

Análisis, Diseño e Implementación de un Sistema Interactivo Web que sirva como herramienta de aprendizaje para habitantes de una población con el fin de reducir la incidencia de dengue basado en el modelo

Bayesiano.

Darío Chávez⁽¹⁾, Miguel Moya⁽²⁾, Indira Nolivos⁽³⁾
Facultad de Ingeniería en Electrónica y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

dxchavez@espol.edu.ec⁽¹⁾, mmoya@espol.edu.ec⁽²⁾, inolivos@fec.espol.edu.ec⁽³⁾

Resumen

En este artículo, se detalla el desarrollo de una aplicación web interactiva denominada “Combatiendo el Dengue”, que fue diseñada como una herramienta de aprendizaje para la prevención de la epidemia del Dengue en poblaciones vulnerables. La aplicación hace uso de un modelo de red bayesiana, para simular el razonamiento que un experto humano aplicaría para reducir la incidencia de la epidemia, y alecciona al usuario sobre las diferentes medidas de prevención disponibles utilizando una dinámica de juego. Los resultados obtenidos en el presente trabajo han sido validados con ayuda de un experto epidemiólogo.

Palabras Claves: *Aplicación Web, Sistema Experto, dengue, Modelos.*

Abstract

In the present article, the development of the interactive web application “Combatiendo el Dengue” is described. This application was designed as learning tool for vulnerable populations to reduce the incidence of the epidemy. The application makes use of a Bayesian network model to simulate the reasoning that a human expert would apply to reduce the incidence of Dengue in a population. The application instructs the users about different preventive measures through a game environment. The results obtained in the present work have been validated by an epidemiologist.

Keywords: *Application Web, Expert System, Fever of Dengue, Bayesian net.*

1. Introducción

El dengue clásico, junto con sus formas más graves, el dengue hemorrágico y el síndrome de choque del dengue, registra una incidencia alta en zonas tropicales y subtropicales [1].

En Ecuador, se presenta como un grave problema de salud pública, puesto que a pesar de la implementación de medidas para su control, todavía no se ha logrado una reducción sostenida del número de casos de personas infectadas que se registran cada año [1].

Varios son los factores que convierten al dengue en una enfermedad endémica y epidémica pero la mayoría de casos de brotes de esta enfermedad se debe a la falta de conocimiento actualizado acerca de actitudes y buenas prácticas que se deben tomar para la erradicación del mosquito y de criaderos de larvas de mosquitos, lo cual se traduce en una gran deficiencia de conocimientos que posee la comunidad respecto a la prevención del brote de la enfermedad [1].

En la actualidad no existen vacunas ni tratamiento específico contra el dengue, por esta razón se debe tomar medidas sencillas de saneamiento ambiental que ayuden al control de criaderos de mosquitos y permitan su erradicación, estas medidas resultan de vital importancia en la reducción de la incidencia del dengue en una población [1].

En base a estos antecedentes, el objetivo del presente trabajo se centra en proporcionar una aplicación web interactiva, de fácil acceso, que sea usada como una herramienta práctica de difusión de conocimientos actualizados sobre las acciones que se deben emprender para la prevención de la incidencia del dengue en una población.

2. Materiales y Métodos

Para la obtención del conocimiento de la red se mantuvieron varias reuniones -cinco entrevistas presenciales- con un experto epidemiólogo del Guayas. Las reuniones tuvieron como objetivo inicial establecer la relación entre las variables y estados de variables identificadas, tomando en consideración los factores que afectan a una población que sufre de incidencia dengue; así como, identificar las medidas de prevención que se podrían aplicar para reducir la incidencia de la epidemia.

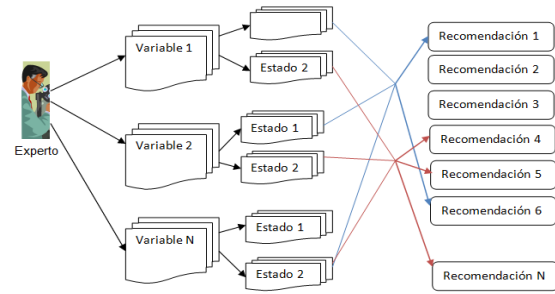


Figura 1. Ingeniería del Conocimiento.

Posteriormente, con ayuda del experto, se procedió a estructurar el modelo gráfico de relaciones causa-efecto entre variables y se establecieron los parámetros del modelo –probabilidades condicionales para las variables dependientes- en función del conocimiento del experto. Toda esta información se almacenó en la base de datos diseñada para la aplicación.

2.1. Modelo Bayesiano

Un modelo de red bayesiana es un grafo acíclico dirigido que permite modelar las relaciones causa-efecto entre un conjunto de variables, donde los nodos representan las variables y los arcos la dirección de la relación de dependencia. Cada nodo dependiente en el modelo tiene asignada una tabla de probabilidades condicionales, en función de las variables de influencia [2].

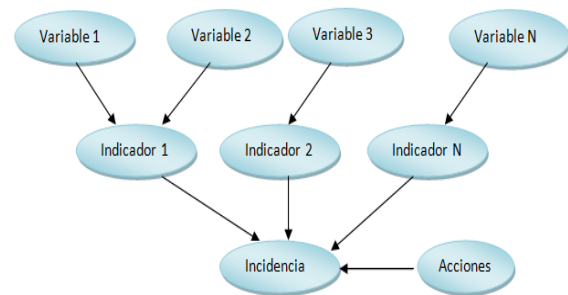


Figura 2. Modelo de la Red Bayesiana.

La inferencia en los modelos bayesianos se basa en el Teorema de Bayes el cual enuncia lo siguiente: “A partir de que ha ocurrido el suceso B deducimos las probabilidades del suceso A” [3].

2.2. Base de Conocimiento

La aplicación está dotada de una base de datos que almacena registros para las variables y los parámetros

del modelo y los escenarios –barrio y vivienda– considerados para la aplicación. La base de datos incluye información sobre los diversos factores que permiten controlar la incidencia del dengue en una población. Además, permite almacenar los valores que toman las variables después de realizada una acción en la aplicación. Estos valores se comparan con valores definidos como ideales en la aplicación, cada vez que el usuario realiza una acción.

2.3. Herramientas de Desarrollo

Para la representación de los datos se utilizó el motor de base de datos MySQL [4], debido a que es gratuito y además se lo usa en el desarrollo de aplicaciones web. Para la representación de la interfaz de la aplicación se utilizó la herramienta interactiva de Adobe denominada Flash CS5 [5], debido a que esta aplicación es muy intuitiva y se la usa en el ambiente web en el desarrollo de aplicaciones.

Para realizar la comunicación entre la base y el motor se utilizó PHP [6], como lenguaje intermedio, y el editor de Adobe denominado Dreamweaver [5], para desarrollar la página Web en lenguaje PHP.

2.4. Interfaz Grafica

En la interfaz se muestran dos escenarios, el primer escenario representa a una vivienda y el segundo representar a un barrio, dentro de estos escenarios se han colocado varios objetos que representan recipientes, tanques de almacenamiento, basura, maleza, botellas, cisternas, que están asociados con la reproducción del vector –mosquito Aedes aegypti– y por consiguiente con la incidencia de dengue en una población.

En la pantalla principal del juego se muestra el estado de todos los indicadores que a su vez generan alertas que ayudan al usuario a saber el estado de su población.



Figura 3. Escenario de Vivienda.



Figura 4. Escenario de Barrio

3. Aplicación Interactiva Combatiendo el Dengue

3.1. Motor de Inferencia

El motor que se usó está implementado precisamente para ser usado en aplicaciones web interactivas y nos permite realizar la propagación de probabilidades en un modelo de red bayesianas, para poder realizar la predicción.

El algoritmo del motor fue desarrollado para soportar la predicción, este motor fue desarrollado por Paul Meagher [7]. El motor permite calcular las probabilidades posteriores, basado en la evidencia de los datos de entrada o variables independientes del modelo y en las posibles combinaciones que pueden existir entre las variables que son objeto de estudio. En este sentido, el algoritmo de solución implementado solo soporta la resolución de la red bayesiana para la predicción.

A continuación se presenta un fragmento de código del motor que permite calcular la probabilidad de que ocurra A dado que ocurrió B con la función:

getConditionalProbability (\$A, \$B, \$SamplePairs)

Tabla 1. Parámetros de la función *getConditionalProbability*

Función	Variables de entrada	Retorno
Get Conditional Probability	\$A-> Ocurrencia \$B-> Evento \$SamplePairs-> Evidencia	\$prob_cond

3.2. Variables

Para evaluar el rendimiento de la aplicación interactiva nos basaremos en indicadores que afectaran directamente a la variable dependiente Incidencia del Dengue, la cual permitirá saber la probabilidad que exista una epidemia de dengue en una población, dado que existen indicadores que afectan directamente a esta variable. Los indicadores representan las variables dependientes del modelo que afectan directamente a la incidencia de dengue en una población.

Tabla 2. Variables y Estados.

Indicador	Variables	Estados	Abreviatura
Indicador de Clima y Geografía(Icg)	Temperatura(Te)	Alta(A)	TeA
		Baja(B)	TeB
	Precipitaciones(Pr)	Diarias(D)	PrD
		Semanales(S)	PrS
	Maleza(Ma)	Alta(A)	MaA
	Baja(B)	MaB	
Indicador de Barrio y Vivienda(Ibv)	Manejo de Recipientes (Ma)	Diario(D)	MaD
		Semanal(S)	MaS
	Tanques de Almacenamiento de Agua (Ta)	Tapado(T)	TaT
		Destapado(D)	TaD
	Mantenimiento de la Estructura de la Vivienda (Ma)	Frecuente(F)	MaF
Poco frecuente(P)		MaP	
Indicador de contaminación(Ic)	Manejo de Desechos Inservibles (Ma)	Diario(D)	MaD
		Semanal(S)	MaS
Incidencia	Indicador de Clima y Geografía(Icg)	Alto(A)	IcgA
		Bajo(B)	IcgB
	Indicador de Barrio y Vivienda(Ibv)	Alto(A)	IbvA
		Bajo(B)	IbvB
	Indicador de contaminación(Ic)	Alto(A)	IcA
		Bajo(B)	IcB

3.3. Modelo de representación de información

El modelo desarrollado para la aplicación, se basa en el modelo bayesiano, que sirve para representar los factores que existen en una población con incidencia de dengue, estos factores están identificados como variables que constituyen las variables independientes del modelo, que a su vez afectan a las variables dependientes, que las hemos representado como indicadores, y estos a su vez afectan directamente a la variable dependiente que es la incidencia.

Por otro lado existe una variable denominada acciones, que consiste un conjunto de recomendaciones que el experto da de acuerdo a su experiencia y que afectan al estado de las variables.

3.4. Lógica de la Aplicación

El juego comienza en estado de alerta roja es decir en base a las condiciones se puede presentar una epidemia de dengue, ante lo cual el sistema mostrara una lista de acciones en este caso medidas de prevención que el usuario deberá poner en práctica en un determinado tiempo en los escenarios de vivienda y barrio.

Dentro de cada escenario existen una serie de objetos e implementos los cuales poseen una descripción que aparece cuando se pone el puntero del mouse sobre estos, al dar clic sobre cada objeto se despliega un menú de acciones correctas e incorrectas que se pueden realizar con cada objeto entre las cuales el usuario deberá seleccionar una de las opciones.

Al seleccionar la opción incorrecta se muestra un pequeño video de un mosquito picando a una víctima lo cual le resta vida al jugador, en caso si pierde los puntos de vida el juego termina y se muestra un mensaje referente al dengue.

En caso que el jugador realice las acciones correctas se muestra un pequeño video donde se realiza la acción y se asigna un valor de porcentaje de probabilidad en base a la cantidad de objetos relacionados con cada variable del modelo. Estos nuevos valores generados en la aplicación son enviados al motor de inferencia en donde se realiza el cálculo de nuevas probabilidades los cuales son comparados con los datos existentes en la base de conocimiento para cambiar el estado de alerta roja a alerta amarilla o en el caso que el usuario realice todas las acciones correctas cambiar el estado a alerta verde que sería lo ideal, es decir se logra evitar que se presente una epidemia de dengue.

3.5. Evaluación de la Aplicación

Para la evaluación de la Aplicación como herramienta de aprendizaje de medidas preventivas del dengue se realizó encuestas a una población conformada por 40 estudiantes con edades comprendidas entre los 12 y 15 años a los cuales se le realizó una encuesta previa y otra posterior al uso de la herramienta a fin de poder medir si el conocimiento que tenían sobre medidas de prevención del dengue se incrementan o mejoran luego de utilizar la aplicación.

La encuesta consta de 5 preguntas objetivas de opción múltiple, con las cuales se determinó el conocimiento de las personas encuestadas sobre cuál es el insecto que propaga el dengue, quienes son responsables de realizar acciones para evitar el dengue, medidas adecuadas de prevención de esta enfermedad, lugares en donde se debe poner en práctica dichas medidas. Cada pregunta estaba valorada en 20 puntos con lo cual las personas fueron evaluadas sobre un total de 100 puntos.

Los datos obtenidos en las encuestas fueron analizados empleando la prueba T pareada en la cual se plantean 2 hipótesis.

La hipótesis experimental que se asume es la existencia de una diferencia significativa entre el conocimiento previo a la utilización de la herramienta referente a las medidas adecuadas de prevención del dengue con el conocimiento adquirido después de hacer uso de la herramienta para lo cual $p < 0,05$. Mientras que la hipótesis nula plantea que no existe una diferencia entre los conocimientos de los individuos antes y después de hacer uso de la aplicación para lo cual $p \geq 0,05$.

3.6. Resultados

Con un valor de distribución $t=7.1209$ y con un **df** correspondiente a los grados de libertad = 34, se obtiene el valor correspondiente a **$p = 3.142e-08$** lo cual nos indica que debemos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis experimental debido a que el valor obtenido a que p es menor a 0,05.

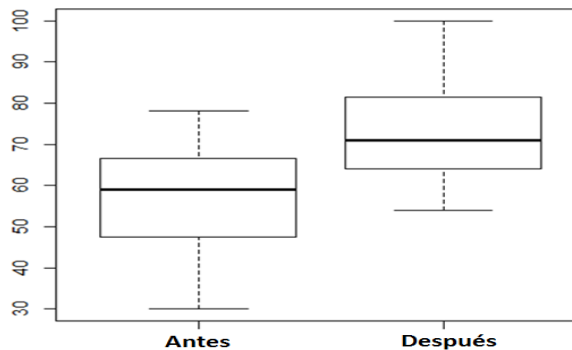


Figura 5. Diagrama de Cajas.

En la figura 5 tenemos un diagrama de caja obtenido de los valores arrojados por las encuestas antes y después de usar la aplicación en el cual se puede observar como los valores obtenidos en la encuesta previa se encuentran entre los 60 y 70 puntos mientras que las de menor puntaje están más dispersas, en contraste con los datos obtenidos en la encuesta después de usar la aplicación web “Combatiendo el dengue” poseen una mayor concentración de valores entre los 65 y 70 pero existen valores mayores a este rango los cuales se encuentran más dispersos.

4. Conclusiones

Basado en el uso de las herramientas para el desarrollo de este proyecto se puede concluir lo siguiente [8]:

1. El uso de una red bayesiana permite representar de una manera lógica y cuantitativa como los diversos factores repercuten de manera positiva o negativa, afectando a los elementos que regulan la incidencia del dengue [8].

A partir de los resultados obtenidos en la validación de la aplicación como herramienta de aprendizaje se puede concluir lo siguiente [8]:

1. La aplicación muestra de manera amena y didáctica información relevante sobre medidas adecuadas de prevención del dengue y permite a los usuarios ponerlas en práctica escenarios que simulan ambientes de una vivienda y un barrio lo cual facilita al usuario el aprendizaje [8].

2. Ante los resultados obtenidos al evaluar la aplicación usando el método T student, se puede concluir que la aplicación web combatiendo el dengue puede ser empleada como herramienta de aprendizaje de métodos adecuados para la prevención del dengue [8].

5. Referencias

[1] Ministerio de Salud Pública del Ecuador, boletines informativos de dengue, <http://www.salud.gob.ec/boletin-epidemiologico-de-la-situacion-del-dengue-en-el-ecuador>

[2] Álvaro Marín Illera; Sistemas Expertos, Redes Bayesianas y sus aplicaciones, Semana ESIDE. Abril 2005.

[3] Charles Grimstead y J. Laurie Snell; Introduction to Probability, American Mathematical Society, 2nd Ed.

[4] Oracle Corporation , Oracle Corporation, <http://dev.mysql.com/downloads/>, Octubre 2011.

[5] Adobe Systems Incorporated, <http://www.adobe.com/downloads/>, Septiembre 2011.

[6] [Copyright © 2001-2012 The PHP Group](http://www.php.net/), <http://php.net/>, Diciembre 2011

[7] Paul Meagher (paul@datavore.com, CEO, Datavore Productions) desarrollador Web Independiente, <http://paul@datavore.com>, Diciembre 2011.

[8] Miguel Moya, Dario Chavez, Análisis, Diseño e Implementación de un Sistema Interactivo Web que sirva como herramienta de aprendizaje para habitantes de una población con el fin de reducir la incidencia de dengue basado en el modelo Bayesiano. ESPOL, 2012.