

# Conceptualización del diagnóstico del Dengue desde una perspectiva de la ingeniería y las nuevas tecnologías

## Conceptualization of the diagnosis of Dengue from an engineering and new technology perspective

DOI: <http://dx.doi.org/10.17981/cesta.03.01.2022.01>

Artículo de investigación científica. Fecha de recepción: 27/11/2021 Fecha de aceptación: 24/01/2022.

**Wilson de Jesus Arrubla Hoyos** 

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Bogotá, D.C. (Colombia)  
wilson.arrubla@unad.edu.co

How to cite this article:

W. Arrubla, "Conceptualización del diagnóstico del Dengue desde una perspectiva de la ingeniería y las nuevas tecnologías", *J. Comput. Electron. Sci.: Theory Appl.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, 2022. <https://doi.org/10.17981/cesta.03.01.2022.01>

### Resumen

**Introducción**— El dengue es una enfermedad tropical transmitida por mosquito que según reportes de la Organización Mundial de la Salud-OMS deja unos 390 millones de personas infectadas cada año, es una de las enfermedades que más afecta la salud de la población y la economía a nivel mundial. En consecuencia, Se han realizado esfuerzos desde diferentes áreas del saber donde se incluyen las Tecnologías de la Información y Comunicación-TIC para hacer frente a esta enfermedad.

**Objetivos**— El objetivo de este artículo es presentar una conceptualización de la enfermedad del dengue desde una perspectiva de la ingeniería, caracterizando su comportamiento en las personas y como las principales tecnologías están realizando investigaciones para la predicción temprana.

**Métodología**— Para su desarrollo se consultaron bases de datos especializadas como SCOPUS, WOS, IEEE, PUBMED utilizando cadenas de búsquedas que relacionan palabras claves de la enfermedad y las tecnologías de la información.

**Resultado:** Como resultado se obtuvo que las principales tecnologías son el Machine Learning, el Big Data y la Inteligencia artificial con el desarrollo de modelos capaces de predecir la enfermedad de manera temprana. Existen muchas técnicas específicas que se utilizan, sin embargo, no se abordan en este artículo, solo se presenta la conceptualización de las tecnologías principales.

**Conclusiones**— Se logra concluir que existen esfuerzos desde el área de la ingeniería en realizar investigaciones asociadas a la predicción temprana del dengue para hacer frente al impacto que está generando la enfermedad. Por un lado, existen modelos predictivos que apoyan las decisiones médicas en el diagnóstico temprano del dengue, aquí juega un papel importante la inteligencia artificial y el machine learning, y, por otro lado, se están generando grandes volúmenes de información en la práctica médica que posibilitan hacer nuevas investigaciones orientadas al diagnóstico y control del dengue.

**Palabras clave**— Aprendizaje automático; Big data; Inteligencia Artificial; Dengue

### Abstract

**Introduction**— Dengue is a mosquito-borne tropical disease that according to reports from the World Health Organization-WHO leaves about 390 million people infected each year, it is one of the diseases that most affects the health of the population and the economy worldwide. Consequently, efforts have been made from different areas of knowledge, including Information and Communication Technologies-ICT, to address this disease.

**Objective**— The objective of this article is to present a conceptualization of the dengue disease from an engineering perspective, characterizing its behavior in people and how the main technologies are conducting research for early prediction.

**Methodology**— For its development, specialized databases such as SCOPUS, WOS, IEEE, PUBMED were consulted using search strings that relate key words of the disease and information technologies.

**Results**— As a result, it was obtained that the main technologies are Machine Learning, Big Data and Artificial Intelligence with the development of models capable of predicting the disease early. There are many specific techniques used, however, they are not addressed in this article, only the conceptualization of the main technologies is presented.

**Conclusions**— It is possible to conclude that there are efforts from the engineering area to carry out research associated with the early prediction of dengue to face the impact that the disease is generating. On the one hand, there are predictive models that support medical decisions in the early diagnosis of dengue, here artificial intelligence, and machine learning play an important role, and, on the other hand, large volumes of information are being generated in medical practice that make it possible to carry out new research aimed at the diagnosis and control of dengue.

**Keywords**— Machine learning; Big data; Artificial Intelligence; Dengue fever

## I. INTRODUCCIÓN

LA fiebre del dengue es una enfermedad viral transmitida por mosquito que tiene sus orígenes en Filipinas y Tailandia el siglo XX durante los años 50. Esta enfermedad es transmitida en gran medida por la especie de mosquitos *Aedes aegypt* y en un menor porcentaje por la especie *Ae. Albopictus* que también transmiten otras enfermedades como el Zika, fiebre amarilla y chikunguña [1]. Esta enfermedad presenta un cuadro patológico amplio que puede variar desde una persona asintomática, hasta síntomas graves con un sin número de complicaciones como hemorragia, extravasación de plasma y daño en los órganos [1].

El dengue tiene cuatro serotipos que pueden transmitirse a las personas (DENV-1, DENV-2, DENV-3 y DENV-4) [2] y pueden circular simultáneamente en la misma región. La OMS estima una carga mundial de 390 millones de infectados por año que produce consecuencias graves en la salud de las personas y en las economías de los países que lo padecen [1].

El dengue afecta en gran medida los países de Asia y América Latina que se encuentran por los trópicos y subtrópicos. Existen algunas variables meteorológicas asociadas a los brotes endémicos como la temperatura, precipitaciones, humedad relativa y otro tipo de variables sociales como la falta de planeación en la urbanización. Colombia no es ajena a esta problemática mundial, pues ha presentado Picos endémicos en el año 2010 (157 202), 2013 (127 754), 2016 (101 016) y 2019(124 989) [3]. Para el año 2021 se reportaron 22 067 casos, de los cuales el 51% son clasificados sin signos de alarma, el 47.4 % con signos de alarma y el 1.7% de dengue grave [4].

La investigación del dengue se hace relevante y necesaria dado el impacto mundial que genera en la salud humana y en la economía mundial. Es este escenario, en el que la ingeniería ha tomado un papel importante y protagónico en colaboración con los investigadores de epidemiología [5], en aras de hacer frente y buscar soluciones inteligentes que mitiguen el impacto que genera esta enfermedad.

Por estas razones el presente artículo está estructurado de la siguiente manera: enfocando la sección II en conceptualizar de la enfermedad del dengue desde una perspectiva de la ingeniería, la cual les permita a los investigadores conocer generalidades y términos asociados en el estudio de la predicción del dengue; la sección III presenta los conceptos de Inteligencia artificial, Big data, *Machine Learning* y algunas de sus técnicas asociadas a el estudio de la enfermedad; y la sección IV se presenta la discusión y recomendaciones

## II. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ENFERMEDAD DEL DENGUE

Esta sección aborda la enfermedad del dengue desde una perspectiva genérica, con la intención de conocer los aspectos más importantes como su definición, clasificación, comportamiento de la enfermedad en el huésped del virus, diagnósticos y el algoritmo de atención clínica.

### A. Dengue

El dengue es una enfermedad vírica que se transmite por mosquitos principalmente por el *Aedes aegypti*. El virus causante de esta enfermedad hace parte de la familia *Flaviviridae* y se clasifica en cuatro serotipos que se conocen como DENV-1, DENV-2, DENV-3 y DENV-4, lo cual se traduce en la existencia de una posibilidad de infectarse cuatro veces, dado que no existe inmunidad cruzada [1]. La expansión de la enfermedad es endémica y tiene su mayor área de actuación en las áreas urbanas y suburbanas de las regiones tropicales y subtropicales del mundo [5].

### B. Comportamiento de la enfermedad

El curso de la enfermedad se establece en tres fases que se conocen como: Fase Febril, en la que se presenta fiebre alta y repentina, lo más habitual en esta fase es un cuadro agudo de fiebre que puede durar de 2 a 7 días acompañado en la mayoría de las veces por enrojecimiento facial, dolor general en el cuerpo, artralgia, cefalea, mialgia entre otros síntomas [6]. En la Fase Febril del dengue se dificulta diferenciarlo clínicamente otras enfermedades como el chikunguña [7], uno de las primeras indicios para alertar al personal médico es la disminución progresiva de los glóbulos blancos [6]. La fase siguiente es la Crítica, en la que puede existir un aumento de los niveles de hematocritos, aumento en la permeabilidad capilar. En esta fase la fiebre de algunos pacientes puede mantenerse en 37.5 grados o por debajo, de igual forma se presentan manifestaciones clínicas en el paciente producto de la extravasación del plasma; una de estas manifestaciones es la aparición de un 15% al 20% de formas atípicas en la Leucopenia con neutropenia y linfocitos seguido de una caída en el recuento de plaquetas [6]. Esta fase normalmente puede durar de 24 a 48 horas, entre las que se destacan hemorragias de las mucosa nasal y de las encías, en otros casos como las mujeres embarazadas sangrado transvaginal [6].

Por último, aparece la Fase de Recuperación que es la fase en la cual los pacientes que superan la Fase Crítica empiezan a tener una reabsorción del líquido extravasado, retornando el comportamiento extravascular al intravascular. Esta fase suele tener una duración de 48 a 72 horas [6]. La Fig. 1 presenta de manera más precisa las fases del dengue.

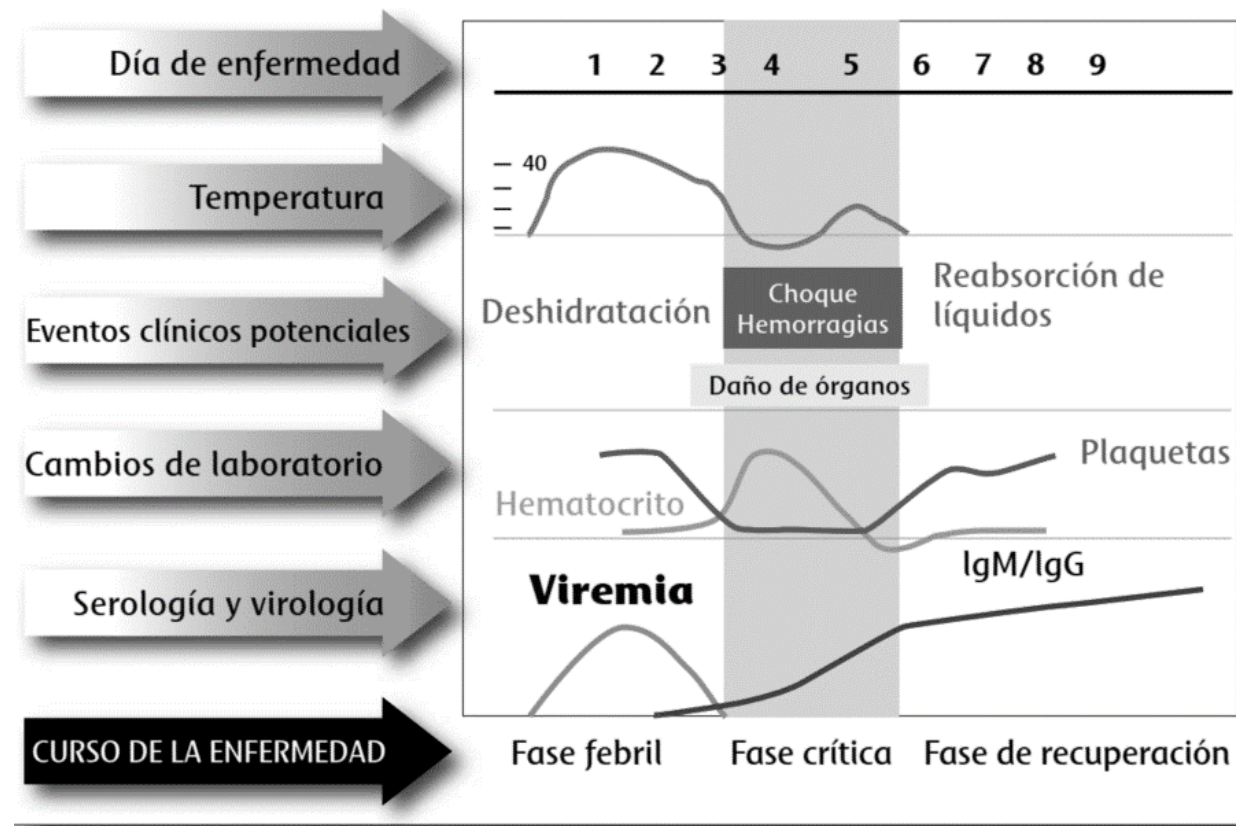


Fig. 1. Curso de la enfermedad del Dengue.  
Fuente: [6].

La enfermedad se clasifica según su gravedad como: Dengue Sin Signos de Alarma (DSSA), Dengue Con Signos de Alarma (DCSA) y Dengue grave (DG) [6]. En la siguiente Tabla 1 se presenta cada una de las características de esta enfermedad [6].

TABLA 1.  
CLASIFICACIÓN DE LA GRAVEDAD DEL DENGUE.

Dengue Sin Signos de Alarma (DSSA)	Dengue Con Signos de Alarma (DCSA)	Dengue Grave (DG)
<p>Persona que vive o ha viajado en los últimos 14 días a zonas con transmisión de dengue y presenta fiebre habitualmente de 2 a 7 días de evolución y 2 o más de las siguientes manifestaciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Náuseas / vómitos.</li> <li>Exantema.</li> <li>Cefalea / dolor retroorbitario.</li> <li>Mialgia / artralgia.</li> <li>Petequias o prueba del torniquete (+).</li> <li>Leucopenia.</li> </ol> <p>También puede considerarse caso todo niño proveniente o residente en zona con transmisión de dengue, con cuadro febril agudo, usualmente entre 2 a 7 días y sin foco aparente.</p>	<p>Todo caso de dengue que cerca de y preferentemente a la caída de la fiebre presenta uno o más de los siguientes signos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Dolor abdominal intenso o dolor a la palpación del abdomen.</li> <li>Vómitos persistentes.</li> <li>Acumulación de líquidos (ascitis, derrame pleural, derrame pericárdico).</li> <li>Sangrado de mucosas.</li> <li>Letargo / irritabilidad.</li> <li>Hipotensión postural (lipotimia).</li> <li>Hepatomegalia &gt; 2 cm.</li> <li>Aumento progresivo del hematocrito.</li> </ol>	<p>Todo caso de dengue que tiene una o más de las siguientes manifestaciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Choque o dificultad respiratoria debido a extravasación grave de plasma. Choque evidenciado por: pulso débil o indetectable, taquicardia, extremidades frías y llenado capilar &gt; 2 segundos, presión de pulso &lt; 20 mmHg: hipotensión en fase tardía.</li> <li>Sangrado grave: según la evaluación del médico tratante (ejemplo: hematemesis, melena, metrorragia voluminosa, sangrado del Sistema Nervioso Central (SNC)).</li> <li>Compromiso grave de órganos, como daño hepático (AST o ALT &gt;1000 UI), SNC (alteración de conciencia), corazón (miocarditis) u otros órganos.</li> </ol>
Se requiere estricta observación del paciente e intervención medica inmediata.		

Fuente: [6].

### C. Diagnóstico del dengue

Existen diferentes formas para diagnosticar el dengue, La OMS presenta los métodos directos e indirectos [6], en los que se destacan la detección de antígeno y serológicos, la detección del genoma viral por medio de la prueba RT-PCR en tiempo real, el aislamiento viral y últimamente se están realizando investigaciones para proponer nuevos métodos de clasificación de pacientes con sospecha de dengue como apoyo a los profesionales de la salud a través de técnicas de Machine Learning.

Minsalud (Colombia) [8] clasifica los métodos de diagnóstico del virus del dengue como hematológicos, imágenes, diagnóstico virológico y diagnóstico serológico (Fig. 2). Por otro lado, existen estudios con metodologías diferentes para diagnosticar el virus. Tales metodologías, utilizan las herramientas de la comunicación y la computación para realizar el diagnóstico temprano de la enfermedad. Por ejemplo, investigadores de la India [9] utilizan las técnicas *Decision Tree* (DT) and *Random Forest* (RF) para diagnosticar el dengue logrando una precisión del 79%. Autores del DIU [10] utilizan 12 parámetros físicos como la fiebre, rehidratación, vómitos entre otros para realizar la predicción biclase del dengue, en la etapa de experimentación ponen a prueba siete clasificadores de machine learning obteniendo un 100% con las técnicas Decisión Tree y Naive Bayes. Por último y no menos importante, estudios en Indonesia logran clasificar con un 83% de precisión la fiebre del dengue a partir de los documentos textuales de registros médicos [11].

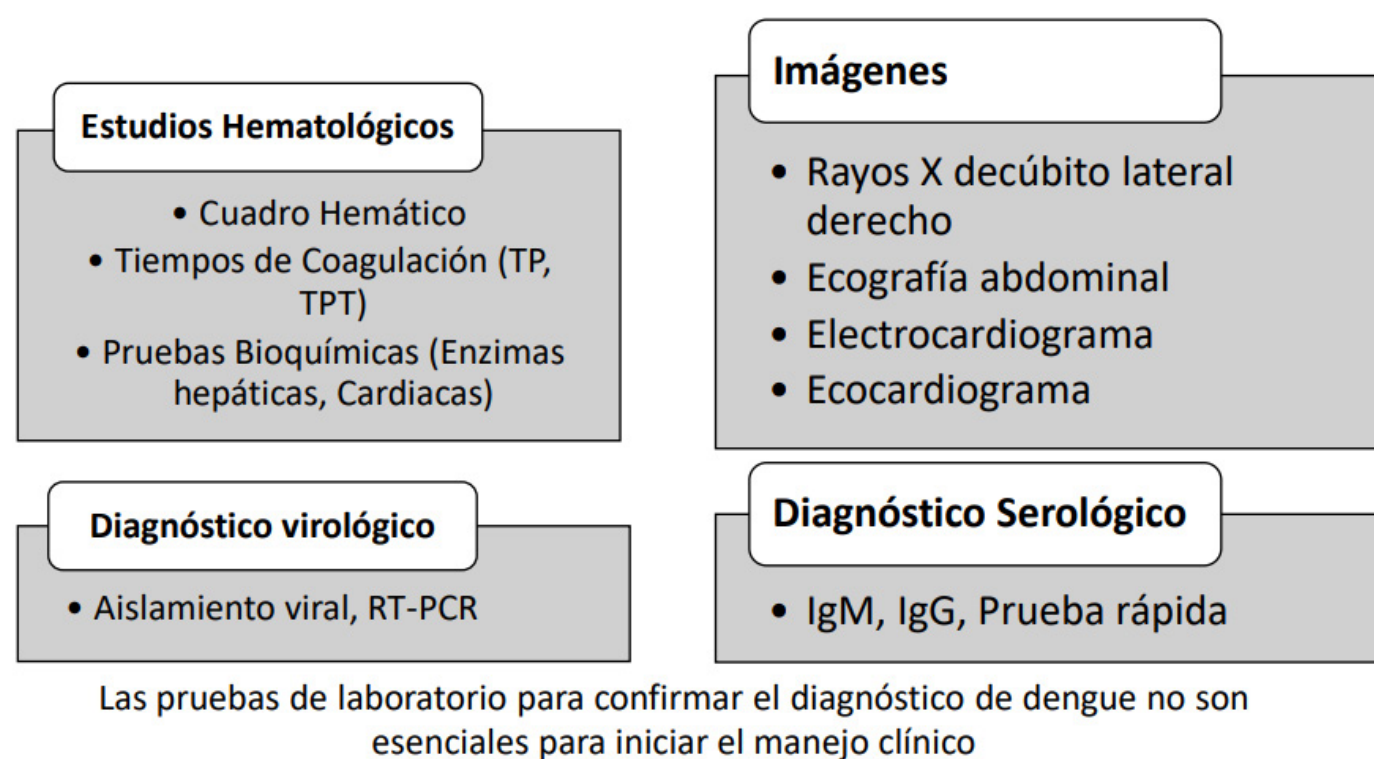


Fig. 2. Métodos de diagnósticos del dengue.  
Fuente: [8].

### D. Algoritmo de atención de casos clínicos del dengue

Para definir la ruta que se debe seguir en la atención de los pacientes con sospecha de dengue se debe hacer una clasificación según sea la gravedad [6]. Antes de continuar con el algoritmo se debe definir lo que es un caso sospechoso de dengue; lo cual se define con la localización de donde vive cualquier persona o si ha realizado viajes por lo menos 14 días de anterioridad a zonas con brotes de dengue y presenta síntomas de fiebre agudo, que normalmente van de 2 a 7 días de evolución y, por lo menos dos o más manifestaciones como las siguientes: mialgia/artralgia, náusea/vómitos, cefalea/dolor, exantema, dolor retroorbitario, prueba de torniquete positiva(+), leucopenia con o sin gravedad. También dentro de la definición clínica se considera caso sospechoso todo niño con las dos condiciones iniciales a la anterior y sin signo de focalización neurológica. A continuación, en la Fig. 3 se presenta el algoritmo de atención.

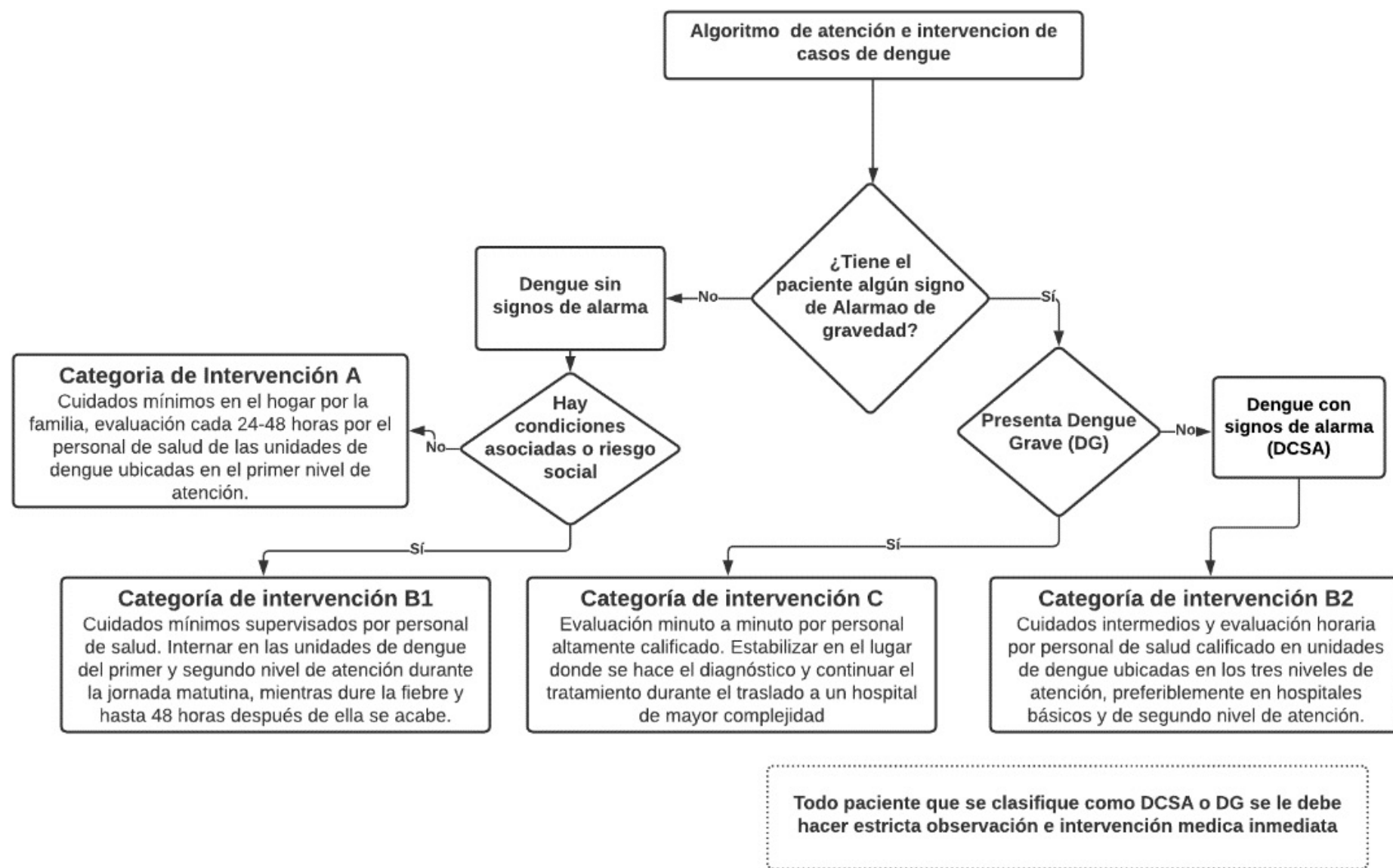


Fig. 3. Algoritmo atención de atención de casos clínico del dengue.  
Fuente: [6].

### III. CONCEPTUALIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS ASOCIADAS A LA PREDICCIÓN DE LA ENFERMEDAD DEL DENGUE

Esta sección presenta los conceptos de las principales tecnologías que se están utilizando para realizar estudios asociados a la predicción de las enfermedades tropicales, más precisamente sobre el dengue, como la minería de datos [12] y Big Data [13].

#### A. Inteligencia Artificial (IA)

La Inteligencia Artificial puede ser definida desde distintas perspectivas como una disciplina científica. En este sentido, es la ciencia sobre la inteligencia, de igual forma se asocia a los modelos computacionales con la capacidad de percepción, cognición y acción [14]. Otra forma de definirla es como una disciplina que se relaciona con la ingeniería en la automatización de tareas y también como disciplina en el diseño de sistemas inteligentes [14].

La implementación de la inteligencia artificial está creciendo en todas las áreas del saber, donde se destaca el diagnóstico de enfermedades con fin de apoyar el que hacer del médico para individualizar los tratamientos [15]. Existen estudios donde se abordan los desafíos de enfermedades tropicales como el Dengue (DEN) el Zika (ZIKV) y el Chikunguña(CHIKV) [16] que actualmente son problemas de salud pública mundial.

#### B. Big Data

Existe una definición clásica del concepto de *Big Data* y se refiere al gran volumen de datos caracterizados con una variedad muy amplia en su estructura, en el que se necesita tecnología y métodos de análisis específicos para poder procesarla y transformarla en conocimiento que genere valor [17]. El análisis de Big Data es utilizado en muchos campos del saber entre ellos en la medicina donde se hace necesario obtener información de calidad que permita obtener resultados confiables que se puedan aplicar posteriormente en los pacientes [17].

Hay muchas fuentes que generan grandes cantidades de datos en la práctica médica en los que se mencionan los registros médicos electrónicos, datos generados por equipos y sensores, imágenes médicas, notas médicas, informes de laboratorio, investigaciones biomédica, entre otros [18]. Algunos estudios en el que utilizan el análisis de Big Data están orientados a pronosticar los brotes de dengue basados en variables meteorológicas para apoyar la vigilancia epidemiológica [19].

### C. Machine Learning

También conocido como *Aprendizaje Máquina* el cual se define como parte de la Inteligencia Artificial que combina las técnicas estadísticas con los algoritmos computacionales para dotar a la máquina de capacidad de aprender para mejorar los resultados de una tarea específica [17]. Existen tres variantes del aprendizaje automático como se describe en la Fig. 4.

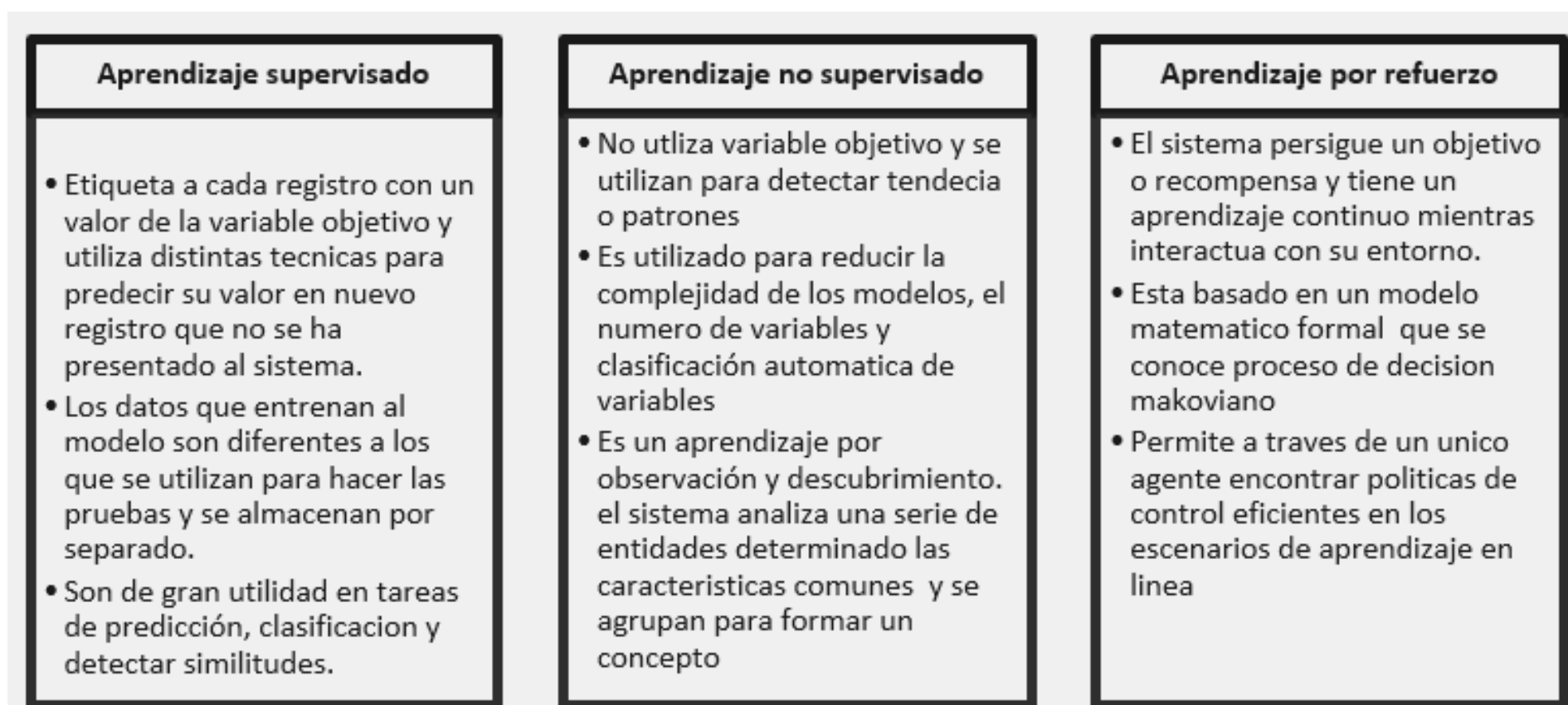


Fig. 4. Clasificación del aprendizaje automático.  
Fuente: Autores [17], [20], [21].

Existen algunas investigaciones que utilizan técnicas de Machine Learning para apoyar a las decisiones médicas. Autores cubanos presentan un algoritmo clínico que se basa en técnicas de árboles de decisiones para diagnosticar el dengue [22]. Este estudio utiliza variables como síntomas y resultados de laboratorio para realizar la predicción. Otras investigaciones utilizan diferentes técnicas de machine learning con síntomas clínicos similares para el diagnóstico del dengue, como por ejemplo las técnicas *Decisión Tree* y *Naive Bayes* [10], *SVM* [23] y *Redes Neuronales Profunda-DNN* [24].

### CONCLUSIONES

El dengue es un virus que afecta gran parte de la población mundial, su comportamiento se presenta en tres fases conocidas como Fase Febril, Fase Crítica y Fase de Recuperación. Tales fases transcurren aproximadamente por nueve días donde el paciente puede experimentar muchos cambios; entre los más graves está el síndrome del choque que puede causar la muerte si no es tratado oportunamente. Existen distintos métodos para el diagnóstico temprano del dengue como la prueba ELISA y la prueba RT-PCR [6], sin embargo, se requieren de equipos y personal especializados para poder realizarlos. Bajo este contexto las Tecnologías de la Información y la Ingeniería han empezado un sin número de investigaciones para apoyar el diagnóstico temprano de la enfermedad. La inteligencia artificial, el Big Data y el machine learning están jugando un papel importante tanto en el diagnóstico temprano de la enfermedad como en el monitoreo y seguimiento epidemiológico.

## REFERENCIAS

- [1] WHO, “Dengue y dengue grave”, *www.who.int/es*, 2021. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue> (accedido oct. 03, 2021).
- [2] S. J. Gan, Y. Q. Leong, M. F. H. bin Barhanuddin, S. T. Wong, S. F. Wong, J. W. Mak & R.B. Ahmad, “Dengue fever and insecticide resistance in Aedes mosquitoes in Southeast Asia: a review”, *Parasites Vectors*, vol. 14, no. 1, pp. 1–19, Jun. 2021. <http://dx.doi.org/10.1186/s13071-021-04785-4>
- [3] Asivamosensalud, “Dengue - Georeferenciado” (Marzo 24 de 2021). *Así Vamos en Salud*. Disponible en <https://www.asivamosensalud.org/indicadores/enfermedades-transmisibles/dengue-georeferenciado>
- [4] República de Colombia, INS, “Dengue”, *BES*, no. 33, 1–2, Ago, 2021. [https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2021\\_Boletin\\_epidemiologico\\_semana\\_33.pdf](https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2021_Boletin_epidemiologico_semana_33.pdf)
- [5] P. Siriyasatien, S. Chadsuthi, K. Jampachaisri & K. Kesorn, “Dengue Epidemics Prediction: A Survey of the State-of-the-Art Based on Data Science Processes”, *IEEE Access*, vol. 6, pp. 53757–53795, Sep. 2018. <http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2871241>
- [6] PAHO/WHO, *Dengue: guías para la atención de enfermos en la región de las Américas*. WA, USA: PAHO/WHO, 2016. Disponible en <https://iris.paho.org/handle/10665.2/28232>
- [7] I. Puc, T.-C. Ho, K.-L. Yen, A. Vats, J.-J. Tsai, P.-L. Chen, Y.-W. Chien, Y.-C. Lo & G.-C. Perng, “Cytokine Signature of Dengue Patients at Different Severity of the Disease”, *Int J Mol Sci*, vol. 22, no. 6, pp. 1–15, Mar. 2021. <http://dx.doi.org/10.3390/ijms22062879>
- [8] República de Colombia, MinSalud, “Abordaje clínico del dengue”, [online], 2016. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ET/presentacion-abordaje-clinico-dengue-vuelta-colombia.pdf>
- [9] D. Sarma, S. Hossain, T. Mittra, Md. A. M. Bhuiya, I. Saha & R. Chakma, “Dengue Prediction using Machine Learning Algorithms”, presented at *8th R10 Humanitarian Technology Conference*, R10-HTC, KCH, MY, 1-3 Dic. 2020, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/R10-HTC49770.2020.9357035>
- [10] M. M. F. Islam, S. A. Khushbu, A. S. Azad Rabby & T. Bhuiyan, “A Study on Dengue Fever in Bangladesh: Predicting the Probability of Dengue Infection with External Behavior with Machine Learning”, presented at *5th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems*, ICICCS, IXM, IMD, 6-8 May. 2021, pp. 1717–1721. <http://dx.doi.org/10.1109/ICICCS51141.2021.9432288>
- [11] R. K. Putra & S. Mulyati, “Classification of Childhood Diseases with Fever Using Fuzzy K-Nearest Neighbor Method”, presented at *2018 International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems*, ISRITI, JOG, IDSA, 21-22 Nov. 2018, pp. 332–337. <http://dx.doi.org/10.1109/ISRITI.2018.8864475>
- [12] N. Saravanan & V. Gayathri, “Classification of dengue dataset using J48 algorithm and ant colony based AJ48 algorithm”, presented at *2017 International Conference on Inventive Computing and Informatics*, ICICI, CJB, IMD, 23-24 Nov. 2017, pp. 1062–1067. <http://dx.doi.org/10.1109/ICICI.2017.8365302>
- [13] C. Mohapatra, M. Pandey & S. S. Rautray, “Modeling and dynamics of infectious disease: Big data analytics”, presented at *2017 International Conference on Computer Communication and Informatics*, ICCCI, CJB, IMD, 5-7 Jan. 2017, pp. 1–4. <http://dx.doi.org/10.1109/ICCCI.2017.8117737>
- [14] M. C. Expósito y R. Ávila, “Aplicaciones de la inteligencia artificial en la Medicina: perspectivas y problemas”, *ACIMED*, vol. 17, no. 5, pp. 1–12, May 2008. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/aci/v17n5/aci05508.pdf>
- [15] G. S. Handelman, H. K. Kok, R. V. Chandra, A. H. Razavi, M. J. Lee & H. Asadi, “eDoctor: machine learning and the future of medicine”, *J Intern Med*, vol. 284, no. 6, pp. 603–619, Dec. 2018. <http://dx.doi.org/10.1111/joim.12822>
- [16] V. Fonseca, P.J. K. Libin, K. Theys, N. R. Faria, M. R. T. Nunes, M. I. Restovic, M. Freire, M. Giovanetti, L. Cuypers, A. Nowé, A. Abecasis, K. Deforche, G. A. Santiago & Tulio de Oliveira, “A computational method for the identification of Dengue, Zika and Chikungunya virus species and genotypes”, *PLOS Negl Trop Dis*, vol. 13, no. 5, pp. 1–15, May. 2019. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pntd.0007231>
- [17] A. Núñez, M. A. Armengol & M. Sánchez, “Big Data Analysis y Machine Learning en medicina intensiva”, *Med Intensiva*, vol. 43, no. 7, pp. 416–426, Oct. 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.medin.2018.10.007>
- [18] S. Hassan, M. Dhali, F. Zaman & M. Tanveer, “Big data and predictive analytics in healthcare in Bangladesh: regulatory challenges”, *Heliyon*, vol. 7, no. 6, pp. 1–12, Jun. 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07179>
- [19] G. Manogaran y D. López, “A Gaussian process based big data processing framework in cluster computing environment”, *Cluster Comput*, vol. 21, no. 1, pp. 189–204, Mar. 2018. <http://dx.doi.org/10.1007/s10586-017-0982-5>
- [20] H. C. Arteaga, “Técnicas de aprendizaje supervisado y no supervisado para el aprendizaje automatizado de computadoras”, presentado en el *Ier Congreso Internacional de Ciencias Pedagógicas*, ITB, GYE, ECUA, 2015, pp. 549–564. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/742219.pdf>
- [21] M. L. Errecalde, “Marcos teóricos del aprendizaje por refuerzo multiagente”, presentado en *III Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, RedUNCI, LUQ, ARG, May. 2001. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/21638>
- [22] J. R. Acosta, L. Oller, N. Sokol, R. Balado, D. Montero, R. Balado y M. E. Sardiñas, “Técnica Árboles de decisión aplicada al método clínico en el diagnóstico del dengue”, *RevPediatria*, vol. 88, no. 4, pp. 441–453, Dic. 2016. Disponible en <http://www.revpediatria.sld.cu/index.php/ped/article/view/138>
- [23] S. Srivastava, S. Soman, A. Rai & A. S. Cheema, “An Online Learning Approach for Dengue Fever Classification”, presented at *33rd International Symposium on Computer-Based Medical Systems*, CBMS, RNY, MN, USA, 28-30 Jul. 2020, pp. 163–168. <http://dx.doi.org/10.1109/CBMS49503.2020.00038>
- [24] T.-S. Ho, T.-C. Weng, J.-D. Wang, H.-C. Han, H.-C. Cheng, C.-C. Yang, C.-H. Yu, Y.-J. Liu, C. H. Hu, C.-Y. Huang, M.-H. Chen, C.-C. King, Y.-J. Oyang & Ching-C. Liu, “Comparing machine learning with case-control models to identify confirmed dengue cases”, *PLOS Negl Trop Dis*, vol. 14, no. 11, pp. 1–21, Nov. 2020. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pntd.0008843>

**Wilson Arrubla Hoyos** es Ingeniero Electrónico de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Tutor de la Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería. Actualmente estudiante de Doctorado en Tecnologías de la Información y la Comunicación en la Universidad de la Costa (Colombia), beneficiado por la una beca del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación de Colombia. Sus áreas de interés son las telecomunicaciones, el Machine Learning, la inteligencia artificial. <https://orcid.org/0000-0001-7119-7603>