



MODELO CONCEPTUAL PARA LA CLASIFICACIÓN DEL DENGUE BASADO EN LA TECNOLOGÍA DE ULTRASONIDO PORTÁTIL (POCUS) Y LAS CURVAS DE APRENDIZAJE

Sandra Patricia Usaquén Perilla, Laura Valentina Bocanegra Villegas, José Isidro García Melo

**Universidad del Valle
Cali, Colombia**

Resumen

Las enfermedades tropicales representan uno de los principales problemas de salud pública del mundo, dentro de las cuales dengue, zika, chicunguña, malaria y tuberculosis representan la mayor carga de morbilidad y mortalidad. En términos generales, en este tipo de enfermedades un correcto diagnóstico y tratamiento en las fases tempranas deriva en resultados positivos en términos sociales y económicos, una vez que evita consecuencias críticas a quien la padece y minimiza los recursos asociados a la recuperación. En este contexto, es recomendable considerar los avances tecnológicos y mejoras en los sistemas de atención con la integración de equipos biomédicos que ofrezcan resultados rápidos y confiables al lado del paciente, como los denominados Point of Care. Esto implica, la definición de un proceso de adquisición por parte de las instituciones hospitalarias de atención a este tipo de enfermedades, generalmente nivel I y II, considerando no solamente características técnicas, sino también relacionados con la efectividad clínica, la seguridad el paciente, aspectos organizaciones y costos. En este sentido, aunque internacionalmente se han propuesto estrategias de evaluación de equipos biomédicos bajo la denominada Health Technology Assessments (HTA), se recomienda integrar a estas propuestas indicadores relacionados con las curvas de aprendizaje del personal médico, ofreciendo herramientas de apoyo a las instituciones hospitalarias en la selección de los recursos especializados para la atención de las enfermedades tropicales. Este trabajo presenta un modelo conceptual de evaluación para equipos Point of Care Ultrasound (POCUS) incorporando el factor de la curva de aprendizaje, tomando como caso de aplicación la clasificación de una enfermedad tropical como el dengue. Para determinar el alcance del uso de ultrasonido en la clasificación del dengue y los elementos

teóricos del modelo como: dominios y criterios de evaluación se realizó una revisión bibliográfica. Se estudiaron los gráficos de control, standard cumulative summation (CUSUM) y learning curve CUSUM (LC-CUSUM) para evaluar el proceso de aprendizaje y por medio de herramientas de dinámica de sistemas se establecieron las relaciones entre los diferentes dominios de evaluación. Se estimaron las relaciones existentes entre la curva de aprendizaje, costos fijos y variables, clasificación del dengue, sensibilidad y especificidad del ultrasonido, entre los más relevantes. Adicionalmente, el modelo integra el entrenamiento necesario para utilizar este tipo de tecnología y la clasificación de enfermedades tropicales infecciosas como el dengue, lo cual ha sido poco explorado de acuerdo con la revisión sistemática realizada hasta enero de 2021.

Palabras clave: POCUS; curvas de aprendizaje; dengue

Abstract

Tropical diseases represent one of the main public health problems in the world, among dengue, Zika, Chikungunya, malaria, and tuberculosis; These diseases represent the greatest burden of morbidity and mortality. In general, in this type of disease, a correct diagnosis, and treatment in the early stages leads to positive results in social and economic terms, since it avoids critical consequences for the sufferer and minimizes the resources associated with recovery. In this context, it is advisable to consider technological advances and improvements in health care systems with the integration of biomedical equipment that offers fast and reliable results at the patient's side, such as the Point of Care. This implies the definition of a process of acquisition by the hospital institutions of attention to this type of disease; generally level I and II, considering not only technical characteristics but also related to clinical effectiveness, patient safety, aspects organizations, and cost. In other words, although internationally biomedical equipment assessment strategies have been proposed under the so-called Health Technology Assessments (HTA), it is recommended to integrate these proposed indicators related to the learning curves of medical personnel, by offering support tools to hospital institutions in the selection of specialized resources for the care of tropical diseases. This work presents a conceptual assessment model for Point of Care Ultrasound (POCUS) equipment incorporating the learning curve factor, taking as an application case the classification of a tropical disease such as dengue. To determine the scope of the use of ultrasound in the classification of dengue and identify the theoretical elements of the model such as domains and assessment criteria, a bibliographic review was carried out. The control charts, standard cumulative summation (CUSUM) and learning curve CUSUM (LC-CUSUM) control charts were studied to assess the learning process and using system dynamics tools, the relationships between the different assessment domains were established. The relationships between the learning curve, fixed and variable costs, dengue classification, sensitivity, and specificity of ultrasound, among the most relevant, were estimated. Furthermore, the model integrates the training necessary to use this type of technology and the classification of infectious tropical diseases such as dengue, which has been little explored according to the systematic review carried out until January 2021.

Keywords: POCUS; learning curves; dengue



1. Introducción

La OMS [1], refiere la utilización de ultrasonido abdominal para detectar extravasación, síntoma asociado a la fase crítica del dengue y estudios recientes indican la utilización de POCUS como predictor o un signo de pronóstico del dengue grave, inclusive en niños [2]–[7]. A nivel mundial el dengue presenta un alto índice de propagación, se estima que 3.900 millones de personas, están en alto riesgo de infección en más de 128 países endémicos [8]. La mortalidad asociada a esta enfermedad es evitable en el 98% de los casos con una identificación temprana [9].

Los sistemas de imágenes diagnósticas por ultrasonido han evolucionado presentando actualmente estructuras complejas que permiten procesar un alto volumen de información y establecer comunicaciones, en varios formatos normalizados con otros sistemas computacionales. Estas características han permitido su aplicación en la elaboración de exámenes de emergencia con equipos modulares y portables en el punto de atención al paciente, procedimiento conocido como Point of Care Ultrasound-POCUS [10].

Considerando que los resultados de la utilización de este tipo de tecnología son altamente dependientes del operador, se requiere de una evaluación confiable y válida (curvas de aprendizaje) de la competencia en ultrasonografía del personal clínico para garantizar la seguridad del paciente [11].

En este sentido, una metodología empelada a nivel hospitalario con un abordaje sistemático y multidisciplinario que analiza las propiedades, efectos e impactos de las tecnología y tiene como objetivo proporcionar respuestas a los tomadores de decisión sobre el valor probable de las tecnologías en salud es el modelo mini-HTA AdHopHTA [12].

De acuerdo con lo expuesto anteriormente este trabajo presenta un modelo conceptual de evaluación para equipos POCUS incorporando el factor de la curva de aprendizaje, tomando como caso de aplicación la clasificación de una enfermedad tropical como el dengue.

2. Metodología

Revisión bibliográfica

Para determinar el alcance del uso de ultrasonido en la clasificación del dengue se ejecutó la estrategia de búsqueda en las siguientes bases de datos: Medline and Embase via Ovid, Medline via PubMed, Cochrane Library via Wiley, Global Index Medicus, ClinicalTrials.gov, World Health Organization International Clinical Trials Registry (WHO ICTRP), WHO Library Database (WHOLIS), Opengrey.eu y Scopus. Se empleó la siguiente ecuación de búsqueda: 1.) "Diagnostic imaging", 2) ultrasonography 3) (ultraso* or ultra-so* or sonogra* or echogra* or echoso* or echoscop* or echotomogra* or echo-tomogra* or tomoe- chogra* or tomo-echogra). 4) 1 or 3, 5) dengue, 6) dengue virus, 7) (dengue* or ("break bone" or "break bone" or breakbone or aden or bouquet or dandy or red or solar or sun) fever)). La ventana de tiempo fue desde 2018 a 2021 teniendo en cuenta el scoping review realizado previamente por Dewan, et al. 2021, [13].



Se obtuvo un total de 2454 estudios potencialmente disponibles, se excluyeron artículos duplicados, revistas no indexadas, texto completo no disponible y los artículos en idiomas diferentes al inglés, español o portugués; en total se analizaron los resúmenes de 453 artículos; 49 artículos a texto completo que finalmente se incluyeron en el estudio (Figura 1).

Para establecer los elementos teóricos del modelo como: dominios y criterios de evaluación tomamos como referencia el modelo mini-HTA AdHopHTA [12]. este modelo fue desarrollado por los hospitales y para los hospitales, dando una connotación particular de las necesidades de la organización.

Curva de aprendizaje

Se realizó revisión bibliográfica y consulta a expertos para establecer métodos estadísticos que permitieran evaluar la curva de aprendizaje. De acuerdo a Biau, et al. 2008 [14], los gráficos de control de suma acumulativa estándar (CUSUM) y curva de aprendizaje CUSUM (LC-CUSUM) tienen ventajas sobre otros métodos porque son métodos cuantitativos sensibles para detectar si se ha alcanzado y mantenido un nivel objetivo de competencia a lo largo del tiempo. Los gráficos de control LC-CUSUM revelan cuándo se ha alcanzado un nivel de competencia preespecificado y los gráficos CUSUM se utilizan para monitorear el desempeño después de alcanzar el dominio. Esta herramienta estadística permite una evaluación cuantitativa para detectar cambios rápidamente en competencia en tiempo real al nivel de un individuo y, por lo tanto, el poder estadístico del método no depende del número de individuos evaluados. Esto se debe a que los criterios de competencia aceptable e inaceptable se determinan a priori [15]. El uso de estas herramientas de modelado ha permitido a los proveedores médicos y quirúrgicos definir y alcanzar objetivos específicos de aprendizaje y competencia individuales. [16]

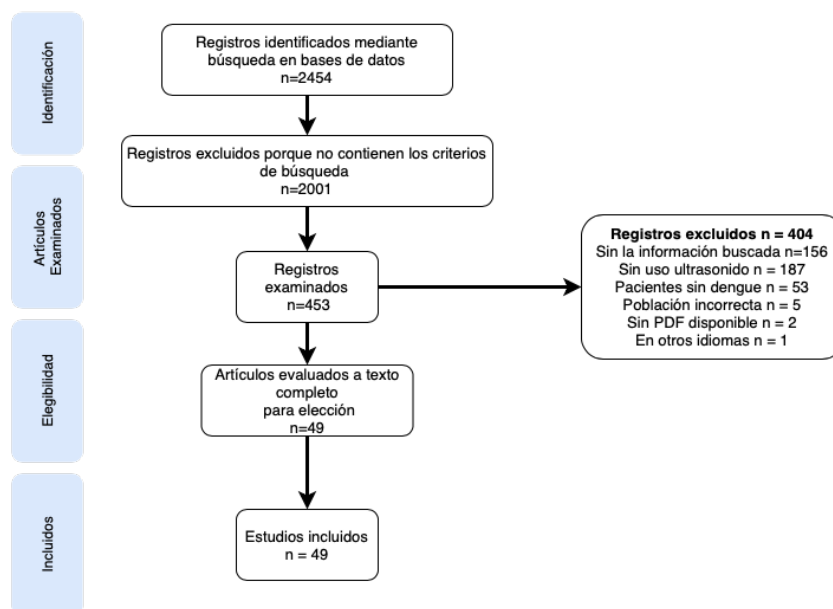


Figura 1 Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios



3. Formulación del modelo

La metodología de Dinámica de sistemas (DS) se ha utilizado para comprender el comportamiento de sistemas complejos a través del tiempo, identificación de variables críticas y las relaciones clave (retroalimentación) entre éstas variables que conforma un sistema [17], [18]. Además, se identificó que previamente DS se ha aplicado en el sector de la salud y ha demostrado su eficacia para resolver problemas sistémicos, como es el caso del análisis de propagación del virus COVID-19 [19], el sistema de prevención y tratamiento de enfermedades infecciosas y endémicas [20], y aspectos organizacionales como la cantidad de enfermeras requeridas para los próximos años en una institución, impacto de las políticas públicas en los servicios de salud y la evaluación entre la oferta y la demanda de médicos por disposición geográfica [21]–[23], apoyo a la toma de decisiones para los formuladores de políticas nacionales y globales [24] entre otros.

Este trabajo emplea la metodología para modelar, analizar y simular el impacto de la introducción del ultrasonido en una institución prestadora de salud, las curvas de aprendizaje y demás criterios a través del tiempo, durante la vida útil del equipo. El modelo se desarrolló con base en [25] para la creación de modelos de simulación de sistemas dinámicos, primero se seleccionan las variables clave a partir del modelo mini-HTA AdHopHTA [12] y los resultados de [13] y la revisión realizada por los autores. En cuanto la curva de aprendizaje la herramienta estadística CUSUM y LC-CUSUM permitieron entender cómo se relaciona el número de pacientes evaluados, la calidad de las imágenes y los límites para establecer competencias. La información recolectada permitió identificar las variables (Tabla 1) que representan las diferentes interacciones entre la efectividad clínica, seguridad del paciente, aspectos organizativos, aspectos económicos y curvas de aprendizaje que permiten visualizar el panorama y muestra los beneficios de introducir la tecnología en una institución. La Tabla 1 presenta el dominio de evaluación (primera columna) que se ha identificado en la revisión bibliográfica [26]–[53] y las variables representativas del dominio con la descripción correspondientes (segunda columna).

Dominio de evaluación	Variable
Efectividad clínica	- Clasificación adecuada del dengue con POCUS, hace referencia a asertividad en la clasificación del dengue con el equipo POCUS. - Gravedad de condición paciente, indica la condición clínica del paciente con dengue en la institución sugerida por la OMS [1]. - Reingreso, refleja el ingreso de un paciente al hospital luego de haber sido dado de alta por la institución con la misma patología. - Diagnóstico de traumas (FAST - Focused abdominal sonography for trauma). La ecografía FAST trata de aplicar un ultrasonido localizado en 4 puntos o "ventanas" para la identificación de líquido libre en la cavidad abdominal de manera inmediata mientras se realizan las medidas de reanimación en los pacientes politraumáticos inestables. - Seguimiento embarazo: otro posible diagnostico con el equipo POCUS, focalizado en la atención de maternas en urgencias [29].
Seguridad del paciente	- Especificidad: Es la probabilidad de clasificar correctamente a un individuo sano. En nuestro caso se entenderá como clasificar correctamente un paciente sin extravasación. En otras palabras, son pacientes con dengue, pero sin evidencia de extravasación por medio del ultrasonido portátil.



	- Falsos negativos: pacientes clasificados erradamente como dengue sin signos de alarma, pero que en realidad si presentaban algún tipo de extravasación y esto fue detectado por otra tecnología u otro profesional. - Sensibilidad: Es la probabilidad de clasificar correctamente a un individuo enfermo, es decir, la probabilidad de que para un sujeto enfermo se obtenga en la prueba un resultado positivo. En nuestro caso se entenderá como clasificar adecuadamente un paciente con dengue y con signos de extravasación. La sensibilidad es, por lo tanto, la capacidad de la prueba para detectar la extravasación. - Falsos positivos: paciente diagnosticado con dengue y con signos de extravasación, pero que en realidad no tenía extravasación
Aspectos organizacionales	- Costos variables: agrupa los costos que cambian de acuerdo con la demanda de pacientes con dengue o sospecha de dengue. Incluye los suministros para la realización del examen. - Otros diagnósticos: ingresos por otros diagnósticos como pacientes con trauma (FAST) y mujeres embarazadas que usen el POCUS en el servicio de urgencias. - Reconsulta para seguimiento: costos asociados a los pacientes con dengue que regresan a seguimiento clínico. - Costos fijos: incluye los costos de adquisición del equipo POCUS y los mantenimientos preventivos durante la vida útil del equipo POCUS.
Curva aprendizaje	- Reentrenamiento: indica cuando el medico capacitado en el uso del POCUS pierde el entrenamiento y requiere volver a tomar el curso y supervisión continua. - Calidad imagen: refleja la calidad de la imagen generada con el equipo POCUS y medida de acuerdo con las recomendaciones de American College of Emergency Physicians (ACEP). - Puntos ecográficos: lugar anatómico examinado con el equipo POCUS para determinar la presencia de extravasación. - Tipos de pacientes: refleja los diferentes tipos de pacientes, por lo que puede variar el diagnostico de dengue (Ejemplo pacientes obesos o niños).

Una vez identificadas las variables, se elaboró el Diagrama Causal (Figura 1), el cual es un gráfico dirigido a mostrar las interacciones entre las variables. En este tipo de diagramas, las variables del sistema están conectadas a través de flechas que denotan relaciones de causa-efecto (A B), que pueden ser positivas o negativas. En una relación positiva, un aumento o disminución en la variable causa aumenta o disminuye el efecto, respectivamente. Por el contrario, una relación negativa implica que un aumento o disminución de la variable causa produce una disminución o aumento del efecto [54]. Las interacciones en rojo corresponden a efectividad clínica, en azul lo correspondiente a seguridad del paciente, en naranja a aspectos organizativos, en verde lo relacionado a aspectos económicos y las negras lo correspondiente a las características de curvas de aprendizaje.

La Figura 1 está compuesta por tres bucles de retroalimentación y balanceo, los bucles muestran las relaciones dentro y entre los subsistemas, se analizan con más detalle a continuación:

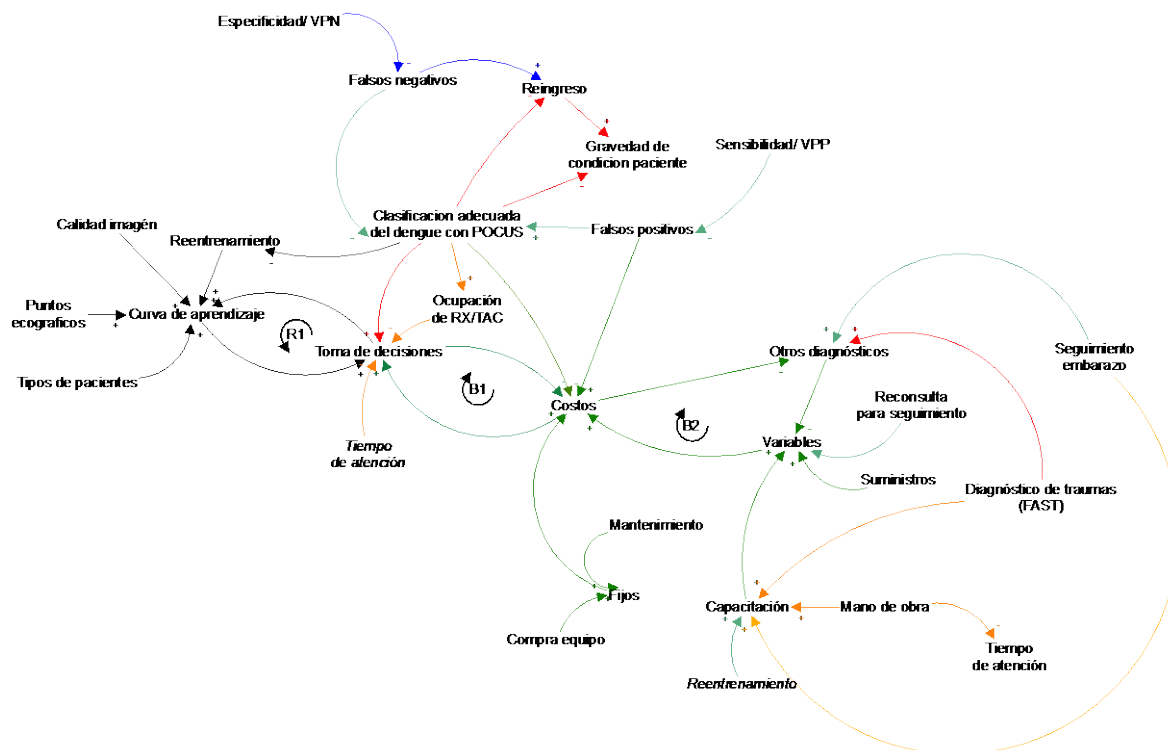
R1: Muestra la relación causal entre curva de aprendizaje y toma de decisiones para la adquisición de la tecnología. Al mejorar la curva de aprendizaje, o ser más estable en el tiempo los médicos emitirán un mejor diagnóstico y se facilitará la toma de decisiones.

B1: Cuando se incrementan los costos, aumenta la dificultad en la toma de decisiones y viceversa.

B2: Al aumentar el número de diagnósticos realizados con el equipo POCUS para otras enfermedades, disminuyen los costos variables y los costos totales. Finalmente, los costos totales se



relacionan inversamente con el número de diagnósticos realizados para FAST y mujeres embarazadas.



4. Conclusiones y Trabajos Futuros

Se puede utilizar un modelo determinista para conocer el comportamiento de las curvas de aprendizaje y su relación con la inclusión de un nuevo método de clasificación del dengue en una institución.

Utilizando el enfoque de dinámica de sistemas y el diagrama de bucle causal, esta investigación propone un modelo conceptual que analiza la efectividad clínica, seguridad del paciente, aspectos organizativos, aspectos económicos y curvas de aprendizaje para la clasificación del dengue.

Se debe continuar desarrollando las etapas de la metodología de dinámica de sistemas para conocer el impacto a través del tiempo de la inclusión de esta nueva tecnología en la institución y el efecto en la clasificación de enfermedades como el dengue.

Realizar el análisis de costos considerando el uso de las instalaciones, reentrenamiento, rotación de personal, el valor del dinero a través del tiempo y el uso para el diagnóstico o tratamiento de otras patologías.

5. Referencias

- [1] OPS, *Guías para la atención de enfermos en la región de las américas*, vol. dos. 2015.
- [2] X. T. Chai, K. A. Baharuddin, S. F. A. Wahab, A. Rahman, R. M. Isa, y A. H. Siti-Azrin, "Ultrasound findings of plasma leakage as imaging adjunct in clinical management of dengue fever without warning signs", *Med. J. Malaysia*, vol. 75, núm. 6, pp. 635–641, 2020.
- [3] S. Pothapregada, P. Kullu, B. Kamalakannan, y M. Thulasingham, "Is Ultrasound a Useful Tool to Predict

- Severe Dengue Infection?", *Indian J. Pediatr.*, vol. 83, núm. 6, pp. 500–504, 2016.
- [4] S. Bélard *et al.*, "Point-of-Care Ultrasound Assessment of Tropical Infectious Diseases—A Review of Applications and Perspectives", *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, vol. 94, núm. 1, pp. 8–21, 2015.
- [5] M. Khurram, W. Qayyum, M. Umar, M. Jawad, S. Mumtaz, y H. T. B. Khaar, "Ultrasonographic pattern of plasma leak in dengue haemorrhagic fever", *J. Pak. Med. Assoc.*, vol. 66, núm. 3, pp. 260–264, 2016.
- [6] K. S. Vedaraju, K. R. V Kumar, y T. V Vijayaraghavachari, "Role of Ultrasound in the Assessment of Dengue Fever", *Int. J. Sci. Study*, vol. 3, núm. 10, pp. 59–62, 2016.
- [7] S. S. Walia, M. A. Arif, y J. Liaqat, *Clinical manifestations and laboratory diagnosis*. Elsevier Inc., 2019.
- [8] I. N. de S. Colombia, *Informe De Evento Dengue, Colombia, A Periodo Epidemiologico VI De 2018*. 2018.
- [9] S. M. Bhagavan, *Global health-care perspective of Dengue viral disease*. Elsevier Inc., 2019.
- [10] A. C. of E. Physicians, *Ultrasound Guidelines: Emergency, Point-of-care, and Clinical Ultrasound Guidelines in Medicine*. 2016.
- [11] T. Todsén *et al.*, "Reliable and valid assessment of point-of-care ultrasonography", *Ann. Surg.*, vol. 261, núm. 2, pp. 309–315, 2015.
- [12] *et al.* Sampietro-Colom L, Lach K, Cicchetti A, Kidholm K, Pasternack I, Fure B, Rosenmöller M, Wild C, Kahveci R, Wasserfallen JB, Kiivet RA, *The AdHOPHTA handbook: a handbook of hospital-based Health Technology Assessment (HB-HTA)*. 2015.
- [13] N. Dewan, D. Zuluaga, L. Osorio, M.-E. Krienke, C. Bakker, y J. Kirsch, "Ultrasound in Dengue: A Scoping Review", *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, vol. 00, núm. 0, pp. 1–10, 2021.
- [14] D. J. Biau, S. M. Williams, M. M. Schlup, R. S. Nizard, y R. Porcher, "Quantitative and individualized assessment of the learning curve using LC-CUSUM", *Br. J. Surg.*, vol. 95, núm. 7, pp. 925–929, 2008.
- [15] W. H. Woodall, G. Rakovich, y S. H. Steiner, "An overview and critique of the use of cumulative sum methods with surgical learning curve data", *Stat. Med.*, núm. November, pp. 1–14, 2020.
- [16] D. J. Biau y R. Porcher, "A method for monitoring a process from an out of control to an in control state: Application to the learning curve", *Stat. Med.*, vol. 29, núm. 18, pp. 1900–1909, 2010.
- [17] J. W. Forrester, *Industrial Dynamics*, vol. 1ra ed., núm. Pegasus Communications, USA. 1961.
- [18] G. P. Richardson, "Core of System Dynamics", *Encycl. Complex. Syst. Sci.*, pp. 1–10, 2019.
- [19] O. J. Brady *et al.*, "Refining the Global Spatial Limits of Dengue Virus Transmission by Evidence-Based Consensus", *PLoS Negl. Trop. Dis.*, vol. 6, núm. 8, 2012.
- [20] M. Li *et al.*, "System dynamics modeling of public health services provided by China CDC to control infectious and endemic diseases in China", *Infect. Drug Resist.*, vol. 12, pp. 613–625, 2019.
- [21] T. Ishikawa, K. Fujiwara, H. Ohba, T. Suzuki, y K. Ogasawara, "Forecasting the regional distribution and sufficiency of physicians in Japan with a coupled system dynamics-geographic information system model", *Hum. Resour. Health*, vol. 15, núm. 1, pp. 1–9, 2017.
- [22] H. Kwon y E. Y. Jung, "The impact of policy on the growth of precision medicine", *Heal. Policy Technol.*, vol. 7, núm. 4, pp. 347–357, 2018.
- [23] Z. A. Abas *et al.*, "A supply model for nurse workforce projection in Malaysia", *Health Care Manag. Sci.*, vol. 21, núm. 4, pp. 573–586, 2018.
- [24] M. R. Davahli, W. Karwowski, y R. Taiar, "A system dynamics simulation applied to healthcare: A systematic review", *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 17, núm. 16, pp. 1–27, 2020.
- [25] M. Cedillo y C. Sánchez, *Análisis dinámico de sistemas industriales*, Primera. México, 2008.
- [26] D. C. J. J. R. S. K. P. Kularatne S.A.M. Ralapanawa U., "Series of 10 dengue fever cases with unusual presentations and complications in Sri Lanka: A single centre experience in 2016", vol. 18, núm. 1, 2018.
- [27] A. Lakshman, P. Balasubramanian, R. V Nampoothiri, R. Vijayvergiya, A. Bhalla, y S. C. Varma, "Elevated cardiac biomarkers and echocardiographic left ventricular dysfunction at admission in



- patients with dengue fever: report from a tertiary care center in Northwest India", *Trop. Doct.*, vol. 48, núm. 4, pp. 261–265, oct. 2018.
- [28] S. Biswas, P. Kumar, G. Tansir, y A. Biswas, "Case Report: Cardiac Tamponade in Dengue Hemorrhagic Fever: An Unusual Manifestation of a Common Disease", *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, vol. 101, núm. 2, pp. 448–450, ago. 2019.
- [29] M. de A. Tavares *et al.*, "Clinical relevance of gallbladder wall thickening for dengue severity: A cross-sectional study", *PLoS One*, vol. 14, núm. 8, p. e0218939, ago. 2019.
- [30] T. A *et al.*, "Role of Interleukin-10 and Abdominopelvic Ultrasound as a Potential Predictor of Disease Severity in Dengue Hemorrhagic Fever.", *Cureus*, vol. 11, núm. 7, p. e5249, 2019.
- [31] B. Mohanty, A. Sunder, y S. Pathak, "Clinicolaboratory profile of expanded dengue syndrome – Our experience in a teaching hospital", *J. Fam. Med. Prim. Care*, vol. 8, núm. 3, p. 1022, 2019.
- [32] V. T *et al.*, "Increased Carotid Intima-Media Thickness in Children with a History of Dengue Hemorrhagic Fever.", *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, vol. 100, núm. 3, pp. 630–634, 2019.
- [33] A. T. Matthias, S. Apsara, y A. Epa, "A case report of dengue haemorrhagic fever complicated with psoas haematoma requiring blood transfusion", *BMC Infect. Dis.*, vol. 19, núm. 1, p. 385, dic. 2019.
- [34] G. Gondhali y S. Bhattad, "Study of cardiac manifestations of dengue fever", *MedPulse Int. J. Med.*, vol. 11, núm. 3, pp. 235–239, 2019.
- [35] L. A. B. G. Farias *et al.*, "Myocarditis Following Recent Chikungunya and Dengue Virus Coinfection: A Case Report", *Arq. Bras. Cardiol.*, vol. 113, núm. 4, pp. 783–786, 2019.
- [36] M. Delgado Quintero, K. Díaz, y V. Couce Herrera, "Adolescents' orbital myositis [Miositis orbitaria en adolescente]", vol. 91, núm. 1, 2019.
- [37] J. Parmar, M. Vora, C. Mohan, S. Shah, H. Mahajan, y T. Patel, "'Honeycomb' pattern of gallbladder wall thickening – A forward step in early diagnosis of 'Severe Dengue Fever'", *Indian J. Radiol. Imaging*, vol. 29, núm. 1, p. 14, 2019.
- [38] S. F. Anam A.M. Rabbani R., "Spontaneous calf haematoma in severe dengue", vol. 2018, 2018.
- [39] D. Kaminstein, W. T. Kuhn, D. Huang, y S. L. Burleson, "Perspectives on Point-of-Care Ultrasound Use in Pediatric Tropical Infectious Disease", *Clin. Pediatr. Emerg. Med.*, vol. 20, núm. 2, pp. 128–140, jun. 2019.
- [40] P. Dussart *et al.*, "Comparison of dengue case classification schemes and evaluation of biological changes in different dengue clinical patterns in a longitudinal follow-up of hospitalized children in Cambodia", *PLoS Negl. Trop. Dis.*, vol. 14, núm. 9, p. e0008603, sep. 2020.
- [41] A. Vanichkulbodee y R. Othong, "Man With Diarrhea and Fever", *Ann. Emerg. Med.*, vol. 76, núm. 1, pp. 108–118, jul. 2020.
- [42] B. Bandiara, R., Darmawan, G., Suseno, J., & Alisjahbana, "Acute kidney injury in non-shock dengue hemorrhagic fever patient", vol. 58, núm. 1, 2020.
- [43] M. Bhatt *et al.*, "Myocarditis in admitted patients with dengue fever", *Infection*, vol. 48, núm. 6, pp. 899–903, dic. 2020.
- [44] A. P. S. Rathore *et al.*, "Serum chymase levels correlate with severe dengue warning signs and clinical fluid accumulation in hospitalized pediatric patients", *Sci. Rep.*, vol. 10, núm. 1, p. 11856, dic. 2020.
- [45] C. L. Dandeniya, I. B. Gawarammana, y G. Weerakoon, "Coronary Artery Spasms Mimicking Acute ST-Elevation Myocardial Infarction in Dengue Haemorrhagic Fever", *Case Rep. Infect. Dis.*, vol. 2020, pp. 1–3, feb. 2020.
- [46] C. Shah, G. Vijayaraghavan, y C. C. Kartha, "Spectrum of cardiac involvement in patients with dengue fever", *Int. J. Cardiol.*, vol. 324, pp. 180–185, feb. 2021.
- [47] E. Nelwan, "Early Detection of Plasma Leakage in Dengue Hemorrhagic Fever.", *Acta Med. Indones.*, vol. 50, núm. 3, pp. 183–184, 2018.
- [48] K. SAM, R. MM, R. U, W. R, P. LPMMK, y R. RPVJ, "Heart and liver are infected in fatal cases of dengue: three PCR based case studies.", *BMC Infect. Dis.*, vol. 18, núm. 1, p. 681, 2018.
- [49] S. Shah, R. Rolfe, G. Henostroza, y C. Seas, "Ultrasound Findings of Plasma Leakage in Dengue



- Fever", *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, vol. 99, núm. 6, pp. 1362–1363, dic. 2018.
- [50] E. Nainggolan, L. Wiguna, C., Hasan, I., & Dewiasty, "Gallbladder Wall Thickening for Early Detection of Plasma Leakage in Dengue Infected Adult Patients.", *Acta Med. Indones.*, vol. 50, núm. 3, pp. 193–199, 2018.
- [51] J. Uddin, A. S. Muhammad Asghar, N. R. Zahidullah Khan, y N. R. N. S. Zahidullah Khan, "Clinical and Laboratory Profile of Dengue Fever in a North Indian Tertiary Hospital.", *J. Assoc. Physicians India*, vol. 66, núm. 4, pp. 37–39, 2018.
- [52] G.-K. Low, S.-Y. Looi, M.-H. Yong, y D. Sharma, "Predictive and diagnostic test accuracy of ultrasonography in differentiating severe dengue from nonsevere dengue", *J. Vector Borne Dis.*, vol. 55, núm. 2, p. 79, 2018.
- [53] N. D. B. Ehelepola, R. K. G. M. Rajapaksha, D. M. U. B. Dhanapala, T. D. K. Thennekoon, y S. Ponnamparuma, "Concurrent methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* septicemia and pyomyositis in a patient with dengue hemorrhagic fever: a case report", *BMC Infect. Dis.*, vol. 18, núm. 1, p. 99, dic. 2018.
- [54] R. Ramos-Hernández, C. Sánchez-Ramírez, D. R. Mota-López, F. Sandoval-Salas, y J. L. García-Alcaraz, "Evaluation of bioenergy potential from coffee pulp through System Dynamics", *Renew. Energy*, vol. 165, pp. 863–877, 2021.

Sobre los autores

- **Sandra Patricia Usaquén Perilla**, candidata a Doctorado en ingeniería, Universidad del Valle. Profesora asistente de la Universidad Militar Nueva Granada. sandra.usaquen@correounivalle.edu.co
- **Laura Valentina Bocanegra Villegas**, ingeniera Industrial, Universidad del Valle. laura.bocanegra@correounivalle.edu.co
- **José Isidro García Melo**, Doctor en Ingeniería Mecánica de la Universidad de São Paulo. Profesor titular de la Universidad del Valle. jose.i.garcia@correounivalle.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2021 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

