario y aumento en la visibilidad de la marca.

Acknowledgments. Los autores agradecen a la Universidad de los Llanos, por el apoyo en el proceso de formación profesional, científico y humano, y al grupo de investigación Gitecx por los aportes de sus integrantes al correcto desarrollo del proyecto.

Referencias

1. M. J. Price, *Laser C# 11 and .net 7 – Modern cross-platform Development fundamentals*, 7a ed. Reino Unido: Packt Publishing, 2022, pp 312-315. Acceso en Sep. 11, 2023. En línea. ISBN: 9781803248950.
2. S. C. Chevalier, Los países más innovadores de América Latina, oct. 5, 2022. Acceso en: Sep. 12, 2023. En línea. Disponible: <https://es.statista.com/grafico/18823/paises-latinoamerica-nos-mejor-calificados-en-innovacion>
3. 2020 Developer Survey, May, 2020. Acceso en: Sep. 12, 2023. En línea. Disponible: <https://insights.stackoverflow.com/survey/2020>
4. 2021 Developer Survey, May, 2021. Acceso en: Sep. 12, 2023. En línea. Disponible: <https://insights.stackoverflow.com/survey/2021>
5. 2023 Developer Survey, May, 2023. Acceso en: Sep. 12, 2023. En línea. Disponible: <https://survey.stackoverflow.co/2023/>
6. Mapa Oferta Académica en TI. Acceso en: Oct 3, 2023. En línea. Disponible: https://www.mintic.gov.co/images/documentos/noticias_documentos/mapa_oferta_academica_en_ti.pdf
7. Mujeres TIC en Colombia: ¿Qué tanto se ha avanzado? Sep. 25, 2023. Acceso en: Oct 3, 2023. En línea. Disponible: <https://impactotic.co/innovacion/mujeres-tic/mujeres-tic-en-colombia/>
8. Paseo por el lenguaje C#, feb. 15, 2023. Acceso en: Oct 3, 2023. En línea. Disponible: <https://learn.microsoft.com/es-es/dotnet/csharp/tour-of-csharp/>
9. ¿Qué es ASP.NET? Acceso en: Oct 3, 2023. En línea. Disponible: <https://dotnet.microsoft.com/es-es/learn/aspnet/what-is-aspnet>
10. Xamarin.Forms. Acceso en: Oct 3, 2023. En línea. Disponible: <https://dotnet.microsoft.com/en-us/apps/xamarin/xamarin-forms>

11. Blazor de ASP.NET Core, sep. 11, 2023. Acceso en: Oct 3, 2023. En línea. Disponible. <https://learn.microsoft.com/es-es/aspnet/core/blazor/?view=aspnetcore-7.0>
12. ¿Qué es .NET MAUI? Jul 25, 2023. Acceso en: Oct 3, 2023. En línea. Disponible: <https://learn.microsoft.com/es-es/dotnet/maui/what-is-maui>
13. Google Scholar. Acceso en: Sep. 18, 2023-oct. 1, 2023. En línea. Disponible: <https://scholar.google.com/>
14. Redacción Educación. Aumentaron las matrículas en pregrados y posgrados durante 2022: MinEducación. Ago. 2, 2023. Acceso: Oct 4, 2023. En línea. Disponible: <https://www.elspectador.com/educacion/aumentaron-las-matriculas-en-pregrados-y-posgrados-durante-2022-mineducacion/>
15. L. Chaparro. Barreras y oportunidades: lo que viven las estudiantes de posgrado en Colombia. Oct. 19, 2023. Acceso: Oct 4, 2023. En línea. Disponible: <https://www.eluniandino.com/post/barreras-y-oportunidades-lo-que-viven-las-estudiantes-de-posgrado-en-colombia>

Optimización del pronóstico de ventas: Estudio comparativo de técnicas de análisis predictivo de datos temporales

Esteban Alejandro Cárdenas-Lancheros¹

¹ Facultad de Ingeniería, Fundación Universitaria Compensar, Bogotá, Colombia

¹ Grupo de Investigación GIIS, Fundación Universitaria Compensar, Bogotá, Colombia
ealejandrocardenas@ucompensar.edu.co

Resumen. En este estudio, se explora la relevancia de la inteligencia artificial en la optimización del pronóstico de ventas, lo cual es esencial para la planificación estratégica, centrándose en un comparativo de tres técnicas de análisis predictivo: Prophet, SARIMA y LSTM. Utilizando datos históricos de ventas mensuales de una empresa colombiana del sector de iluminación, se evaluaron estas técnicas en diferentes escenarios de predicción, considerando variables clave como valor de ventas, categorías de productos y tasa representativa del mercado (TRM). Los resultados destacaron a Prophet como la técnica más eficaz, con un mejor desempeño en términos de coeficiente de determinación (R^2) y errores absolutos y cuadráticos. A pesar de sus desafíos con el error porcentual absoluto medio (MAPE), Prophet superó a SARIMA y LSTM, las cuales mostraron limitaciones en precisión relativa y captura de patrones complejos, respectivamente. Los ajustes de hiperparámetros en Prophet resultaron en mejoras en la precisión de las predicciones. Este estudio subraya la utilidad de los modelos predictivos basados en inteligencia artificial para la planificación estratégica de ventas en la industria, proporcionando un marco robusto para la toma de decisiones comerciales más informadas.

207

Palabras clave: Pronóstico de ventas, Predicción de demanda, Análisis de series de tiempo, Modelos predictivos, Prophet.

1 Introducción

En la actualidad, la transformación impulsada por las tecnologías de la información y la inteligencia artificial ha redefinido la toma de decisiones en la comercialización de productos. El análisis de datos y las predicciones de ventas se han convertido en componentes cruciales para optimizar recursos y mejorar la generación de ingresos [1]. A nivel organizacional, los pronósticos de ventas son vitales para la toma de decisiones en áreas como operaciones, marketing, ventas, producción y finanzas [2]. El pronóstico de ventas es un campo activo en inteligencia artificial que puede utilizar enfoques desde análisis de series de tiempo [3], [4] hasta técnicas de aprendizaje profundo [5], [6]. Este estudio se centra en la evaluación de tres técnicas predictivas: Prophet, SARIMA y LSTM, aplicadas a datos históricos de ventas en una compañía de equipos de iluminación en Colombia, con el objetivo de mejorar la precisión de las estimaciones y optimizar la gestión del inventario.

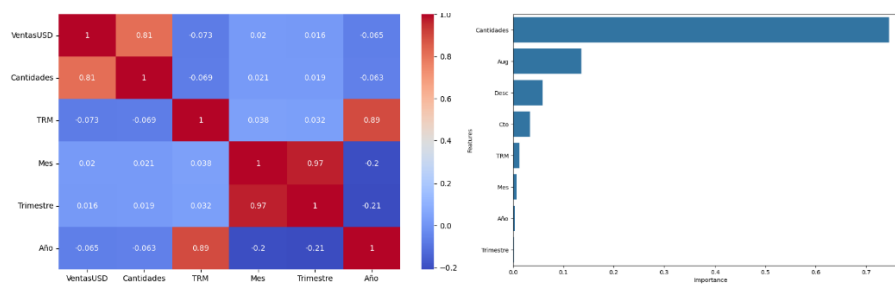
2 Método

2.1 Conformación del conjunto de datos

El conjunto de datos incluye información histórica de ventas desde 2017/2018 hasta 2023/2024, con variables como valor de ventas [7], cantidades vendidas [8], categorías de productos [9], fecha de la venta [10] y tasa representativa del mercado (TRM) [11]. La matriz de correlación que se muestra en la Figura 1a, proporciona información sobre cómo están relacionadas las diferentes variables numéricas entre sí. Se evidencia una alta relación entre ventas en USD y cantidades vendidas, y entre mes y trimestre, lo cual guía la selección de variables para el modelo de pronóstico. La gráfica de Importancia de las Características o Variables que se muestra en la Figura 1b, destaca qué características contribuyen más a predecir Ventas en USD.

208

Figura 1a. Matriz de correlación de variables numéricas. Figura 1b. Gráfica de importancia de variables numéricas y categóricas.



Se tomarán las siguientes variables, estas se clasificarán como variables de entrada que tomará el modelo de pronóstico y variables de salida que se relacionarán directamente con la predicción que el modelo entregue. Variables de entrada: Fecha (frecuencia mensual); TRM mensual; Categoría de producto (Aug) (usado para segmentar por categoría de producto). Variables de salida: Valores de venta mensuales en USD; Cantidades vendidas de producto mensuales.

2.2 Técnicas de análisis predictivo de datos temporales propuestas

Se tienen las siguientes técnicas de análisis predictivo de datos temporales: Prophet como herramienta de regresión aditiva para datos temporales con componentes estacionales y de tendencia [12], SARIMA el cual es un método clásico de pronóstico que combina componentes autorregresivos y estacionales [13] y LSTM, una red neuronal recurrente especializada en manejar dependencias a largo plazo en series temporales [14].

2.2.1 Implementación de las técnicas

Para la implementación de las técnicas de análisis predictivo de datos temporales, se utilizará el lenguaje de programación Python, el cual es ideal para el análisis de datos debido a su simplicidad, versatilidad y la amplia gama de potentes bibliotecas disponibles [15], utilizando bibliotecas como Pandas, NumPy, Matplotlib, Seaborn, Statsmodels, Prophet y TensorFlow/Keras.

2.2.2 Métricas de rendimiento

Las métricas empleadas para evaluar el desempeño de las técnicas incluyen MAE, MSE, RMSE, R^2 , MAPE y MdAE, proporcionando una evaluación cuantitativa de la capacidad predictiva de cada técnica [2], [16].

209

3 Resultados

3.1 Comparación de las técnicas

Tras implementar las técnicas de análisis predictivo de datos temporales, se procede a validar la efectividad de cada una en el pronóstico de series de tiempo. Las Tablas 1, 2 y 3 presentan esta validación, basada en las métricas de evaluación para los tres escenarios de predicción definidos.

Tabla 1. Predicción de valores de venta mensuales totales (sin segmentar por categoría de productos)

Métrica	Prophet	SARIMA	LSTM
Error Absoluto Medio (MAE)	70,628.40	58,370.46	80,484.30
Error Cuadrático Medio (MSE)	8,174,495,299.06	4,714,890,101.40	9,916,177,167.12
Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE)	90,412.91	68,665.05	99,580.00
Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE)	0.65	105.49	1.32
R ² - Coeficiente de Determinación	0.62	-4.89	0.51
Error Absoluto Mediano (MdAE)	63,070.74	51,774.0	66,945.42

Tabla 2. Predicción de valores de venta mensuales, segmentado por categoría de productos

Métrica	Prophet	SARIMA	LSTM
Error Absoluto Medio (MAE)	7,861.14	9,045.89	11,597.97
Error Cuadrático Medio (MSE)	207,132,897.12	313,143,936.97	449,963,440.40
Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE)	14,392.11	17,695.87	21,212.34
Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE)	3.09E+18	inf	4.23E+18
R ² - Coeficiente de Determinación	0.65	0.48	0.33
Error Absoluto Mediano (MdAE)	2,773.72	3,301.84	4,381.20

Tabla 3. Predicción de cantidades vendidas mensuales, segmentado por categoría de productos.

Métrica	Prophet	SARIMA	LSTM
Error Absoluto Medio (MAE)	658.73	732.43	982.24
Error Cuadrático Medio (MSE)	1,941,987.60	2,673,132.11	4,281,205.06
Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE)	1,393.55	1,634.97	2,069.10
Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE)	2.07E+17	inf	2.96E+17
R ² - Coeficiente de Determinación	0.73	0.628	0.48
Error Absoluto Mediano (MdAE)	104.70	140.26	168.69

3.2 Selección de la técnica con mejor desempeño

Prophet se destacó en los tres escenarios de predicción, mostrando un Error Absoluto Medio (MAE) tan bajo como 7,861.14 en la predicción de valores de venta segmentados por categoría de productos, y un R^2 de 0.73 en la predicción de cantidades vendidas mensuales, indicando su capacidad para explicar la variabilidad de los datos. Aunque Prophet presentó un MAPE de 0.65 en el primer escenario, lo cual es aceptable, SARIMA tuvo un MAPE significativamente desfavorable, llegando a ser infinito en algunos escenarios, lo que refleja deficiencias en la precisión relativa. LSTM, en contraste, registró los mayores errores, con un MAE de 80,484.30 y un MSE de 9,916,177,167.12 en la predicción de valores de venta mensuales totales, y además, requirió una considerable cantidad recursos computacionales. Con base en estos resultados, Prophet es seleccionado como la técnica más adecuada para conformar el modelo de pronóstico de ventas.

3.3 Modelo con Prophet con hiperparámetros ajustados

Con el ajuste de hiperparámetros, para los tres escenarios de predicción se tiene un porcentaje de mejora promedio global de 7.48% para las métricas de evaluación.

3.3.1 Visualización de predicción de valores para cada uno de los tres escenarios con Prophet, sin ajuste y con ajuste de hiperparámetros

Figura 2. Comparación de datos reales y predicciones sin ajuste y ajustadas - valores de venta mensuales totales (sin segmentar por categoría de productos).

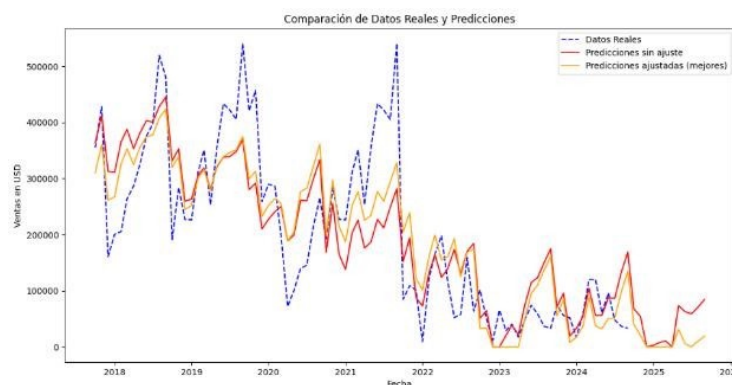


Figura 3. Comparación de datos reales y predicciones sin ajuste y ajustadas - valores de venta mensuales, segmentado por categoría de productos.

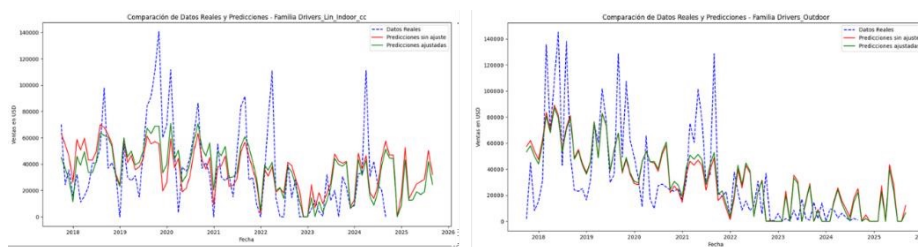
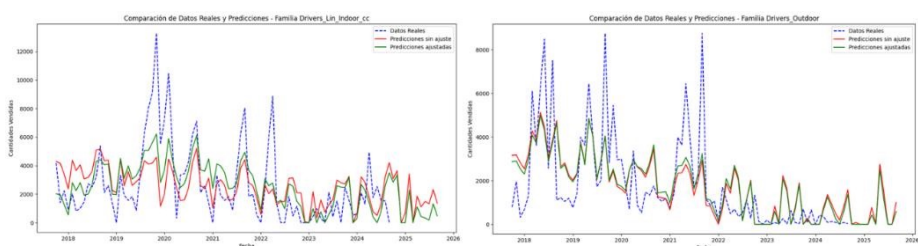


Figura 4. Comparación de datos reales y predicciones sin ajuste y ajustadas - cantidades vendidas mensuales, segmentado por categoría de productos.



En las figuras 2, 3 y 4 se visualizan respectivamente las predicciones de valores para cada uno de los tres escenarios. Las predicciones capturan las fluctuaciones y patrones estacionales en los datos de ventas, mostrando una adecuada correlación con los datos reales y proporcionando estimaciones efectivas para cada categoría de producto.

4 Conclusiones

212

- Se establecieron variables relevantes para el pronóstico de ventas, como el valor y la cantidad de productos, categorías, fecha de venta y TRM promedio, las cuales se verificaron como correlacionadas con las ventas y útiles para el modelo predictivo.
- Entre Prophet, SARIMA y LSTM, Prophet demostró ser la técnica más robusta, con mejores métricas de precisión (R^2 , MAE, MSE, RMSE) en comparación con las otras. SARIMA tuvo un rendimiento intermedio y LSTM presentó el desempeño menos favorable.
- Prophet, tras ajustes de hiperparámetros, mostró una mejora del 7,48% en la precisión de las predicciones, confirmando su eficacia. Se recomienda su uso en volúmenes de datos considerables y la integración de variables económicas y estacionales para mejorar la exactitud y apoyar decisiones estratégicas.

5 Referencias

- [1] X. dairu y Z. Shilong, «Machine Learning Model for Sales Forecasting by Using XGBoost», en 2021 IEEE Inter- national Conference on Consumer Electronics and Computer Engineering (ICCECE), ene. 2021, pp. 480-483. doi: 10.1109/ICCECE51280.2021.9342304.
- [2] S. Venkataramanan, A. K. R. Sadhu, L. Gudala, y A. K. Reddy, «Leveraging Artificial Intelligence for Enhanced Sales Forecasting Accuracy: A Review of AI-Driven Techniques and Practical Applications in Customer Relation- ship Management Systems», Aust. J. Mach. Learn. Res. Appl., vol. 4, n.o 1, Art. n.o 1, jun. 2024.
- [3] S. S, R. G, V. N, y Y. R, «Sales Forecasting Based on Time Series Analysis», en 2024 International Conference on Science Technology Engineering and Management (ICSTEM), abr. 2024, pp. 1-7. doi: 10.1109/ICSTEM61137.2024.10560659.
- [4] B. Liu, M. Li, Z. Ji, H. Li, y J. Luo, «Intelligent Productivity Transformation: Corporate Market Demand Forecast- ing With the Aid of an AI Virtual Assistant», J. Organ. End User Comput. JOEUC, vol. 36, n.o 1, pp. 1-27, ene. 2024, doi: 10.4018/JOEUC.336284.
- [5] S. Chen, S. Ke, S. Han, S. Gupta, y U. Sivarajah, «Which product description phrases affect sales forecasting? An explainable AI framework by integrating WaveNet neural network models with multiple regression», Decis. Sup- port Syst., vol. 176, p. 114065, ene. 2024, doi: 10.1016/j.dss.2023.114065.
- [6] H. Ahaggach, L. Abrouk, y E. Lebon, «Systematic Mapping Study of Sales Forecasting: Methods, Trends, and Future Directions», Forecasting, vol. 6, n.o 3, Art. n.o 3, sep. 2024, doi: 10.3390/forecast6030028.
- [7] A. Morales Castro, E. Ramirez Reyes, y G. Rodríguez Albor, «Pronóstico de ventas de las empresas del sector alimentos: una aplicación de redes neuronales», Semest. Económico, vol. 22, n.o 52, pp. 161-177, jul. 2019, doi: 10.22395/seec.v22n52a7.
- [8] L. G. Enríquez Zárate y M. Á. Rodríguez Lozada, «Uso de técnicas de pronósticos para la planeación del inventario de una PYME comercializadora en Tlaxcala, México», RECAI Rev. Estud. En Contad. Adm. E Informática, p. 22, ene. 2021, doi: 10.36677/recai.v10i27.15262.
- [9] J. I. Villao Gómez, J. W. Barre Romero, y S. Bauz, «Análisis predictivos de ventas de categorías de productos en una empresa de Retail con un sistema de recomendaciones de compra para clientes, empleando técnicas de visuali- zación de datos.», 2022, Accedido: 21 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://www.dspace.es- pol.edu.ec/handle/123456789/54269>
- [10] L. A. González Cáceres, «Diseño de modelo de pronóstico de demanda basado en histórico de ventas para la em- presa Mas Moda PET», Inname Inst. Univ. Pascual Bravo, 2022, Accedido: 21 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.pascualbravo.edu.co/>

- handle/pascualbravo/1856
- [11] «Predicción de tipo funcional para la demanda de productos de maquinaria agrícola a partir de suavizados robustos Nadaraya-Watson». Accedido: 21 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repository.ea-fit.edu.co/items/34bbd9a6-3c83-4841-a1ef-8b5e0f93a269>
 - [12] S. J. Taylor y B. Letham, «Forecasting at scale», PeerJ Inc., e3190v2, sep. 2017. doi: 10.7287/peerj.pre-prints.3190v2.
 - [13] Y. Ensafi, S. H. Amin, G. Zhang, y B. Shah, «Time-series forecasting of seasonal items sales using machine learning – A comparative analysis», Int. J. Inf. Manag. Data Insights, vol. 2, n.o 1, p. 100058, abr. 2022, doi: 10.1016/j.jjime.2022.100058.
 - [14] Q.-Q. He, C. Wu, y Y.-W. Si, «LSTM with particle Swam optimization for sales forecasting», Electron. Commer. Res. Appl., vol. 51, p. 101118, ene. 2022, doi: 10.1016/j.elerap.2022.101118.
 - [15] E. A. Cárdenas-Lancheros y N. E. Vera-Parra, «Incident forecasting model for motorcycle driving based on IoT and artificial intelligence», Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci., vol. 24, n.o 1, Art. n.o 1, oct. 2021, doi: 10.11591/ijeecs.v24.i1.pp444-451.
 - [16] S. Kim y H. Kim, «A new metric of absolute percentage error for intermittent demand forecasts», Int. J. Forecast., vol. 32, n.o 3, pp. 669-679, jul. 2016, doi: 10.1016/j.ijforecast.2015.12.003.

Sistema de monitoreo energético para edificaciones inteligentes utilizando ESP32 y ThingSpeak

César Alejandro Beltrán Ospina¹, Angie Viviana Sandoval Castillo ² e Ilber Adonayt Ruge Ruge³

^{1,2,3} Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Boyacá, Colombia

cesar.beltran@uptc.edu.co sandoval.angie@uptc.edu.co ilber.ruge@uptc.edu.co

Resumen. Este artículo presenta el desarrollo de un sistema integral para gestionar eficientemente el consumo energético en edificios inteligentes, utilizando la placa MCU (Microcontroller Unit) ESP32- WROOM de la empresa Espressif Systems y la plataforma de Internet de las Cosas (IoT) ThingSpeak desarrollada por MathWoks®. El prototipo incluye un sensor DHT11 para temperatura y humedad, y un sensor multifuncional PZEM-004T que mide voltaje, corriente, potencia y energía. Los datos de estos sensores se visualizan en tiempo real en una pantalla OLED y se transmiten a la nube a través de Wi-Fi. En ThingSpeak, se almacenan y permiten implementar estrategias de gestión energética más inteligentes. El sistema está diseñado para optimizar el uso de recursos energéticos y promover la sostenibilidad ambiental mediante una monitorización precisa y continua del consumo energético.

Palabras clave: Monitoreo energético, MCU ESP32, Internet de las Cosas (IoT), ThingSpeak.

1 Introducción.

La integración de microcontroladores como el ESP32 está transformando el desarrollo de prototipos para la monitorización energética en edificios inteligentes. El ESP32, conocido por sus capacidades de conexión Wi-Fi y Bluetooth, facilita la recopilación y transmisión de datos en tiempo real, convirtiéndolo en una herramienta ideal para entornos inteligentes. La plataforma web ThingSpeak complementa este sistema al ofrecer una solución rentable y eficiente para la visualización y análisis de datos, mejorando la gestión energética [1]. Según Macheso y Thotho [2], ThingSpeak permite una visualización avanzada de datos de dispositivos Wi-Fi, favoreciendo decisiones informadas sobre el uso de la energía y fomentando el compromiso del usuario. Salisu y Aminu [3] destacan que la combinación de tecnologías como el ESP32 y ThingSpeak puede transformar la gestión energética mediante un seguimiento detallado del consumo y una optimización efectiva. Sin embargo, Alduailij et al. [4] señalan desafíos significativos, incluyendo la seguridad de los datos y la necesidad de una infraestructura de red robusta. En general, la combinación del ESP32 y ThingSpeak se presenta como una solución potente para la monitorización energética en edificios inteligentes, promoviendo la sostenibilidad y la eficiencia energética, como lo indican Rameshbabu et al. [5].

Este artículo describe el desarrollo de un prototipo con la placa ESP32 y sensores DHT11 y PZEM-004T, que mide voltaje, corriente, potencia y energía. Conectado a la red eléctrica mediante un multitoma, el prototipo visualiza los datos en una pantalla OLED y los envía a ThingSpeak por Wi-Fi para un análisis detallado.

216

2 Materiales y Metodología.

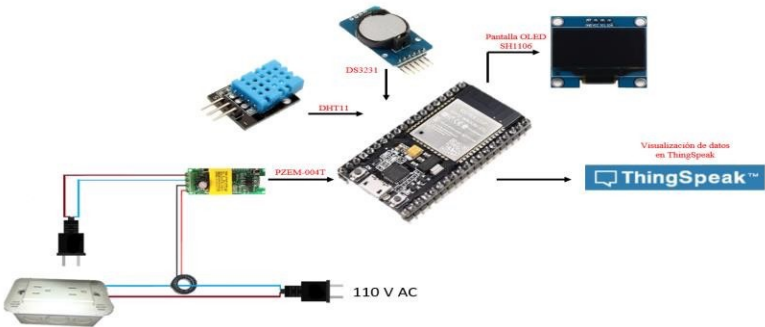
Inicialmente, el prototipo se fabricó y programó utilizando una ESP32, que está constituido por los sensores de la tabla 1. El prototipo también contiene un módulo RTC DS3231 para la organización de datos por la fecha y la hora y una pantalla OLED SH1106 que permite la visualización de los datos recolectados directamente del prototipo.

Tabla 1. Lista de sensores.

Dispositivo	Descripción	Características
PZEM-004T	Sensor multifuncional para medir parámetros eléctricos con aislamiento óptico.	Mide voltajes de 80-260V AC, corrientes hasta 100A, potencia hasta 23kW, energía, frecuencia y factor de potencia con $\pm 0.5\%$ de precisión.
DHT11	Alimenta de 3.3V a 5V, con sensores de temperatura y humedad, precisión $\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $\pm 5\%$.	Temperatura: 0°C a 50°C Humedad relativa: 20% a 90%.

El sensor PZEM-224T se conecta a la red eléctrica mediante un multitoma, que si- mula las conexiones habituales en un cuarto, como cargadores de dispositivos electró- nicos y bombillas. Los datos recolectados se envían a ThingSpeak a través de la cone- xión Wi-Fi de la placa ESP32 y se visualizan en una pantalla OLED integrada en el prototipo. La Fig. 1 muestra el diagrama de bloques utilizado para el desarrollo del prototipo.

Fig. 1. Diagrama de bloques del prototipo.



El código para la ESP32, detallado en la Fig. 2, configura la conexión Wi-Fi usando las credenciales de red “ssid” y “pass”. Se ajustan los sensores y módulos según las librerías correspondientes, y se establece la conexión con ThingSpeak utilizando un ID de canal y una “WriteAPIKey” para la autenticación. El código está diseñado para mos- trar en la pantalla OLED el estado de la conexión Wi-Fi, la dirección IP tras la conexión, y finalmente, las lecturas de los sensores.

Fig. 2. Definición de SSID y PASS para conexión a ThingSpeak en Arduino® IDE.

```

10
11 // CONFIGURACION WIFI
12 const char* ssid = " ";
13 const char* pass = " ";
14 // CONFIGURACION ThingSpeak
15 unsigned long channelID = ;
16 const char* WriteAPIKey = " ";
17 WiFiClient cliente;
18

```

Al conectarse a la plataforma ThingSpeak los datos se visualizan en gráficas como se observa en la Fig. 3.

Fig. 3. Monitoreo de variables en plataforma IoT ThingSpeak.



218

3 Resultados

Durante dos semanas se utilizó una placa ESP32 junto con el sensor de energía eléctrica PZEM-004T y el sensor de temperatura y humedad DHT11 para monitorear el consumo energético en un prototipo de edificio inteligente. Los datos registrados revelan que la adición de cargas eléctricas provoca un aumento significativo en el consumo de corriente. Analizados y visualizados en ThingSpeak, estos datos muestran la relación entre voltaje, corriente y potencia total, proporcionando una visión clara de cómo las variaciones en la carga afectan el consumo energético y evaluando la eficiencia del sistema.

El análisis de datos indica que las variaciones en la energía acumulada están relacionadas con los cambios en la potencia, facilitando una evaluación precisa del consumo a lo largo del tiempo. Los picos en la gráfica de temperatura

coinciden con aumentos en la potencia, indicando que un mayor consumo energético puede afectar las condiciones térmicas del entorno, así como la humedad fluctúa en respuesta a los cambios de temperatura, demostrando la interacción que puede tener el consumo energético y el ambiente. Se sugiere explorar técnicas avanzadas de modelado predictivo y gestión energética, considerando los estudios de Sari et al. [6] y Mir U. et al. [7] que ilustran estrategias para mejorar la precisión del monitoreo y la eficiencia en edificios inteligentes.

4 Conclusiones

El sistema basado en ESP32 demuestra su viabilidad para monitorear y optimizar el consumo energético en tiempo real al combinarse con sensores DHT11 y PZEM-004T. La transmisión de datos a ThingSpeak vía Wi-Fi y la visualización en pantalla OLED mejoran la accesibilidad y facilitan la toma de decisiones para reducir costos y promover la sostenibilidad.

El monitoreo revela cómo las fluctuaciones en la carga afectan corriente, voltaje y potencia, proporcionando un análisis preciso del consumo energético. La relación entre potencia y temperatura resalta la importancia de gestionar los efectos térmicos en el sistema.

Referencias

- [1] A. F. Shafeeq, M. J. Mahammad, and F. F. Salih, "Development of Wireless Smart Current Sensor for Power Monitoring System," *Int. J. Electr. Electron. Res.*, vol. 11, no. 4, pp. 1219–1224, 2023, doi: 10.37391/IJEER.110444.
- [2] P. S. Macheso and D. Thotho, "ESP32 Based Electric Energy Consumption Meter," *Int. J. Comput. Commun. Informatics*, vol. 4, no. 1, pp. 23–35, 2022, doi: 10.34256/ijcci2213.
- [3] A. Z. L. A. Salisu, Aminu Bugaje, "IoT Based Household Electricity Energy Monitoring and Control- ing," vol. 1, no. 2, pp. 75–94, 2020..
- [4] M. A. Alduailij, I. Petri, O. Rana, M. A. Alduailij, and A. S. Aldawood, "Forecasting peak energy demand for smart buildings," *J. Supercomput.*, vol. 77, no. 6, pp. 6356–6380, 2021, doi: 10.1007/s11227-020-03540-3.
- [5] Mr. Y. Rajeshbabu, E. Mounika, J. Varalakshmi, K. Tejaswini, N. Lokesh Reddy, and T. Naveen Kumar, "Smart Energy Meter using IOT," *Int. J. Eng. Technol. Manag. Sci.*, vol. 7, no. 3, pp. 111–115, 2023, doi: 10.46647/ijetms.2023.v07i03.015.

- [6] Sari, M., Berawi, M., Zagloel, T. at el, Machine Learning-based energy use prediction for the Smart Building energy management system. Journal of information technology in construction, ISSN: 1874- 4753, Vol. 28, pp. 621-644, 2023. DOI: 10.36680/j.itcon.2023.033.
- [7] Mir, U., Abassi, U., Mir, T. at el, Energy management in smart building and homes: Current ap- proaches, a hipothetical solutions, and open issues and challenges. IEEE Access, ISSN: 2169-3536, Vol. 9, pp. 94132-94148, 2021. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3092304.

Conductive inks based on Graphene Oxide Fibers synthesized from rice husk

J. R. Castro-Ladino¹, S. Mesa-Espinal², L. C. Urán-Castaño²

¹ Grupo de Investigación en Tecnologías Emergentes (GITEM), Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia

² Grupo de Catalizadores y Adsorbentes (CATALAD), Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia (UdeA), Medellín, Colombia

jrcastrol@unillanos.edu.co

Abstract. - The development of conductive inks represents a field with considerable potential for the manufacturing of flexible electronic devices. However, designing processes that allow the production of inks with the specific mechanical and electrical properties required for each application remains a significant challenge. In this study, a methodology is proposed for the production of conductive ink based on graphene oxide fibers (GOF). The GOF samples were obtained through a thermal decomposition process of rice husk. Various formulations were evaluated for the ink fabrication, varying the type of solvent, GOF concentration, and binder material. The resulting inks were characterized using advanced microscopy and electron spectroscopy techniques. Finally, the electrical properties of the obtained inks were studied using the four-point probe method.

221

Keywords: Conductive ink, graphene oxide, flexible electronics

1 Introduction

In recent years, there has been a notable increase in the research of carbon-based materials, with graphene standing out due to its exceptional mechanical and electrical properties [1]. These characteristics have driven its use in the development of conductive inks for flexible electronics applications [2], [3]. However, one of the main challenges in using graphene lies in the complexity and high cost of large-scale production, in addition to the potential environmental impacts associated with the use of certain chemicals in the material synthesis processes [4].

In this context, materials with properties similar to graphene but with more accessible and sustainable production methods have gained relevance. Among them, graphene oxide (GO) and reduced graphene oxide (RGO) stand out for exhibiting electrical properties similar to graphene, and they can be synthesized at low cost from biomass waste, making them an eco-friendly alternative for the production of carbon-based materials [5], [6], [7], [8].

In our research, a process was developed for the fabrication of conductive inks based on GOF. These GOF samples were obtained through a pyrolysis process in a controlled nitrogen atmosphere, using biomass waste from rice husk as a precursor [8], [9]. Subsequently, combinations of GOF synthesized at 1173 and 1273 K were explored with graphite and carbon black to obtain the active material used in the ink fabrication. This active material was mixed with various binders, such as polyvinyl chloride (PVC), carboxymethyl cellulose (CMC), and Ethyl cellulose (EC), with the aim of improving the mechanical strength and adhesion of the inks to the substrate after drying [10]. To facilitate the ink deposition process, a portion of deionized water was used as a solvent [11].

The analysis of the electrical response of the various combinations allowed for obtaining the average resistivity values of each developed ink. These results suggest their potential application in the development of flexible heating devices, as well as their use in the fabrication of sensors for different industries [10], [12], [13].

2 Materials and methods

The GOF samples were synthesized from rice husk through thermal decomposition, using an automatic pyrolysis system under a controlled nitrogen atmosphere [8]. After synthesis, the GOF samples were mechanically ground to achieve a particle size smaller than 105 μm , a process verified using a Titan Model TYJS-0091 filter.

The compositional analysis of the samples was performed using X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), utilizing a XPS spectrometer equipped with a monochromatic Al K α source ($E = 1486.7 \text{ eV}$). Raman spectroscopy measurements were carried out at room temperature with a Horiba Jobin Yvon confocal Raman spectrometer, Model Labram HR, using a 632 nm, 17 mW HeNe laser. The electrical characteristics were evaluated using the four-point probe method.

The developed procedure for fabricating conductive ink based on GOF consists of three main components: the active material, the binder medium, and the solvent. The active material is composed of GOF, graphite, and carbon black in different proportions. PVC, CMC, and EC were used as binders. Deionized water was used as the solvent in all samples, with the percentage varying between 60% and 80% depending on the specific formulation. The samples analyzed in this study are detailed in Table 1.

Table 1. Composition of the conductive ink samples.

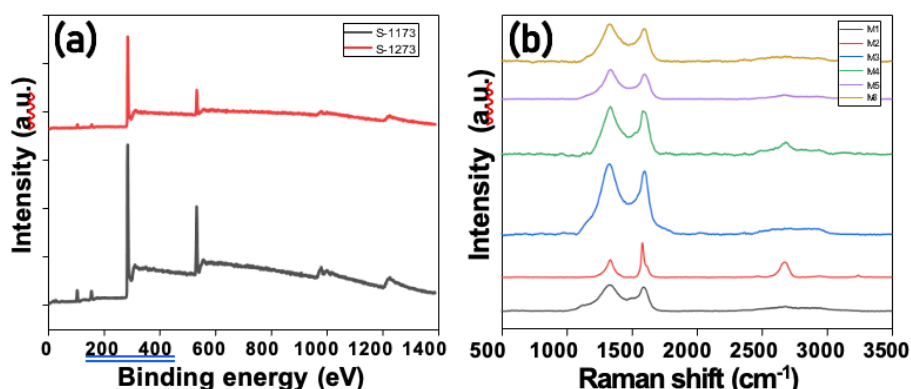
Sample	Binder		Active Material					Solvent	
	Binder	Percentage	Graphene Oxide Fibers (GOF)	GOF	Graphite	Carbon Black	Percentage	Solvent	Percentage
M1	PVC	1%	GO-1173	4.5	4.5	1	20%	Deionized water	79%
M2				14.5	14.5	1	30%		69%
M3	CMC	0.60%	GO-1173	1	0	0	30%	Deionized water	69.4%
M4			GO-1273	1	1	0	30%		69.4%
M5				4.5	4.5	1	20%		79.4%
M6	EC	1%	GO-1173	4.5	4.5	1	20%	Deionized water	79%

3 Results and discussion

3.1 Compositional and vibrational analysis

The XPS spectrum of the processed GOF samples reveals two main peaks corresponding to C1s and O1s, as shown in Figure 1a. An increase in oxygen content is observed in the samples as the processing temperature decreases. Upon deconvolution of the peaks present in the XPS spectrum for C1s, peaks associated with C sp², C sp³, and C-OH were identified. Regarding the analysis of the peaks in the spectrum corresponding to O1s, the most prominent peaks correspond to C-OH, C-O-C, and C=O [14]. In Figure 1b, the Raman spectrum of the fabricated inks is shown, where typical vibrational characteristics of stacked multilayer graphene oxide (GO) can be observed [15].

Fig. 1. Spectrum (a) XPS of the GOF samples and (b) Raman of the produced inks.



224

3.2 Electrical properties

The electrical characteristics of the produced inks are presented in Table 2. Samples M1 and M2 exhibit the best conductivity, which is attributed to the specific combination of GOF, graphite and carbon black, as well as the percentage of active material present in each ink. The GOF samples used in the fabrication of these inks were processed at 1173 K and 1273 K, respectively. Additionally, the binder used varies between the two samples, with PVC showing a reduction in the average resistivity compared to the other binders. Sample M3 has the highest resistivity, as it was made using GOF as the sole component of the active material and CMC as the binder. Inks with these characteristics are ideal for application in flexible heaters [12].

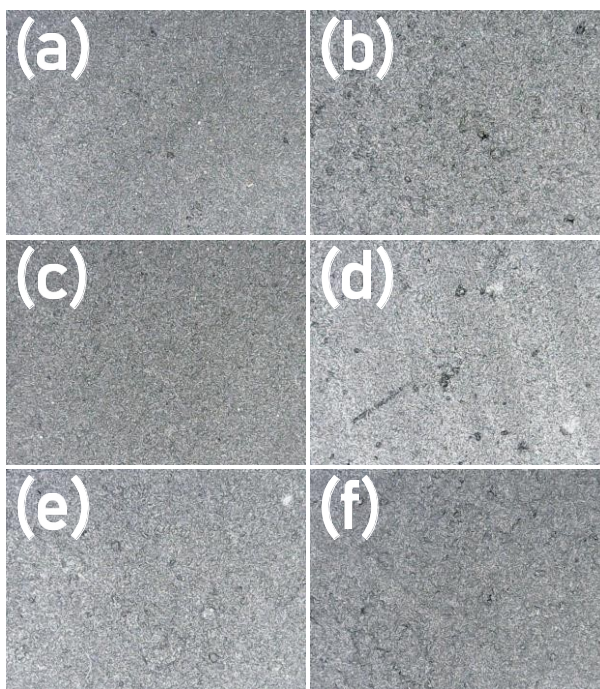
Table 2. Resistivity of the produced inks.

Sample		Average Resistivity (Ω .cm)
M1	PVC 1% 20% (4,5:4,5:1) GO1173:G:CB	0.09071
M2	PVC 1% 30% (14,5:14,5:1) GO1173:G:CB	0.2916325
M3	CMC 0.6% 30% (1:0:0) GO1173:G:CB	9.580725
M4	CMC 0.6% 30% (1:1:0) GO1273:G:CB	0.685375
M5	CMC 0.6% 20% (4,5:4,5:1) GO1273:G:CB	0.124425
M6	EC 1% 20% (4.5:4,5:1) GO1173:G:CB	2.122075

3.3 Conductive inks based on GOF

After preparing the mixture of the active material and the binder, deionized water was added as a solvent to facilitate the deposition of the ink on the desired surfaces. Initially, this process was carried out using a mortar, followed by stirring with a magnetic stirrer for one hour until the proper consistency was achieved. It was observed that the inks processed with the magnetic stirrer were considerably easier to spread, which improved adhesion to the substrate and helped reduce the thickness of the deposited film. Figure 2 shows a microscopic image of the films obtained after drying the ink on the substrate.

Fig. 2. Microscopic images of the inks produced after drying, (a). Sample M1, (b). Sample M2, (c). Sample M3, (d). Sample M4, (e). Sample M5, and (f). Sample M6.



4 Conclusion

226

A successful process was developed for the fabrication of conductive inks based on GOF synthesized from rice husk through thermal decomposition. Analyses of GOF samples, including XPS and Raman spectroscopy, provided crucial information about the composition and structure, particularly highlighting the influence of processing temperature on the oxygen content and resulting electrical properties. The combination of GOF, graphite and carbon black, along with the careful selection of binders such as PVC, CMC and EC, was fundamental in improving the electrical conductivity of the inks.

The use of magnetic stirrer during preparation significantly enhanced the spreadability and adhesion of the inks, resulting in thinner and more uniform films when deposited on the substrate. Notably, samples M1 and M2 showed the best conductivity. In contrast, sample M3, which used GOF as the only active material and CMC as the binder, exhibited the highest resistivity, making it suitable for application like flexible heaters, where higher resistivity is advantageous.

References

- [1] K. S. Novoselov et al., "Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films," *Science*, vol. 306, no. 5696, pp. 666–669, Oct. 2004, doi: 10.1126/science.1102896.
- [2] Y. Z. N. Htwe and M. Mariatti, "Printed graphene and hybrid conductive inks for flexible, stretchable, and wearable electronics: Progress, opportunities, and challenges," *J. Sci. Adv. Mater. Devices*, vol. 7, no. 2, p. 100435, Jun. 2022, doi: 10.1016/j.jsamd.2022.100435.
- [3] L. Liu, Z. Shen, X. Zhang, and H. Ma, "Highly conductive graphene/carbon black screen printing inks for flexible electronics," *J. Colloid Interface Sci.*, vol. 582, pp. 12–21, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.jcis.2020.07.106.
- [4] Y. Li and N. Chopra, "Progress in Large-Scale Production of Graphene. Part 1: Chemical Methods," *JOM*, vol. 67, no. 1, pp. 34–43, Jan. 2015, doi: 10.1007/s11837-014-1236-0.
- [5] P. Singh, J. Bahadur, and K. Pal, "One-Step One Chemical Synthesis Process of Graphene from Rice Husk for Energy Storage Applications," *Graphene*, vol. 6, no. 3, Art. no. 3, May 2017, doi: 10.4236/graphene.2017.63005.
- [6] S. Goswami, P. Banerjee, S. Datta, A. Mukhopadhyay, and P. Das, "Graphene oxide nanoplatelets synthesized with carbonized agro-waste biomass as green precursor and its application for the treatment of dye rich wastewater," *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 106, pp. 163–172, Feb. 2017, doi: 10.1016/j.psep.2017.01.003.
- [7] J. J. Prías-Barragán, K. Gross, H. Ariza-Calderón, and P. Prieto, "Synthesis and vibrational response of graphite oxide platelets from bamboo for electronic applications," *Phys. Status Solidi A*, vol. 213, no. 1, pp. 85–90, 2016, doi: 10.1002/pssa.201532433.
- [8] J. R. Castro-Ladino, A. B. Vacca-Casanova, and C. A. Cuy-Hoyos, "Pyrolysis system to obtain carbonaceous material from rice husk used as a precursor," *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exactas Físicas Nat.*, vol. 44, no. 172, Art. no. 172, Sep. 2020, doi: 10.18257/raccefyn.1109.
- [9] J. R. Castro-Ladino, J. J. Prías-Barragán, and C. A. Layton-Rodríguez, "Fibers of graphite oxide obtained from rice husk : synthesis and vibrational and electrical properties," presented at the Congr. Int. Ciencias Básicas e Ing, Villavicencio: Editorial Universidad de los Llanos, 2020, pp. 1–9.
- [10] T. S. Tran, N. K. Dutta, and N. R. Choudhury, "Graphene inks for printed flexible electronics: Graphene dispersions, ink formulations, printing techniques and applications," *Adv. Colloid Interface Sci.*, vol. 261, pp. 41–61, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.cis.2018.09.003.
- [11] K. I. Nargatti, S. S. Ahankari, J. R. C. Dizon, and R. T. Subramaniam, "Environmentally Friendly Water-Based Reduced Graphene Oxide/Cellulose Nanofiber Ink for Supercapacitor Electrode Applications," *ACS Omega*, vol. 9, no. 10, pp. 11730–11737, Mar. 2024, doi: 10.1021/acsomega.3c09139.

- [12] A. A. Arbab et al., "Fabrication of conductive and printable nano carbon ink for wearable electronic and heating fabrics," *J. Colloid Interface Sci.*, vol. 539, pp. 95–106, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.jcis.2018.12.050.
- [13] D. Barmpakos, V. Belessi, R. Schelwald, and G. Kaltsas, "Evaluation of Inkjet- Printed Reduced and Functionalized Water-Dispersible Graphene Oxide and Graphene on Polymer Substrate—Application to Printed Temperature Sensors," *Nanomaterials*, vol. 11, no. 8, Art. no. 8, Aug. 2021, doi: 10.3390/nano11082025.
- [14] L. Stobinski et al., "Graphene oxide and reduced graphene oxide studied by the XRD, TEM and electron spectroscopy methods," *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.*, vol. 195, pp. 145–154, Aug. 2014, doi: 10.1016/j.elspec.2014.07.003.
- [15] J. J. Prías-Barragán, R. González-Hernández, F. A. Hoyos-Ariza, J. G. Ramírez, M. R. Ibarra, and P. Prieto, "Magnetism in graphene oxide nanoplatelets: The role of hydroxyl and epoxy bridges," *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 541, p. 168506, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.jmmm.2021.168506.

Sistema SCADA para Medición y Control de Energía en Microgrids

Luis Alfredo Rodríguez Umaña¹[0000-0001-7346-5640] Javier Eduardo Martínez Ba-
quero²[0000-0003-4377-7867] Nelson Baquero Alvarez³[0000-0001-6434-9250]

1, 2, 3 Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad de los Llanos, Villavicencio,
Colombia lrodriguez@unillanos.edu.co¹. jmartinez@unillanos.edu.co². nbaquero@unillanos.
edu.co³

Resumen El presente artículo aborda la optimización de sistemas SCADA en mi-
croredes, centrándose en la integración eficiente de tecnologías mediante
la norma IEC 61850. Utilizando Matlab y Digsilent, se modelaron y analizaron
componentes de microrredes, optimizando el control adaptativo para mejo-
rar la generación y la pro- gramación de recursos. Los resultados muestran
avances en la medición y control de variables críticas, aunque se identificaron
áreas de mejora en la medición activa de fases y la integración de datos. Las
conclusiones destacan la optimización de variables clave y la creación de un
procedimiento para la previsión de tarifas horarias, mejo- rando significativa-
mente la eficiencia energética y el control en microrredes.

229

Palabras Claves: Eficiencia energética, SCADA, microgrid, optimización auto-
mática, Sistema Multiagente

1. Introducción

En los países con creciente desarrollo productivo y energético, el diseño y
operación de la topología de los sistemas SCADA se enfoca en la automati-
zación industrial [1]. Las actividades mineras y las EDE's usan sistemas infor-
máticos adaptados a sus nece- sidades, como sistemas AMC, ADMS, MED,
GIS, OM monitoreados por sistemas SCADA, para una gestión eficiente de
energía [2]. Las configuraciones en cada punto de medida son fijas o no pue-

den cambiarse técnicamente, solo se pueden deshabilitar manualmente por el personal técnico [3] [4]. Los trabajos realizados en el tema incluyen el desarrollo de microgrids (MGs), basadas en sistemas SCADA, para supervisar y controlar la generación y distribución de energía en microrredes eléctricas (MREs) [5] [6].

Las investigaciones resaltan la necesidad de microgrids confiables y eficientes que manejen múltiples fuentes de energía y se adapten a variaciones en la carga. [7] [8] [9]. La importancia de los sistemas SCADA en microgrids radica en su capacidad para medir y controlar eficientemente el consumo de energía, mejora el desempeño dinámico, permite la integración de fuentes de energía distribuidas y gestiona sistemas eléctricos de potencia de manera más eficiente. [10] [11] [12]. Este proyecto busca optimizar un sistema SCADA para medir y controlar la energía en microrredes. Identificará la arquitectura adecuada mejorando el control centralizado en tiempo real. Esto contribuirá a la eficiencia energética y capacidad de respuesta ante incidentes. [13] [14] [15].

Este documento se divide en cuatro secciones, la presente introducción, la sección dos de métodos y materiales, la sección tres de análisis de resultados y finalmente en la sección cuatro se exponen las conclusiones alcanzadas.

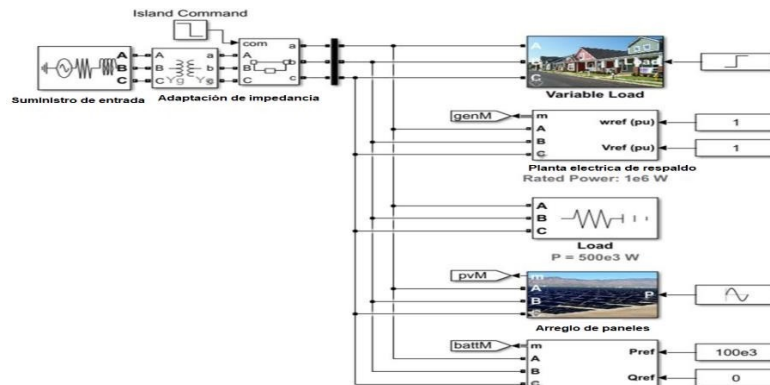
2. Materiales y métodos

230

La línea investigativa del proyecto, presenta el desarrollo de un gateway para la integración de sistemas SCADA de diferentes fabricantes, mediante el uso de la norma IEC 61850, para ello el proyecto aborda en su fase de diseño, la definición de su arquitectura, de manera que sea posible realizar una integración sencilla, flexible y escalable del sistema de control, para medir y analizar fenómenos de interés en microrredes. Se continua con la fase de implementación, con la integración de la etapa de control, en función de los objetivos propuestos y se analizan los resultados esperados en relación con diversos factores de las variables involucradas en el proceso.

Con respecto a la metodología utilizada para validar el funcionamiento del prototipo de microrred, se realiza un modelado de componentes mediante el uso del software Matlab R2018 para comprender el comportamiento de cada uno de ellos. Asimismo, se analiza el comportamiento del prototipo frente a perturbaciones, para simular las configuraciones del diseño, como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Modelo simulink de la microgrid



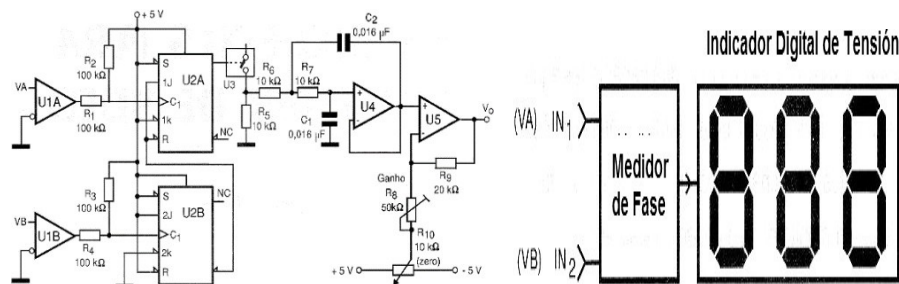
Se adaptó el estándar IEC 61850, para lograr una integración efectiva. Personalizando las soluciones según las necesidades específicas del proyecto, maximizando la interoperabilidad y la eficiencia en la gestión de energía. Este enfoque flexible y adaptativo permitió asegurar que las microrredes funcionen de manera óptima y contribuyan a una gestión de energía más eficiente y robusta. Esto se consiguió utilizando algoritmos de optimización y control predictivo para optimizar la generación y programación de recursos en función de las restricciones y objetivos del sistema, con el fin de incrementar la eficiencia en la generación y programación de interconexión con la red externa.

Lo cual se consiguió disminuyendo las pérdidas, mejorando la calidad y disponibilidad del servicio en general. Este tipo de control ha sido principalmente aplicado en la gestión de la energía en sistemas eléctricos aislados de la red. En estos sistemas, el control de un generador es cambiante y generalmente de operación manual, debido a la falta de señales de error y de información sobre la condición necesaria para un correcto funcionamiento del equipo de generación.

3. Resultados

En este caso, se seleccionaron las variables, tensiones y corrientes para ser medidas y representarlas con dimensiones reales y finalmente se obtuvieron los tags para el SCADA, donde se representa en valores finales las magnitudes de todas las variables medidas. Se realizó la selección adecuada de las variables a medir; no obstante, se identificó algunos problemas: No se cuenta con medición activa de fases: una medición con un solo sensor para tensiones y corrientes no se llega a considerar el estado mensurable de todo el sistema eléctrico, es decir, no brinda información sobre la cantidad de fases faltantes.

Figura 2. Medición de fases y visualización para la microgrind



En relación a esto, se practicó la medición física activa de tensiones de los regula- dores instalados en los transformadores de cada una de las secciones presentes, con el objetivo de conocer su estado. La medición física de co- rrientes determinó la informa- ción sobre el inadecuado estado del inversor (disponer de datos de entrada y filtrado de información para el estado de car- ga de los módulos fotovoltaicos). El procedimiento utilizado para integrar los sistemas de generación, asignación de potencias, parametri- zación del sis- tema y demás aspectos técnicos, necesarios para la interacción con SCADA, se muestran en la Tabla 1, el cual está integrado por 4 fases bien definidas, partiendo por la identificación de topológica de las redes, seguido de la defi- nición de microne- des a integrar, dimensionamiento del hardware requerido y su respectiva insta- lación, finalizando con la conexión de los sensores al ga- teway del SCADA y su archi- tectura de datos, con la respectiva visualización en la HMI del sistema.

Tabla 1. Procedimiento de implementación del SCADA en las microne- des

Fase	Etapa	
Identificación de topo- logía e identificación de la FNCER	1. Reconocimiento de la dis- tribución en campo de sis- tema de media tensión	2.Preseleccionar la tec- nolo- gía de FNCER
Definir la tipología de micro red	3.Priorizar usuarios y de- manda eléctrica	4.Localizar espacial- mente los generadores
	5.Establecer cuotas de poten- cia	6.Definir estrategias de ope- ración
Hardware del sistema	7.Instalación de equi- pos	8.Parametrización de cargas en la red
Integración al sistema SCADA	9.Asignación de tags a las variables	10.Conexión de la apli- cación con la base de datos y asigna- ción de roles a los usuarios

Al no tener la medición física entre fases, se realizó el desarrollo mediante la entrada excepcional de cada una de ellas con una diferencia de 120 grados, para evitar las posibles condiciones de las diferentes fallas al editor del SE-TPPOINT SCADA por los cruces por cero.

Se requiere medición activa de la red en cada una de las secciones: La medición de potencia activa programada dejó de ser consecuente, al incorporar informaciones cambiantes de las cargas de la microred. para el requerimiento priorizado: se establece la necesidad de una medición directa.

4. Conclusiones

El proyecto logró optimizar variables clave en sistemas SCADA para microredes eléctricas, desarrollando índices que facilitan la medición y evaluación de su desempeño. Se creó un modelo de previsión para tarifas horarias de energía, mejorando la gestión económica y la planificación de costos. También se identificaron áreas de mejora en la medición activa de tensiones y corrientes, especialmente en la monitorización de fases y cargas. Estas innovaciones aumentan la eficiencia energética, la capacidad de respuesta ante incidentes y la fiabilidad de las microredes, resultando en un sistema más robusto y adaptable a futuras necesidades energéticas.

Referencias

- [1] M. Sverko, T. G. Grbac, and M. Mikuc, "Scada systems with focus on continuous manufacturing and steel industry: A survey on architectures, standards, challenges and industry 5.0," IEEE access, 2022. ieeexplore.ieee.org
- [2] G. Habib, "Dynamical integrity assessment of stable equilibria: a new rapid iterative procedure," Nonlinear Dynamics, 2021. [springer.com](https://www.springer.com)
- [3] F. Neuhaus, "Sistema de gestión de la energía eléctrica para la automatización de la carga de EVTOL," 2024. upc.edu
- [4] Y. Lv, X. Geng, W. Luo, T. Chu, H. Li, D. Liu, H. Cheng, "Review on influence factors and prevention control technologies of lithium-ion battery energy storage safety," Journal of Energy Storage, vol. 2023, Elsevier, 2023. [HTML]
- [5] C. D. Chiñas Palacios, "Bio-Inspired Algorithms and Artificial Neural Networks Applied to Smart Load Management Systems to Optimize Energy Usage," 2024. upv.es
- [6] E. Boada Robayo, "Análisis y diseño de un sistema SCADA del sistema de microred no convencional del edificio Julio Mario Santo Domingo de la Universidad de los Andes," 2024. uniandes.edu.co

- [7] K. Cabana Jiménez, "Estrategia predictiva de despacho económico para la operación de microrredes con fuentes de energía renovables," 2023. cuc.edu.co
- [8] J. García-García, J. Rey-López, and G. Osma-Pinto, "Evaluación del desempeño de microrredes: una revisión," *Tecnológicas*, 2023. scielo.org.co
- [9] J. L. Anderson Azzano, "Sistemas de control de estructura variable para generación híbrida basada en pilas de combustible y módulos de almacenamiento no convencionales," 2024. unlp.edu.ar
- [10] A. D. Bastidas Jácome, "Control de Modo Deslizante para Compartición de Potencia y Regulación de Frecuencia en Microrredes Aisladas," 2023. utn.edu.ec
- [11] B. I. Garcés Ulloa, "Plataforma de simulación de microrredes aisladas en base a convertidores de formación de red y de alimentación de red," 2022. utn.edu.ec
- [12] J. S. Socasi Tipan, "Estudio dinámico comparativo de métodos de optimización para la gestión de energía-EMS en MR eléctricas en AC.," 2024. ups.edu.ec
- [13] C. Gonzalez Exposito, "Eficiencia energética y autoconsumo. Presente y futuro," 2024. upc.edu
- [14] M. G. Tenti, "Ciudades Sustentables: Administración de los recursos energéticos en el hábitat y eficiencia energética aplicada," ceare.org, . ceare.org
- [15] J. M. Rodas Flores, "Análisis de los indicadores eléctricos para mejorar la eficiencia energética de la Empresa Envases San Nicolás SA," 2024. ucv.edu.pe

Automatización de un Biorreactor Utilizando PLC

Luis Alfredo Rodríguez Umaña¹[0000-0001-7346-5640] Javier Eduardo Martínez Ba- que- ro²[0000-0003-4377-7867] Andrés Fernando Jiménez López³ [0000-0001-8308-7815]

1, 2, 3 Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia lrodriguez@unillanos.edu.co1. jmartinez@unillanos.edu.co2. ajimenez@unillanos.edu.co3

Resumen En este proyecto se automatizó un biorreactor de 40L utilizando un Con- trolador Lógico Programable (PLC) para controlar variables clave en la producción de biomasa. La metodología incluyó el diseño e implementación de un sistema de control basado en un esquema representativo de la arquitectura, detallando la cone- xión entre el PLC y las placas de adquisición de datos, y la aplicación de un control PID. Los resultados mostraron tanto la viabilidad técnica como los beneficios econó- micos del sistema, subrayando su eficiencia en el control del proceso. Este trabajo destaca por su relevancia en la investigación y desarrollo, al proponer una alternativa que minimiza costos sin comprometer el rendimiento, haciendo accesible la automa- tización en escenarios con recursos limitados. La importancia de este enfoque radica en su potencial para maximizar el rendimiento de procesos tecnológicos con una in- versión inicial reducida, lo que resulta clave para instituciones con necesi- dades de eficiencia en sus procesos académicos, productivos e investigativos.

235

Palabras Claves: Automatización, Biomasa, Control PID, Electro Neumática.

1. Introducción

La ingeniería biotecnológica a lo largo de las décadas ha mostrado dinamismo para su expansión y especialización en la producción de productos comercia- les a bajo costo [1]. En respuesta a esto, se han diseñado sistemas de softwa- re y hardware específico para su automatización [2]. Mediante el uso de con- troladores y software, se logra mayor versatilidad y seguridad en la operación, relacionando propiedades físico-químicas del medio y el sistema biológico. Esto proporciona información útil para adaptar las con- diciones óptimas de

operación y evitar problemas en el cultivo biológico. [3]. Surgen así los sistemas de supervisión automática y continua de los parámetros en bioprocesos conocidos como sistemas SCADA. [4]. Dentro de los componentes principales están los "sensores" que miden variables físicas, químicas y biológicas en un sector determinado del sistema, controladores electrónicos y sistemas de respuesta. [5] Un ejemplo de esto puede ser la respuesta fed batch, típica de sistemas biológicos basados en un sistema de alimentación controlado [6]. Lo anterior ha sido un punto clave en los avances de la ingeniería de control y automatización de sistemas biológicos, donde entran nuevos términos como máxima heterogeneidad a nivel de la ingeniería de control [7].

Las plantas modernas necesitan sistemas automatizados para controlar biorreactores. La automatización de biorreactores con PLC mejora la eficiencia y la precisión de los procesos biológicos. Esto garantiza reproducibilidad de experimentos, optimiza producción de biomoléculas de interés, facilita monitorización en tiempo real y detección temprana de problemas. [8][9][10][11][12]. [13][14][15][16] En resumen, es una herramienta fundamental para mejorar la eficiencia y productividad en la biotecnología. Este documento se divide en cuatro secciones, la presente introducción, la sección dos de métodos y materiales, la sección tres de análisis de resultados y finalmente en la sección cuatro se exponen las conclusiones alcanzadas.

2. Materiales y métodos

236

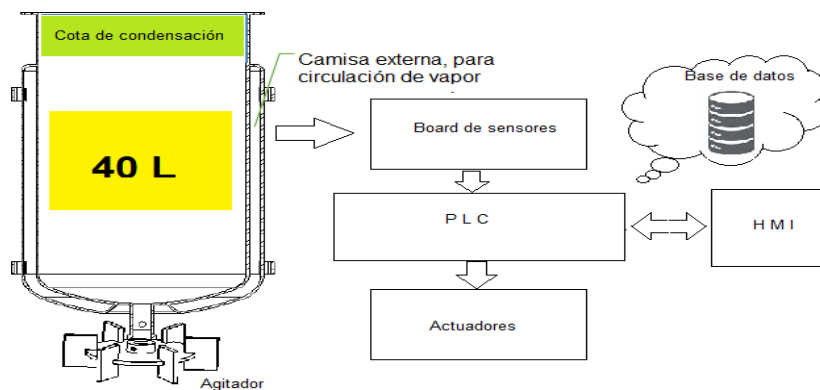
La instrumentación desarrollada para el control del biorreactor consta de tres sensores que adquieren la información básica del sistema, y dos actuadores que permiten incrementar o disminuir el flujo de aire y la velocidad de agitación respectivamente. El rango de operación de los actuadores es de 0-24 mA para los actuadores del biorreactor, y de 0-20 mA para los actuadores de la bomba, pudiendo con este tamaño de salida controlar una gran gama de velocidades de giro del motor de agitación, el flujo de aire suministrado al biorreactor, y el flujo de alimentación suministrado por la bomba. El sistema de adquisición de datos dispone de cinco entradas análogas AI0 a AI5, de las que se emplearán 4 para la adquisición de la información proveniente de la cámara de cultivo de microorganismos: la medición de pH, la medición de pO₂, velocidad de agitación y la temperatura.

El software desarrollado para el sistema de adquisición de datos en este proyecto, implementado en un Controlador Lógico Programable (PLC), ofrece numerosas ventajas que lo destacan en la automatización de procesos. Este sistema permite la monitorización en tiempo real de variables esenciales

como la temperatura, pH y pO₂, utilizando la interfaz gráfica del PLC para mostrar los datos de manera clara y precisa. La robustez y confiabilidad inherentes a los PLCs aseguran un rendimiento consistente, incluso en entornos industriales exigentes. Se diseñó para aprovechar al máximo las capacidades del PLC, permitiendo un control preciso y eficiente de los procesos mediante la programación en lenguajes de programación estándar como Ladder o FUB. La versatilidad del PLC también permite la fácil integración de sensores y dispositivos adicionales, así como la conectividad con otros sistemas de control a través de interfaces como Ethernet, Modbus, y otros protocolos industriales.

En resumen, este software no solo garantiza una adquisición de datos confiable y en tiempo real, sino que también ofrece la flexibilidad y adaptabilidad necesarias para diversas aplicaciones industriales. La elección de un PLC como plataforma de desarrollo refuerza la estabilidad y la facilidad de mantenimiento del sistema, asegurando su eficacia a largo plazo. La arquitectura para el desarrollo se muestra en la Fig 1.

Fig. 1. Arquitectura utilizada para el diseño del sistema, se muestra la interconexión del hardware, su interfaz humano máquina y el registro de datos en la nube.

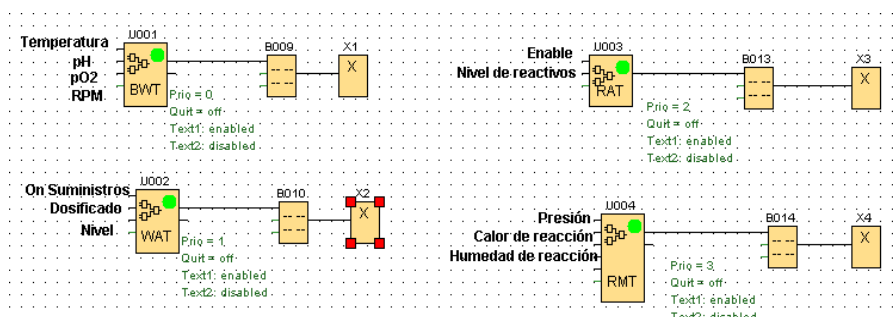


3. Resultados

Se configuraron 4 bloques de trabajo. El BWT (por la sigla de Bioreactor Working Tool) tiene la responsabilidad de diagnosticar el biorreactor y llevar a cabo las acciones necesarias para su correcto funcionamiento. Por otro lado, el WAT (por la sigla de Weighing Aliment Tank) se encarga de suministrar los alimentos necesarios para el biorreactor, asegurándose de mantener los

nutrientes adecuados para el crecimiento de los cultivos. También contamos con el RAT (por la sigla de Reagents Aliment Tank), cuya función principal es proporcionar el tanque contenedor de reactivos para que el biorreactor pueda llevar a cabo las reacciones químicas necesarias. Por último, pero no menos importante, el RMT (por la sigla de Reactions Measure Tank) está diseñado específicamente para medir las reacciones que ocurren en el bioproceso, brindándonos información crucial para monitorear y optimizar el rendimiento de nuestro sistema de producción biológica. Con esta configuración de bloques de trabajo, podemos garantizar un control preciso y eficiente de nuestro biorreactor, maximizando así los resultados obtenidos. Para facilitar el manejo y el entendimiento del sistema se crearon UDF (por la sigla User Defined Function) del BWT, del WAT, del RAT y del RMT cada una con las respectivas parametrizaciones de los sensores o actuadores que se conectan a ellas. Estas se muestran en la Fig 2

Fig. 2. Unidades funcionales creadas en el software del PLC LogosoftComfort V8.3



La primera etapa en entrar en funcionamiento es el diagnóstico del equipo. Una vez armado el bloque de trabajo correspondiente, se inicializa con una marca de arranque por software para que la board de las entradas sea leída. Una vez que el equipo fue diagnosticado positivamente, con el doble proceso metodológico, se diagnostica y actúa el WAT y el RAT. Para la medida de reacción, se instalaron al fin de la mezcla el sensor de pH y el termopar. Se los programó en una escala de trabajo e iguales incrementos. Se registran sus valores a través de una página web, para medir la cinética de la reacción.

Fig. 3. Ejemplo de interfaz HMI para el sistema creada en el software del PLC Logo- softComfort V8.3

B	i	o	r	r	e	a	c	t	o	r						
U	n	i	d	a	d		B	W	T							
T	e	m	p	e	r	a	t	u	r	a	:	1	0	0		
p	H	:	1	0												
p	O	2	:	7	5											
R	P	M	:	5	5	0										

4. Conclusiones

El sistema desarrollado permite un control ágil y automático del biorreactor, registrando y monitoreando el proceso de fermentación y gestionando los setpoints sin necesidad de intervención manual. La arquitectura de control basada en PLC, con costos reducidos, que se presenta aquí, facilita la realización de investigaciones en las áreas de bioprospección y bioproducción. Además, su aplicación es particularmente valiosa al permitir el acceso a equipos de control más compactos, lo que a su vez libera recursos para el desarrollo y escalado industrial del proceso. Este enfoque proporciona una base sólida para futuras innovaciones en el control automatizado de biorreactores a un costo accesible.

Referencias

- [1] J. V. Ruiz-Tagle, "Desafíos para un desarrollo sustentable de Chile en el siglo XXI," 2023. [HTML]
- [2] F. E. Rincón González, "Herramientas' open source' para la automatización de procesos en el sector de la ingeniería agroalimentaria y de biosistemas," 2024. upc.edu
- [3] A. A. M. Ortega Rodríguez, "Propiedades físico-químicas del suelo y su influencia sobre morera (Morus alba, Linn) en arbolado de alineación y espacios verdes en los departamentos de ...," 2023. unsj.edu.ar
- [4] B. Tomar, N. Kumar, M. Sreejeth, "Real Time Automation and Ratio Control Using PLC & SCADA in Industry 4.0," Computer Systems Science, 2023. academia.edu
- [5] J. García Parrado, O. Regalón Anias, et al., "Modernización del sistema de control de un biorreactor de 75 L para el cultivo de bacterias y levaduras," Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones, vol. 42, no. 3, pp. 1-12, 2021. sld.cu
- [6] J. R. Duarte Hernández, "Diseño de un biorreactor de dos etapas para la degradación de residuos sólidos orgánicos," 2024. ecci.edu.co

- [7] K. D. Mauricio Bacón and A. A. Romero Olaza, "Efecto del extracto de levadura y la relación carbono-nitrógeno en la producción de polihidroxibutirato por *Bacillus subtilis* NRRL B-1650," 2024. uns.edu.pe
- [8] E. A. Diaz Guillen and J. F. Montalván López, "Desarrollo de un sistema automatizado de un reactor químico de bopet 1 para mejorar el control de los procesos químicos en la empresa Opp Film," repositorioacademico.upc.edu.pe, . upc.edu.pe
- [9] D. Pérez Gutiérrez, "Desarrollo e implementación del sistema de control industrial de un biorreactor para la producción de etanol," 2023. upv.es
- [10] J. A. Calderón Rivas and A. Rivera Verdugo, "Diseño del sistema automatizado de control del caldero ELECON 7.5 BHP del laboratorio de máquinas térmicas de la Universidad Politécnica Salesiana," 2022. ups.edu.ec
- [11] L. R. González Sánchez, "SISTEMAS DIFUSOS PARA EL DESARROLLO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS," ri.uaemex.mx. uaemex.mx
- [12] J. P. Vargas Montalba, "Desarrollo de una estrategia tecnológica y de negocio para la producción de celulosa bacteriana en un biorreactor de disco rotatorio," 2022. uss.cl
- [13] S. Mitra and G. S. Murthy, "Bioreactor control systems in the biopharmaceutical industry: a critical perspective," Systems Microbiology and Biomanufacturing, 2022. springer.com
- [14] L. Chemmalil, C. Chumsae, G. Li, and A. Leone, "Advanced Process Control and Automation with Special Focus on Emerging Continuous Bioprocessing," 2023. intechopen.com
- [15] M. K. Alavijeh, Y. Y. Lee, and S. L. Gras, "A perspective-driven and technical evaluation of machine learning in bioreactor scale-up: A case-study for potential model developments," ENGINEERING IN LIFE SCIENCES, 2024. D-nb.info
- [16] M. Karimi Alavijeh, Y. Y. Lee, et al., "A perspective-driven and technical evaluation of machine learning in bioreactor scale-up: A case-study for potential model developments," Engineering in Life Sciences, vol. 2024, Wiley Online Library. wiley.com

Evaluación de eficiencia de optimizadores SGDM y ADAM en Matlab® para la clasificación de defectos en carreteras

Angie P. Rique 1[0000-0002-2794-2482], Miguel A. Guatame1[0009-0002-6526-4667], Cristhian F. Moreno1[0000-0001-7607-6819], Fabián R. Jiménez2[0000-0003-4507-2035] y Andrés F. Jiménez 3[0000-0001-8308-7815]

1 Fundación Universitaria Compensar, Facultad de Ingeniería. Grupo de Investigación en Ingenierías GIIIS, Bogotá D.C, Colombia

2 Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ingeniería. Grupo de Investigación I2E, Tunja, Colombia.

3 Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Grupo de Investigación MACRYPT, FarmTechnology, Villavicencio, Colombia.

arique@ucompensar.edu.co mguatame@ucompensar.edu.co cfmorenomo@ucompensar.edu.co fabian.jimenez02@uptc.edu.co ajimenez@unillanos.edu.co

241

Resumen. Este estudio explora la eficacia de redes neuronales convolucionales (CNN) para clasificar automáticamente 11 tipos de defectos en pavimentos urbanos. Se compararon dos optimizadores, SGD con momento (SGDM) y ADAM, utilizando imágenes reales de vías pavimentadas de Bogotá procesadas en MATLAB® y verificadas por expertos en ingeniería civil. Los resultados indican que el optimizador SGDM logra una precisión ligeramente superior en la clasificación de imágenes a color con valores promedio de 74.67%, mientras que el optimizador ADAM obtuvo mejores resultados con imágenes en escala de grises, alrededor de 52.51%. Este trabajo demuestra el potencial de las CNN y el procesamiento de imágenes digitales para automatizar la inspección de pavimentos, mejorando la eficiencia y precisión en la evaluación de infraestructuras viales. Los hallazgos contribuyen al desarrollo

de sistemas de gestión de pavimentos más inteligentes y respaldan la implementación de soluciones basadas en datos para optimizar el mantenimiento de las vías urbanas.

Palabras clave: Aprendizaje Profundo, Infraestructura Vial, Mantenimiento Predictivo, Optimización de Algoritmos, Procesamiento Digital de Imágenes, CNN.

1 Introducción

La infraestructura vial es un componente crítico para el desarrollo socio económico y la calidad de vida humana en entornos urbanos y rurales [1]. La presencia de defectos estructurales en las vías, como baches, grietas o deformaciones, representa un desafío significativo para la seguridad vial, la prevención de accidentes, la eficiencia del transporte, la integridad de los vehículos y los costos de mantenimiento [2].

En este contexto, el análisis estructural preciso y la clasificación eficiente de estos defectos son fundamentales para implementar estrategias de mantenimiento preventivo y correctivo, que superen la subjetividad de inspecciones visuales y la alta carga de trabajo [3]. La creciente disponibilidad de tecnologías de inteligencia artificial (IA), en combinación con el aprendizaje profundo, abre nuevas oportunidades para abordar estos desafíos de manera más efectiva. Las redes neuronales convolucionales (CNN), han demostrado gran efectividad en tareas de visión por computador y análisis de imágenes en diversos campos, incluyendo la ingeniería civil [4].

Esta investigación se centra en la aplicación de técnicas avanzadas de aprendizaje profundo para el análisis y clasificación de defectos viales en diversos tipos de pavimentos. Específicamente, se comparan dos algoritmos de optimización ampliamente utilizados en el entrenamiento de CNN: el Descenso de Gradiente Estocástico con Momento (SGDM) y la Estimación Adaptativa de Momento (ADAM). El estudio se realizó utilizando MATLAB® 2024a, aprovechando sus herramientas para procesamiento de imágenes y aprendizaje automático.

El trabajo se enmarca en el desarrollo de una aplicación móvil híbrida con capacidades de análisis basadas en IA. Esta plataforma está diseñada para facilitar la participación ciudadana en la identificación y reporte de defectos viales, proporcionando a las entidades gubernamentales datos precisos y clasificaciones automatizadas para apoyar la toma de decisiones en la gestión de la infraestructura vial. La integración de estas tecnologías emergentes en sistemas de gestión de pavimentos tiene el potencial de revolucionar los enfoques

tradicionales de mantenimiento vial, permitiendo estrategias más proactivas, eficientes y económicamente viables. Los resultados de esta investigación no solo validan la viabilidad de las CNN para la clasificación automatizada de defectos viales, sino que también establecen un punto de partida para futuras investigaciones en la optimización de algoritmos de aprendizaje profundo en el dominio de la ingeniería civil y el mantenimiento de infraestructuras.

2 Materiales y Métodos

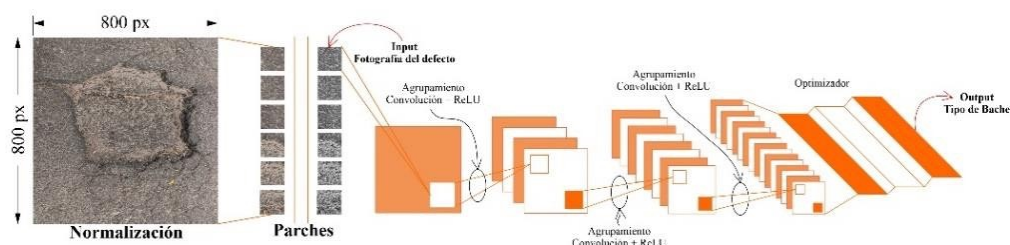
Este estudio se realizó utilizando MATLAB 2024a en un equipo con procesador RYZEN 7 7730U, tarjeta gráfica Radeon Graphics de 2GB, 16GB de RAM y sistema operativo Windows 11 Pro (versión 23H2, 64 bits). El conjunto de datos inicial consistió en 5000 imágenes de defectos viales de carreteras en Bogotá, capturadas por estudiantes del semillero Bochica Software de la Fundación Universitaria Compensar. Estas imágenes fueron sometidas a un proceso de pre-procesamiento, eliminando aquellas con más del 25% de interferencias externas como sombras y ruido, usando técnicas de filtrado, obteniéndose un conjunto final de 1001 imágenes.

Las imágenes fueron normalizadas a un tamaño estándar de 800x800 píxeles y clasificadas en 11 categorías de defectos viales, incluyendo baches, fisuras y hundimientos. Estas categorías fueron validadas por expertos en ingeniería civil de la Corporación para la Gestión de Programas Sociales. Para obtener muestras más detalladas, cada imagen se dividió en parches de 100x100 píxeles, generando un total de 199,100 muestras para el análisis. La arquitectura de la red neuronal diseñada consistió en una red convolucional profunda con 4 capas: 3 capas convolucionales ocultas y 1 capa de salida completamente conectada. Se determinó usar filtros de 3x3 y tamaños de kernel de 8, 16, 32 y 64, para cada capa respectivamente. Se implementó la función de activación ReLU al final de cada capa convolucional para mejorar el rendimiento y la convergencia del modelo. Para evaluar y comparar el rendimiento, se utilizaron dos optimizadores: SGDM (Stochastic Gradient Descent with Momentum) y ADAM (Adaptive Moment Estimation).

Ambos fueron configurados con 3 épocas de entrenamiento y una frecuencia de validación de 60 iteraciones. Las imágenes se procesaron tanto en formato RGB como en escala de grises para evaluar el impacto de cada modalidad en la precisión del modelo. Adicionalmente, se aplicaron técnicas de aumento de datos, incluyendo rotaciones aleatorias y ajustes de brillo y contraste, para mejorar la generalización del modelo y aumentar la variabilidad de las muestras. Esta metodología garantizó una evaluación comparativa robusta entre SGDM y ADAM en el contexto específico del análisis de defectos viales, pro-

porcionando perspectivas sobre el rendimiento de estos optimizadores en aplicaciones de visión por computadora en ingeniería civil.

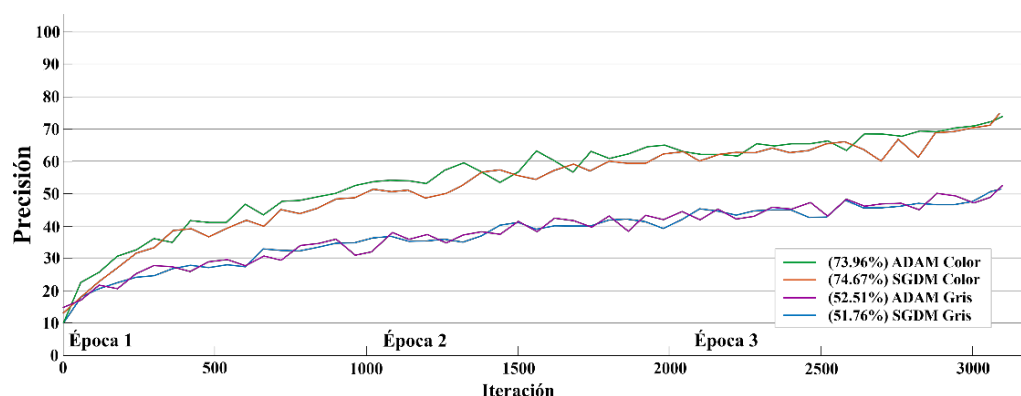
Fig. 1. Diagrama general del modelo de Red Neuronal Convolutiva implementado. Fuente: Autores.



3 Resultados y discusión

Los resultados obtenidos indican que las técnicas de aprendizaje profundo ofrecen un potencial significativo para la clasificación automática de defectos viales contribuyendo a los sistemas de gestión de pavimentos y mantenimiento de infraestructura vial. El modelo entrenado con SGDM alcanzó una precisión del 74.67% al procesar imágenes en RGB y un 51.76% con imágenes en escala de grises. De otro lado, el modelo entrenado con ADAM obtuvo una precisión del 73.96% con imágenes RGB y un 52.51% con imágenes en escala de grises. Aunque las diferencias en precisión son sutiles, resultan significativas en el contexto de la clasificación automatizada de defectos viales (Ver figura 2).

Fig. 2. Curvas de Precisión comparativas para SGDM y ADAM. Fuente: Autores.



Esto indica que, el optimizador SGDM demostró ser más efectivo para imágenes en formato RGB, lo cual podría atribuirse a la mayor cantidad de infor-

mación contenida en este formato, que permite al modelo discriminar entre diferentes tipos de defectos con mayor precisión. Por otro lado, ADAM, al adaptarse de forma adaptativa a las características de los datos, obtuvo mejores resultados con imágenes en escala de grises, donde la información relevante podría estar más concentrada en las texturas y bordes.

Tabla 1. Consumo de recursos computacionales por variaciones y optimizadores

Optimizador	Imágenes	CPU	RAM	GPU	Tiempo
SGDM	Grises	53%	63%	1%	81 min 43 seg
SGDM	RGB	58%	64%	3%	92 min 04 seg
ADAM	Grises	55%	64%	0%	80 min 13 seg
ADAM	RGB	54%	64%	0%	88 min 46 seg

En términos de consumo de recursos computacionales y tiempo de entrenamiento, ambos optimizadores mostraron un rendimiento similar. El consumo de CPU osciló entre 53% y 58%, el de RAM se mantuvo alrededor del 64%, y el uso de GPU fue mínimo, variando entre 0% y 3%. Los tiempos de entrenamiento fluctuaron entre 80 y 92 minutos, dependiendo del optimizador y el formato de imagen utilizado. En general, el optimizador SGDM con datos de entrada en escala de grises consumió en promedio menos recursos del equipo de cómputo (Ver tabla 1).

4 Conclusiones

Este estudio demuestra la efectividad de utilizar redes neuronales convolucionales para la clasificación automatizada de defectos viales. Los resultados obtenidos indican que los modelos entrenados con el optimizador SGDM alcanzaron una mayor precisión (74.67%) con imágenes RGB, mientras que los modelos entrenados con ADAM tuvieron una precisión ligeramente superior (52.51%) con imágenes en escala de grises. Ambos optimizadores mostraron un consumo de recursos computacionales comparable, con ADAM presentando tiempos de entrenamiento marginalmente menores. La arquitectura CNN de 4 capas con 3 épocas de entrenamiento demostró ser eficaz, sugiriendo un buen equilibrio entre complejidad y rendimiento. Estos hallazgos respaldan la viabilidad de integrar técnicas de aprendizaje profundo y aplicaciones móviles para la identificación y reporte de defectos viales, sentando las bases para futuras investigaciones en la optimización de algoritmos de aprendizaje profundo en ingeniería civil y mantenimiento de infraestructuras viales.

Referencias

- [1] L. O. Calva-Herrera, "Gestión vial rural y desarrollo socioeconómico en un distrito de San Ignacio, Perú," *Rev. Investig. Desarro. e Innovación*, vol. 13, no. 2, pp. 259–270, 2023, doi: 10.19053/20278306.v13.n2.2023.16832.
- [2] S. Martinez and G. Rojas, "Inventario Vial y Alternativas de Intervención para el Tramo Vial que une los Municipios de Lourdes hasta Sardinata Desde el K10+00 al K17+00, Departamento de Norte de Santander," pp. 1–103, 2023,
- [3] C. Solis and L. Requis, "Estrategias para el mantenimiento de pavimentos flexibles utilizando el método PCI en la carretera Pasco – Yanahuanca 2022," *Cerro de Pasco*, 2024. [Online]. Available: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4342>
- [4] L. Silva, "A Platform for Smart Infrastructure Monitoring with Unmanned Aerial Vehicles and Deep Learning Techniques," *Salamanca*, 2023. [Online]. Available: <https://gredos.usal.es/handle/10366/157594>

Determinación de Fósforo, Potasio y Aluminio en suelos agrícolas mediante aprendizaje profundo

Angie P. Rique 1,2[0000-0002-2794-2482], Miguel A. Guatame1[0009-0002-6526-4667], Fabián R. Jiménez2[0000-0003-4507-2035], Andrés F. Jiménez 3[0000-0001-8308-7815] y Dayra Y. García4[0000-0002-2501-4842],

1 Fundación Universitaria Compensar, Facultad de Ingeniería. Grupo de Investigación en Ingenierías GIIS, Bogotá D.C, Colombia

2 Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ingeniería. Grupo de Investigación I2E, Tunja, Colombia.

3 Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Grupo de Investigación MACRYPT, FarmTechnology, Villavicencio, Colombia.

4 Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Grupo de Investigación Agricultura de Precisión, Villavicencio, Colombia. arique@ucompensar.edu.co

mguatame@ucompensar.edu.co fabian.jimenez02@uptc.edu.co ajimenez@unillanos.edu.co dgarcia@unillanos.edu.co

247

Resumen. Este estudio presenta un nuevo enfoque para la determinación de los niveles de fósforo, potasio y aluminio en suelos agrícolas, utilizando técnicas de aprendizaje profundo y análisis de imágenes digitales. Se preprocesaron imágenes de suelos para realizar el entrenamiento de redes neuronales convolucionales (CNN), con el fin de obtener modelos capaces de identificar la concentración de los niveles de estos nutrientes esenciales directamente a partir de las imágenes del suelo. Los resultados obtenidos muestran una elevada precisión en la clasificación, alcanzando un 87.23% para fósforo, 70.9% para potasio y 90.76% para aluminio. Esta metodología propuesta ofrece una alternativa rápida, no invasiva y potencialmente más económica en comparación con los métodos de análisis químico tradicionales. La aplicación de esta tecnología en agricultura de precisión indica que la integración del procesamiento digital de imágenes y las técnicas de aprendizaje automático pueden ser una herramienta eficaz para mejorar la gestión de nutrientes en los sue-

los agrícolas, optimizando el uso de fertilizantes y contribuyendo a prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles. Los hallazgos obtenidos demuestran el potencial del uso de la inteligencia artificial en la caracterización de suelos y la toma de decisiones en la agricultura moderna.

Palabras clave: Caracterización química de suelos; procesamiento digital de imágenes; redes neuronales artificiales; técnicas de aprendizaje profundo.

1 Introducción

La creciente demanda mundial de alimentos, junto con la degradación de los suelos y la necesidad de prácticas agrícolas sostenibles, exigen soluciones innovadoras para la gestión de nutrientes [1]. La determinación precisa y oportuna de los niveles de nutrientes esenciales, como fósforo, potasio y aluminio, es fundamental para optimizar el uso de fertilizantes y maximizar la productividad agrícola [2].

Tradicionalmente, los métodos de análisis de suelos han sido costosos y laboriosos, lo que limita su aplicación a gran escala. Los métodos convencionales para el análisis de suelos, como los ensayos químicos de laboratorio, aunque precisos, presentan desventajas significativas, incluyendo la necesidad de recolectar y procesar muestras físicas, el acceso a instalaciones especializadas y los costos asociados [3].

En este contexto, el aprendizaje profundo emerge como una tecnología prometedora para revolucionar la agricultura de precisión. Las redes neuronales convolucionales (CNN) han demostrado su eficacia en diversas tareas de visión por computadora, incluyendo la clasificación de imágenes médicas y la detección de objetos. En este estudio, se explora la aplicación de CNN para desarrollar un método no invasivo y de bajo costo para determinar los niveles de fósforo, potasio y aluminio en suelos agrícolas, directamente a partir de imágenes digitales [4].

El objetivo principal de esta investigación es entrenar y validar un modelo de CNN capaz de clasificar muestras de suelo en diferentes categorías de contenido de nutrientes con alta precisión. Al superar las limitaciones de los métodos tradicionales, esta herramienta podría contribuir a una gestión más eficiente de los fertilizantes, reduciendo costos y minimizando el impacto ambiental. Además, se espera que esta investigación impulse el desarrollo de aplicaciones móviles y plataformas en línea para facilitar el acceso a esta tecnología por parte de agricultores y técnicos agrícolas.

2 Materiales y Métodos

En este estudio se emplearon diversos materiales y equipos avanzados para la determinación de fósforo, potasio y aluminio en suelos agrícolas, combinando la tecnología de captura de imágenes y el aprendizaje profundo. Se recolectaron un total de 347 muestras fotográficas de suelos provenientes de cultivos de caña, arroz, maíz y soya en el departamento del Meta, Colombia. Estas muestras fueron obtenidas y almacenadas en el laboratorio de suelos de la Universidad de los Llanos, con el objetivo de asegurar una representación amplia y variada de las condiciones edáficas de la región.

Para la captura de las imágenes, se utilizó un dispositivo móvil inteligente equipado con una cámara posterior de 12 píxeles de resolución, 6 GB de memoria RAM, 128 GB de almacenamiento interno, procesador Snapdragon 680, batería de 5000 mAh y sistema operativo Android 11. Este equipo permitió obtener imágenes de alta calidad de las muestras de suelo en campo, las cuales fueron esenciales para el análisis posterior. Una vez capturadas, las imágenes se transfirieron a una estación de trabajo para su procesamiento y análisis. El procesamiento de las imágenes y el entrenamiento de los modelos de clasificación se realizaron utilizando Matlab® R2021B en una estación de trabajo de alto rendimiento, equipada con un procesador RYZEN 9 de AMD, tarjeta gráfica Radeon Graphics de 3.30 GHz, 32 GB de memoria RAM y sistema operativo Windows 11 Pro. Esta infraestructura permitió manejar el gran volumen de datos visuales y ejecutar los complejos algoritmos de aprendizaje profundo requeridos para el estudio.

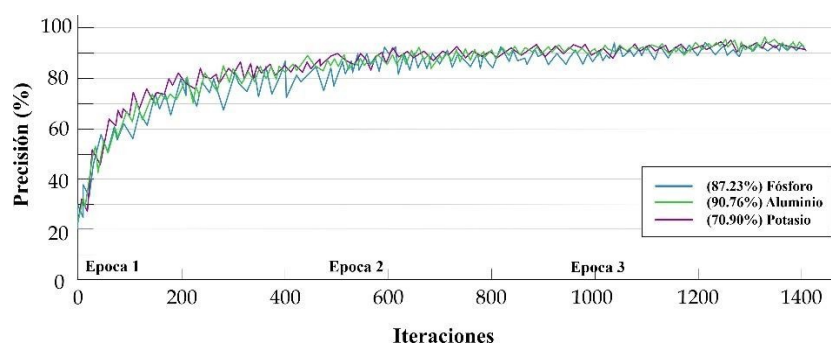
La metodología del estudio se estructuró en varias etapas. En primer lugar, se realizó la recolección y preparación de las muestras, asegurando la calidad y uniformidad de las imágenes capturadas. Luego, estas imágenes fueron sometidas a un riguroso proceso de preprocesamiento que incluyó técnicas de normalización y filtrado para mejorar su calidad y facilitar el análisis posterior. A continuación, se diseñaron y entrenaron redes neuronales convolucionales (CNN) específicas para cada uno de los elementos químicos analizados: fósforo, potasio y aluminio. Estas redes neuronales se estructuraron en una capa de entrada, cuatro capas convolucionales ocultas y una capa de salida completamente conectada. Las capas convolucionales fueron seguidas de procesos de normalización y agrupamiento ("pooling"), lo que permitió estabilizar la distribución de las activaciones y mejorar la eficiencia del entrenamiento.

Finalmente, el sistema de clasificación desarrollado fue validado utilizando un conjunto de imágenes no vistas durante el entrenamiento, evaluando la precisión del modelo en la determinación de los niveles de fósforo, potasio y aluminio en las muestras de suelo. Este enfoque no solo permitió confirmar la efectividad del modelo, sino también identificar áreas de mejora para futuras inversiones en el campo de la agricultura de precisión, donde la tecnología de aprendizaje profundo puede jugar un papel fundamental en la optimización de la gestión de suelos y cultivos.

3 Resultados y discusión

El análisis de los resultados obtenidos mediante redes neuronales convolucionales (CNN) para la determinación de fósforo, potasio y aluminio en suelos agrícolas demuestran la alta efectividad del enfoque aplicado. Los modelos desarrollados demostraron una notable capacidad para clasificar las muestras de suelo, destacándose en la identificación de los niveles de estos elementos críticos para la fertilidad del suelo (Ver figura 1).

Fig. 1. Precisión del modelo entrenado por elemento químico



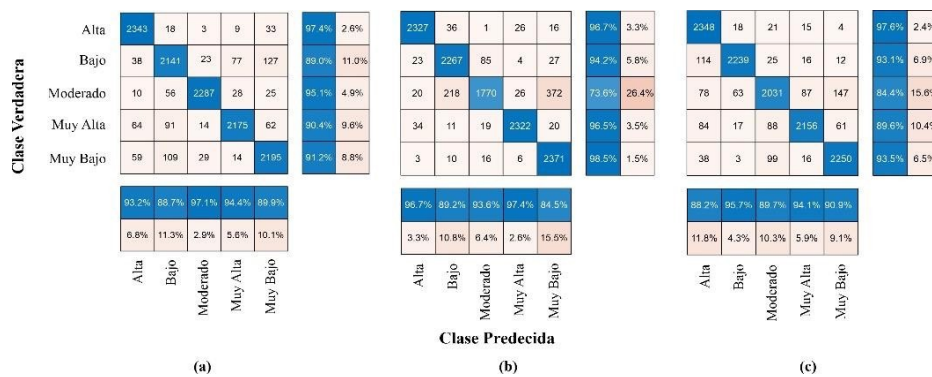
250

En la determinación de fósforo, el modelo alcanzó una precisión excepcional, superando el 91%. Esta alta precisión se refleja en un coeficiente de determinación R^2 de 0.8694, indicando que el modelo explica eficazmente la mayoría de la variabilidad en los datos de fósforo. El error cuadrático medio (MSE) promedio de 0.2616 subraya la exactitud del modelo en la estimación de los niveles de fósforo, sin evidenciar problemas de sobreajuste durante el entrenamiento. Estos resultados sugieren una robusta capacidad del modelo para clasificar las muestras en categorías cualitativas que van desde Muy Bajo hasta Muy Alto.

Para el potasio, el modelo exhibió un desempeño igualmente sólido, con un R^2 de 0.8387 y una precisión global entre 73.6% y 98.5%. Aunque se identificó

una menor precisión en la clasificación de la categoría Moderado, la baja tasa de falsos positivos en la matriz de confusión confirma la eficacia general del modelo para discriminar entre los distintos niveles de potasio. Esta observación señala un área potencial de mejora para futuras iteraciones del modelo. En cuanto al aluminio, el modelo de CNN logró una precisión superior al 92%, demostrando una excelente capacidad para clasificar las muestras en cinco categorías cualitativas. Las curvas de precisión mostraron una mejora continua durante el entrenamiento, indicando un aprendizaje eficaz del modelo. Esta alta precisión es particularmente relevante, dada la importancia del aluminio en la gestión de la toxicidad y fertilidad del suelo.

Fig. 2. Matrices de Confusión resultantes. (a) Aluminio (b) Potasio (c) Fósforo



Estos resultados demuestran que las redes neuronales convolucionales son una herramienta poderosa y efectiva para la clasificación y determinación de los niveles de fósforo, potasio y aluminio en suelos agrícolas. La alta precisión alcanzada valida la viabilidad de este enfoque basado en aprendizaje profundo para aplicaciones en agricultura de precisión, ofreciendo una solución no invasiva y confiable para la caracterización química de suelos (Ver figura 2).

4 Conclusiones

Este estudio demuestra la eficacia de las redes neuronales convolucionales (CNN) en la determinación precisa de fósforo, potasio y aluminio en suelos agrícolas, con niveles de precisión superiores al 90% en la mayoría de los casos. La metodología desarrollada ofrece una alternativa no invasiva y eficiente a los métodos tradicionales, posicionándose como una herramienta valiosa para la agricultura de precisión. La integración de tecnología de imagen digital y aprendizaje profundo promete optimizar el uso de fertilizantes y mejorar las prácticas de manejo del suelo, contribuyendo significativamente a la sostenibilidad agrícola. Aunque se identificaron áreas de mejora, los resultados

validan la robustez del enfoque propuesto. Esta investigación establece una base sólida para futuras innovaciones en la intersección de la inteligencia artificial y la agronomía, prometiendo transformar la gestión de recursos agrícolas y potenciar la productividad en la agricultura moderna.

Referencias

- [1] ONU, Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las américas, vol. 01. San José, Costa Rica, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/6eed817e-f9c7-449a-913f-76bb41c13375/content>
- [2] A. Bautista, Francisco; Aguilera, Hacia un conocimiento global y multidisciplinario del recurso suelo, 1st ed., vol. 02. Ciudad de Mexico, 2023. [Online]. Available: https://www.smcsmx.org/files/2023/LIBRO_2_2023.pdf
- [3] F. L. Ramírez Valencia, "Bases Conceptuales Para el Análisis de Suelos por Métodos Ópticos," 2017.
- [4] Y. Bao et al., "Assessing the improvement potentials of climate model partitioning and time-variant feature extraction for soil organic carbon prediction," Catena, vol. 241, no. April, p. 108014, 2024, doi: 10.1016/j.catena.2024.108014.

Reconocimiento biométrico con el uso del mapa venoso de la mano en humanos mediante análisis espectral en raspberry PI

Fabian Velasquez Clavijo¹, Angela Yulieth Florez Garcia², William David Avila Ducon³
¹ Engineering School, Macrypt Research Group, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta, Colombia

fvelasquez@unillanos.edu.co, ayflorez@unillanos.edu.co, wdavila@unillanos.edu.co

Abstract. El presente artículo expone la implementación algorítmica de un sistema que permitió el reconocimiento de usuarios por medio de imágenes de las venas del dorso de la mano capturadas en el espectro infrarrojo. Las muestras son obtenidas por una cámara nocturna usando una matriz 6x6 de leds infrarrojos emisores ubicada en el interior de una caja totalmente a oscuras. Al obtener las imágenes fueron analizadas en una Raspberry Pi utilizando la librería OpenCv. Se aplicaron filtros para el análisis de imagen a las muestras obtenidas para visualizar correctamente la posición de las venas. Para obtener la muestra definitiva del usuario se tomaron varias fotos del dorso de la mano, las cuales se segmentaron en 4 partes. A cada segmento se le aplicó la FFT y se promedió cada uno de los segmentos para así obtener las energías de la imagen. Se concluyó que al haber calculado el promedio de las energías fue posible comparar las distribuciones de energía en el dominio de la frecuencia de la imagen almacenada con la imagen que captura en tiempo real la cámara nocturna.

253

Keywords: FFT, OpenCV, Raspberry Pi, Análisis de imagen.

1 Introducción

La biometría (del griego bios vida y metron medida) es el estudio de métodos automáticos para el reconocimiento único de humanos basados en uno o más rasgos conductuales o rasgos físicos intrínsecos [6]. En las tecnologías de la información, la autenticación biométrica o biometría informática es la aplicación de técnicas matemáticas y estadísticas sobre los rasgos físicos o de conducta de un individuo, para su autenticación, es decir, “verificar” su identidad. Las huellas dactilares, la retina, el iris, los patrones faciales, de venas de la mano o la geometría de la palma de la mano, representan ejemplos de características físicas (estáticas), mientras que entre los ejemplos de características del comportamiento se incluye la firma, el paso y el tecleo(dinámicas). La voz se considera una mezcla de características físicas y del comportamiento, pero todos los rasgos biométricos comparten aspectos físicos y del comportamiento.[6-7]. La Transformada Rápida de Fourier (FFT) es un algoritmo eficiente y de gran importancia en amplia variedad de aplicaciones, desde el tratamiento digital de señales, filtrado digital, algoritmos de multiplicación rápida de números enteros grandes y el reconocimiento espectral de señales [1]. En la técnica de análisis por bancos de filtros se considera una cantidad finita de bandas de frecuencia para luego estimarles la energía a cada una de las bandas[12].

2 Materiales y Metodología

254

Para llevar a cabo el proyecto inicialmente se construyó una caja con dos espacios, uno para introducir el dorso de la mano en uno de sus lados y otro en la parte de arriba para posicionar la cámara, con el fin de mejorar la precisión de las muestras y el análisis en tiempo real, dentro de la caja se coloca un mango para sujetarlo, esto con el fin de mantener la misma posición de la mano y se pinta de negro tanto el interior como el exterior, se construye también una matriz led 6x6 hecha con leds infrarrojos emisores como se puede ver en la Fig 1

Fig. 1. Evidencias fotográficas de la caja y la matriz de leds 6x6



Para capturar las imágenes utilizamos una cámara nocturna con reconocimiento de luces infrarrojas que se conecta al puerto de cámara de la Raspberry, las fotografías son procesadas por unos filtros principalmente blanco y negro para resaltar las venas del dorso de la mano, esto se puede apreciar en la Fig. 2

3 Resultados

En el interior de la caja se inserta una cámara nocturna compatible con la Raspberry Pi junto con la matriz de led 6x6 de led infrarrojo . La cámara captura la foto de la mano y se le realiza el análisis de imagen con la librería Open Cv (ver Fig 2 y Fig 3).

Fig .2. Evidencias fotográficas de la cámara nocturna y la muestra obtenida después de realizar un análisis de imagen.

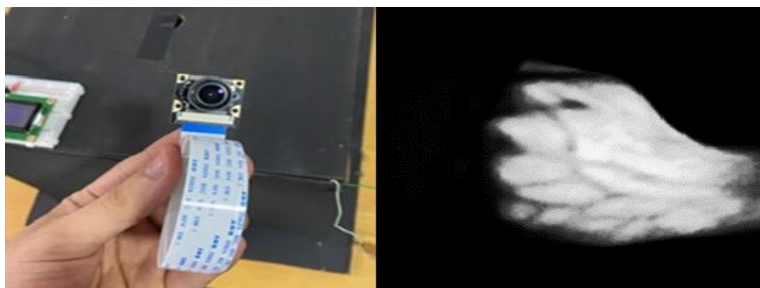


Fig .3. Diagrama de bloques del sistema biométrico



Al ser obtenida la muestra se le realizó escala de grises, filtro blanco y negro, segmentación y contorno. Los respectivos filtros se observan en la fig 4.

Fig.4. Evidencias fotográficas del filtro de escala de grises y segmentación y contorno



Al realizar la segmentación de la muestra en 4 cuadrados, se le realizó la FFT a cada segmentación, se sumaron y se promediaron las energías para así comparar las distribuciones de energía en el dominio de la frecuencia de la imagen almacenada con la imagen que captura en tiempo real la cámara nocturna.

4 Conclusiones

Es importante garantizar que las imágenes se encuentren bajo las mismas condiciones, por eso se decidió añadir mango al interior de la caja. Así la posición de la mano será la más similar en cada toma y al segmentar la imagen, el promedio de energía no variara mucho.

La energía obtenida usando la FFT se usa para extraer patrones apropiados para lograr un reconocimiento eficiente. Por ejemplo, las imágenes con texturas similares tendrán distribuciones de energía similares en el dominio de la frecuencia, esto puede ser utilizado para comparar imágenes de mapa venoso y encontrar similitudes entre ellas.

References:

1. A. L. Schmidt, «FFT: Transformada Rapida de Fourier,» Univerisdad Nacional del Sur, Bahia Blanca,Argentina, 2013.
2. N. Instruments, «The Fundamentals of FFT-Based Signal Analysis,» 2000.
3. Randall, R.B., and Tech, B. Frequency Analysis, 3rd Edition, Bruël and Kjær, September 1979.
4. The Fundamentals of Signal Analysis, Application Note 243, Hewlett-Packard, 1985.
5. Harris, Fredric J. "On the Use of Windows for Harmonic Analysis with the Discrete Fourier Transform" in Proceedings of the IEEE Vol. 66, No. 1, January 1978.
6. . Lindner, Douglas K: Introducción a las señales y los sistemas. Bogotá : McGraw-Hill , 2002 .
7. Oppenheim,alan: Tratamiento de señales en tiempo discreto:Madrid:Prentice.Hall,2000.
8. I. M. A. Amat Roldan, «Herramientas de procesamiento de imagen para la microscopía cuantitativa para evaluar el remodelado cardíaco a nivel celular,» Universidad Politecnica de Catalunya, Barcelona, 2010.
9. I. M. A. Amat Roldan, «Herramientas de procesamiento de imagen para la microscopía cuantitativa para evaluar el remodelado cardíaco a nivel celular,» Universidad Politecnica de Catalunya, Barcelona, 2010.
10. Malki, S., y Spaanenburn, L. (2010). Cbas: A cnn-based biometrics authentication system. En12th international workshop on cellular nanoscale networks and their applications (cnna 2010) (p. 1-6).
11. T. D. Minguez, Visión Artificial Aplicaciones practicas con Opencvpyhon, Marcombo, 2021. C
12. F. W. E. S. J. U. Héctor Kaschel C., « COMPRESIÓN DE VOZ MEDIANTE TÉCNICAS DIGITALES PARA EL,» Universidad Taparaca, 2005.
13. "Signal Processing Toolbox. For use with Matlab". User's Guide version 4.2. The MathWorks Inc. 1999. <http://www.mathworks.com>
14. S. Keagy et al. "Integration Voice and Date Networks". Cisco System. Pearson. 2001.

Diseño de una Estación Meteorológica Inteligente para predicción del clima usando Machine Learning

Jiménez-López, Fabián-R. 1[0000-0003-0213-6641]; Rosales-Agredo, Jenny-A.1[0000-0001-8004-4369]; Ruge-Ruge, Ilber-A. 1[0000-0003-2541-7681] y Jiménez-López, Andrés-F. 2[0000-0001-8308-7815]

1 Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – Escuela de Ingeniería Electrónica Tunja – Grupo de Investigación I2E, Tunja, Colombia. 2 Universidad de los Llanos – Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería – Grupo de Investigación MACRYPT, FarmTechnology, Villavicencio, Colombia

fabian.jimenez02@uptc.edu.co, jenny.rosales@uptc.edu.co, ilber.ruge@uptc.edu.co, y ajimenez@unillanos.edu.co

258

Resumen. Este estudio presenta una estación meteorológica inteligente que integra técnicas de aprendizaje automático y tecnologías IoT para mejorar la precisión de los pronósticos climáticos en Tunja. La estación recopila datos en tiempo real de múltiples variables atmosféricas (temperatura, humedad, viento, radiación y precipitación) y emplea algoritmos de regresión lineal múltiple y redes neuronales artificiales para clasificar las condiciones meteorológicas. Los modelos de predicción desarrollados muestran un alto rendimiento, con errores inferiores al 10%. La estación, equipada con módulos ZigBee® y LoRa™, facilita la transmisión de datos a una plataforma en la nube para su análisis y visualización. Los resultados obtenidos demuestran la eficacia de esta solución para el monitoreo climático en tiempo real, lo que la convierte en una herramienta valiosa para diversas aplicaciones, como la agricultura, el turismo y la gestión de riesgos ambientales.

Keywords: Weather prediction, Meteorological Data, Multiple Linear Regression, Internet of Things, Deep Neural Networks..

1 Introducción

La creciente necesidad de información meteorológica precisa y en tiempo real ha impulsado el desarrollo de estaciones meteorológicas inteligentes. Sin embargo, en muchas regiones, como Tunja, la implementación de estas tecnologías aún es limitada. Este estudio propone una solución innovadora que combina la Internet de las Cosas (IoT) y el aprendizaje automático para crear una estación meteorológica capaz de predecir una amplia gama de variables climáticas con alta precisión [1,2].

A diferencia de las estaciones meteorológicas tradicionales, este sistema aprovecha el potencial de los algoritmos de aprendizaje automático para identificar patrones complejos en grandes conjuntos de datos, permitiendo la construcción de modelos de pronóstico más robustos y confiables [3]. Estos modelos no solo predicen variables climáticas básicas como temperatura y humedad, sino que también pueden estimar parámetros más especializados como la calidad del aire y los índices de confort térmico [4].

La estación meteorológica propuesta se diferencia de investigaciones previas al integrar de manera integral tecnologías IoT y aprendizaje automático, y al prestar especial atención a la validación de los modelos en entornos reales. Los resultados de este estudio tienen el potencial de mejorar la toma de decisiones en diversos sectores, como la agricultura, la planificación urbana y la gestión de riesgos [5, 6].

En este trabajo, se detallan los aspectos metodológicos del proyecto, incluyendo la selección de sensores, el diseño de la arquitectura de la estación y la evaluación de los modelos de predicción.

259

2 Materiales y Métodos

Este estudio adoptó un enfoque cuantitativo y correlacional para establecer relaciones precisas entre variables meteorológicas y predecir las condiciones climáticas en Tunja. A través de la integración de tecnologías IoT y algoritmos de aprendizaje automático, se desarrolló una estación meteorológica inteligente capaz de recolectar, procesar y analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real.

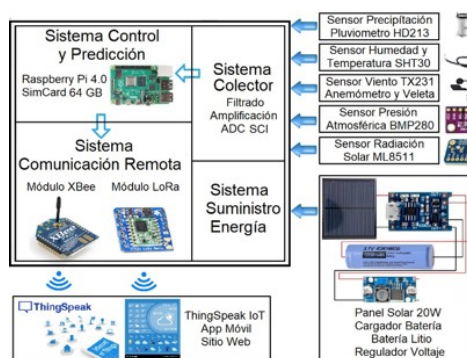
2.1 Desarrollo Estación Meteorológica Inteligente

La estación meteorológica se diseñó en torno a cuatro sistemas interconectados (Ver Figura 1):

Sistema colector de datos: mediante la selección de sensores de alta precisión para medir variables como precipitación, temperatura, humedad, viento, presión atmosférica y radiación solar. Los datos recolectados fueron acondicionados y digitalizados antes de ser transmitidos al sistema de control.

Sistema de control y predicción: Basado en una Raspberry Pi® 4.0, este sistema fue programado en Python para ejecutar los algoritmos de aprendizaje automático. Se utilizaron las librerías scikit-learn, Pandas, NumPy y Keras para entrenar y evaluar los modelos de regresión lineal múltiple (MLR) y redes neuronales convolucionales (CNN).

Fig. 1. Arquitectura Estación Meteorológica Inteligente. Fuente: Autores.



260

Sistema de comunicación remota: Los datos de los sensores y los resultados de los modelos de predicción fueron transmitidos a una plataforma en la nube (ThingSpeak) mediante módulos de comunicación inalámbrica ZigBee® y LoRa®.

Sistema de suministro de energía: Se implementó un sistema autónomo de energía solar para garantizar el funcionamiento continuo de la estación, compuesto por un panel solar, un controlador de carga, baterías de litio y un regulador de voltaje.

2.2 Recolección y Preprocesamiento de Datos

Se recolectaron datos meteorológicos durante seis meses (junio a diciembre de 2023) con una frecuencia de una hora. Los datos fueron preprocesados para eliminar valores atípicos, manejar valores faltantes y normalizar las variables.

2.3 Modelos de Aprendizaje Automático

Se entrenaron y evaluaron dos tipos de modelos: Regresión lineal múltiple (MLR): Se establecieron relaciones lineales entre la variable a predecir (e.g., temperatura) y las demás variables meteorológicas. Redes neuronales convolucionales (CNN): Se utilizaron CNN unidimensionales para extraer características temporales de los datos y realizar predicciones más precisas.

Para la evaluación de los modelos obtenidos se emplearon métricas de evaluación como el error cuadrático medio (MSE) y el coeficiente de determinación (R^2) para comparar el rendimiento de los modelos y seleccionar el modelo óptimo para cada variable. Los mejores modelos seleccionados se implementaron en la Raspberry Pi® y se validaron con un conjunto de datos de prueba independiente.

3 Análisis de Resultados

Los modelos CNN mostraron un rendimiento significativamente mejor que los modelos de regresión lineal múltiple (MLR) en la predicción de las variables meteorológicas, con valores de MSE menores y coeficientes de determinación R^2 más altos superiores a 0,92 frente a 0.9. Esto sugiere que las CNN son más capaces de capturar las complejas relaciones y patrones temporales presentes en los datos meteorológicos.

Los modelos de predicción, especialmente las CNN, lograron una precisión aceptable en la predicción de las variables meteorológicas, con errores cuadráticos medios inferiores al 9%, mientras que los modelos MLR obtuvieron precisiones alrededor del 11%. Esto indica que los modelos son capaces de generalizar bien a nuevos datos y realizar predicciones confiables.

La integración de los modelos de predicción en la estación meteorológica inteligente fue exitosa, lo que demuestra la viabilidad de la solución propuesta.

La superioridad de los modelos de predicción CNN frente a los modelos MLR puede atribuirse a su capacidad para extraer características relevantes de los datos de manera automática, sin requerir una ingeniería de características manual. Además, las CNN son capaces de modelar relaciones no lineales entre las variables, lo que es fundamental para capturar la complejidad de los fenómenos meteorológicos.

Es importante destacar que la precisión de los modelos de predicción puede verse afectada por diversos factores, como la calidad y cantidad de los datos de entrenamiento, la complejidad de los modelos y las condiciones climáticas locales. Por lo tanto, es recomendable realizar pruebas adicionales con diferentes conjuntos de datos y configuraciones de los modelos para evaluar su robustez y generalización.

4 Conclusiones

Este estudio demuestra el potencial de las técnicas de aprendizaje automático, específicamente las redes neuronales convolucionales, para mejorar significativamente la precisión de los pronósticos meteorológicos. La estación meteorológica inteligente desarrollada, combinando IoT y algoritmos avanzados, ha demostrado ser una herramienta eficaz para la predicción de múltiples variables climáticas en tiempo real.

Los resultados obtenidos indican que los modelos de redes neuronales convolucionales superan a los modelos de regresión lineal múltiple, gracias a su capacidad para capturar patrones complejos en los datos y realizar predicciones más precisas. Sin embargo, es fundamental garantizar la calidad de los datos de entrada para obtener resultados óptimos.

La aplicación de esta tecnología tiene un amplio rango de implicaciones prácticas, desde la agricultura y la planificación urbana hasta la gestión de desastres. Los pronósticos meteorológicos precisos pueden contribuir a una toma de decisiones más informada y a la mitigación de los riesgos asociados a eventos climáticos extremos.

Referencias

1. Huang, F., Guo, Z., Lyu, Y.: Design of Intelligent Automatic Weather Station based on Internet of Things. In: IEEE 15th International Conference on Electronic Measurement & Instruments – ICEMI, pp. 344-348. Nanjing, China (2021).
2. Bhatia, S., Naib, B., Goel, N., Agarwal, B., Mallikarjun, B., Arvindhan, M.: A New Era in Weather Forecasting: Harnessing the Potential of Machine Learning. In: IEEE International Conference on Computing, Power and Communication Technologies – IC2PCT, pp. 1355- 1361. Greater Noida, India (2024).
3. Nigam, S., Gupta, M., Shrinivasan, A., Uttej, A., Kumari, C., Disha, P.:

- Comparative Study to determine Accuracy for Weather Prediction using Machine Learning. In: International Conference on Computer Communication and Informatics – ICCCI, pp. 1-4. Coimbatore, India, (2023).
4. Rizvee, M., Arju, A., Al-Hasan, M., Tareque, S., Hasan, M.: Weather Forecasting for the North- Western region of Bangladesh: A Machine Learning Approach. In: 11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies – ICCCNT, pp. 1-6. Kharagpur, India (2020).
 5. Han, R., Yu, L.: Evaluate and Compare Machine Learning Models for Temperature Forecasting of Meteorological Data in Hohhot. In: IEEE International Conference on Big Data, pp. 3340- 3349. Sorrento, Italy (2023).
 6. Mahdi, Z., Aditya, G., Putro, I., Pramudita, B., Setiawan, D.: Internet-of-Things-Based Rain Detection Device Using Machine Learning Classification for Rain Prediction at Telkom University. In: International Conference on Data Science and Its Applications – ICoDSA, pp. 449-453. Bandung, Indonesia (2023).

Sistema de tratamiento de agua para zonas rurales de Colombia.

Estefanía Orbegozo Guzmán 1, Jhonatan David Abril Florez 1 Jean Pierre Franco Gomez 1
Carol Gisell Hurtado Mayorquin 1 Ingeniero Luis Efrén Ayala Rojas 1
1 Universidad de la Salle, Bogotá

Resumen. Las zonas rurales de Colombia han enfrentado problemas críticos con la infraestructura respecto a los servicios públicos como el agua potable y saneamiento, lo que ha resultado en un deterioro de la calidad de vida de estas comunidades. Para solucionar este problema, el proyecto se referirá a facilitar y mejorar las condiciones de accesibilidad al agua potable y al saneamiento mediante la instalación y uso de sistemas de filtración de agua, además de la formación a las comunidades sobre el uso y la inversión en el mantenimiento de estos sistemas auto sostenibles.

El semillero SIMIC liderado por el ingeniero Luis Efrén Ayala Rojas, a través del proyecto antes mencionado, utiliza tecnologías avanzadas para eliminar los contaminantes y patógenos del agua, asegurando un suministro seguro y limpio. Además, la instalación de los sistemas en la comunidad en colaboración con ellos permite formar a los miembros para que puedan operar los sistemas y mantenerlos de manera eficaz, asegurando el funcionamiento a largo plazo.

Finalmente, la aplicación de estos sistemas implementados mejora la calidad del agua, reduciendo el índice de enfermedades relacionadas con la misma entre las comunidades beneficiadas. En resumen, no solo se evitarán enfermedades y se darán respuesta a las necesidades críticas de las zonas rurales dispersas de Colombia donde no funcionan los métodos convencionales, sino que, además, estos proyectos se alinean con los objetivos de desarrollo sostenible, el cual garantiza el acceso al saneamiento adecuado y al agua potable de calidad.

Palabras claves: Zonas rurales dispersas, Agua potable, Saneamiento, Desarrollo sostenible, Filtros de tratamiento de agua.

Introducción.

El agua es un recurso elemental para la existencia en el planeta tierra y ella ejerce una función esencial en la existencia del ser humano y la sostenibilidad del ecosistema. Su importancia radica en su forma polifacética, debido a que abarca la suplencia de necesidades primordiales, como es la hidratación y la higiene, hasta la importancia que tiene en las diversas industrias. Pero el agua tiene un papel esencial debido a que esta tiene efectos en el cambio climático y la salud pública. Es aquí donde existe el problema debido a que esta sustancia es vital, cuando existe la carencia de agua potable, la contaminación de fuentes hídricas y la carencia de acceso al servicio de saneamiento, existen problemáticas globales puesto que esto impacta a millones de personas al rededor del mundo.

La administración de este recurso es importante puesto a que con ella se logra garantizar un futuro con el recurso para que tengan una vida saludable las futuras generaciones. Los métodos en lo que se ha tratado de conservar este recurso han sido la preservación de los ecosistemas, tecnologías para el tratamiento de agua, las charlas educativas con respecto al uso correcto del agua y la cooperación internacional, como lo son los Objetivos de Desarrollo Sostenible, estos son pilares importantes para la administración correcta del recurso hídrico.

El proyecto se basa en el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 6, este es promovido por las Naciones Unidas; el objetivo se centra en la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos, por lo que este es fundamental para la iniciativa del proyecto. Sin dejar atrás otro pilar del cual se sustenta el proyecto, la cual es la resolución 0844 del 2018, pues establece el marco normativo y la aplicación de soluciones para poder asegurar el acceso al agua potable y el manejo del agua residual en las zonas rurales dispersas.

265

Materiales y métodos.

A lo largo del tiempo se ha evidenciado que en Colombia existe un gran problema en términos de infraestructura en las zonas rurales del territorio, mostrando un escenario de desigualdad que ha afectado en gran medida a las comunidades que viven en estas zonas remotas, siendo la falta de obras de infraestructura y servicios públicos un desencadenante del conflicto que se ha vivido en Colombia. Por tal motivo el proyecto quiere impactar posi-

tivamente a estas zonas rurales del país, pues como lo menciona el informe “Colombia rural. Razones para la esperanza” [1] el 75% de los municipios en el territorio colombiano tienen características rurales muy importantes, donde habita aproximadamente el 30% de la población y abarca un 94% de la superficie nacional, además de revelar que 2 de cada 5 colombianos que habitan en las zonas rurales es pobre, dándonos una idea de que las soluciones planteadas para el desarrollo de las zonas rurales deben ser accesibles.

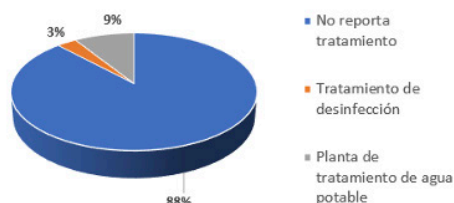
Es importante mencionar que el Ministerio de Ambiente, en cooperación con Unicef[2] afirman que de la población rural que habita en Colombia, el 56,3% cuenta con una cobertura de abastecimiento de agua, de la cual solamente el 11,8% es intervenida en una planta de tratamiento, frente al tema de saneamiento del agua dentro del 75% de población rural, el 28,8% cuenta con cobertura a soluciones individuales (sistemas donde las labores de construcción, operación y mantenimiento son llevadas a cabo por el individuo), el 5,1% tiene cobertura de redes de alcantarillado, del 33,9% total de estas aguas residuales, simplemente el 2,4% reciben algún tipo de tratamiento antes de ser vertidas a diferentes cuerpos de agua como las quebradas que son la principal fuente de agua utilizada para abastecimiento según datos del Ministerio de salud.

Tabla 2.5. Población rural según el nivel de servicio de abastecimiento de agua

Clasificación del nivel de servicio		Características del servicio			Población atendida	
Nivel de servicio	Tipo de servicio	Sistema colectivo	Tratamiento	Sistema de distribución	Total	Porcentaje
0	Solución individual	No	No reporta	No reporta	5 414 440	44
1	Abasto 1	Si	No reporta	Acarreo	359 167	3
2	Abasto 2	Si	No reporta	Pila pública	123 056	1
3	Abasto 3	Si	No reporta		4 922 226	40
4	Acueducto 1	Si	Desinfección	Redes y conexiones domiciliarias	359 167	3
5	Acueducto 2	Si	Planta de tratamiento de agua potable		1 107 501	9
Total					1 228 557	100

Fuente: MinVivienda (2021).

POBLACIÓN ATENDIDA



Finalmente, como lo podemos evidenciar en la tabla 2.5 presentada en el libro “Condiciones de infraestructura para el desarrollo rural sostenible en Colombia” - Universidad de la Salle [3], la mayoría de servicios que están disponibles para la población rural no reportan algún tipo de tratamiento y sus sistemas de distribución no son los mejores. Entendiendo toda la información anteriormente suministrada el proyecto del semillero SIMIC dirigido por el ingeniero Luis Efrén Ayala Rojas busca impactar de manera positiva a ese 88% de la población rural que no cuenta con un tratamiento en sus servicios de abastecimiento de agua.

1 RESULTADOS

1.1 Fase 1

En el documento “Solución integral centrada en sistemas integrados con base agroeco- lógica sustentables sipibas, implementadas mediante un proceso de apropiación social del conocimiento basado en la investigación - capacitación” del ingeniero Luis Ayala. Se implemento para la desinfección de agua una lámpara U.V., el sistema de desinfección UV cumple con lo dispuesto en el párrafo 3 del artículo 121 de RAS 2017 en cuanto a la inactivación de bacterias presentes. Cabe señalar que el responsable de operar este sistema compacto en campo debe ser capaz de identificar y validar las condiciones de mantenimiento y desgaste a lo largo de su vida útil para realizar las modificaciones adecuadas, por lo que las instrucciones de uso deben ser completas e incluir evidencia fotográfica como evidencia.

En esta primera fase del proyecto se logró instalar en algunas casas rurales un sistema de tratamiento compacto, el cual contenía unos filtros de carbón activado y el cartucho de polipropileno que ayudan filtrando los contaminantes a remover que se distinguen en la caracterización de la fuente, por otra parte, para retirar del recurso hídrico algunos microorganismos patógenos presentes se propuso utilizar una lámpara UV que facilitaba el mantenimiento y a diferencia de otras soluciones tenía mayor vida útil.

Fig. 1. Sistema de tratamiento aplicado y primer modelo.



267

1.2 Fase 2

Para esta segunda fase la idea es estudiar el sistema de tratamiento compacto para re- conocer el funcionamiento de cada uno de los filtros y los elementos, con el objetivo de lograr diseñar un nuevo prototipo que logre reducir los costos ayudando el fácil acceso para habitantes de la zona rural del país, además de esto, realizar distintos modelos físicos nos permitirán encontrar mejoras constructivas y de eficiencia, mediante materiales o formas deter-

minadas. Con cada modelo, se deberán tomar muestras para comprobar que la calidad del agua si se esté cumpliendo con lo establecido y para tener la seguridad de que el sistema brinde los estándares correctos para la vida de las comunidades rurales. [4]

Conclusiones

Teniendo en cuenta los resultados que se obtuvieron en la fase 1, con respecto a la dificultad económica para la adquisición del filtro UV, en la fase 2, se quiere proponer un sistema de tratamiento individual mediante un filtro que permita potabilizar en cada una de las viviendas esto porque al ser una zona rural dispersa no favorece un sistema convencional.

Para la primera fase se logró concluir que la elección de las soluciones propuestas en el proyecto permitió la progresividad de la prestación del servicio y de la participación de la comunidad, quien ha trabajado en conjunto con los especialistas de la Universidad de La Salle, La Pontificia Universidad Javeriana y CONCREAMBIENTE SAS, teniendo en cuenta que estas comunidades rurales tienen problemas graves relacionados a la comunicación y al acceso. Por su parte la segunda fase nos abre un camino en pro a la comunidad y su situación económica potenciando la calidad de sus vidas mediante el sistema de tratamientos de agua que es un recurso importante para cualquier comunidad.

Referencias

268

- [1] P. d. I. N. U. p. e. Desarrollo, «Colombia Rural. Razones para la esperanza. Informe Nacional de desarrollo humano,» 2011. [En línea]. Available: https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/co/undp-co-ic_indh2011-parte1-2011.pdf.
- [2] C. U. Melo, «BID - Agua y saneamiento rural: Oportunidades para la participación comunitaria en Colombia,» 2012. [En línea]. Available: <https://publications.iadb.org/es/agua-y-saneamiento-rural-oportunidades-para-la-participacion-comunitaria-en-colombia>.
- [3] C. F. U. B. L. E. A. R. J. C. R. R. Maria Alejandra Caicedo Londoño, Condiciones de infraestructura para el desarrollo rural sostenible en Colombia, Bogotá D.C.: Ediciones Unisalle, 2022.
- [4] L. E. AYALA, «Solución integral centrada en sistemas integrados con base agroecológica sustentables sipibas, implementadas mediante un proceso de apropiación social del conocimiento basado en la investigación-capacitación».

TIA Portal y Factory I/O: Un Enfoque Didáctico para la Programación y Diseño de Sistemas Automáticos

Ing. Juan Camilo Sánchez Castillo¹[0009-0009-2385-8353] Ing. Andrés Mateo Tijaro Beltrán²[0009-0000-3130-8436] Ph.D Oscar-Oswaldo Rodríguez-Díaz³[0000-0001-8894-6105]

¹ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sogamoso 152211, Colombia

² Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sogamoso 152211, Colombia

³ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sogamoso 152211, Colombia

juan.sanchez19@uptc.edu.co andres.tijaro@uptc.edu.co oscar.rodriguez@uptc.edu.co

Resumen. Este artículo presenta un modelo de enseñanza de interfaz industrial interactiva en el área de la automatización, que puede implementarse en instituciones de educación superior e incluso en instituciones de educación media, que deseen impartir módulos de diseño y programación en la industria, utilizando Software especializados como Tia Portal, dedicado a la programación de PLC y HMI'S, y el Factory I/O, que ofrece una amplia gama de herramientas para simular desde una pequeña banda transportadora hasta un proceso de producción a nivel industrial, se plantea una alternativa más económica para el aprendizaje, dado que, la materia prima (PLC, motores, bandas, sensores, etc.), resulta bastante costosa y, a su vez, de alto riesgo si no se operan con cuidado, el uso de estas herramientas especializadas, brindará a más personas la posibilidad de interactuar con la automatización desde un entorno seguro y más asequible. Se presenta como ejemplo didáctico, un sistema elevador de tres niveles con recolección de productos y programado en lenguaje Ladder.

Palabras clave: Automatización, Ladder, Enseñanza.

1 Introducción

A lo largo de la historia, los avances tecnológicos han simplificado el diseño y la implementación de sistemas automáticos en la industria [1], [2], generando una creciente demanda de profesionales capacitados en automatización y control, esto ha impulsado el desarrollo y avance de programas educativos enfocados en estas áreas específicas [3], fomentando el interés de las instituciones de educación superior para fortalecer sus módulos de enseñanza en automatización, en respuesta a las necesidades de la industria [4]. Como resultado, han surgido nuevos desafíos en la enseñanza, promoviendo el desarrollo de entornos capacitados como laboratorios remotos y estaciones didácticas [5]. Sin embargo, los recursos materiales son limitados en muchos casos. Por ello, se busca desarrollar sistemas de apoyo que fortalezcan los modelos de enseñanza y el uso de las TIC [6], incrementando así el interés, autoaprendizaje e investigación de los estudiantes en el campo de la automatización industrial [7]; por lo tanto, con el uso de software especializado como TIA Portal y Factory I/O [8], se busca proporcionar al estudiante recursos necesarios para aprender e implementar procesos automáticos [9]. Para introducir de manera amigable a los estudiantes en la programación de los Controladores Lógicos Programables (PLC) en el software TIA Portal, se implementa el lenguaje Ladder [10]. Este lenguaje se basa en el uso de contactos, del tipo normalmente abiertos, normalmente cerrados, detecciones de flancos, entre otros. A pesar de no ser el lenguaje más completo y funcional para todas las aplicaciones, ofrece una amplia gama de posibilidades que se pueden llevar a la práctica en un entorno industrial [10]. Por esta razón, el lenguaje Ladder es una excelente opción para dar el primer paso en la programación de PLC. Además, al ser un lenguaje universal, se puede emplear en muchos entornos de desarrollo integrado (IDE) como Codesys, GP-Pro Ex, TIA Portal, entre otros.

270

El software TIA Portal, proporciona un acceso completo a una amplia gama de servicios de automatización digitalizados. Esto significa que todo, desde los controladores hasta la gestión de la energía, se puede programar, así como la implementación de diversos lenguajes como, en este caso, Ladder [11]. TIA portal, también ofrece un trabajo conjunto con otros entornos de desarrollo, ampliando la interacción entre usuario y máquina, como lo propone Marín Hernandez Herminia en su Proyecto de Automatización de una planta de químicos mediante Tia Portal V17 y Simatic WinCC Explorer

[12], [13]. En este sentido, Factory I/O está completamente equipado para el ensamblaje y simulación de sistemas automáticos [14]. Entre sus características principales se destacan; construcción de escenarios propios, bibliotecas

de piezas industriales, escenas listas para usar, entradas y salidas digitales y analógicas, así como una fácil integración con el IDE TIA Portal.

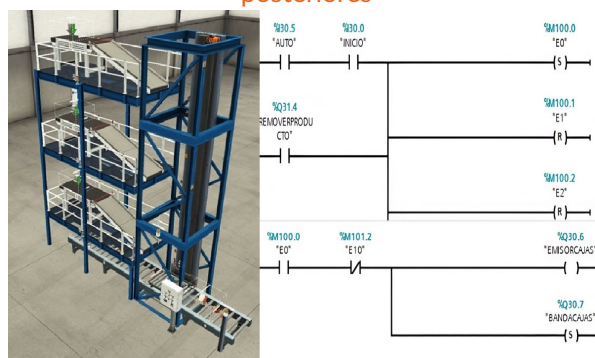
Para el caso de este estudio, se implementó un sistema de cargue y descargue de tres niveles programado en esquema de contactos (KOP), por lo tanto, la finalidad de este artículo busca tener un amplio alcance de estudiantes interesados en el área de la automatización, brindándoles alternativas amigables y modernas para el aprendizaje y la interacción con un entorno industrial [15].

2 Metodología

Para el desarrollo de la metodología de investigación, se propone un escenario utili - zando el Software Factory I/O (Elevador Avanzado). Este escenario cuenta con la instrumentación necesaria para su correcto funcionamiento. En la planta principal, en el área de despacho de productos, se encuentra el emisor de cajas de recolección y la banda transportadora dedicada a llevar las cajas desde el punto de emisión a (emisión de producto) hasta el punto de transferencia b (banda transportadora elevador). Tam - bién se han instalado sensores de barrera para detectar el paso de las cajas por el pun - to b. En las plantas posteriores, se han dispuesto emisores de productos (P1, P2, P3), bandas transportadoras y sensores de barrera estratégicamente instalados para detectar el paso de cada producto. Además, se han instalado tres rampas de descenso y senso - res inductivos en la estructura del elevador para dete - ner el ascensor en cada punto de recolección de productos (ver Figura 1a).

Para programar este escenario, se utilizó el lenguaje Ladder en el Software TIA Por - tal. Se emplean contactos normalmente abiertos, contactos normalmente cerrados, Latch y Unlatch de bobinas para aprovechar los estados y garantizar el cumplimiento de cada condición necesaria para un correcto funcionamiento del sistema. Primero, se garantiza que el sistema solo se active cuando se selecciona el modo automático en el tablero del PLC y se presiona el botón de inicio. Esto enclavará un primer estado E0 y reseteará los estados necesarios en cada reinicio. Luego, para que el sistema funcione automáticamente, debe recibir la señal de remoción de producto. El estado E0 activará la emisión de cajas de recolección de productos (EMISORCAJAS) y la banda trans - portadora correspondiente a este primer proceso (BANDACAJAS) (ver Figura 1b).

Fig. 1. a) Diagrama de flujo planta principal y b) diagrama de flujo plantas posteriores



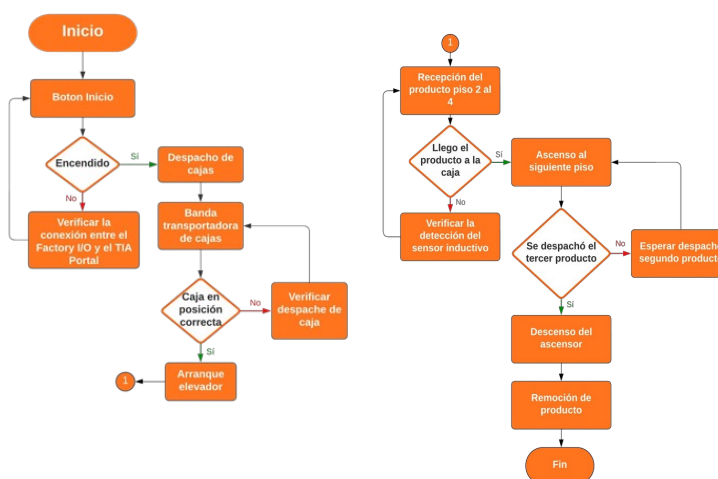
2.1 Factory I/O

Inicialmente, se procede a verificar la interfaz del software. El primer paso, es dirigir- se a la ventana de escenas, donde se pueden observar distintos escenarios, los cuales crean diversos procesos automáticos según requiera la aplicación. Tomando como referencia las opciones que ofrece el Software, se implementa el escenario Elevador (Avanzado), el cual presenta un proceso de carga y descarga de productos en tres niveles, (ver Fig. 1a), este escenario cuenta con la instrumentación necesaria para su funcionamiento, como lo son: sensores inductivos, de barrera, balizas, luces piloto, bandas transportadoras, motores, entre otros.

2.2 TIA Portal

272

Fig. 2. a) Diagrama de flujo planta principal y b) diagrama de flujo plantas posteriores



Para dar inicio al programa, se debe seleccionar el modo automático en el tablero del PLC y dar presionar en botón de inicio, esto habilitará la emisión de la caja que hará la recolección de los productos, luego de que se emite la caja, se acciona la banda transportadora por un cierto periodo de tiempo hasta que los sensores de barrera detecte el paso de la caja, esto, a su vez, detendrá la banda transportadora, y accionará la banda transportadora del ascensor por un cierto periodo de tiempo hasta que la caja esté ubicada en el punto específico para el arranque del elevador (ver Fig. 2a).

La estructura del elevador cuenta con sensores inductivos puestos de manera estratégica antes de llegar a cada planta, estos sensores permitirán detener el ascensor en un punto específico, cuando el sensor inductivo de la planta 2 es accionado, el ascensor se detendrá y se accionará la emisión del producto 1, esto, a su vez, activará la banda transportadora que enviará al producto a una rampa de descenso hacia la caja recolectora, al final de la banda se encuentra un sensor de barrera que detectará el paso del producto, accionando un temporizador que permitirá el ascenso a la siguiente planta. Este proceso es repetitivo en las plantas 3 y 4, ya que se encuentra instalado el mismo sistema e instrumentación de la planta previa, finalmente, al llegar al último nivel el ascensor comenzará su descenso hasta la planta principal donde se procederá a remover cada uno de los productos y dar finalización al proceso (ver Fig. 2b).

3 Conclusiones

El software Factory IO y TIA Portal representan una herramienta en el ámbito de la automatización, ya que ofrecen una serie de ventajas que facilitan el proceso de enseñanza y aprendizaje. Una ventaja es la reducción de costos, ya que no requieren la adquisición de equipos físicos, los cuales suelen ser costosos. Además, estos programas ofrecen versatilidad, permitiendo a los usuarios trabajar con diferentes tipos de Controladores Lógicos Programables (PLC) en una variedad de escenarios, lo que proporciona un amplio rango de posibilidades para explorar y desarrollar habilidades en automatización.

Referencias

1. N. Agudelo, G. Tano, and C. A. Vargas, "Historia de la Automatización," Universidad Ecci, 2020.
2. P. R. MORENO, "Automatización Industrial," Alfaomega Ra-Ma, 2000.
3. W. O. Rey, "Automatización industrial, evolución y retos en una economía globalizada," INVENTUM, vol. 4, no. 6, pp. 6–9, 2009.
4. J. V. M. Fraile, "Automatización Industrial".
5. C. González, J. Lotero, R. Vargas, L. Moreno, and W. Llamosas, "Sistema inteligente de enseñanza aprendizaje aplicado a la enseñanza de la automatización industrial," Revista Colombiana de Computación, vol. 16, no. 2, pp. 60–72, 2015.
6. R. D. C. Espinosa, "Uso de las TIC en la enseñanza y aprendizaje de la automatización," Revista Vía Innova, vol. 3, no. 1, pp. 6–11, 2016.
7. C. A. Zafra Rodriguez and K. Urrego Parra, "Caracterización del proceso de enseñanza y aprendizaje de la automatización industrial. Un estudio con estudiantes de la Asociación Nacional de Estudiantes de Ingenierías: Industrial, Administrativa y de Producción en Bogotá," 2021.
8. A. Bárcena Martínez, "Automatización y visualización de un proceso industrial empleando TIA Portal y Factory I/O," 2021.
9. M. Zapata, L. Topón-Visarrea, and É. Tipán, "Fundamentos de automatización y redes industriales," 2021, Universidad Tecnológica Indoamérica.
10. T. C. Moreno Morales, "Propuesta de metodología para programación de plc en lenguaje ladder," 2019.
11. P. de S. el TIA, "Controladores Logicos Programables," 2012.
12. H. Marín Hernandis, "Proyecto de Automatización de una planta de químicos mediante Tia Portal V17 y Simatic WinCC Explorer," Jul. 2024, Accessed: Jul. 31, 2024. [Online]. Available: <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/206491>
13. A. M. Siu, "Interconexion entre Robotstudio y Tia Portal como medios de control para un brazo robotico," 2017.
14. J. Romero Prada, "Automatización de una planta de almacenaje y distribución de mercancías usando Factory I/O y Codesys," 2018.
15. D. Sánchez Morillo, M. Á. Fernández Granero, and L. F. Crespo Foix, "Mejora en los materiales y aplicación del aprendizaje colaborativo en la docencia práctica vinculada a la Automatización Industrial," 2016.

Implementación de Sensores RGB y de Impedancia para la Caracterización de Ensayos MTT

María José Granados-Rodriguez.¹ , Mishelle Mariana Pinzón-Martínez.¹ y Beynor Antonio Páez- Sierra.²

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Nueva Granada, Cajicá, 250247, Colombia

²Departamento de física, Universidad Militar Nueva Granada, Campus

Nueva Granada, Cajicá, 250247, Colombia

Abstract. Los ensayos de viabilidad celular en biología y medicina son de importancia para identificar el grado de factibilidad de un tejido. En especial, el ensayo MTT es el más popular, mide la por equivalencia colorimétrica actividad metabólica de las células como un indicador de viabilidad o proliferación celular. La evaluación de ensayos MTT, relacionados con la citotoxicidad, requiere métodos más prácticos y automatizados para mejorar su precisión y aplicabilidad en pruebas virales. Por ende, este trabajo pretende desarrollar y acondicionar sensores de RGB e impedancia mediante PCB para caracterizar los ensayos MTT de manera eficiente.

275

Con el fin de hacer mediciones de MTT cuantitativas, se utilizó el sensor de color RGB TC3200, el cual fue adaptado para detectar cambios de coloración de los bioensayos. Esto incluyó la implementación de una caja diseñada para mantener el foco de luz de manera precisa y un difuminador que distribuye la luz uniformemente. Por otro lado, el sensor de impedancia fue diseñado en PCB mediante litografía. Se logró un diseño manual y exitoso para ambos sensores, con un acondicionamiento y diseño preciso y detallado que proporciona estrategias que pueden ser implementadas para mejorar la precisión y la automatización de las mediciones en ensayos MTT. Lo anterior, contribuye a una alternativa viable y eficiente para evaluar la citotoxicidad en diversas aplicaciones.

Keywords: Citotoxicidad, Ensayo MTT, Impedancia, PCB, Sensores RGB.

1 Introducción

Los virus respiratorios como la gripe, el RSV, y los coronavirus son amenazas significativas para la salud pública mundial, afectando a poblaciones vulnerables. La historia muestra el impacto profundo de las infecciones virales, desde la viruela hasta el VIH/SIDA, que sigue causando estragos globalmente, y la gripe, que provoca cientos de miles de muertes anualmente [1],[2].

El diagnóstico viral ha avanzado con técnicas modernas como la PCR, inmunofluorescencia y la hibridación de ácidos nucleicos, superando los métodos tradicionales como el cultivo viral [3],[4]. En el ámbito de la investigación antiviral, el ensayo de reducción de metil tiazol tetrazolio (MTT) es una herramienta clave para evaluar la viabilidad celular y la eficacia de los tratamientos antivirales, como se ha demostrado en estudios recientes con células infectadas por ZIKV [5].

El ensayo MTT mide la viabilidad celular a través de la reducción del MTT a formazán en células activas, lo que se detecta mediante espectrofotometría a 570 nm [6],[7]. Aunque la espectrofotometría es una técnica precisa, tiene limitaciones como su complejidad y costo Elevado [8]. Los ensayos basados en impedancia (IBCA) ofrecen una alternativa sin etiquetas, proporcionando datos en tiempo real sobre la integridad celular y siendo útiles en investigaciones de patologías hepáticas [9][10].

Se propone el diseño de un sistema de medición para el ensayo MTT utilizando un sensor RGB acondicionado, que permita medir la viabilidad celular de manera práctica y a menor costo que la espectrofotometría tradicional. Este sistema, que detecta cambios de color asociados con la formación de formazán, se complementará con un sensor de impedancia que mejorará la precisión y confiabilidad de las mediciones. La accesibilidad y facilidad de uso del sensor RGB permitirán su implementación en diversos laboratorios, superando las limitaciones de la espectrometría, como la necesidad de infraestructura especializada [11].

2 Metodología

2.1 Sensor RGB

Se realizaron pruebas preliminares con Arduino para evaluar el funcionamiento básico del sensor RGB, midiendo y calibrando las frecuencias leídas y para obtener lecturas precisas, posteriormente, por medio de mediciones experimentales se determinó la mejor ubicación para el objeto a medir, ajustando la posición del sensor para maximizar la precisión de las lecturas. Se diseñó y construyó una caja recubierta de aluminio para alojar el sensor RGB. Esto, con el objetivo de proporcionar un entorno controlado que redujera la interferencia ambiental y mejorara la precisión de las mediciones.

Dado que el sensor RGB cuenta con cuatro LEDs, se incorporó también un difusor de luz para mejorar la dispersión uniforme de la luz sobre la muestra, lo que permitió obtener lecturas más consistentes y precisas. Además, se utilizó un sensor con acople facilitando la integración de un futuro mecanismo de trayectoria, permitiendo así un escaneo más detallado y controlado de la muestra. Para el control del sensor y la recopilación de datos, se implementó una interfaz de control desarrollada en National Instruments, se integró con Matlab y Arduino, optimizando la adquisición de datos en tiempo real.

2.1 Sensor de impedancia

El sensor de impedancia fue diseñado en un circuito impreso (PCB) utilizando una baquela virgen, a la cual se transfirió el diseño mediante un proceso de papel transfer y calor. Luego, se sumergió en una solución de cloruro de hierro al 50% para revelar el circuito, y fue limpiada con acetona, alcohol, agua y jabón. Se verificó la conectividad del circuito con un multímetro para asegurar su funcionalidad. Posteriormente, se aplicó una capa de película de polímero (PCL) sobre el circuito usando la técnica de spin coater. Finalmente, se realizaron mediciones de impedancia utilizando el software Origamaster, ajustando el sensor según las necesidades del estudio.

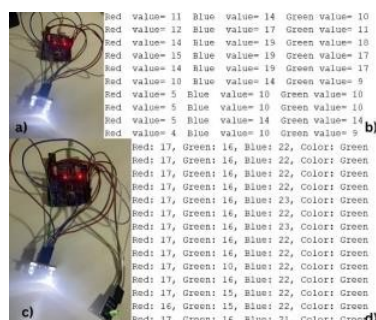
277

3 Resultados

Para evaluar el funcionamiento del sensor RGB, se realizaron dos montajes principales. El primer montaje fue básico, diseñado para explorar el funcionamiento del sensor y obtener una comprensión inicial de sus capacidades. En el segundo montaje, se incorporó un LED RGB que permitía recrear colores específicos para validar la capacidad del sensor para medir y diferenciar

entre ellos. En la siguiente imagen, se evidencian ambos de estos montajes y las interfaces.

Fig. 1. Montaje 1 reconocimiento. Sea (a) Montaje de Reconocimiento (b) Interfaz de Reconocimiento, (c) Montaje Recreación de Colores y (d) Interfaz Recreación de Colores.



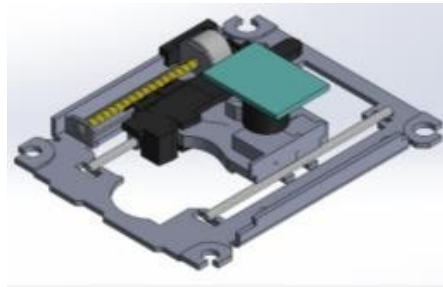
El apoyo bibliográfico utilizado para las interfaces se puede encontrar en la página oficial de Arduino [12]. La caja diseñada para alojar el sensor tiene dimensiones de 8 cm de ancho, 5 cm de alto y 7 cm de profundidad. El foco está posicionado a 6.5 cm de la entrada del sensor, permitiendo una iluminación uniforme y controlada. La construcción de la caja y el difusor de luz incorporado ayudaron a mejorar la precisión en la medición del color. A continuación, se muestra la caja construida y el difusor implementado.

Fig. 2. Montaje del entrono controlado



Se acopló el montaje del sensor al mecanismo de lectura de un CD, permitiendo un movimiento controlado en el plano X. Esta configuración facilitó la cuantificación precisa de los resultados en la prueba MTT, asegurando un análisis detallado y coherente de los datos obtenidos. A continuación, se muestra el CAD.

Fig. 3. CAD de acople sensor RBD y mecanismo lector CD



Por otro lado, para la fabricación del sensor de impedancia, se utilizaron dos configuraciones de PCB. La primera configuración presentó algunos errores en el diseño, lo que resultó en circuitos que no funcionaban correctamente. Se realizó una revisión y ajuste del diseño para corregir estos problemas y así dar lugar a una segunda configuración que funcionara correctamente. A esta segunda configuración, se le añadió una capa de polímero. A continuación, se muestran ambas configuraciones de PCB.

Fig. 4. Configuraciones del sensor de impedancia. Sea (a) Exitosa y (b) Errada.



Las mediciones realizadas con el sensor se analizaron utilizando el software Origa-master. Las imágenes y gráficos obtenidos de las mediciones muestran claramente un buen funcionamiento del sensor impedancia, destacando la importancia de la configuración adecuada y la aplicación del recubrimiento polimérico para obtener resultados precisos y confiables.

279

4 Conclusiones

Las estrategias desarrolladas en este proyecto para los sensores RGB y de impedancia han demostrado ser válidas y funcionales, ofreciendo mejoras significativas en la precisión y fiabilidad de las mediciones. La optimización del sensor RGB y la construcción de una caja especializada han mejorado la calidad de las lecturas de color, mientras que la correcta fabricación del sensor de impedancia ha incrementado su rendimiento. Se busca constan-

temente alternativas más económicas para reducir costos sin comprometer la calidad, y se planea la incorporación de sensores adicionales para seguir perfeccionando las mediciones. Estos avances contribuyen al desarrollo de métodos más eficientes y accesibles para evaluar ensayos MTT.

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido desarrollado en el marco del proyecto INV-CIAS 3745 “Diseño y desarrollo de un biochip nanofotónico para análisis de concentración de glucosa en saliva artificial”.

Referencias

1. M. L. Schüz et al., “Global prevalence of respiratory virus infections in adults and adolescents during the COVID-19 pandemic: A systematic review and meta-analysis”, *Int. J. Infectious Diseases*, octubre de 2023. Accedido agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2023.10.001>
2. “The Human Toll of Viral Diseases: Past Plagues and Pending Pandemics”. PubMed Central (PMC). Accedido agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7149761/>
3. “Laboratory Diagnosis of Viral Disease”. PubMed Central (PMC). Accedido agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7123305/>
4. “Medical viruses: diagnostic techniques”. PubMed Central (PMC). Accedido agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10334571/>
5. “Drug-Screening Strategies for Inhibition of Virus-Induced Neuronal Cell Death”. PubMed Central (PMC). Accedido agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8619239/>
6. “The MTT Assay: Utility, Limitations, Pitfalls, and Interpretation in Bulk and Single-Cell Analysis”. PubMed Central (PMC). Accedido agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8657538/>
7. “The MTT assay application to measure the viability of spermatozoa: A variety of the assay protocols”. PubMed Central (PMC). Accedido agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8288735/>
8. “Mass Spectrometer - StatPearls - NCBI Bookshelf”. National Center for Biotechnology Information. Accedido agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK589702/>

9. "Application of Impedance-Based Techniques in Hepatology Research". PubMed Central (PMC). Accedido agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7019217/>
10. Z. Liu et al., "A Disposable Impedance-based Sensor for In-line Cell Growth Monitoring in CAR-T Cell Manufacturing", Bioelectrochemistry, p. 108416, marzo de 2023. Accedido agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2023.108416>
11. "Common errors in mass spectrometry-based analysis of post-translational modifications". PubMed Central (PMC). Accedido agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5548100/>
12. "Color Detection Using TCS3200/230". Arduino Project Hub. Accedido julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://projecthub.arduino.cc/SurtrTech/color-detection-using-tcs3200230-a1e463>
13. LabVIEW Para Todos. SENSOR DE COLOR TCS3200 //IDENTIFICADOR DE COLOR CON LABVIEW Y ARDUINO. (14 de mayo de 2023). Accedido julio de 2024. [Video en línea]. Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=qKBZkbvztIc>

Analisis espectral del biopolimero quitosano para elaboracion de parches nanofibrados con tecnicas biomedicas

Luisa Fernanda Bello Sánchez 1, Yuliana Michel Arteaga Gómez¹, Beynor Antonio Páez Sierra²

¹Facultad de ingeniería, Grupo NanoFab, Universidad Militar Nueva Granada Campus, Kilometro 2 vía Cajicá-Zipacquirá.

² departamento de Física, Grupo NanoFab, Universidad Militar Nueva Granada Campus, Kilometro 2 vía Cajicá-Zipacquirá.

282

Abstract El quitosano, un biopolímero derivado de la quitina que presenta propiedades biocompatibles, antibacterianas y biodegradables, lo que lo convierte en un material ideal para la fabricación de parches terapéuticos. Sin embargo, producir nanofibras de quitosano con las propiedades adecuadas para aplicaciones biomédicas, como el tratamiento de picaduras, plantea desafíos relacionados con la pureza del material y la eficacia en la liberación controlada de agentes activos. El objetivo de este estudio fue caracterizar el quitosano mediante espectroscopía UV-VIS y FTIR, y optimizar la producción de nanofibras utilizando la técnica de electrospinning. Se utilizó quitosano disuelto en ácido fórmico como material principal. La espectroscopía UV- VIS se empleó para evaluar la pureza del quitosano y sus interacciones, mientras que la espectroscopía FTIR permitió identificar los grupos funcionales presentes. Las nanofibras se generaron mediante electrospinning, aplicando una alta tensión eléctrica a la solución de quitosano para formar fibras ultrafinas. Los resultados mostraron que la concentración de quitosano afecta su disolución en ácido fórmico y la calidad de las nanofibras producidas. El análisis UV-VIS reveló que es crucial optimizar la pureza del quitosano para mejorar su rendimiento. Durante la producción de nanofibras, se observó que el espesor del material influye en la formación de las fibras, lo que sugiere la necesidad

de ajustar tanto la concentración del biopolímero como los parámetros del proceso de electrospinning.

En conclusión, la caracterización y optimización del quitosano son esenciales para desarrollar parches terapéuticos eficaces. Las técnicas de UV-VIS, FTIR y electrospinning resultan fundamentales para garantizar la calidad del material y su capacidad para liberar agentes activos de manera controlada. Ajustar la concentración del quitosano y las condiciones de electrospinning es necesario para obtener nanofibras con propiedades óptimas, lo que permitirá desarrollar parches que ofrezcan un mejor alivio y protección en el tratamiento de picaduras.

Keywords: electrospinning, nanofibras, UV-VIS, FTIR

1 Introducción

En el presente artículo “análisis espectral del biopolímero quitosano para elaboración de parches nanofibrados con técnicas biomédicas”, se muestran los procedimientos para la caracterización del quitosano mediante las técnicas de UV-VIS y FTIR, así como para la producción de nanofibras con electrospinning.

La técnica de UV-VIS se utilizó para analizar el espectro de absorbancia vs longitud de onda, esto es para analizar la pureza del quitosano y sus interacciones, lo cual es crucial para la eficacia del material en la liberación controlada de agentes activos. (Harris, 2010).

El análisis de FTIR (Espectroscopía de Infrarrojo por Transformada de Fourier) se utilizó para identificar y caracterizar grupos funcionales y estructuras de moléculas basándose en sus vibraciones moleculares, para así analizar las diferentes sustancias que lo conforman. (Smith, 2011).

Las nanofibras por electrospinning resultantes mejoran la adherencia del parche a la piel y facilitan la liberación de sustancias, proporcionando mayor eficacia en el alivio de los síntomas y la protección contra infecciones. (Chen et al., 2018).

2 Materiales

- **Quitosano**

El quitosano es un biopolímero derivado de la quitina que se encuentra en los exoesqueletos de los crustáceos, este ha sido reconocido por su capacidad de formar películas y geles, además sus propiedades biocompatibles, antibacterianas y biodegradables lo hacen un excelente material para el desarrollo de parches para tratar la picadura.

- **Acido fórmico**

El ácido fórmico es un ácido carboxílico básico cuya fórmula química es HCOOH . Se encuentra principalmente en el veneno de las hormigas y algunos otros insectos. En condiciones normales, es un líquido incoloro con un olor fuerte e irritante

2.1 METODOS

Para la caracterización de la molécula, se realizó la disolución del quitosano en ácido fórmico y a partir de este se realizaron los siguientes procedimientos.

- **Caracterización del quitosano por UV-Vis**

Esta técnica analiza la absorción de luz en el quitosano para determinar su pureza e interacciones con otros componentes. Es crucial en la fabricación de parches para asegurar su eficacia y liberación controlada de agentes activos.

- **El análisis de FTIR (Espectroscopía de Infrarrojo por Transformada de Fourier)**

Identifica y caracteriza compuestos químicos a través de sus vibraciones moleculares, proporcionando información sobre las estructuras químicas mediante la detección de absorbancias en el infrarrojo.

- **Nanofibras por electrospinning**

Esta técnica produce nanofibras ultrafinas de quitosano aplicando alta tensión eléctrica a una solución. Las nanofibras mejoran la adherencia del parche a la piel y facilitan una liberación controlada de sustancias, aumentando la eficacia en el alivio de picaduras y protección contra infecciones.

2.2 RESULTADOS

Imagen 1. Espectro UV-VIS quitosano diluido en ácido fórmico

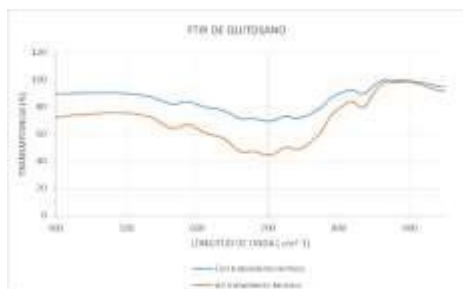


En el análisis espectroscópico UV-Vis, como se muestra en la imagen 1 la muestra de quitosano mostró un espectro de absorción que permite evaluar su pureza y las interacciones con el ácido fórmico. Los resultados indicaron que ajustes en la concentración de quitosano son necesarios para optimizar su disolución y, por ende, la calidad de las nanofibras producidas.

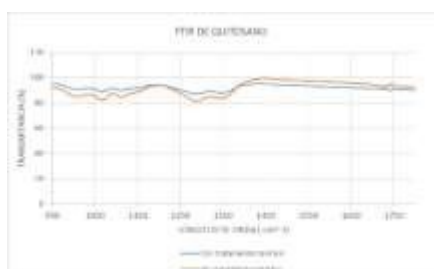
Imagen 2. Espectro FTIR con tratamiento térmico y sin tratamiento térmico



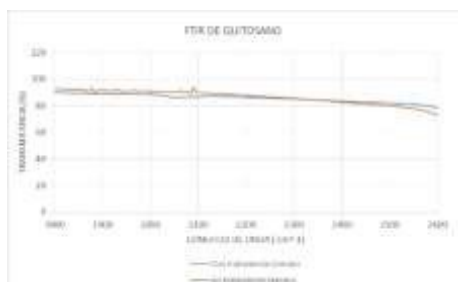
Img 3. FTIR en un rango de 400 a 900 cm^{-1}



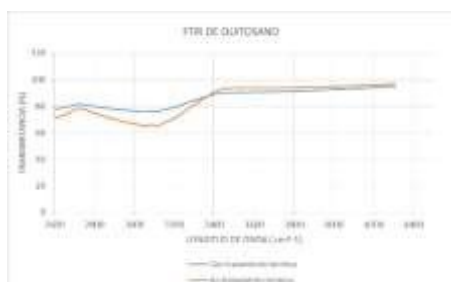
Img 4. FTIR en un rango de 900 a 1800 cm^{-1}



Img 5. FTIR en un rango de 1800 a 2600 cm^{-1}



Img 6. FTIR en un rango de 2600 a 4500 cm^{-1}



En el análisis espectroscópico FTIR, se tomaron en cuenta con dos variantes, sin precalentamiento y con precalentamiento como se muestra en la imagen 2, donde la variable roja es sin precalentamiento y la azul es con precalentamiento, en las cuales no se observa gran diferencia sin embargo en algunos valores de longitud de onda se puede observar una diferencia en la transmitancia.

También se pudo observar la huella digital molecular (molecular finger print), la cual se puede observar en un rango aproximado entre $500\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$, esta muestra la zona donde hay más vibraciones en la molécula.

A partir del espectro FTIR pudimos observar los diferentes grupos funcionales encontrados en la molécula de quitosano, como lo son el hidroxilo (alcoholes y fenoles): en un rango de $3200\text{ a }3550\text{ cm}^{-1}$, hidroxilo (ácidos carboxílicos): en un rango de $2500\text{ a }3000\text{ cm}^{-1}$, carbonilo (amidas): en un rango de $1650\text{ a }1700\text{ cm}^{-1}$, eter: en un rango de $1050\text{ a }1150\text{ cm}^{-1}$.

Al realizar las nanofibras se pudo observar que, por el material y su espesor, las fibras salieron muy delgadas por lo tanto debemos bajar la concentración del quitosano y realizar las nanofibras por más tiempo.

2.3 CONCLUSIONES

El uso del quitosano en la fabricación de parches para picaduras representa un avance en el campo de la biomedicina. Técnicas como el UV-Vis, el electrospinning y la espectroscopía infrarroja son esenciales para garantizar la calidad y eficacia de estos productos.

La caracterización y optimización del quitosano son esenciales para desarrollar parches terapéuticos eficaces. Las técnicas de UV-VIS, FTIR y electrospinning resultan fundamentales para garantizar la calidad del material y su capacidad para liberar agentes activos de manera controlada. Ajustar la concentración del quitosano y las condiciones de electrospinning es necesario para obtener nanofibras con propiedades óptimas, lo que permitirá desarrollar parches que ofrezcan un mejor alivio y protección en el tratamiento de picaduras.

2.4 AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se desarrolló en el marco del proyecto INV CIAS 3952 “Control de calidad por reconstrucción tomográfica de la permitividad compleja en microcápsulas nanoestructuradas y biocompatibles” financiado por la vicerrectoría de investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada.

Referencias

- [1] H. Y. C.-Eulalio, J. F. B.-Rodrigues, K. O.-Santos, C. Peniche, y M. V.-LiaFook, "Characterization and thermal properties of chitosan films prepared with different acid solvents," *Revista Cubana de Química*, vol. 31, no. 3, pp. 309-323, sept. -dic. 2019.
- [2] Harris, D. C. (2010). *Quantitative Chemical Analysis*. W.H. Freeman and Company
- [3] Smith, B. C. (2011). *Infrared Spectral Interpretation: A Systematic Approach*. CRC Press.
- [4] Chen, H., Zhang, M., & Liang, Y. (2018). Electrospun nanofibers for advanced wound dressings. *Journal of Materials Science*, 53(12), 8746-8761. <https://doi.org/10.1007/s10853-018-2116-4>
- [5] Brown and M. Johnson, "Production of Nanofibers Using Electrospinning Technique," *International Journal of Nanotechnology*, vol. 12, no. 2, pp. 98-105, Jan. 2024.
- [6] Lee, "UV-Vis Spectroscopy for Analyzing Chitosan Purity and Interactions," *Spectroscopy Reviews*, vol. 29, no. 1, pp. 50-60, Feb. 2023.

Optimización de la Experiencia de Usuario mediante Pruebas Manuales de Accesibilidad Web realizadas por Usuarios Invidentes en Sitio de Divulgación Científica

Ingry-Yiseth Romero-Robles, Javier-Mauricio Enciso-Moreno
Enciso Systems
{iromero, jenciso}@encisosystems.com

Resumen Problema: Un desafío importante en el mantenimiento de sitios web es identificar los problemas de accesibilidad que, con el menor esfuerzo, brindan el mayor beneficio en la experiencia del usuario para personas con discapacidades. Objetivo: Definir una metodología para optimizar la experiencia usuario mediante pruebas manuales de accesibilidad realizadas por usuarios invidentes en sitios de divulgación científica. Metodología: Basado en el ciclo de vida de las pruebas de software, se propone realizar pruebas de usuario utilizando escenarios específicos y tecnología asistiva. Resultados: Como resultado de la aplicación de la metodología propuesta, se identificaron las siguientes categorías de problemas: Navegación con Teclado, Lectura Inadecuada por Lectores de Pantalla y Falta de Descripciones Alternativas. Conclusiones: Resolver estos problemas puede mejorar significativamente la experiencia del usuario invidente, facilitando una interacción más fluida y efectiva con el contenido del sitio de divulgación científica.

Keywords: Accesibilidad Web, Tecnología Asistiva, Evaluación de Usabilidad, Interacción de Usuario, Pruebas de Accesibilidad

1. Introducción

La accesibilidad web [2] es fundamental para garantizar que todos los usuarios, independientemente de sus capacidades, puedan acceder y disfrutar de la información en línea. En el ámbito de la divulgación científica, donde la claridad y la accesibilidad del contenido son cruciales, la inclusión de usuarios invidentes representa un desafío significativo [7]. Este artículo se centra en la optimización de la experiencia del usuario mediante la implementación de pruebas manuales de accesibilidad web realizadas por usuarios invidentes en sitios de divulgación científica. A través de un enfoque empírico, se busca identificar y resolver problemas específicos que afectan la interacción de estos usuarios con el contenido científico, mejorando así la accesibilidad y la eficacia de la comunicación científica en plataformas digitales.

2. Metodología

La metodología de tres fases propuesta que se muestra en la figura 1 se basa en el ciclo de vida de las pruebas de software [6], adaptada específicamente para evaluar la accesibilidad web [3] desde la perspectiva de usuarios invidentes [9].

Figura 1. Metodología de tres fases para la evaluación de la accesibilidad en sitios web. Cada fase se ejecuta de manera secuencial. Una vez concluida la ejecución, es posible aplicar nuevas iteraciones de la metodología planteada. Crédito: Propio.



2.1. Fase 1: Planificación

El primer paso en esta metodología es la planificación de las pruebas, que implica definir claramente los objetivos de accesibilidad, los criterios de evaluación (ej. navegabilidad con el teclado, compatibilidad con lectores de pantalla y presencia de imágenes con texto alternativo) y diez casos de prueba basa-

dos en escenarios suministrador por usuarios regulares del sitio web. Durante esta fase, se identifican los requisitos de accesibilidad para el sitio web de divulgación científica y se desarrollan casos de prueba basados en estos requisitos. La planificación detallada asegura que las áreas más relevantes del sitio web sean evaluadas de manera consistente.

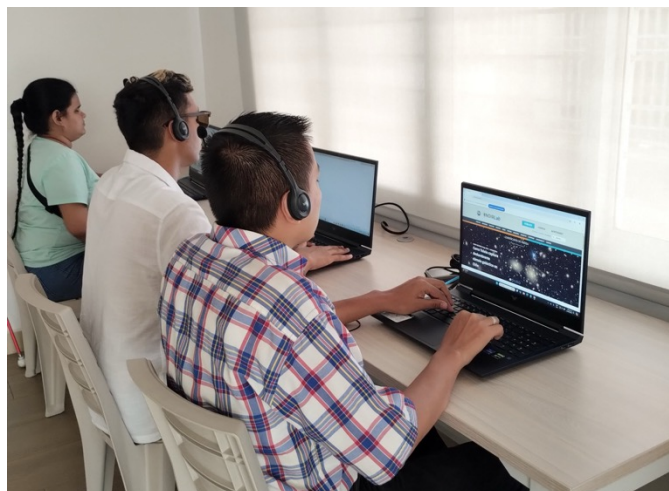
2.2. Fase 2: Diseño y Preparación

En la fase de diseño y preparación, se crean escenarios de usuario detallados que simulan cómo los usuarios invidentes interactúan con el sitio web utilizando tecnología asistiva [10]. Se seleccionan y configuran las herramientas necesarias para llevar a cabo las pruebas, asegurando que reflejen de manera precisa las experiencias y desafíos que enfrentarán los usuarios. Esta etapa también incluye la capacitación de los evaluadores para que comprendan cómo utilizar estas herramientas y realizar pruebas efectivas.

2.3. Fase 3: Ejecución y Análisis

Finalmente, en la fase de ejecución y análisis, los escenarios de prueba son ejecutados por usuarios invidentes como se muestra en la figura 2, quienes interactúan con el sitio web y completan tareas específicas mientras se documentan sus experiencias y problemas encontrados. Los resultados se analizan para identificar patrones y problemas recurrentes, como dificultades en la navegación o problemas de interpretación por parte de los lectores de pantalla. Con base en este análisis, se agrupan los hallazgos y realizan recomendaciones para mejorar la accesibilidad del sitio web.

Figura 2. Usuarios invidentes realizando pruebas de accesibilidad basada en escenarios. Cada usuario es asistido mediante el lector de pantallas JAWS para realizar las pruebas de manera autónoma. Crédito: Propio.



3. Resultados

Una vez aplicada la metodología propuesta, los resultados encontrados se pueden clasificar en tres grandes grupos de características a mejorar en el sitio web objeto del estudio.

3.1. Problemas de Navegación con Teclado

Los usuarios invidentes experimentan dificultades para navegar por el sitio web utilizando únicamente el teclado, ya que el enfoque de tabulación no sigue un orden lógico y algunos enlaces no son accesibles. Esto sugiere la necesidad de mejorar el enfoque del teclado y asegurar que todos los elementos interactivos sean accesibles [5].

3.2. Lectura Inadecuada por Lectores de Pantalla

Los lectores de pantalla tienen problemas para interpretar correctamente el contenido en ciertas secciones del sitio web, como las tablas y gráficos, lo que impide a los usuarios invidentes comprender la información presentada. Se recomienda mejorar las etiquetas ARIA [4] y la estructura semántica del contenido [1] para facilitar una lectura más precisa.

3.3. Falta de Descripciones Alternativas

Las imágenes y otros elementos visuales importantes en el sitio web carecen de descripciones alternativas adecuadas [8], lo que limita la comprensión del contenido por parte de los usuarios invidentes. Es necesario agregar descripciones alternativas detalladas y útiles para todos los elementos gráficos relevantes.

4. Conclusiones

Resolver estos problemas puede transformar radicalmente la experiencia del usuario invidente al hacer el sitio web más accesible y fácil de usar. La corrección de problemas de navegación, como el enfoque del teclado y la accesibilidad de enlaces, permite a los usuarios invidentes moverse por el sitio de manera más intuitiva y sin obstáculos. Mejorar la precisión de la lectura de contenido por los lectores de pantalla asegura que toda la información relevante, incluidos gráficos y tablas, sea interpretada correctamente. Esto no solo facilita la navegación, sino que también garantiza que los usuarios invidentes tengan acceso completo a la información científica presentada,

contribuyendo a una experiencia de usuario más equitativa.

Además, la implementación de descripciones alternativas detalladas para imágenes y elementos gráficos mejora la comprensión del contenido científico al proporcionar contexto visual que los usuarios invidentes no pueden percibir directamente. Este enfoque inclusivo no solo enriquece la experiencia del usuario, sino que también promueve la igualdad de acceso a la información, permitiendo a todos los usuarios participar plenamente en la divulgación científica. En última instancia, la resolución de estos problemas no solo optimiza la accesibilidad, sino que también fortalece la integridad y la efectividad del sitio web en la comunicación de información científica a una audiencia más amplia.

Referencias

1. Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O.: The semantic web: A new form of web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. In: Linking the World's Information: Essays on Tim Berners-Lee's Invention of the World Wide Web, pp. 91–103 (2023)
2. Brophy, P., Craven, J.: Web accessibility. *Library trends* 55(4), 950–972 (2007)
3. Caldwell, B., Cooper, M., Reid, L.G., Vanderheiden, G., Chisholm, W., Slatin, J., White, J.: Web content accessibility guidelines (wcag) 2.0. WWW Consortium (W3C) 290(1-34), 5–12 (2008)
4. Craig, J., Cooper, M., Pappas, L., Schwerdtfeger, R., Seeman, L.: Accessible rich internet applications (wai-aria) 1.0. W3C Working Draft (2009)
5. Dey, P.P., Sinha, B.R., Amin, M., Badkoobei, H.: Best practices for improving user interface design. *International Journal of Software Engineering & Applications* 10(5), 71–83 (2019)
6. Li, E.Y.: Software testing in a system development process: A life cycle perspective. *Journal of Systems Management* 41(8), 23–31 (1990)
7. Merced, W.D., Gastrow, M.: Astronomy and inclusive development: access to astronomy for people with disabilities. *Proceedings of the International Astronomical Union* 14(A30), 596–597 (2018)
8. Petrie, H., Harrison, C., Dev, S.: Describing images on the web: a survey of current practice and prospects for the future. *Proceedings of Human Computer Interaction International (HCII)* 71(2) (2005)
9. Power, C., Freire, A., Petrie, H., Swallow, D.: Guidelines are only half of the story: accessibility problems encountered by blind users on the web. In: *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*. pp. 433–442 (2012)
10. Sandhya, S., Devi, K.S.: Accessibility evaluation of websites using screen reader. In: *2011 7th International conference on next generation web services practices*. pp. 338–341. IEEE (2011)

Fomento de las vocaciones científicas y tecnológicas en NNA con electrónica recreativa

Lili Rozo y Alben Melo [0000-0002-4152-4754]

DAKOTALAB, Villavicencio, Colombia
info@dakotalab.org

294

Resumen. Este trabajo presenta el propósito de la Incubadora de DakotaLab enfocada en el fomento de las vocaciones científicas y tecnológicas, en niños, niñas y adolescentes (NNA), específicamente a través de la comprensión y aplicación de la electrónica recreativa, una temática contenida en uno de los entrenamientos. El entrenamiento “Electricidad para niños”, busca fortalecer el pensamiento científico desde edades tempranas mediante actividades prácticas que introducen conceptos fundamentales de electricidad y electrónica. A través de la construcción de prototipos sencillos, como un lavamanos automático y un sistema de alarma, los NNA desarrollan habilidades críticas en resolución de problemas, innovación y trabajo en equipo. Los resultados demuestran que la electrónica recreativa no sólo facilita la comprensión de conceptos científicos, sino que también despierta el interés por las carreras STEM. El aprendizaje experiencial en áreas de ingeniería y ciencia, resultará efectivo en la promoción del pensamiento crítico, la creatividad y las habilidades del siglo XXI.

Palabras clave: Pensamiento científico, Electricidad, Electrónica, NNA.

1. Contexto de los Participantes

En el entrenamiento, participaron un grupo de estudiantes con edades comprendidas entre 10 y 13 años. Este grupo incluyó a Mariana, Nicolás, Moshé, Diwier y Miguel. Cada uno de ellos, con un papel relevante dentro de su equipo. Para el logro de los objetivos propuestos, fue preciso establecer roles específicos que aprovecharan las habilidades de cada participante. La asignación de roles no solo permitió una distribución efectiva de tareas, sino que también fomentó la colaboración y el aprovechamiento de las fortalezas individuales.

A nivel global el uso de STEM tiene como finalidad enfocar a los pequeños en áreas específicas del conocimiento, para mejorar la conexión con temáticas que para la mayoría no se les facilita, y procurar tener personas que les interesen dichas áreas a nivel profesional [1].

Mariana, de 11 años, desempeñó un papel clave en la formulación de estrategias y la comunicación dentro del equipo. Su capacidad para liderar y transmitir ideas de manera clara permitió coordinar las actividades del grupo de manera efectiva. Su participación fue fundamental en la integración de las distintas partes del proyecto, asegurando que cada componente se alinea con los objetivos generales, manteniendo un equipo motivado.

Miguel, de 10 años, mostró una notable adaptabilidad y persistencia. Su capacidad para ajustarse a los cambios y superar obstáculos fue vital para el progreso del proyecto. Su flexibilidad y determinación contribuyeron significativamente en el resultado de los proyectos desarrollados.

Moshé, también de 11 años, se encargó de la búsqueda de soluciones óptimas. Su persistencia en encontrar la mejor manera de construir y ajustar los prototipos garantizó que los diseños fueran eficientes y funcionales. Moshé se centró en la adaptación y mejora continua de los circuitos.

Nicolás, con 11 años, se destacó por su habilidad conceptual y reflexiva. Su papel consistió en comprender y explicar los principios técnicos subyacentes a los circuitos electrónicos. Nicolás fue fundamental en la fase de investigación y conceptualización, su capacidad para reflexionar sobre los conceptos permitió al equipo abordar los problemas desde una perspectiva informada y fundamentada.

Diwier, con 13 años, aportó una alta capacidad técnica al equipo. Su habilidad para manejar y ensamblar los componentes electrónicos fue esencial para el desarrollo práctico de los prototipos.

Jiménez [2] enfatiza que los procesos STEM generan habilidades científicas, así pues la oportunidad que se les presenta a estos NNA de profundizar y afianzar dichas habilidades usando la electricidad y electrónica.

2. Materiales Utilizados

Desarrollar las habilidades STEM desde una edad temprana, para los niños, puede repercutir en la elección de su profesión, actualmente, según [3] MIN-TIC Colombia es un país que plantea muchos retos y tener un perfil profesional acorde a lo que el mercado laboral necesita, es clave a la hora de decidir qué carrera escoger. Estudiar una carrera que pueda generar cierta estabilidad económica, una vinculación al mundo laboral, que permita crear e innovar y que genere la pasión por generar cambios significativos, es el gran reto al que se enfrentan los jóvenes al terminar su bachillerato y cuando están en los primeros semestres de universidad.

Un estudio en Chile mostro un crecimiento significativo en la creatividad, el pensamiento sistemático y la resolución de problemas [4], por ello y por lo visto en DakotaLab en el transcurso de los cursos desarrollados, es que este planteamiento está funcionando. Para el desarrollo de la temática Electrónica Recreativa y su aplicación, en el marco del Entrenamiento Electricidad para niños, se utilizaron diversos materiales y recursos, incluyendo: Componentes Electrónicos: LEDs, resistencias, transistores, sensores infrarrojos, diodos láser, fotoceldas, y minibombas de agua. Herramientas de Construcción: Placas de pruebas (breadboards), cables de conexión, soldadores y herramientas básicas de montaje. Recursos Didácticos: Manuales de electrónica básica, guías de proyectos, y software de simulación de circuitos electrónicos.

296

3. Metodología de Implementación

El entrenamiento de Electricidad se desarrolló en un periodo de 10 meses, con un encuentro semanal de hora y media, sin embargo, la temática de Electrónica Recreativa tiene una duración de 90 minutos, reflejada en 8 encuentros. El entrenamiento hace uso de enfoque STEM, se basa en la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos [5] y contiene una secuencia didáctica que consiste en 4 fases: 1. Jugar, 2. Explorar, 3. Aprender, 4. Codificar o Aplicar.

3.1 Jugar

A través de actividades lúdicas que fomentan la curiosidad y el interés se familiarizan con las herramientas y conceptos fundamentales.

3.2 Explorar

Observan cómo funcionan los diferentes componentes y cómo interactúan entre sí, promoviendo una comprensión práctica de los conceptos técnicos.

3.3 Aprender

Reciben instrucción sobre conceptos, leyes físicas, y las técnicas de construcción y diseño de circuitos. Reforzando el conocimiento adquirido en las fases anteriores.

3.4 Codificar o Aplicar

Diseñan, construyen y programan sus propios prototipos electrónicos, integrando los conocimientos teóricos y prácticos, evidencian tangiblemente el impacto de su trabajo.

Fig. 1. Trabajo en equipo durante una sesión.



Al igual que cualquier proceso de enseñanza-aprendizaje la planificación previa y durante el transcurso de los encuentros ha sido fundamental, los ritmos de aprendizaje de NNA con los que se están trabajando son avanzados, si lo comparamos con otros de su misma edad. Empezando que lo que se realiza es casi personalizado, grupos de máximo 5 niños, esto permite focalizar la atención de todos.

4. Resultados

Los resultados del programa se evaluaron mediante la observación de los proyectos obtenidos y las habilidades adquiridas por los participantes. Los prototipos construidos, como el lavamanos automático y el sistema de alarma, demostraron la aplicación efectiva de conceptos electrónicos básicos. Los estudiantes mostraron una comprensión sólida de los circuitos y componentes, así como el desarrollo de las siguientes habilidades:

Pensamiento Crítico y Resolución de Problemas: en la fase de Explorar y Codificar o Aplicar, los estudiantes debieron identificar problemas, investigar soluciones y aplicar conceptos técnicos. Analizaron situaciones, consideraron alternativas y encontraron la solución más efectiva al problema.

Creatividad e Innovación: la fase de Jugar y Codificar o Aplicar, estimuló la creatividad al permitir que los estudiantes experimenten con diferentes configuraciones y enfoques en sus proyectos.

Habilidades Técnicas y Prácticas: durante la fase de Aprender y Codificar o Aplicar, los estudiantes adquirieron con alta receptividad e interés los conocimientos técnicos fundamentales sobre electrónica y su aplicación práctica.

Colaboración y Comunicación: A lo largo de todas las fases, especialmente en Jugar y Codificar o Aplicar, los estudiantes trabajaron en equipo, discutieron ideas, compartieron responsabilidades y presentaron su propuesta de solución para concertar el proyecto más viable.

298

Autonomía y Persistencia: En la fase de Explorar y Codificar o Aplicar, los estudiantes tomaron decisiones autónomas y se enfrentaron a retos, ajustaron los proyectos tantas veces como fue necesario.

Reflexión Crítica: Continuamente y durante todas las etapas, se reflexionó sobre el impacto de los proyectos en contextos reales y como estos podrían contribuir al entorno de sus comunidades.

4.1 Impacto en el Desarrollo de Vocaciones Científicas

La implementación de los tres circuitos proporcionó a los niños oportunidades significativas para desarrollar y aplicar habilidades científicas y tecnológicas. La construcción y ajuste de los sistemas de lavamanos automático y alarma con láser, así como el circuito de control on-off, permitieron a los estudiantes poner en práctica conceptos clave de ingeniería y electrónica.

Tabla 1. Valoración de habilidades desarrolladas durante cada proyecto.

Nombre	Proyecto	Pensamiento Crítico	Creatividad e Innovación	Habilidades Técnicas	Colaboración y Comunicación	Autonomía y Persistencia	Reflexión Crítica
Mariana	Sistema de Lavamanos	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	Medio
Nicolás	Sistema de Alarma	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto
Moshé	Sistema de Lavamanos	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio
Diwier	Sistema de Alarma	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto	Medio
Miguel	Circuito de Control On-Off	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto

5. Conclusiones

El programa Entrenamiento Electricidad ha demostrado ser una herramienta efectiva para fomentar el pensamiento científico y las vocaciones tecnológicas en NNA. La metodología utilizada proporciona una comprensión práctica de la electrónica y promueve habilidades críticas en la resolución de problemas. Los resultados sugieren que la electrónica recreativa puede ser una estrategia eficaz para motivar a los jóvenes en el campo de las ciencias y la tecnología. En la elaboración de proyectos enfocados al contexto real se generan más motivaciones y expectativas para continuar proponiendo este tipo de ejercicios.

299

Referencias

1. Camargo D. M. Diseño e implementación de actividades interactivas para niños como motivadores al estudio de ingeniería electrónica y afines. Universidad de los Andes. (2022)
2. Jiménez K. A., Guerrero Sánchez M.E., Ramírez García E., Herrera Vázquez A., Solano Uscanga L.Y. Difusión de las disciplinas STEM a niños y jóvenes en los Institutos Tecnológicos.
3. MINTIC, ¿Qué es una carrera TI? <https://talentodigital.mintic.gov.co/635/w3-propertyvalue-15241.html>
4. Martín J.L., Martínez P., Fernández G. M., Bravo C. Analizando el desarrollo de las habilidades STEM a través de un proyecto ABP con Arduino y su relación con el rendimiento académico. Instituto de Ciencias

- de la Educación, Universidad Politécnica de Madrid.
5. Agudelo Marín A., Duque Giraldo D., y Isaza Marín Y. V. La educatrónica como elemento que fortalece el pensamiento científico y tecnológico en el área de tecnología e informática. Rev. Investig., vol. 19, n.º 34, pp. 23-40, ene. (2021)
 6. Leopoldo Vinicio Venegas Llor, Sandra Maritza Pibaque Pionce, Paola Yadira Moreira Aguayo. La robótica educativa una herramienta para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Ciencia y Líderes – FCE. Volumen 1, Número 1, (2022)
 7. Karla Alejandra Jiménez Martínez, Nora Hilda Reyes Ramírez, Aimee Herrera Vázquez . Piensa STEM: estrategia para vocaciones científicas en niños y jóvenes.

Estimación de las emisiones de gases efecto invernadero en el relleno sanitario los corazones de valledupar, Cesar

Michel Julitza Hernández Gamboa¹[0009-0007-9818-087X]; Dorance Becerra Moreno¹[0000- 0001-8556-9914]; Luisa F Ramírez-Ríos^{2*}[0000-0002-0973-3847]

¹ Universidad Francisco de Paula Santander; Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente, Programa de Ingeniería Ambiental. Grupo de Investigación en Procesos Ambientales

² Universidad de los Llanos; Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería Escuela de Ingeniería. Grupo de Investigación en Gestión Ambiental Sostenible GIGAS

Resumen. El estudio tuvo como objetivo estimar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el relleno sanitario Los Corazones, utilizando el modelo LandGEM. Se recopiló y validó información clave del relleno, incluyendo su capacidad y datos de generación de residuos, lo que permitió realizar proyecciones de emisiones a lo largo de su vida útil. Los resultados mostraron un aumento significativo en las emisiones de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), con el metano representando alrededor del 50% de las emisiones totales para el año 2023. Estas proyecciones indican que, sin medidas de mitigación, el relleno seguirá siendo una fuente considerable de metano incluso después de su clausura. Las conclusiones muestran la necesidad urgente de implementar estrategias de mitigación para reducir las emisiones de GEI y gestionar de manera más efectiva los impactos ambientales del relleno sanitario Los Corazones.

Palabras clave: Gases de Efecto Invernadero, Relleno Sanitario, LandGEM, Metano, Emisiones.

1. Introducción

Los rellenos sanitarios son una fuente significativa de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), especialmente metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), que juegan un papel relevante en el calentamiento global y el cambio climático (Chandra & Ganguly, 2023). El metano, en particular, es un gas con un impacto climático considerablemente mayor que el dióxido de carbono, debido a su capacidad para atrapar calor en la atmósfera, siendo hasta 21 veces más potente que el CO_2 (Skytt et al., 2020). Este fenómeno ha generado un interés creciente en la estimación precisa de las emisiones de GEI provenientes de los rellenos sanitarios, con el fin de desarrollar estrategias de mitigación adecuadas (Andrade Morales et al., 2018).

El relleno sanitario Los Corazones, ubicado en Valledupar, Cesar, representa un caso de estudio relevante debido a su tamaño y capacidad, que lo convierte en un punto destacado de emisiones de GEI en la región. Este relleno, que ha estado en operación desde 1999, recibe aproximadamente 500 toneladas diarias de residuos sólidos de varios municipios de los departamentos de Cesar y la Guajira (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2021). Dada su importancia, es fundamental cuantificar las emisiones de gases como el metano y el dióxido de carbono para comprender mejor su contribución al cambio climático y para formular políticas de gestión ambiental más efectivas.

Para este propósito, se emplea el modelo LandGEM, desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). Este modelo permite la estimación de las emisiones de biogás en rellenos sanitarios utilizando parámetros específicos como la tasa de generación de metano y la capacidad potencial de generación de metano (Rafey & Siddiqui, 2023). La aplicación de este modelo en el relleno sanitario Los Corazones proporciona una base para evaluar las emisiones actuales y futuras, proporcionando bases para el diseño de medidas de mitigación que reduzcan el impacto ambiental de estas instalaciones.

302

2. Metodología

Para realizar la estimación de gases de efecto invernadero (GEI) en el relleno sanitario Los Corazones inicialmente se recopiló y validó la información básica del relleno sanitario, que incluyó el año de inicio de operaciones (1999) y el año proyectado de cierre (2035), así como la capacidad de diseño de residuos, establecida en $179,296.36 \text{ m}^3$ (Superintendencia de Servicios Públicos Domi-

ciliarios, 2021). Esta información es el punto de partida para la configuración del modelo de estimación (U.S. Environmental Protection Agency, 2008).

Para la estimación de las emisiones de GEI, se empleó el modelo LandGEM, desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). Este modelo se basa en la ecuación de tasa de descomposición de primer orden, que permite calcular la generación anual de metano (CH₄) mediante la siguiente ecuación (Ramírez Ríos et al., 2024):

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{f=0.1}^1 k L_0 \left(\frac{M_i}{10} \right) \times e^{-k f} \quad 1$$

Donde:

- QCH₄ : es la generación anual de metano (m³/año)
- i: es el incremento de tiempo de 1 año
- j: es el incremento de tiempo de 0.1 año
- n: es el año del cálculo o año inicial de aceptación de residuos
- k: constante de generación de metano,
- L₀: capacidad potencial de generación de metano
- M_i: es la cantidad de residuos recibidos en el año i,
- T_{ij}: es la edad de la sección (j) de cantidad de residuos (M_i) aceptado en el año i

Los valores predeterminados utilizados en el modelo incluyeron una tasa de generación de metano (k) de 0.05 año⁻¹ y una capacidad potencial de generación de metano (L₀) de 170 m³/Mg, en conformidad con un relleno sanitario convencional (Wangyao, 2010).

303

Las tasas de aceptación de residuos fueron determinadas mediante el análisis de datos poblacionales y de generación de residuos per cápita de los municipios que envían desechos al relleno sanitario, utilizando información del DANE y del Informe Nacional de Disposición Final de Residuos Sólidos (DANE - Censo general 2005, s. f.) (DANE - Censo Nacional de Población y Vivienda 2018, s. f.) (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2021). Estos datos permitieron calcular la proyección poblacional y la generación de residuos a lo largo de la vida útil del relleno.

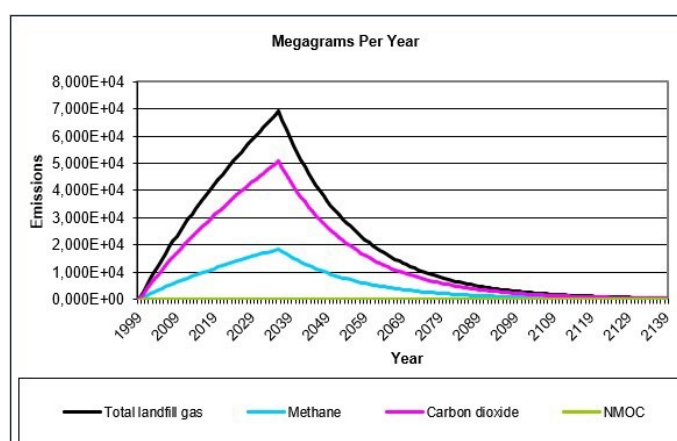
Finalmente, se realizó una verificación de los datos ingresados en el modelo LandGEM, y se analizaron los resultados obtenidos para cuantificar las emi-

siones de metano, dióxido de carbono y otros compuestos orgánicos no metánicos a lo largo del tiempo, proporcionando una base para el análisis ambiental y la toma de decisiones en cuanto a la gestión de emisiones.

3. Resultados y Análisis

Los resultados de la estimación de gases de efecto invernadero (GEI) en el relleno sanitario Los Corazones, obtenidos mediante el modelo LandGEM Figura 1, evidencian un patrón creciente de emisiones a lo largo del tiempo. Las proyecciones incluyen emisiones de metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y compuestos orgánicos no metánicos (NMOC) para años clave en la vida útil del relleno: 2000, 2023, y 2139.

Figura 1 Emisiones de Gases Efecto Invernadero Relleno Sanitario Los Corazones



304

En el año 2000, las emisiones totales de gas de vertedero fueron relativamente bajas, predominando el dióxido de carbono debido a las etapas iniciales de la descomposición anaeróbica de los residuos. Para el año 2023, se observó un pico en las emisiones, reflejando un aumento en la cantidad de residuos depositados y una intensificación del proceso de descomposición. En este año, las emisiones de metano representaron aproximadamente el 50% del total de gases emitidos, lo que destaca su papel como principal contribuyente al efecto invernadero generado en el relleno.

El análisis de las emisiones a lo largo del periodo de operación indica un aumento constante en las emisiones de metano, con los años 2023 y 2139 señalados como aquellos con las mayores emisiones proyectadas. Este incremento se asocia con la acumulación continua de residuos y la intensificación

de los procesos anaeróbicos de descomposición (Rafey & Siddiqui, 2023). Estos hallazgos sugieren que, sin intervenciones efectivas, el relleno continuará siendo una fuente de metano incluso después de su cierre.

En cuanto a los NMOC, los resultados mostraron que sus emisiones se mantuvieron relativamente estables en comparación con las de metano y dióxido de carbono. Sin embargo, la contribución de estos compuestos a la contaminación del aire y al cambio climático es significativa, ya que incluyen contaminantes con efectos adversos sobre la salud y el medio ambiente (Karanjekar et al., 2015).

Estos resultados muestran la urgente necesidad de implementar estrategias de mitigación para reducir las emisiones de GEI y gestionar de manera más efectiva los impactos ambientales asociados con el relleno sanitario Los Corazones.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos mediante el modelo LandGEM evidencian un incremento significativo en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a lo largo de la vida útil del relleno sanitario Los Corazones, con un aumento notable en las emisiones de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) desde el año 2000 hasta el año 2139.

Este crecimiento está estrechamente vinculado a la acumulación continua de residuos y a la intensificación de los procesos de descomposición anaeróbica. Para el año 2023, las emisiones de metano constituyeron aproximadamente el 50% del total de gases emitidos, lo que destaca su papel predominante en el efecto invernadero generado en el relleno. Las proyecciones sugieren que, sin estrategias de mitigación adecuadas, el relleno continuará siendo una fuente de metano incluso después de su clausura.

Aunque las emisiones de compuestos orgánicos no metánicos (NMOC) se mantuvieron relativamente estables, su impacto en la contaminación del aire y el cambio climático es considerable, debido a los efectos adversos de estos compuestos sobre la salud y el medio ambiente.

Estos hallazgos muestran la necesidad urgente de implementar medidas de mitigación para reducir las emisiones de GEI y gestionar más eficazmente los impactos ambientales asociados con el relleno sanitario Los Corazones.

5. Referencias

- Andrade Morales, Á. A., Restrepo Victoria, Á. H., & Tibaquirá, J. E. (2018). Estimación de biogás de relleno sanitario, caso de estudio: Colombia. *Entre ciencia e ingeniería*, 12(23), 40-47. <https://doi.org/10.31908/19098367.3701>
- Chandra, S., & Ganguly, R. (2023). Assessment of landfill gases by LandGEM and energy recovery potential from municipal solid waste of Kanpur city, India. *Heliyon*, 9(4), e15187. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15187>
- DANE - Censo general 2005. (s. f.). Recuperado 25 de abril de 2024, de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-general-2005-1>
- DANE - Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. (s. f.). Recuperado 25 de abril de 2024, de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivienda-2018>
- Karanjekar, R. V., Bhatt, A., Altouqui, S., Jangikhatoonabad, N., Durai, V., Sattler, M. L., Hossain, M. D. S., & Chen, V. (2015). Estimating methane emissions from landfills based on rainfall, ambient temperature, and waste composition: The CLEEN model. *Waste Management*, 46, 389-398. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.07.030>
- Rafey, A., & Siddiqui, F. Z. (2023). Modelling and simulation of landfill methane model. *Cleaner Energy Systems*, 5, 100076. <https://doi.org/10.1016/j.cles.2023.100076>
- Ramírez Ríos, L. F., Becerra Moreno, D., & Ortega Contreras, J. Y. (2024). Potential use of methane gas from the Villavicencio sanitary landfill, Colombia. *Ingeniería y Competitividad*, 26(2). <https://doi.org/10.25100/iyv.v26i2.14019>
- Skytt, T., Nielsen, S. N., & Jonsson, B.-G. (2020). Global warming potential and absolute global temperature change potential from carbon dioxide and methane fluxes as indicators of regional sustainability – A case study of Jämtland, Sweden. *Ecological Indicators*, 110, 105831. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105831>
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2021, diciembre). Informe Nacional de Disposición Final de Residuos Sólidos 2020. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2008). Background Information Document for Updating AP42 Section 2.4 for Estimating Emissions from Municipal Solid Waste Landfills. U.S. Environmental Protection Agency.
- Wangyao, K. (2010). Methane Generation Rate Constant in Tropical Landfill.

Análisis de contenido visual y textual de reportes y láminas de histopatología con aprendizaje de máquina y modelos de lenguaje

Johan Sánchez¹ and Angel Cruz-Roa¹

GITECX & AdaLab, Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Colombia

{johan.sanchez, aacruz}@unillanos.edu.co

Abstract. La integración de datos textuales y visuales en el análisis de informes de patología sigue siendo un desafío en el diagnóstico automatizado de enfermedades. Este estudio tiene como objetivo desarrollar y validar un modelo multimodal de aprendizaje profundo para analizar imágenes histopatológicas y reportes textuales de patología. Se llevara a cabo en seis etapas: selección y preprocesamiento de datos, exploración de técnicas de aprendizaje profundo, implementación de un modelo en Python, entrenamiento con distintos hiperparámetros, y evaluación del desempeño. Se espera que el modelo implementado integre eficazmente las representaciones visuales y textuales, mejorando la precisión del diagnóstico automatizado. En conclusión, la combinación de datos visuales y textuales mediante aprendizaje profundo tiene un gran potencial en patología.

307

Keywords: Aprendizaje Automático · Aprendizaje Profundo · Modelos de Lenguaje · Procesamiento de Lenguaje Natural · Patología Digital · Reportes de Patología.

1 Introducción

La generación de informes de patología es un proceso esencial en la práctica clínica, ya que impacta directamente en la precisión diagnóstica y en la calidad del tratamiento de los pacientes. Sin embargo, este proceso enfrenta desafíos significativos debido a errores humanos derivados de factores como la fatiga, distracciones y la falta de formación. Estos errores, que pueden afectar tanto la transcripción de notas como la interpretación de imágenes, comprometen la precisión de los diagnósticos y pueden llevar a tratamientos inadecuados, afectando negativamente la atención del paciente. Es vital abordar estos problemas para mejorar la calidad y eficiencia en la generación de informes de patología, donde se estima que los errores diagnósticos ocurren en un 3-9 % de los casos.

En la literatura existente, se han propuesto diversas técnicas para abordar estos desafíos, destacando el uso de enfoques de aprendizaje automático y procesamiento de lenguaje natural. Por ejemplo, se ha demostrado que las redes neuronales convolucionales (CNN) son eficaces en la clasificación de imágenes médicas, mientras que los grandes modelos de lenguaje preentrenados (LLM) han sido aplicados con éxito en tareas de procesamiento de lenguaje natural en textos médicos. Además, se han desarrollado enfoques híbridos que integran análisis de texto e imagen, combinando redes neuronales convolucionales con redes neuronales recurrentes (RNN) para mejorar la interpretación de los datos en la patología digital. Estos avances tecnológicos han demostrado su potencial en la mejora de la precisión diagnóstica y en la reducción de errores en la generación de informes.

308

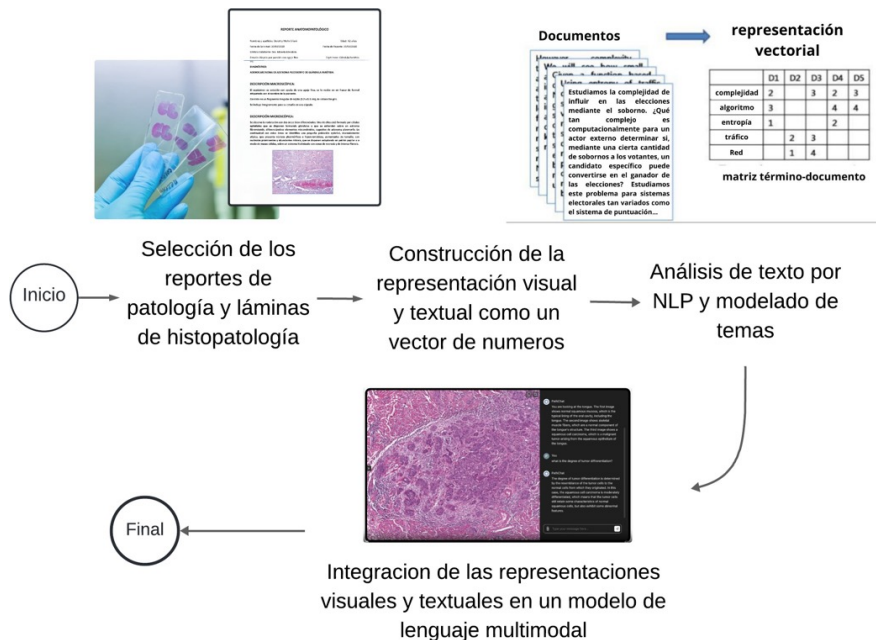
El objetivo de este trabajo es implementar un método que combine técnicas de aprendizaje automático y modelos de lenguaje para el análisis conjunto de contenido textual y visual en informes de patología. Este enfoque busca optimizar la precisión y eficiencia de la generación de estos informes facilitando la detección de errores y mejorando la calidad del diagnóstico.

2 Metodología

Este proyecto sigue una metodología en seis etapas. Primero, se seleccionan conjuntos de datos de patología, que incluyen imágenes digitales de láminas de histopatología e informes de patología. Luego, se construye un conjunto de datos para el entrenamiento, validación y prueba del modelo. En la tercera etapa, se estudian y seleccionan métodos de aprendizaje profundo adecuados para analizar estos datos. La cuarta etapa consiste en el diseño e

implementación de un algoritmo de aprendizaje profundo. Posteriormente, en la quinta etapa, el algoritmo se entrena y valida con los datos preparados. Finalmente, en la sexta etapa, se lleva a cabo la validación y evaluación del modelo propuestos. En la figura 1 se muestra el flujo que se espera seguir para cumplir con la metodología propuesta.

Figura 1. Diagrama de flujo de trabajo



2.1 Conjuntos de datos visual y textual en patología

A través de la histopatología se generan reportes que detallan los hallazgos celulares mediante análisis microscópicos, fundamentales para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Estos reportes, que incluyen información técnica sobre el paciente, descripciones histológicas, y diagnósticos. En este contexto, se han creado conjuntos de datos específicos que combinan preguntas y respuestas basadas en imágenes y textos de histopatología. Con esto se busca mejorar la interpretación automatizada de reportes patológicos, integrando técnicas avanzadas de visión por computadora y procesamiento de lenguaje natural para optimizar la precisión diagnóstica y el tratamiento clínico.

2.2 Representación textual y visual

Se exploran diversas técnicas para la representación textual y visual en el análisis de datos de histopatología. Para la representación de texto, se consideran alternativas como el modelo de bolsa de palabras, que transforma textos en histogramas de palabras clave; el Modelo de Espacio Vectorial (VSM), que representa documentos como vectores en un espacio multidimensional; y Word2Vec, que captura relaciones semánticas entre palabras mediante vectores de alta dimensionalidad. Estas técnicas permiten una mejor categorización y análisis de texto. Para la representación visual, se emplean métodos basados en bolsa de características o embeddings de redes neuronales, que convierten imágenes en representaciones numéricas, facilitando el análisis automatizado de imágenes patológicas mediante técnicas de aprendizaje profundo.

2.3 Análisis de contenido textual y visual

se emplean técnicas de Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN) y modelado de temas para el análisis de textos y visuales en el ámbito de la histopatología. El PLN permite transformar textos no estructurados en un formato estructurado, facilitando tareas como la extracción de información, clasificación, y generación de resúmenes. Para identificar temas subyacentes en grandes volúmenes de texto, se utiliza el modelado de temas, una técnica que descubre automáticamente los temas principales en un conjunto de documentos, permitiendo una comprensión más profunda de los datos textuales. Estas técnicas se complementan con el análisis visual mediante modelos de aprendizaje profundo que extraen características relevantes de las imágenes patológicas, permitiendo una integración eficaz de la información textual y visual para mejorar el diagnóstico y la investigación clínica.

310

2.4 Aprendizaje automático y Modelos de Lenguaje Multimodal

Los métodos de aprendizaje automático supervisados, como las Máquinas de Vectores de Soporte (SVM) y los Bosques Aleatorios, se emplearán para clasificar y predecir resultados basados en características extraídas de los datos textuales y visuales. Por otro lado, se utilizarán técnicas de aprendizaje no supervisado, como el clustering, para identificar patrones y relaciones ocultas en los datos sin etiquetas previas.

Además, se implementarán modelos de aprendizaje profundo, como Redes Neuronales Convolucionales (CNN) para el análisis de imágenes, y modelos

avanzados de lenguaje como BERT y GPT para el procesamiento de textos. Para integrar y analizar simultáneamente la información textual y visual, se recurrirá a modelos de lenguaje multimodal, que combinan redes neuronales convolucionales con transformadores, permitiendo una comprensión más rica y contextualizada de los datos. Estos enfoques multimodales son esenciales para capturar la complejidad de los datos patológicos.

3 Resultados esperados

Con este trabajo se espera el desarrollo de una tecnología avanzada basada en un modelo de aprendizaje profundo, capaz de analizar de manera eficiente y precisa el contenido visual y textual en histopatología. Esta tecnología integrará métodos de aprendizaje automático y modelos de lenguaje, permitiendo el procesamiento y la interpretación conjunta de imágenes histopatológicas y descripciones textuales. Se espera que este enfoque mejore significativamente la precisión en el diagnóstico, facilitando la identificación de patrones patológicos complejos y proporcionando a los profesionales de la salud herramientas más poderosas para el tratamiento personalizado y la investigación clínica.

4 Conclusiones

EL análisis de trabajos previos en relación con el problema en desarrollo evidencia importancia de integrar técnicas avanzadas de procesamiento de lenguaje natural (NLP) y análisis de imágenes en el campo de la histopatología. La revisión indica que la adopción de enfoques multimodales, que combinan aprendizaje profundo y modelos de lenguaje, ofrece una solución prometedora para superar ciertas limitaciones, al permitir un análisis más profundo y preciso tanto de imágenes como de texto. Además, para abordar de manera efectiva el problema, es crucial desarrollar modelos personalizados que puedan capturar las particularidades de los datos histopatológicos, asegurando la validez y la utilidad clínica de los resultados obtenidos.

311

Agradecimientos

Este trabajo es parcialmente soportado por el proyecto RedPat BPIN 2019000100060 financiado parcialmente por el FCTel del SGR, y soportado por la infraestructura del grupo y semillero de investigación GITECX & Ada-Lab respectivamente.

References

1. Jordan, M., & Mitchell, T. (2015). Aprendizaje automático: tendencias, perspectivas y perspectivas. *Ciencias*, 349, 255-260. <https://doi.org/10.1126/science.aaa8415>
2. Raj, A. (2019). Una revisión sobre los algoritmos de aprendizaje automático. *Re- vista Internacional de Investigación en Ciencias Aplicadas y Tecnología de Ingeniería*. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2019.6138>
3. Khandelwal, A., & Tailor, R. (2020). Machine Learning and Its Applications: A Review. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:219924472>
4. Srikanth Reddy, B. (2024). Advancements in Machine Learning: A Comprehensive Exploration of Methods, Applications, and Future Perspectives. *International Journal Of Scientific Research In Engineering & Technology*. <https://doi.org/10.59256/ijrsreat.20240401001>
5. Preeti, P. (2017). A review on Machine Learning Techniques. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 8, 778-782. <https://doi.org/10.26483/IJARCS.V8I3.3096>
6. Alpaydin, E. (2016). Machine Learning: The New AI. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:33228517>

Validación de escalas de medición en capacidades de innovación

Diana María Dueñas Quintero 1[/0000-0002-1004-1290]
1 Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta
Dmduenas@unillanos.edu.co

Resumen: Las capacidades de innovación pueden evaluarse según el alcance, incidencia e interacción que tiene en las organizaciones y varía sobre el tipo de información analizada. A nivel exógeno se determina por indicadores que permiten una comparación entre actividades económicas, sectores, regiones y/o países, y a nivel endógeno, es posible conocer las alternativas y brechas presentes que pueden limitar a las empresas para ser innovadoras, y sobre esta información es posible tomar decisiones sobre la necesidad de aumentar sus capacidades medulares. Esta ponencia relaciona las técnicas para seleccionar las escalas de medición y su validación estadística mediante el Alpha de Cronbach y Rho de Dillon Goldstein. Se realiza una selección de escalas relacionadas con nueve dimensiones que refieren a las capacidades de innovación de proactividad, autonomía, aprovechamiento, aprendizaje, transformación, retención, gestión medioambiental, captura de valor y relacionamiento con 55 preguntas de las cuales fueron descartadas por Análisis Factorial Confirmatorio (AFC) 6 preguntas. Como resultados se encuentran que la precisión en las ecuaciones de búsqueda para identificar las escalas de medición garantiza su validación, sobre la construcción de los instrumentos de recolección de información.

Palabras clave: innovación, capacidades, partial least square, escalas de medición

Abstract. Innovation capabilities can be evaluated according to the scope, incidence and interaction it has in organizations and varies according to the type of information analyzed. At the exogenous level it is determined by indicators that allow a comparison between economic activities, sectors, regions and/or countries, and at the endogenous level, it is possible to know the alternatives and gaps present that can limit companies to be innovative, and on this information, it is possible to make decisions on the need to increase their core capabilities. This paper relates the techniques to select the measurement scales and their statistical validation using the statistical validation by means of Cronbach's Alpha and Dillon Goldstein's Rho. A selection of scales related to nine dimensions that refer to the innovation capabilities of proactivity, autonomy, exploitation, learning, transformation, retention, environmental management, value capture and relationship with 55 questions of which 6 questions were discarded by Confirmatory Factor Analysis (CFA). As results, it is found that the precision in the search equations to identify the measurement scales guarantees their validation, on the construction of the information collection instruments.

Keywords: innovation, capabilities, partial least square, measurement scales.

1 Introducción

La valoración de las capacidades de innovación se ha determinado sobre el tipo de análisis según su alcance. En las sociedades de conocimiento, es necesario comprender cómo se desarrolla un territorio sobre las contribuciones de los actores que hacen parte de este. En el caso de los actores vinculados con los sectores económicos, se soporta en las acciones y resultados que contribuyen a la ciencia, tecnología e innovación como parte del ecosistema que comúnmente se evalúa por índices departamentales y nacionales estandarizados como referente para la competitividad.

En procesos que involucran entender cómo se fortalecen a las organizaciones de tipo empresarial, investigaciones dan cuenta de factores que inciden para que una organización sea innovadora y cómo lo implementa en su modelo de negocios. Generalmente se parte de metodologías cuantitativas que evalúan la incidencia de variables latentes (dimensiones) y variables manifiestas según el modelo teórico propuesto y su correspondiente validación de hipótesis. Su alcance varía sobre el objetivo de la investigación y su pertinencia con el contexto donde se encuentran ubicados geográficamente.

La probabilidad en éxito de estos modelos teóricos radica en la rigurosidad en la selección de estas dimensiones y sus correspondientes escalas, junto con

la garantía de contar con la muestra de la población para su validación estadística. Este documento presenta los criterios considerados para la selección de escalas de medición y su correspondiente valoración de un instrumento de medición de capacidades de innovación como proceso previo a la evaluación del modelo teórico sugerido, mediante métodos de análisis estadístico Partial Least Square que realiza la medición y correlación de variables para conocer su relación o grado de asociación en un contexto en particular.

2 Metodología

La construcción de los instrumentos de medición parte del análisis de contenido como técnica cualitativa para establecer las escalas que ayudarían a dar respuesta a la pregunta de investigación. Se construyen las ecuaciones de búsqueda aplicadas en las bases datos de SCOPUS y Web of Science.

Sobre sus resultados, se tomaron las investigaciones que miden las capacidades de innovación en términos de la agregación de valor en modelos de negocio en organizaciones vinculadas con el sector de manufactura y servicios, y que a su vez fuera posible aplicarla independiente de su actividad económica. A partir de esta primera selección, se revisan las escalas, siendo organizadas en nueve dimensiones: proactividad, autonomía, aprovechamiento, aprendizaje, transformación, retención, gestión medioambiental, captura de valor y relacionamiento.

La validación de dicho instrumento se realiza con una premuestra de 15 respuestas de empresas en el Departamento del Meta (Colombia) a partir del Alpha de Cronbach y Rho de Dillon Goldstein y mediante el Análisis Factorial Confirmatorio (AFC) de las 55 variables observables se descartan 6.

315

3 Selección de escalas de medición

En el marco de la globalización, las organizaciones establecen su posición en los mercados según sus ventajas competitivas entendidas como la agregación de valor de productos y servicios. De acuerdo con su estructura, pueden generar oportunidades o restricciones según las capacidades que posean [1]. En el análisis de la teoría de recursos y capacidades, Teece, et al. (1997)[2] mencionan que la evolución de esta teoría se establece por las capacidades dinámicas que analizan las fuentes, métodos y captura de valor en los procesos productivos, organizativos y gerenciales.

Las capacidades dinámicas se relacionan con la transformación de las capacidades operativas en el momento que se integran, construyen y reconfiguran competencias para abordar los desafíos en los mercados [3]. De esta manera, en esta investigación se realizó un análisis bibliométrico sobre las capacidades de innovación tomando como referente el año 2020, entendiendo que por la pandemia COVID SARS 19, las dinámicas de mercado y geopolíticas han incido en el comportamiento empresarial.

Para ello, se tomaron las bases de datos de SCOPUS y Web of Science con las siguientes ecuaciones de búsqueda:

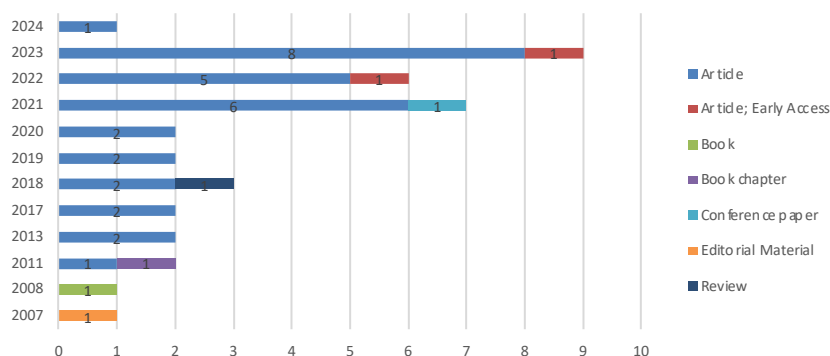
- ALL(dynamism AND "innovation AND capability" AND "organizational capability ")
- ALL (dynamism AND "innovation AND capability" AND "manufacturing")
- ALL (dynamism AND "innovation AND capability" AND "tourism")
- ALL ("business model" AND "innovation AND capability" AND "ser-vices")

Como resultado las categorías de análisis identificadas se relacionan con la innovación abierta, capacidades empresariales, medio ambiente empresarial, y desempeño organizacional en el contexto de pequeñas y medianas empresas (PYMES).

Se identificaron inicialmente 39 documentos que refieren al análisis de capacidades de innovación como se indica en la figura 1, desde el año 2021, la producción científica ha incrementado específicamente en artículos científicos.

316

Fig. 1 Producción científica sobre capacidades de innovación. La principal producción se concentra en artículos de investigación. Elaboración propia sobre base Scopus.



Estas categorías se establecen por la incidencia del entorno, la cadena de suministro, la capacidad de absorción y generación de conocimiento, y su aplicación en el desarrollo de innovaciones que inclusive contribuyen a la competitividad. Sobre estos documentos se identificaron las escalas que son pertinentes para la construcción del instrumento y que en su fundamentación tienen relación con la agregación de valor en modelo de negocios. Se identificaron nueve dimensiones para valorar las capacidades de innovación: proactividad, autonomía, capacidades de aprovechamiento, aprendizaje, transformación, retención, captura de valor, relacionamiento y gestión medio ambiental.

A partir esta revisión teórica se construye el instrumento de recolección de información. La formulación de las preguntas referentes a cada variable observable se realiza en forma de afirmación para que puedan ser medidas a través de escala de Likert (1 a 5). Se continua con el Análisis Factorial Confirmatorio – AFC que evalúa la consistencia interna de los modelos y determina la pertinencia de cada una de las variables observadas en su nivel de explicación hacia su constructo. Con base en las correlaciones existentes se identifican las variables observadas (preguntas) que no aportan explicación a la varianza de la variable latente, con una premuestra de 15 de las observaciones.

Los constructos latentes se validan a través de Alpha de Cronbach y Rho de Dillon Goldstein para evaluar la consistencia interna de los modelos y determinar la pertinencia de cada una de las variables observadas en su nivel de explicación hacia su constructo; sobre las correlaciones existentes se identificaron las variables observadas (preguntas) que no aportan explicación a la varianza de la variable latente.

Tras realizar el ejercicio de Análisis Factorial Confirmatorio AFC se cuenta con evidencia estadística suficiente para descartar del modelo las siguientes variables, por los bajos resultados en el loading, indicando que su aporte a la explicación de la varianza de la variable latente no es significativo. Adicionalmente, se retiran variables que además de este criterio existe redundancia en las preguntas por lo que no ofrecen una explicación de la variable en cuestión:

Tabla 1 Variables rechazadas en el modelo

Dimensiones/Escalas		weight	Loading	Communality
Proactividad	1 PR1	0.0154	0.335	0.1121
	1 PR2	0.1783	0.563	0.3165
Autonomía	2 AU3	0.162	0.473	0.2241
	2 AU4	0.4234	0.716	0.5128
Capacidades de aprendizaje	4 CA2	0.1711	0.689	0.475
Capacidades de retención	6 CR2,,,30	0.0333	0.181	0.0328
	4 CA2	0.1711	0.689	0.475
	6 CR2,,,30	0.0333	0.181	0.0328
Gestión Medio ambiente	7 EC2	0.0675	0.622	0.3869
	7 PRC3	0.0428	0.477	0.2274
	7 CSR1	0.0569	0.531	0.2822
Capacidades de relacionamiento	9 CR2,,,52	0.0634	0.357	0.1276

Conclusiones

Generalmente la validación de instrumentos de recolección de información desde el enfoque cuantitativo, toman importancia sobre el análisis estadístico resultante, sin considerar aspectos que es posible interfieran en la construcción de variables y categorías como lo es la revisión en detalle y cuidadosa sobre los autores y, escalas de medición cuando se consideran los avances de otros investigadores en la construcción de escalas de medición para reducir el nivel de rechazo de preguntas y su correspondencia estadística.

318

De esta manera, criterios cualitativos son relevantes si se consideran determinantes en el momento de definir el alcance de los resultados a obtener y su posible uso en futuras investigaciones.

References

- [1] O. Rua, "Absorptive capabilities and competitive advantage: the linkage," Periodica Polytechnica Social and Management Sciences, vol. 27, no. 2, pp. 164-172, 2019, doi: <https://doi.org/10.3311/PPso.11998>.
- [2] D. J. Teece, G. Pisano, and A. Shuen, "Dynamic capabilities and strategic management," Strategic management journal, vol. 18, no. 7, pp. 509-533, 1997.
- [3] R. Hernández-Linares, M. C. López-Fernández, G. García-Piqueres, M. Pina e Cunha, and A. Rego, "How knowledge-based dynamic capabilities

relate to firm performance: the mediating role of entrepreneurial orientation," Review of Managerial Science, 2023/08/11 2023, doi: 10.1007/s11846-023-00691-4.

- [4] L. Berghman, P. Matthyssens, and K. Vandenbempt, "Value innovation, deliberate learning mechanisms and information from supply chain partners," Industrial Marketing Management, vol. 41, no. 1, pp. 27-39, 2012/01/01/ 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2011.11.014>.

Análisis automático de texto con Procesamiento de Lenguaje Natural para identificar factores clave en la transformación digital educativa

Juan J. Moreno¹, Hugo A. Mondragon¹, Diana Marcela Cardona-Román¹[0000-0003-0953-5178], and Angel Cruz-Roa¹[0000-0003-3389-8913]
GITECX & AdaLab, Universidad de los llanos (Unillanos), Meta, Colombia
{hugo.mondragon,juan.moreno,guerra,dcardona,aacruz}@unillanos.edu.co

320

Abstract. En la literatura académica se han reportado diferentes resultados para realizar acertados procesos de transformación digital (TD) en Instituciones de Educación Superior (IES), sin embargo, realizar un análisis manual de la gran cantidad de textos académicos resulta una labor compleja y subjetiva. En tal sentido, este trabajo tiene como objetivo identificar factores clave, tendencias y relaciones en la transformación digital en IES a través del análisis automático de un corpus de documentos científicos. Para ello, se han recolectaron 292 artículos de diversas bases de datos académicas, y se les ha aplicado un proceso ETL (Extract, Transform, Load) para limpiar y preparar los datos. Posteriormente, se utilizarán técnicas de procesamiento de lenguaje natural como bolsa de palabras, modelado de temas latentes y modelos de lenguaje para analizar el contenido textual. Los resultados esperados incluyen identificar los principales factores, características y tendencias en la transformación digital en IES a partir del análisis de los datos para una mejor comprensión y apropiación de la transformación digital en las instituciones de educación superior.

Keywords: Análisis de contenido • PLN • ETL • Transformación digital
• Instituciones de educación superior • Modelado de temas

1 Introducción

La transformación digital (TD) se puede definir como el proceso de integración e incorporación de tecnologías digitales en todas las áreas de una organización, provocando cambios profundos en sus operaciones, procesos, cultura corporativa y propuestas de valor, con el objetivo de mejorar la experiencia de clientes y empleados, impulsar la innovación y obtener mayores beneficios [1], y en las instituciones educativas no es diferente. Según el Informe GEM 2023 de la UNESCO, la tecnología en la educación puede democratizar el conocimiento, ofrecer oportunidades ilimitadas y mejorar la calidad de la enseñanza. Sin embargo, también puede agudizar la desigualdad y presentar desafíos en términos de acceso y equidad [2]. En la era digital actual, la TD se ha vuelto indispensable para el desarrollo y la eficiencia de las instituciones de educación superior (IES) a nivel global. Esta transformación no solo implica la incorporación de tecnologías digitales en las operaciones administrativas, sino también un cambio en la mentalidad y la cultura organizacional [3]. El análisis automático del contenido textual de documentos sobre la TD en las IES permite a las instituciones, estudiantes y funcionarios comprender y evaluar la eficacia de sus estrategias digitales, identificar áreas de mejora y adaptarse a las cambiantes necesidades y expectativas de los estudiantes [4]. Lo anterior, aún no ha sido analizado de manera completa y sistemática, a pesar de la abundante información disponible. Las universidades necesitan incluir rápidamente tendencias tecnológicas en sus procesos educativos y administrativos, basándose en casos de éxito. Identificar estas tendencias a través del análisis de contenido de artículos científicos es confiable, pero el enfoque convencional es desafiante y laborioso, ya que requiere que los investigadores revisen manualmente numerosos documentos, lo que puede ser un proceso subjetivo y lento. Por lo cual, estrategias automáticas de análisis de texto con procesamiento de lenguaje natural, como el enfoque propuesto en este trabajo, puede ayudar a procesar una mayor cantidad de documentos científicos para su análisis de contenido. Por lo tanto, la pregunta de investigación de este trabajo es: ¿Qué factores, características y relaciones son comunes o relevantes en los procesos de transformación digital de las instituciones de educación superior tomando como base la literatura científica y que se puedan detectar a partir de análisis automático de contenido textual?

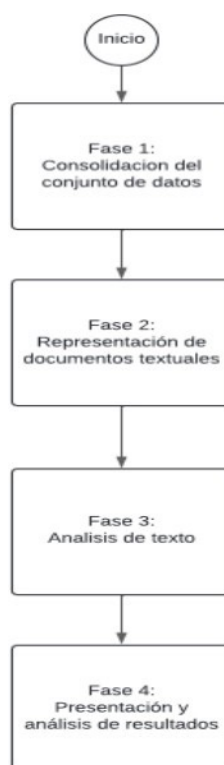
2 Metodología

El proyecto se está desarrollando mediante una metodología cuantitativa estructurada en cuatro fases, desde la recopilación de datos hasta la presentación de resultados. Se está utilizando Python para el análisis de datos y se está usando tecnologías como PdfMiner para el convertir los archivos en pdf a txt, Matplotlib y Seaborn para realizar visualizaciones de los datos.

2.1 Fase 1: Consolidación del Conjunto de Datos

Esta fase implicó obtener datos de literatura científica sobre transformación digital en educación superior mediante búsqueda en bases de datos como Scopus y Sage Journals. Se recolectaron 292 artículos. Se aplicó un proceso ETL (Extract, Transform, Load) para limpiar y preparar los datos. Como resultado de esta fase se consolidó un conjunto de datos organizado con documentos académicos relevantes en formato de texto plano. Los pasos realizados para la consolidación de el conjunto de datos están reflejados en la figura 2 de los resultados preliminares.

Fig. 1. Esquema general de la metodología para el desarrollo del proyecto.
Elaboración propia



2.2 Fase 2: Representación de Documentos Textuales

En esta fase se realizó toda la transformación y preparación de los datos en su representación vectorial o matricial de los documentos textuales para su procesamiento y análisis, por medio de los algoritmos de análisis de texto y representación como bolsa de palabras. Como resultado se construyó un conjunto de datos en su representación vectorial o matricial de bolsa de palabras (o vector space model) del contenido textual de los documentos académicos y científicos, es decir matrices con el número de filas asociado a los documentos y las columnas asociadas a los términos del diccionario de palabras únicas del corpus.

2.3 Fase 3: Análisis de Texto

En esta fase actualmente en desarrollo, se aplicarán métodos de análisis de texto, como modelado de temas (LDA, pLSA, NMF) o modelos de lenguaje (N-gramas, RNN, LSTM, Transformers). También se utilizarán técnicas de visualización de datos (PCA, t-SNE, UMAP) para identificar y analizar términos, temas, y tendencias relevantes. Como resultado esperado se consolidará un repositorio de código con implementaciones de los métodos de análisis, así como los modelos de aprendizaje automático obtenidos del entrenamiento y aprendizaje automático.

2.4 Fase 4: Presentación y Análisis de Resultados

En esta fase se presentarán y analizarán los resultados obtenidos de este trabajo para contribuir con el análisis de contenido del conjunto de datos sobre transformación digital en educación superior para la comunidad en general. Como resultado esperado se obtendrá el informe final del trabajo de grado y un borrador de manuscrito de artículo científico con los resultados finales del trabajo para someter a una revista científica. Igualmente, se desplegará en un sitio web la síntesis del trabajo realizado, resultados y visualizaciones del análisis de contenido textual producto de este trabajo.

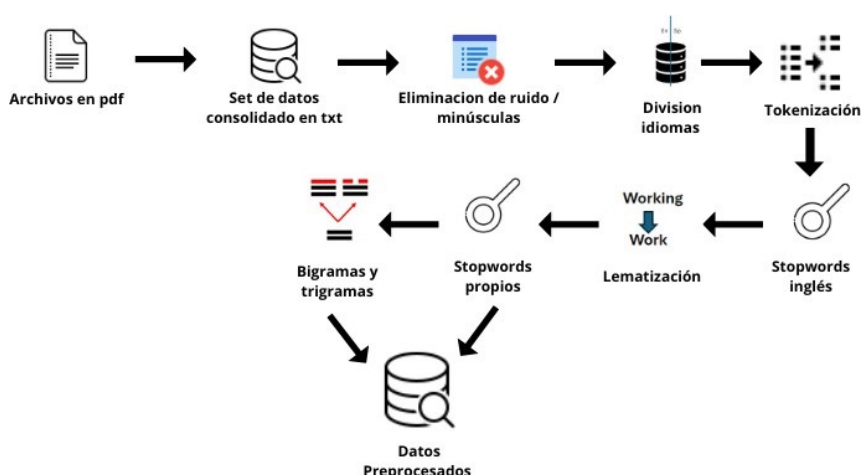
323

3 Resultados parciales

De acuerdo con varias pruebas preliminares para la extracción del texto de los archivos PDF de los artículos científicos, se establece PdfMiner como la librería que mejor otorga resultados, al medir la similitud, usando la métrica de similitud de coseno, entre los archivos en formato pdf y los archivos trans-

formados a formato txt, así como el orden establecido para la limpieza de los datos cuyo resultado genera datos textuales más limpios, con menos errores y apropiados para su posterior análisis. El proceso de limpieza consistió primero en eliminar los caracteres no alfabéticos, como números, símbolos y signos, y transformar todo el texto a minúscula. Después se hizo el chequeo de lenguajes y se tradujo todo al inglés, se procedió a realizar la tokenización, la primera eliminación de stopwords generales del idioma inglés, lematización y stemming, para, finalmente, hacer la segunda eliminación de stopwords propios identificados y generar la representación matricial de los documentos textuales.

Fig. 2. Metodología de la consolidación del conjunto de datos.
Elaboración propia



Para la generación de la bolsa de palabras, se realizó una descomposición de bolsa de palabras por cada documento, para al finalizar generar un diccionario global con las bolsas de palabras por documento, en la figura 3 se encuentra la representación mediante una nube de tags de las palabras más comunes en la bolsa de palabras actual.

Fig. 3. Nube de tags actual. Elaboración propia



4 Conclusiones

Se recopiló un conjunto de datos de artículos científicos con el potencial de reflejar en ellos la realidad y los estudios actuales sobre la transformación digital en las instituciones de educación superior.

Se aplicaron diversas técnicas de limpieza de datos para consolidar este conjunto de datos y prepararlo para ser analizado y poder sacar información apartir de este mismo.

Se ha iniciado la construcción de la bolsa de palabras, una representación vectorial de los documentos. Esta representación es fundamental para realizar los análisis deseados.

La identificación de factores y tendencias de experiencias exitosas de transformación digital en instituciones educativas beneficiará tanto a los investigadores como a los profesionales que toman decisiones en el campo de la educación superior. Además, proporcionará una línea base para investigaciones futuras para el diseño e implementación de estrategias institucionales para la aplicación de transformación digital en IES.

Agradecimientos

Este trabajo es parcialmente financiado por el proyecto C03-F02-014-2022 de la DGI/Unillanos, y soportado por la infraestructura del grupo y semillero de investigación GITECX & AdaLab respectivamente.

References

1. A. Pucihar, M. K. Borštnar, C. Kittl, P. Ravesteijn, R. Clarke, and R. Bons, "Digital Transformation – Form Connecting Things to Transforming Our Lives: (conference proceedings) / 30th Bled eConference, (June 18 - 21, 2017, Bled, Slovenia)," Jul. 19, 2017. <https://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/234>.
2. UNESCO, "Informe GEM 2023: Tecnología en la Educación," UN-ESCO, p. Bit.ly/2023gemreport, 2023, [Online]. Available: https://www.unesco.org/gem-report/sites/default/files/medias/fichiers/2023/07/2023reportflyer_SP.pdf
3. M. Keshavarz and Z. Mirmoghtadaie, "Book Review: Teaching in a Digital Age: Guidelines for Designing Teaching and Learning-Third Edition, authored by Anthony William (Tony) Bates (Tony Bates Associates

- Ltd., 2022),” The International Review of Research in Open and Distributed Learning, vol. 24, no. 2, pp. 192–195, Mar. 2023, <https://doi.org/10.19173/irrodl.v24i2.7063>.
4. uPlanner. (2015, October 27). Beneficios de la tecnología en la educación superior. UPlanner. <https://uplanner.com/es/beneficios-de-la-tecnologia-en-la-educacion-superior/>

Diseño de una aplicación informática móvil como apoyo para el registro y capacitación en la evaluación de calidad de carne de pescado fresco y refrigerado dirigido a pequeños productores piscícolas del departamento del meta

Marco Antonio Gutiérrez Cárdenas¹[0000-0001-7064-9575], Elvis Miguel Pérez Rodríguez²[0009-0004-5899-0366], Leiner Libardo Mendoza Rodríguez³[0009-0007-5612-7405] y Hernán David Quijano González⁴[0009-0001-4615-1272]

^{1,2,3,4} Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Villavicencio, Meta, Colombia

¹ marco.gutierrez@unillanos.edu.co, ² eperez@unillanos.edu.co, ³ leiner.mendoza@unillanos.edu.co, ⁴ hernan.quijano@unillanos.edu.co

327

Resumen. Este proyecto de investigación busca desarrollar una aplicación informática móvil para el sector piscícola, representado principalmente en productores, comercializadores, autoridades sanitarias e investigadores y académicos, con el fin de apoyar el proceso de registro y capacitación en la evaluación de la calidad de carne de pescado fresco y refrigerado, tomando como referente la Norma Técnica Colombiana NTC 1443 que regula el procedimiento y los parámetros de dicha evaluación en Colombia, contribuyendo de esta manera al mejoramiento en la toma de decisiones en el sector y a la seguridad alimentaria en la industria piscícola.

Este artículo presenta un avance en el proceso de desarrollo de software representado en los artefactos obtenidos en las fases de análisis de requerimientos y diseño de la solución, con la aplicación del marco de trabajo SCRUM como metodología ágil de desarrollo, con una permanente comunicación con el usuario final, lo cual ha permitido especificar los requerimientos y definir las decisiones de diseño que guían el proceso de desarrollo de este proyecto.

Palabras clave: Aplicación Móvil, NTC 1443, Software, Piscicultura.

1 Introducción

La piscicultura es una de las actividades más importantes del sector agropecuario en Colombia, especialmente en el departamento del Meta. Según el Departamento de Cadenas Pecuarias, Pesca y Acuicultura del Ministerio de Agricultura [1], la pesca representa el 3,3% del PIB agropecuario y el 0,3% del PIB nacional. Según el mismo documento, la producción pesquera en 2020 fue de 174.067 toneladas. y continúa creciendo, el Meta ocupa el segundo lugar, representando el 11% de la producción. Sin embargo, en el departamento y el país, existen importantes necesidades y oportunidades para mejorar las actividades acuícolas y piscícolas, con innovación tecnológica e inversión en ingeniería para aumentar la competitividad del sector. Uno de estos problemas es la falta de herramientas tecnológicas que apoyen el proceso de producción y supervisión de los peces, esto hace difícil acercar a estos procedimientos de gestión y evaluación a los productores de pescado, principalmente a los pequeños productores y comercializadores, con el fin de permitir un precio y una calidad justa y razonable de los alimentos que llegan al consumidor final.

328

Inicialmente, se ha realizado el diseño de una herramienta tecnológica que facilitará el proceso de registro para la evaluación de la calidad de la carne de pescado, tomando en cuenta las expectativas y necesidades de los actores del sector piscícola colombiano y siguiendo los lineamientos establecidos en la NTC 1443. Este diseño aplica los principios de calidad y seguridad de la información que rigen la ingeniería de software y las buenas prácticas de desarrollo. La aplicación contempla un módulo didáctico que le permita al pequeño productor piscícola comprender y aplicar esta normativa.

La herramienta será sometida a evaluada en términos de eficiencia en el proceso de registro y capacitación para la evaluación de la calidad de la carne de pescado, de acuerdo con la NTC 1443. Además, permitirá a los actores

del sector piscícola comprender y adoptar el proceso de evaluación, lo que les proporcionará a los productores la posibilidad de aspirar a precios justos basados en la calidad de su producto.

2. Marco teórico

La producción sin precedentes de alimentos de origen acuático pone de manifiesto el potencial del sector para hacer frente a la inseguridad alimentaria y la malnutrición. El consumo aparente mundial de alimentos derivados de animales acuáticos alcanzó los 162,5 millones de toneladas en 2021. Esta cifra ha aumentado a un ritmo casi dos veces superior al de la población mundial desde 1961, con un consumo mundial anual per cápita que ha pasado de 9,1 kg en 1961 a 20,7 kg en 2022 [2]. Para Colombia la producción acuícola durante la última década se incrementó en 94,771 toneladas, al pasar de 82.622 en 2011 a 179,351 en 2020, entre tilapia, trucha, cachama, camarón y otras especies nativas, con destino a los mercados nacional e internacional [3].

Los atributos importantes de los alimentos son la seguridad, la nutrición, el sabor, la textura, el color y la idoneidad para el procesamiento y la conservación. El piscicultor tiene cierto control sobre factores fisiológicos, como la edad biológica y la tasa de crecimiento; factores ambientales, como la temperatura, la presión, el flujo y la química del agua; y factores dietéticos, como el ciclo de alimentación, la inanición, la sobrealimentación y la presencia o ausencia de componentes específicos [4]. La composición corporal aproximada de los peces es un aspecto importante que se mide habitualmente en los estudios sobre nutrición de los peces y en las actividades de piscicultura comercial. La investigación sobre nutrición de los peces a menudo se basa en las mediciones de la composición corporal como una forma de calcular la retención de nutrientes, es decir, para estimar los requisitos de nutrientes evaluar el valor nutricional de los ingredientes y alimentos acuícolas y cuantificar las emisiones de desechos de nutrientes [5].

La congelación es un método de uso común y eficaz para prolongar la vida útil del pescado perecedero. Sin embargo, durante los procesos de congelación, almacenamiento y descongelación, el valor nutritivo, la textura y otras propiedades funcionales del músculo del pescado pueden deteriorarse progresivamente. Además, la calidad sensorial del pescado congelado dos veces durante el almacenamiento a largo plazo se deteriora más rápidamente que la del pescado congelado una sola vez, lo que aumenta los riesgos bacteriológicos y de alergia, con una mayor producción de histamina en algunas especies [6]. Por lo tanto, las investigaciones sobre los cambios de frescura

durante el almacenamiento se vuelven esenciales para conservar la calidad de los alimentos. La congelación de alimentos es un método conveniente para procesar pescado para el consumo de los clientes (FAO 2018). La congelación a temperaturas de -18 a -30 °C puede ralentizar la reacción biológica y química, y reducir el deterioro físico del pescado, incluida la actividad enzimática, el cambio de color y la oxidación de lípidos [7].

Los avances en los métodos de producción y de congelación en el proceso de obtención de la carne de pescado ha dado paso a diferentes técnicas y uso de tecnologías que facilitan este proceso. Existe una aplicación que basado en el Método de Índice de Calidad (QIM) explica cómo calificar la frescura del pescado, su nombre es “How fresh is your fish?”, que básicamente muestra imágenes y explica cómo obtener una apreciación sobre el estado del pescado, está enfocado principalmente para Estados Unidos y Europa, con especies típicas de ellos, como el salmón, bacalao y solla. Sin embargo, no existe un producto de software propiamente establecido que permita hacer el control de calidad de carne de pescado fresco y refrigerado de forma eficiente basado en la Norma Técnica Colombiana 1443 y mucho menos en especies de la región del Meta. Teniendo esto en cuenta, se planteó el diseño para una aplicación informática móvil como apoyo para el registro de evaluación de calidad de carne de pescado fresco y refrigerado dirigido a pequeños productores piscícolas del departamento.

Las nuevas tendencias para el desarrollo de software contempla la arquitectura basada en microservicios como un elemento fuerte para las empresas, sobre todo en aspectos como los servicios multiplataforma y vinculación de módulos del backend de diferentes lenguajes, razón por la cual se adoptó una metodología de vanguardia, dejando de lado los monolitos tradicionales, debido a la complejidad y las necesidades de escalabilidad a la que será sometida la aplicación descompuesta en fases y módulos, y por otro lado, dado el evidente éxito de grandes compañías que han usado esta arquitectura [13]. Arquitectura de software con prácticas como una metodología ágil, análisis de software, diseño, prueba, medición de tamaño y estimación de esfuerzo en proyectos de software que adoptan el paradigma de arquitectura de software basada en microservicios [10]. Las arquitecturas de microservicios y los patrones de diseño mejoran el desarrollo de aplicaciones a gran escala al fomentar la flexibilidad. Los profesionales de la industria perciben la importancia de aplicar patrones arquitectónicos, pero tienen dificultades para cuantificar su impacto en los requisitos de calidad del sistema, el efecto de los patrones de diseño en las métricas de rendimiento del sistema, por ejemplo, la latencia del servicio y la utilización de recursos, más aún cuando los patrones operan en entornos reales sujetos a cargas de trabajo heterogéneas [11]. Las arquitecturas de microservicios (MSA) representan la evolución de las

arquitecturas orientadas a servicios (SOA). Se basan en los mismos principios generales pero surgen como una forma refinada de descomponer sistemas en partes más pequeñas, promoviendo diferentes propiedades por ejemplo, responsabilidad única, autonomía total, elasticidad, etc [12]. Algunas ventajas que podremos aprovechar al utilizar una arquitectura basada en microservicios, son: Los equipos de trabajo mínimo, la escalabilidad, la funcionalidad modular, la libertad de desarrollo y despliegue de servicios independientes, así como también las bases de datos independientes reduciendo la susceptibilidad a fallos [13].

3. Análisis de requerimientos

Inicialmente, se realizaron una serie de reuniones y entrevistas con actores del sector piscícola y académicos e investigadores expertos en el área, con el fin de recopilar las necesidades que se tenían frente a la toma de la evaluación del pescado fresco y refrigerado basado en la NTC 1443, con el fin de solventar sus necesidades, los resultados de estas entrevistas indicaron la necesidad de crear un software que no solo permitiera gestionar la evaluación de calidad del pescado, sino también garantizar una trazabilidad y la integridad de los datos a lo largo de todo el proceso.

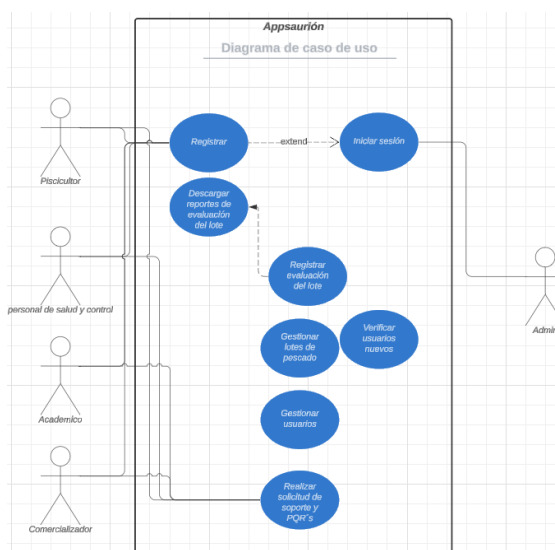
El Sistema requiere gestión de usuarios, lotes de pescado y evaluación de su Calidad junto con reportes de evaluación; se elaboraron historias de usuario como componente determinante para el proceso de desarrollo de software. Como requerimiento no funcional, es necesario garantizar la integridad y confidencialidad de los datos manejados, estableciendo políticas de seguridad informática de autorización y autenticación, permitiendo la gestión completa de los lotes de pescado, incluida la creación, actualización, consulta y eliminación de registros. Cada lote debe incluir información sobre sus condiciones de almacenamiento, como temperatura y humedad. Para garantizar la trazabilidad y cumplir realidad del sector, el sistema puede manejar múltiples lotes al mismo tiempo y rastrear su procedencia y destino.

Una vez registrada la información de los lotes de pescado, se procede a la gestión de la evaluación de calidad de la carne del lote de pescado fresco o refrigerado tomando como referencia los criterios establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 1443, la cual podrá ser generada por los distintos actores del sector piscícola, calculando automáticamente un índice de calidad basado en las mediciones realizadas de forma sensorial. El software podrá generar un reporte de evaluación de calidad de la carne del lote de pescado con opción de exportar a PDF.

Adicionalmente, requiere contar con recursos digitales educativos para la capacitación sobre buenas prácticas de producción piscícola, manejo de lotes de pescado y almacenamiento del producto; al igual, que se requiere capacitación para la evaluación de Calidad de carne de pescado empleando la NTC 1443.

A continuación, se presenta el diagrama de casos de uso del Proyecto:

Fig. 1. Diagrama de casos de uso para el diseño de la herramienta.



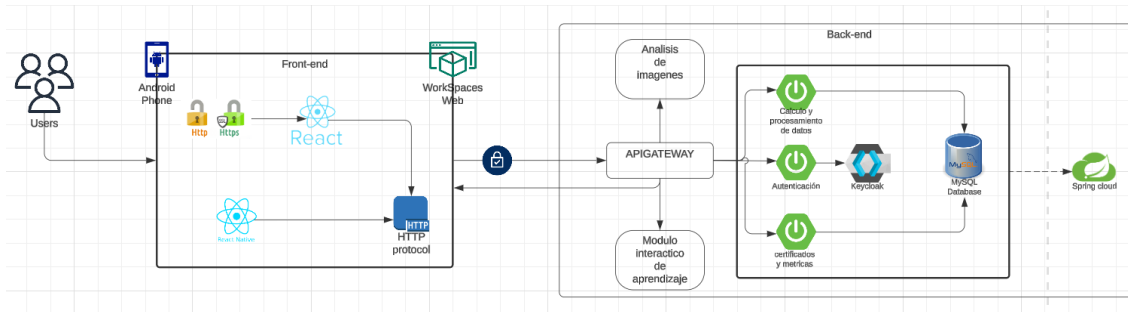
Diseño de la solución

332

El proceso de desarrollo de software está integrado por las siguientes fases: análisis de requerimientos, diseño de la solución, desarrollo y evaluación, despliegue y evolución. El proyecto se está realizando siguiendo la metodología ágil de SCRUM.

La solución está basada en una herramienta móvil para el trabajo de campo, que ocupe poco espacio y de alto rendimiento en sus peticiones, pero a su vez, que permita una vista web para facilidad en el trabajo de oficina por parte de los diferentes actores del sector piscícola. En consecuencia, se estableció la siguiente arquitectura del software (Fig. 2):

Fig. 2. Arquitectura de software del diseño de la herramienta.



En la parte del frontend, se está empleando React Native para la vista desde dispositivos móviles y React para la vista desde la web, mediante el protocolo HTTP, y de manera transversal JavaScript para algunas funcionalidades básicas entre archivos. Esta propuesta plantea una arquitectura basada en microservicios, para facilitar la integración de multiplataforma, aprovechando que desde cualquier vista se pueda acceder a un mismo backend, mediante un API Gateway. Se está trabajando con apoyo del framework de Java: Spring boot, para la parte lógica; Base de datos con Postgresql, guardando sus datos mediante en Spring Cloud; y la seguridad con keycloak, una herramienta que gestiona el almacenamiento de usuarios y sus sesiones.

Convencionalmente se usan números de 1 a 5 para calificar los diferentes aspectos de la Calidad de carne de pescado según la NTC 1443; el usuario evaluador selecciona una descripción y el software asigna el correspondiente ponderado numérico (Fig. 3).

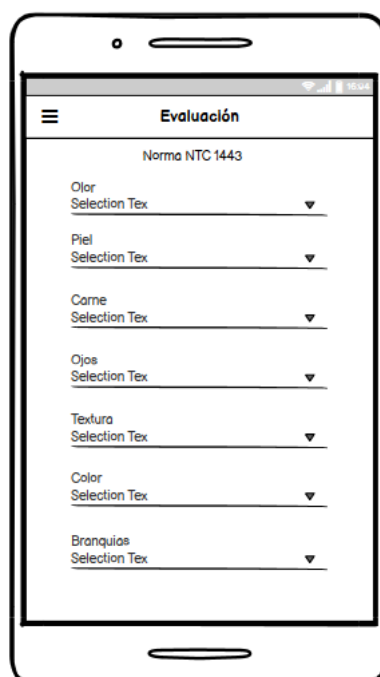
Fig. 3. NTC 1443 - evaluación de pescado fresco y refrigerado [9].

Clasificación	Olor	Piel	Carne	Ojos	Textura	Color	Branquias
5*	Fresco, característico de la especie	Brillante e iridiscente, escamas uniformes firmemente adheridas	Firmemente adherida a los huesos, elástica, no suelta jugo, vasos sanguíneos intactos	Brillantes, glóbulo ocular saliente, iris nítido, transparentes, sin manchas.	Con rigor mortis, firme.	Característico de la especie.	Color rojo intenso, separadas, mucus escaso.
4*	Leve a pescado	Brillante, iridiscencia y color disminuidos	Carne adherida a los huesos pero se puede separar con presión ligera, suelta jugos al comprimir; algunos vasos sanguíneos rotos.	Brillantes, algunas manchas de sangre fresca, ligeramente hundidos, iris borroso.	Firme, elástica al presionar con el dedo, la huella desaparece.	Levemente decolorado	Color rojo pálido, o rosado, algunas fácilmente separables; levemente decolorada, se observa mucus.
3	Algo rancio, olor leve	Levemente brillante, escamas flojas, fáciles de remover	Se desprende con facilidad de los huesos; suelta líquido fácilmente; pegajosa.	Ligeramente opacos	Deformación al presionar con el dedo.	Decolorado.	Color pardusco, amarillento; secas; mucus abundante, completamente unidas, decoloradas.
2	Rancidez avanzada, olor pútrido, ligeramente amoniacal	Algo decolorada, sin brillo, piel desgarrada, decolorada.	Se separa de los huesos; se desintegra fácilmente al presionarla; vasos sanguíneos destruidos; suelta abundante líquido.	Opacos, no se observa la parte interna.	Pescado blando.	Levemente blanquecino, lechoso.	Muy decoloradas, secas.
1	Algo pútrido amoniacal	Flácida, opaca		Glóbulo, ocular hundido, totalmente opacos	Excepcionalmente blando	Blanquecino lechoso	Completamente decoloradas, gran cantidad de mucus

* Unicamente los pescados clasificados como 5 y 4 se pueden utilizar para consumo humano o animal directo o para preparación de conservas.

Se generaron algunos modelos de la interfaz gráfica mediante la herramienta balsamiq, como apoyo a la concepción de la parte visual de la aplicación, tanto móvil como web, lo cual también permitió tomar decisiones de diseño por parte del equipo de trabajo, tomando en cuenta la recomendación de potenciales usuarios, sobre fuentes, tamaño de texto y botones, colores, etc.

Fig. 4. Propuesta para la interfaz de evaluación con la NTC 1443.



4. Resultados y discusión

El estado actual de las herramientas de software móviles para el sector agropecuario y particularmente sector piscícola son escasas. No se cuenta con un software comercial que permita la evaluación de la carne de pescado en su estado fresco o refrigerado.

En el diseño de la propuesta, fue evidente la necesidad de aplicaciones multiplataforma, que permita una visualización de datos desde dispositivos móviles y sistemas web, sobre todo en aplicaciones para recopilar datos de campo y realizar trabajo de oficina.

La Ingeniería de Sistemas puede potenciar otras áreas, y en este caso se busca lograr un aporte significativo a la piscicultura, que contribuya a la seguridad alimentaria y a garantizar un producto de calidad para el consumo humano.

5. Conclusiones

Se ha avanzado en el diseño y desarrollo de herramientas informáticas para modernizar y agilizar el proceso de evaluación de Calidad de carne de pescado de acuerdo a la NTC 1443, priorizando la salud de los consumidores.

En el diseño de la aplicación, el equipo de desarrollo elaboró el listado de artefactos de software y definió los roles y responsabilidades de cada uno de los actores del equipo, de acuerdo a lo estipulado en la metodología Scrum. Se ha definido una arquitectura para el software y se elaboraron los artefactos UML que han permitido modelar el sistema y especificar los detalles de la estructura del software

Referencias

- [1] Ministerio de Agricultura de Colombia. Cadena Nacional de Acuicultura. Ministerio de Agricultura de Colombia, Santafé de Bogotá DC, 2016.
- [2] FAO, «Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura(FAO),» FAO, [En línea]. Available: <https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-report-global-fisheries-and-aquaculture-production-reaches-a-new-record-high/es>
- [3] Ministerio de Agricultura de Colombia. Cadena Nacional de Acuicultura. Dirección de Cadenas Pecuarias, Pesqueras y Acuícolas. Junio (2021)
- [4] Norman F. Haard. (1992) Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish, Food Research International, 25(4), 289-307.
- [5] Soares F, Raposo A, Mendes R, Azevedo M, Dias J, Nobre A, Luís E.C., Silva T. (2023) ficoEst – a tool to estimate the body composition of farmed fish, Aquacultural Engineering, 103.
- [6] Giró-Candanedo M, Cruz J, Comaposada J, Barnés-Calle C, Gou P, Fulladosa P. (2024). Differentiation between fresh and frozen-thawed mackerel fish using low-cost portable near infrared spectrometry devices, 379.
- [7] Xi Xie, Xiaoqian Zhai, Meiyan Chen, Qingqing Li, Yao Huang, Lijuan Zhao, Qin Wang, Li Lin. (2023), Effects of frozen storage on texture, chemical quality indices and sensory properties of crisp Nile tilapia fillets, 8(6), 626-633.
- [8] GUTIÉRREZ, Marco. Prototipo de Aplicación Informática Móvil para Análisis Sensorial en el Proceso de Evaluación de Calidad de Carne de Cachama (*Piaractus brachypomus*). Repositorio Universidad Internacional de la Rioja. Disponible en: <https://reunir.unir.net/handle/123456789/6563> . 2018.
- [9] ICONTEC, Norma Técnica Colombiana NTC 1443, Santafé de Bogotá DC: ICONTEC, 2009.

- [10] Hüseyin Ünlü, Dhia Eddine Kennouche, Görkem Kılınç Soylu, Onur Demirörs. (2024), Microservice-based projects in agile world: A structured interview, 165(107334)
- [11] Willem M, Catia T, Aldeida A. (2024), Experimental evaluation of architectural software performance design patterns in microservices, 218(112183)
- [12] Esparza-Peidro. J, D. Muñoz-Escóí. F, José M. Bernabéu-Aubán, (2024), Modeling microservice architectures, 213(112041)
- [13] Rodríguez, J. Á. I., Padilla, J. I., & Parra, H. A. (2020). Arquitectura basada en micro-servicios para aplicaciones web. Tecnología Investigación y Academia Universidad Distrital, 7(2), 10.

Job Performance Prediction Supported by Fuzzy Logic Techniques

Villegas-Izaguirre, José Manuel¹, Vargas-Rojas, Omar², Ahumada-Tello, Eduardo¹

¹ Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana, México

² Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Acacias, Colombia

villegas_josemanuel@uabc.edu.mx

Abstract. This research paper explores a wide range of predictive methodologies that incorporate fuzzy logic and demonstrate effectiveness in human resource management and uncertainty mitigation. An integrated framework is established for predicting job performance through a systematic methodology that skillfully addresses intrinsic factors such as uncertainty and subjectivity. Definitions of input and output parameters are outlined, a mathematical procedure for transforming these parameters through defuzzification is performed, and results are evaluated through practical tests conducted with the proposed model. Based on the results, it can be demonstrated that the application of fuzzy logic serves as an example of improvement of traditional methods used in job performance evaluation. As a suggestion, and to optimize the model for better results, the rules governing the fuzzy model should be modified according to the specific criteria relevant to the case being evaluated.

Keywords: Fuzzy Logic, Prediction, Job Performance.

337

1 Introduction

Accurately assessing job performance is crucial for strategic decisions that enhance productivity. Traditional methods, while effective, often miss the complexity and uncertainty of work conditions. Fuzzy logic offers a more flexible approach to predicting job performance [1].

Academic studies frequently utilize the ANFIS framework by Takagi and Sugeno, along with structured approaches to data preparation and performance evaluation [2]. Other studies review literature to identify relevant theories and methodologies, including Fuzzy Tsukamoto and Fuzzy Mamdani, aiming

to pinpoint key evaluation criteria and their weighted scoring [3]. Data mining techniques, such as the C4.5 algorithm and Naive Bayes, also offer automated solutions for performance evaluation [4]. Effective evaluation demands a clear understanding of criteria, measurement scales, and the application of fuzzy logic. This requires precise scale tables for individualized results [5].

This paper explores using fuzzy logic to predict job performance, focusing on a model based on experience, previous performance, and job satisfaction, showcasing its adaptability in complex business environments.

2 Methodology

The methodology developed to predict employee performance is based on a fuzzy logic system, capable of handling the uncertainty and subjectivity inherent in job evaluation metrics. Fuzzy logic was implemented due to its ability to manage imprecise data, thus providing an effective tool for performance prediction.

2.1 Definition of Variables

This section provides a detailed description of the variables used in the employee performance prediction system, including both input variables and the output variable. Each variable is analyzed in terms of its definition, measurement method, and linguistic values within the fuzzy logic system. See Figure 1.

2.2 Input variables

Experience:

Measures the number of years an employee has worked in their field. It is categorized as follows:

- Beginner (0-2 years): Little to no experience.
- Intermediate (3-5 years): Moderate experience and skill development.
- Experienced (6+ years): Extensive experience and ability to handle complex tasks.

Previous Week's Performance:

A composite assessment of weekly performance, including:

- Punctuality: Discipline in attendance.
- Goal Achievement: Attainment of work targets.
- Work Quality: Accuracy and effectiveness in tasks.

Job Satisfaction:

The level of employee well-being, assessed through:

- Work Environment: Physical conditions and organizational climate.
- Relationships with Colleagues and Supervisors: Quality of interactions at work.
- Opportunities for Growth: Perception of professional development opportunities.

Previous Week's Performance:

A composite assessment of weekly performance, including:

- Punctuality: Discipline in attendance.
- Goal Achievement: Attainment of work targets.
- Work Quality: Accuracy and effectiveness in tasks.

Job Satisfaction:

The level of employee well-being, assessed through:

- Work Environment: Physical conditions and organizational climate.
- Relationships with Colleagues and Supervisors: Quality of interactions at work.
- Opportunities for Growth: Perception of professional development opportunities.

2.3 Output variables

Predicted Performance:

The result of performance prediction on a scale from 0 to 10, categorized as follows:

- Very Low (0-2): Poor performance.
- Low (2-5): Below average performance.
- Medium (5-7): Satisfactory performance.
- High (7-9): Above average performance.
- Very High (9-10): Exceptional performance.

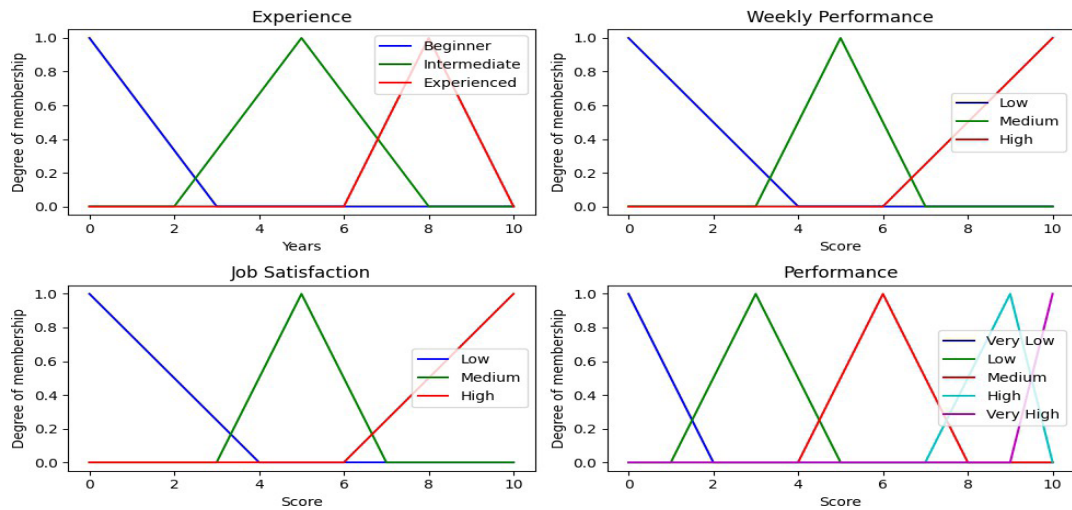
339

Calculation Process:

The fuzzy logic system processes the input variables using the defined fuzzy rules and produces an output that reflects the expected performance. De-fuzzification converts the fuzzy outputs into a concrete numerical value on the 0 to 10 scale.

This methodological approach not only provides a performance prediction but also offers a solid basis for task allocation and identifying high-potential employees, which is crucial for organizational success.

Fig.1. Representation of input and output variables and their linguistic values.



2-4 Defuzzification

The fuzzy logic system uses the Centroid defuzzification method, which calculates the output value by taking the center of mass of the area under the membership curve. The Centroid method calculates the output value and using the formula:

$$y = \frac{\sum i(\mu(x_i) \cdot x_i)}{\sum i\mu(x_i)} \quad (1)$$

where $\mu(x_i)$ is the value of the membership function for the input x_i .

3 Results

The employee performance prediction system, using fuzzy logic, was tested with various combinations of the input variables: experience, weekly performance, and job satisfaction. The results obtained show how these combinations influence the prediction of final performance, and clear patterns can be identified in how variations in these inputs affect the predicted performance. The results can be seen in Table 1.

The accuracy of the performance prediction system is a crucial aspect that determines its practical utility.

Throughout the tests performed, the system showed a reasonable ability to accurately predict performance, aligning with expert assessments and historical data. However, there are some areas where improvements could be made to further increase the accuracy and reliability of the system.

Table 1. Results obtained from combinations of input and output variables

Experience	Weekly performance	Job satisfaction	Predicted performance
Beginner	Low	Low	2.0
Beginner	Medium	Medium	3.5
Beginner	High	High	5.0
Intermediate	Low	Low	4.0
Intermediate	Medium	Medium	6.0
Intermediate	High	High	7.5
Experienced	Low	Low	5.0
Experienced	Medium	Medium	7.5
Experienced	High	High	9.0

4 Conclusions

The use of fuzzy logic techniques in predicting job performance has been shown to be effective in human resource management by handling uncertainty in performance evaluation. Results indicate that the system can complement and improve traditional methods. However, fine-tuning of the fuzzy rule continuum is required to optimize its accuracy. This approach has the potential to be applied in broader research and organizational contexts.

References

- [1] B. Taşkan, B. Karatop, and C. Kubat, "A Fuzzy Logic Approach for Corporate Performance Evaluation," *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, pp. 733–743, 2024, doi: 10.1007/978- 981-99-6062-0_69.
- [2] P. Rabiei and D. Arias-Aranda, "An Adaptive Network-based Fuzzy Inference System for predicting organizational commitment according to different levels of job satisfaction in growing economies," *Simulation*, vol. 94, no. 4, pp. 341–358, 2018, doi: 10.1177/0037549717712037.
- [3] A. Christian, A. Yani, K. Indriani, and H. Nurdin, "Model Implementasi Logika Fuzzy Untuk Penilaian Kinerja Karyawan IT Support," *Jurnal Sistem Informasi dan Informatika (Simika) P- ISSN*, vol. 5, pp. 2622–6901, 2022.
- [4] R. Santhosh and M. Mohanapriya, "Generalized fuzzy logic based performance prediction in data mining," in *Materials Today: Proceedings*, 2021, pp. 1770–1774. doi: 10.1016/j.matpr.2020.08.626.
- [5] V. M. Belov, T. M. Pestunova, N. V. Belova, and D. L. Kosov, "Technique for Evaluating the Effectiveness of the Information Security Department," in *Proceedings of the 2023 IEEE 16th International Scientific and Technical Conference Actual Problems of Electronic Instrument Engineering, APEIE 2023*, 2023, pp. 1130–1133. doi:10.1109/APEIE59731.2023.10347645.