



Revista *Márgenes*. Vol.4, No.2, abril-junio, 2016.

TÍTULO: SEC-DENGUE, SISTEMA EXPERTO PARA LA CLASIFICACIÓN TEMPRANA DE DENGUE SEVERO

Autores: MSc Marysleivy Martín Roque¹, MSc Irina Machado Mutis², Ing. Esteban Morell Batista³

¹Ingeniera Informática. Máster en Informática Aplicada. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”. Correo electrónico: mmartin@uniss.edu.cu

²Ingeniera Informática. Máster en Informática Aplicada. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”. Correo electrónico: irina@uniss.edu.cu

³Ingeniero Informático. Profesor Instructor. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”. Correo electrónico: esteban@uniss.edu.cu

RESUMEN

El presente artículo se desarrolla como parte de un proyecto de investigación que involucra a la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez” y al Hospital Provincial General Docente Camilo Cienfuegos de Sancti Spíritus. Tiene como objetivo desarrollar un sistema experto para la clasificación temprana de dengue severo en esta institución hospitalaria. Para ello se utilizan los métodos: sistémico, histórico-lógico, inductivo-deductivo y analítico-sintético, así como los lenguajes de programación Prolog y Borland Delphi. Además, se emplea la metodología propuesta por el Dr. C Mateo Lezcano en su libro Prolog y los Sistemas Expertos. Como resultado se obtiene SEC-Dengue, una aplicación que ayuda a los médicos a clasificar tempranamente los pacientes con dengue como posible caso crítico, posible caso de alarma o posible caso de alerta.

Palabras clave: sistema experto; dengue; clasificación temprana de dengue; enfermedades infecciosas; reglas de producción; base de casos.

TITLE: SEC-DENGUE, EXPERT SYSTEM FOR EARLY CLASSIFICATION OF SEVERE DENGUE

ABSTRACT

This research is made as part of a research project between the University of Sancti Spíritus “José Martí Pérez” and the Teaching General Provincial Hospital Camilo Cienfuegos of Sancti Spíritus. The objective of this research is to develop an expert system for early classification of severe dengue in this hospital. The following methods were used: systemic, historical – logical, deductive – inductive and analytical – synthetic, as well as programming languages such as Prolog and Borland Delphi. Besides, the methodology proposed by the Doctor Mateo Lezcano in his book *Prolog and Expert Systems* was used. The main result of this research is SEC-Dengue, an application that helps doctors to classify early patients with a possible dengue critical case, a possible case of alarm or a possible case of alert.

Keywords: expert system; dengue; early classification of dengue; infectious disease; production rules; case base.

INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Artificial (IA) ha dejado de ser una ciencia de los laboratorios y ha entrado a formar parte de la vida cotidiana. Hoy, los estudios en esta rama del saber se dirigen hacia el control automático, las bases de datos inteligentes, el diseño de entornos de programación inteligentes y al reconocimiento de modelos lo que incluye la comprensión y la suma del habla, el proceso de imágenes y la visión artificial (Winton, 2005).

Por otro lado, la reproducción automática del razonamiento humano, sigue siendo un área de trabajo en esta disciplina, donde juegan un papel importante los Sistemas Expertos con sus posibilidades de razonar siguiendo los pasos que seguiría un experto humano (médico, analista, empresario, etc.) para resolver un problema concreto (Gutiérrez, 2014). Estos sistemas han alcanzado notable relevancia en áreas como la neurofisiología, la urología y las enfermedades infecciosas.

En Cuba, el Dengue ocupa un lugar importante, entre las enfermedades infecciosas. Su distribución geográfica se relaciona al hábitat de su principal vector transmisor, el mosquito *Aedes aegypti* (Organización Panamericana de la Salud, 2015). Este vector

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

además de transmitir el dengue también trasfiere enfermedades como la Fiebre del Valle del Rift, Fiebre amarilla, Chikungunya y Zika (Brea del Castillo, 2011).

En los últimos 30 años Cuba ha presentado varias epidemias de Dengue que han sido eliminadas, sin presentar transmisión del virus en los períodos interepidémicos. Esta es una situación excepcional en el mundo, la cual ha permitido realizar numerosos estudios y observaciones que han contribuido al conocimiento de diferentes aspectos de la enfermedad (Brea del Castillo, 2011). El Hospital Provincial General Docente Camilo Cienfuegos de Sancti Spíritus ha sido uno de los centros de salud encargado de la atención de los casos presentados en las diferentes epidemias afrontadas.

Mediante la caracterización clínica del Dengue Severo en adultos es posible identificar peculiaridades y elementos asociados a severidad que contribuyan a su prevención, sin embargo, existen pocos especialistas en el país capacitados en el tema para enfrentar, en un momento dado, una gran epidemia. Esta situación ha dado lugar a la necesidad de contar con recursos informáticos capaces de multiplicar la experticia lograda por los médicos del Hospital Provincial General Docente Camilo Cienfuegos de Sancti Spíritus en la clasificación temprana de los pacientes con Dengue Severo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el período de familiarización, donde tuvo lugar la relación inicial entre el experto y el ingeniero del conocimiento se utilizó la entrevista como método fundamental de trabajo. En la etapa siguiente, para el estudio crítico de los trabajos anteriores, de su evolución y para utilizar estos como punto de referencia y comparación de los resultados alcanzados se recurrió al histórico-lógico unido al analítico-sintético para descomponer el problema de investigación en elementos por separado y profundizar en el estudio de cada uno de ellos, para luego sintetizarlos en el sistema propuesto.

En otro momento de la investigación se utilizó la metodología descrita por el Dr. Mateo Lezcano Brito en su libro Prolog y los Sistemas Expertos, la que plantea, en primer lugar, la identificación de los elementos del dominio y los conceptos descriptivos de sus propiedades, definiendo además las relaciones que se establecen entre ellos, en base a las cuales se organiza el conocimiento y posteriormente se pasa a su formalización e implementación (Criado Briz, 2013).

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

De forma complementaria se utilizó la metodología RUP y el Lenguaje Unificado de Modelado con el objetivo de establecer los casos de uso del sistema.

Después de un estudio de las diferentes formas de representación del conocimiento, se determinó utilizar las reglas de producción y casos en lenguaje Prolog. (Laza, 2015) (Díaz Gómez, 2014)

En una primera versión las reglas fueron implementadas en SWI-Prolog, luego con la intención de lograr una interfaz visual más amigable mediante la interacción con Delphi, se hizo una segunda versión en AMZI! Prolog.

RESULTADOS

Etapa: Identificación

En la etapa de identificación se determinó, básicamente, el problema a resolver, el cual se basa en cómo contribuir a la clasificación temprana de Dengue Severo, mediante un Sistema Experto en el Hospital Provincial General Docente Camilo Cienfuegos de Sancti Spíritus. Se acordó quienes participarían en el levantamiento de la base de conocimiento y el papel de cada cual en ese proceso. También se determinaron los elementos del dominio con sus elementos descriptivos, los que se relacionan en la siguiente tabla 1.

Tabla 1: Elementos del dominio. (Martín Roque, 2016)	
Elementos	Conceptos descriptivos
Signos de alarmas.	Fiebre, Cefalea, Astenia marcada, Vómitos reiterados, Anorexia y Rash.
Antecedentes patológicos.	Sickleimia, Asma Bronquial, Diabetes Mellitus, Hipertensión Arterial (HTA), Alergia y Género.
Hallazgos de laboratorio.	Plaquetas, Hemoglobina, Leucopenia, Trombocitopenia, Citólisis hepática, Hemoconcentración y Proteinuria.
Hallazgos de ultrasonido.	Derrame pleural, Derrame pericárdico y EPV.
Manifestaciones clínicas.	Manifestación hemorrágica, Diarreas,

Prurito y Mareos.

Fuente: Martín Roque (2016)

Para una mejor modelación computacional el problema inicial se dividió en subproblemas:

- Clasificar los posibles casos críticos de Dengue Severo.
- Clasificar los posibles casos de alarmas de Dengue Severo.
- Clasificar los posibles casos de alertas de Dengue Severo.

Los Expertos en Dengue del Hospital Provincial General Docente Camilo Cienfuegos de Sancti Spíritus constituyeron la fuente fundamental para la obtención de la información contenida en la base de conocimientos. De forma complementaria se utilizaron tesis de doctorado, de maestría y múltiples publicaciones sobre el tema.

Etapas: Establecer conceptos

Para un ingeniero del conocimiento, nunca resulta fácil comprender a fondo otras áreas del quehacer humano donde desarrolla su trabajo. Es precisamente durante esta etapa que los expertos y el ingeniero del conocimiento determinan los aspectos claves del problema, las relaciones entre ellos y sus características con el objetivo de llevar a cabo la descripción del proceso de solución del problema. En este caso, se estableció que el conocimiento se organizaría atendiendo a los elementos de dominio y los conceptos que lo describen, y en base al elemento del dominio que el usuario desee consultar se realizaría el proceso de razonamiento. Por ejemplo, si el usuario decide consultar los antecedentes patológicos como elemento del dominio, el proceso de razonamiento puede seguir el siguiente camino: Sicklemia, Asma Bronquial, Diabetes Mellitus, Hipertensión Arterial (HTA) o Alergia, teniendo en cuenta la respuesta del usuario en cada caso.

El sistema realiza todo este proceso atendiendo a los conceptos que mayor peso tengan, es decir, los que más determinantes sean a la hora de llegar a una clasificación del paciente, por ejemplo: es más determinante que un paciente presente Sicklemia como antecedente que Asma Bronquial, por lo que el sistema pregunta primero si el paciente presenta Sicklemia como antecedente.

Etapa: Formalización

Corresponde a esta etapa formalizar los conceptos claves identificados en la fase anterior y los subproblemas que estaban aislados durante la conceptualización.

Se diseñan las estructuras para organizar el conocimiento. Para esto, se tuvo en cuenta fundamentalmente las características del dominio del problema, que incluye a su vez: la estructura del espacio de búsqueda, es decir la forma en que se puede subdividir y organizar el dominio de solución. Los modelos que descansan en la base del problema: esto se refiere a la forma en que trabaja realmente el experto en su medio. El ingeniero vive y experimenta varias situaciones con el experto por un período de tiempo, depurando el conocimiento sistemáticamente y codificando resultados. Esto se hace necesario debido a que no siempre es posible obtener toda la información de los expertos a partir de simples preguntas, independientemente de cuán dispuesto esté él de brindarlo. En ocasiones pueden aparecer contradicciones entre el conocimiento ya formalizado y la forma de obrar el experto en la práctica.

También se tuvo en cuenta las características o propiedades de los datos: es muy importante comprender la naturaleza de los datos del dominio de conocimiento, es decir si son datos exactos, inexactos, completos o incompletos, cuáles pueden tener asociado un factor de certidumbre, si su interpretación depende o no del momento en que aparezcan, para determinar en qué medida es confiable o no la respuesta ofrecida por el sistema.

Para ello se diseñaron los seis módulos con el objetivo de organizar el conocimiento desde el punto de vista lógico. Estos son:

- Signos de Alarmas.
- Antecedentes Patológicos.
- Hallazgos de la Laboratorio.
- Hallazgos de Ultrasonido.
- Manifestaciones Clínicas
- Base de Casos

Después de un análisis intensivo, por parte del ingeniero de conocimiento, de los diferentes medios de representación con que se cuenta, se determinó utilizar las reglas

de producción y los casos, puesto que es la que se adapta mejor a las condiciones del problema, estableciendo un lenguaje formal que incorpore los conceptos formalizados del tema objeto de representación y describa a la vez el mecanismo de solución.

Finalmente cada módulo de la base de conocimiento se divide en tres partes, un bloque de preguntas, el cual contiene la forma en que el sistema se comunica con el usuario; un bloque de reglas que describen el conocimiento y un bloque de explicaciones. Cuando el sistema llega a una clasificación este explica por qué llegó a esa conclusión y lo hace a través del bloque de explicaciones.

Etapas: Implementación

La etapa de implementación es donde el ingeniero de conocimiento combina y reorganiza el conocimiento formalizado para hacerlo compatible con las características del flujo de información del problema.

En esta etapa se demuestra que los métodos de solución seleccionados son los más indicados para la exitosa solución de, al menos, un primer grupo de problemas, comenzando por los más generales y urgentes y pasando posteriormente a un refinamiento del conocimiento.

El proceso de refinamiento consiste en el mejoramiento del conocimiento ya existente y la adición de nuevos fragmentos de conocimiento, además de mejorar la estrategia de búsqueda del sistema, lo que contribuye a una solución más efectiva y confiable.

En la práctica, este proceso no es tan fácil como puede parecer. Usualmente se llevan a cabo múltiples iteraciones, seguidas por una total o parcial reimplantación de la base de conocimiento antes que comience a ser útil el diseño del sistema.

La realización de pruebas al primer prototipo y el análisis de las críticas que se hagan a su funcionamiento servirán como punto de partida para la formalización de una versión más avanzada de la base de conocimiento.

En esta investigación, durante esta fase se llevó a cabo la formalización de las reglas que abarcan todo el conocimiento, obteniéndose un primer prototipo, el que se sometió a períodos de prueba y puesta a punto hasta conseguir una versión más avanzada de la base de conocimiento.

Diálogos del sistema

Cada módulo comienza con una pregunta del sistema para que el médico responda, en dependencia de la respuesta SEC-Dengue sigue un camino u otro en el árbol de soluciones posibles (Ver Anexo 1). El diálogo continúa hasta que el sistema concluya con una clasificación o indicando que no pudo clasificar.

Implementación de la interfaz del usuario

La interfaz de usuario es determinante en el éxito o no de una aplicación informática, constituye la cara del sistema que se construye, por lo que los desarrolladores dedican no pocos esfuerzos a lograr que sea amigable y agradable.

Para desarrollar la interfaz visual de SEC-Dengue se utilizó Borland Delphi por ser un entorno de desarrollo rápido de aplicaciones y poseer facilidades para interactuar con AMZI-Prolog. En la figura 1 se puede observar la ventana principal de la aplicación:



Figura 1. Ventana principal de la aplicación

Fuente: Martín Roque (2016)

La figura 2 muestra los posibles caminos a los que se puede acceder desde la ventana principal de la aplicación:



Figura 2. Diagrama de navegación

Fuente: Martín Roque (2016)

SEC-Dengue está diseñado para ser usado por médicos no expertos en Dengue por lo que, de manera general, la forma de interactuar con él es muy sencilla; el usuario solo tiene que seleccionar la opción que desea trabajar y luego responder con cuidado las preguntas que el sistema le hace. Para responder a estas interrogantes solo tiene que seleccionar o escribir la respuesta y hacer clic en el botón aceptar (Figura 3). Al concluir la ronda de preguntas, el sistema le informará si pudo hacer una clasificación o no del paciente, en caso afirmativo será capaz de explicarle cómo llegó a esa conclusión.



Figura 3. Ventana de Signos de Alarma

Fuente: Martín Roque (2016)

DISCUSIÓN

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

En la búsqueda de de los fundamentos teóricos metodológicos para el diseño de SEC-Dengue se encontró un SE que trata el tema del Dengue; este fue realizado por el Dr. Alexander Sánchez Arbeláez especialista en medicina general.

A pesar de contar con el SE no se utilizó para comparar los resultados obtenidos por SEC-Dengue ya que dicho sistema utiliza un Sistema Basado en Casos; este indica si un paciente tiene Dengue o no, partiendo de los diferentes síntomas que estos presentan; el sistema no realiza una clasificación temprana de pacientes con Dengue Severo.

Por tanto, para el análisis de los resultados se utilizó una Base de Casos construida en Excel que recoge los síntomas relacionados con los Signos de Alarma de 230 pacientes, correspondientes a la epidemia del año 2006. La muestra de la investigación está formada por la totalidad de los casos, por tanto esta coincide con la población.

Procedimiento empleado

Se determinó utilizar la opción Signos de Alarma de SEC-Dengue para el estudio de los resultados y compararlo con los almacenados en la Base de Casos obtenidos por los especialistas. En esta opción del sistema, este solo clasifica a los pacientes como Caso de Alarma o Caso de Alerta.

Esta es la etapa de prueba del sistema. En esta etapa primeramente se validó el conocimiento ya formulado con el objetivo de determinar insuficiencias en la base de conocimiento y/o en las estrategias para la solución del problema. Para ello se probó el sistema con los datos de los 230 pacientes que padecieron la enfermedad durante la epidemia del año 2006 recogidos en una base de casos.

En la referida base de casos los pacientes se hallan clasificados según el tipo de dengue que padecieron, es decir: dengue clásico o dengue severo, mientras que el sistema los clasifica en posibles caso de alarma, posible caso de alerta y posible caso crítico, por lo que fue necesario tomar en cuenta la evolución final del paciente a partir de la clasificación realizada con SEC-Dengue. La figura 4 ofrece información sobre este análisis.

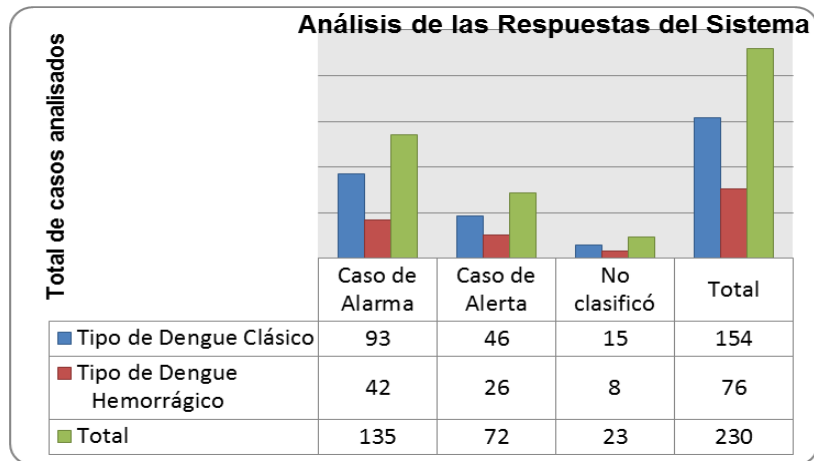


Figura 4. Análisis de las respuestas de SEC-Dengue

Fuente: Martín Roque (2016)

De un total de 230 casos presentados en la epidemia correspondiente al año 2006, el sistema clasificó 135 pacientes como Caso de Alarma para un 58,7%; 72 para un 31,3% como Caso de Alerta y los restantes que representan un 10% del total de los casos, no los clasificó.

De los 135 casos clasificados como Caso de Alarma, 93 presentaron dengue clásico para un 69.9% y 42 dengue severo para un 31,1%. De los 72 casos clasificados como Caso de Alerta, 46 se presentaron como Dengue Clásico para un 63.9% y 26 como Dengue severo. El sistema no pudo clasificar un total de 23 casos, de estos 15 corresponden a Dengue Clásico para un 65,2% y 8 como Dengue severo.

CONCLUSIONES

Durante la investigación se caracterizó el proceso de clasificación de dengue severo y las herramientas informáticas disponibles para ello. Se llegó a la conclusión de que un sistema experto era pertinente debido a las características de la enfermedad y su respaldo tecnológico.

Se desarrolló SEC-Dengue siguiendo los pasos planteados por la metodología del Dr. Mateo Lezcano Brito. Se obtuvo un sistema inteligente en el que el conocimiento se describió mediante reglas de producción y casos logrando una base de conocimiento amplia y robusta.

La comparación de los resultados de clasificaciones hechas por SEC-Dengue con otras realizadas por los expertos humanos en la epidemia del 2006 permitió validar la

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

capacidad del sistema desarrollado para contribuir tempranamente a la clasificación de pacientes con dengue severo en el Hospital Provincial General Docente Camilo Cienfuegos de Sancti Spíritus.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brea del Castillo, J. (2011). *Dengue: Nueva clasificación*. Panamá.

Criado Briz, J. (2013). *Introducción a los Sistema Expertos*. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.

Díaz Gómez, F. (2014). *Razonamiento Basado en Casos*. Universidad de Valladolid.

Gutiérrez, J. (2014). *Sistemas Expertos Basados en Reglas*. España: Dpto de Matemática Aplicada, Universidad de Cantabria.

Laza, R. F. (2015). *Sistemas de Razonamiento Basado en Casos para el Soporte a la Toma de Decisiones*. . Ourense, España: Universidad de Vigo.

Martín Roque, M. (2016). *SEC-Dengue, sistema experto para la clasificación temprana de dengue severo en el IPK de la Habana*.

Organización Panamericana de la Salud. (2015). *Dengue. Clasificación de Riesgo y Manejo del Paciente*.

Winton, P. (2005). *Inteligencia Artificial*. Ciudad de La Habana, Cuba: Editorial Félix Varela.

Recibido: 28/05/2016

Aceptado: 27/06/2016

ANEXO 1

