

Sistema experto para la detección de Influenza y Dengue desarrollado sobre plataformas móviles.

G. S. Carlos Augusto¹, B. R. Jesús Raúl¹

¹Centro de Enseñanza Técnica Industrial, Guadalajara Jal. México

Resumen— Actualmente, las tecnologías móviles nos permiten realizar procesos en tiempos relativamente cortos, mostrándonos interfaces amigables y en constante mejora para que cualquier persona se convierta en usuario potencial. Siguiendo esta creciente tendencia hemos desarrollado una aplicación que entrega a los usuarios un diagnóstico presuntivo temprano y eficaz de Influenza o Dengue, dos enfermedades que afectan aproximadamente al 5% de la población mundial por año (en el caso del Dengue) y de aproximadamente un 5% - 15% de la población en el hemisferio norte del planeta por año (en caso de la Influenza). Nuestra aplicación consta de un sistema experto basado en lógica difusa que cuenta con la suficiente información como para que a partir de la sintomatología se entregue al usuario un diagnóstico presuntivo en menos de 5 minutos, el cual indica al usuario la necesidad de acudir al médico en un tiempo menor de 1-5 días, permitiendo así mejorar las expectativas de recuperación y tratamiento.

Palabras clave—Tecnologías Móviles, Aplicaciones Móviles, Dengue, Influenza, Sistema Experto.

I. INTRODUCCIÓN

En México, dos de las enfermedades que han causado problemas de salud son el dengue y la influenza, las cuales tienen síntomas muy similares y pueden confundirse entre sí o los de una simple gripe, esto puede llegar a generar un diagnóstico que esté fuera del rango de tiempo ideal para la recuperación eficaz de la enfermedad.

La influenza es una enfermedad aguda y altamente contagiosa que se adquiere vía respiratoria y cuyas manifestaciones son, mialgias, rinitis, dolores de garganta y tos. El virus de la influenza usualmente ataca a la parte superior del sistema respiratorio, y en algunos casos la parte baja del sistema respiratorio como los pulmones y bronquios. [1]. En los pasados 100 años ha habido cuatro pandemias, una en 1918 causada por el virus de la influenza A (H1N1), en 1957 por el tipo A (H2N2), en 1968 por A (H3N2) y en el 2009 de nuevo por el virus A (H1N1). La última pandemia fue llevada a un severo problema de salud debido a la similitud de los síntomas del virus y los de una simple gripe. [2][3].

La vigilancia epidemiológica es la llave para una temprana detección de los primeros casos de esta enfermedad, ayudando al paciente a incrementar las expectativas de recuperación y simultáneamente lanzar una alarma y comenzar acciones para evitar alguna otra pandemia. [4]

El dengue es la enfermedad más prevalente transmitida por artrópodos que afecta a los humanos, y son causados por 4 serotipos de flavivirus de ARN de una hélice (dengue virus [DENV]-1, -2, -3, y -4), los cuales son transmitidos por un tipo de mosquito (*Aedesegypti*) (Linnaeus) [5] [6].

Es una de las más importantes enfermedades re-emergentes en el mundo [7], existen alrededor de 50 – 100 millones de casos anualmente en más de 100 países y cobra a vida de aproximadamente 24 mil personas por año. [8].

Tan solo en el 2014 en México se reportaron 32,100 casos de Dengue en donde 76 personas perdieron la vida a causa de la fiebre del Dengue Hemorrágico, más del 50% de los casos confirmados correspondieron a los estados de Baja California Sur, Veracruz, Sonora, Sinaloa y Oaxaca, esto se debe a las condiciones climáticas que tienen dichas entidades federativas. [9]

Nuestro desarrollo (BioDnX) se centra en el diagnóstico de dengue e influenza, dos enfermedades que han tomado muchas vidas a escala global cada año. Usualmente cuando se presentan los primeros síntomas, la gente tarda alrededor de 2 – 4 días para acudir a una consulta con su médico, agravando la situación dependiendo del periodo en que se comienza a tratar. BioDnX impacta directamente en ese aspecto, reduciendo el tiempo de diagnóstico para todas las personas que tengan acceso a plataformas móviles y mejorando los tiempos de diagnóstico, tratamiento, recuperación y muy probablemente salvar la vida del usuario. Además de la interfaz sencilla sobre la que está diseñada la aplicación. El sistema cuenta con un asistente personal (Dr. DnX) en cada etapa del sistema, convirtiendo así en cualquier persona de cualquier edad en usuario potencial de la aplicación sin presentar algún problema o dificultad con la operación.

Existen otras aplicaciones de diagnóstico, como es el caso de la App “Mediktor”. [10] en donde se manejan una gran cantidad de preguntas y términos médicos difíciles de entender para un usuario sin nociones de medicina

A diferencia de “Mediktor”, “Bio DnX ©” está pensado para todo tipo de público y se enfoca solamente en dos enfermedades de gran incidencia en México.

II. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTOS

Se utilizaron diversos dispositivos electrónicos entre los que se encuentran; un equipo de cómputo capaz de soportar el software de desarrollo Adobe Flash CS6, un dispositivo móvil “Smartphone” (Android Moto G2) para realizar las pruebas pertinentes, múltiples equipos móviles basados en

plataformas Android (Samsung Galaxy Tab, Samsung Galaxy Note, Samsung Galaxy S4, LG L3, L5X y L7X, Tabletas Ghia, Joinet, Asus) para hacer “testing”.

- 1) *Lógica Difusa*: Es una lógica alternativa a la lógica clásica que pretende introducir un grado de inexactitud en las cosas que evalúa, en el mundo en el que vivimos existe mucho conocimiento ambiguo e impreciso por naturaleza. La lógica difusa fue diseñada precisamente para imitar el comportamiento humano.

Se obtiene un diagnóstico gracias a la evaluación de los síntomas implementando lógica difusa, ya que no se puede decir con exactitud cuándo si y cuando no se presentan estas enfermedades, en cambio sí se puede decir que tan probable es que las tenga.

Se le da una ponderación minuciosamente calculada a cada síntoma, (aquí es donde entra el conocimiento de un experto), el usuario selecciona los síntomas que presenta y el sistema calcula en tiempo real la probabilidad de cada enfermedad. Al final se otorga el diagnóstico en base a los síntomas ingresados.

2) *Diferenciación de Enfermedades*: La similitud entre los síntomas de estas dos enfermedades es muy grande, y se puede dar el caso en que se dé un diagnóstico confuso cuando la probabilidad de las 2 enfermedades es igual, por lo tanto se procede a diferenciarlas mostrando al usuario una lista de síntomas no ingresados con el fin de recordarle al usuario algún síntoma que haya pasado por alto y así mismo recalculan las probabilidades de cada enfermedad y mostrar el diagnóstico correcto.

A. Base de conocimientos

En la Tabla 1 se muestra la base de conocimiento obtenida a partir del criterio de médicos especialistas de quienes se hablará en el apartado III. Resultados. Se asignaron valores a los síntomas de ambas enfermedades y se le otorgo un índice a cada uno, también se tomó en cuenta el nivel de impacto ocasionado en la enfermedad.

Para asignar los valores a cada síntoma fue necesario realizar varias entrevistas a estos médicos, dándonos una jerarquía de síntomas relacionados con estas dos enfermedades. Gracias a la implementación de la Lógica Difusa logramos ponderar los síntomas dependiendo su nivel de impacto en la enfermedad. La suma de los valores de cada enfermedad hace referencia a un 100% y dependiendo el porcentaje acumulado se entrega el diagnóstico. La D. en C. Gabriela del Carmen López Armas, menciona en una video entrevista que en la sintomatología del dengue es esencial la presencia de fiebre para su diagnóstico, es por eso que se le dio la ponderación más alta de la base de conocimientos,

aunque aun así no es indispensable para obtener un diagnóstico presuntivo ya que dentro de la aplicación hay un botón que indica “Presiona aquí si sientes que tienes muy elevada tu temperatura corporal”, el sistema arroja un mensaje emergente que indica ir con otra persona y que sienta el nivel de temperatura en la frente, si la persona dice que es elevado, el usuario marca como verdadero esa casilla, dándole al sistema experto una fiebre no calculada pero que de igual manera es importante mencionar, es por eso que Alta Temperatura al Tacto cuenta con menos valor que una temperatura medida. Con esta información el sistema entrega 4 respuestas posibles, cuando la sintomatología no coincide o no es suficiente para definir dengue o influenza, cuando se cuenta con pocas probabilidades de Dengue o Influenza, probabilidades altas de dengue o influenza y cuando ya se presume de tener Dengue o Influenza, obviamente definiendo cuando se trata de Dengue o cuando se trata de Influenza.

TABLA I
BASE DE CONOCIMIENTOS

Enfermedad	Síntomas y valores			
	Síntoma	Índice	Valor	Impacto
Influenza	Irritación Nasal	0	8	Alto
Influenza	Pérdida de Apetito	1	5	Moderado
Influenza	Ojos Rojos	2	10	Alto
Influenza	Ojos Llorosos	3	7	Alto
Influenza	Tos	4	5	Moderado
Influenza	Congestión Nasal	5	7	Alto
Influenza	Dificultades para Respirar	6	3	Bajo
Influenza	Dolor de Garganta	7	15	Alto
Influenza/Dengue	Fiebre (Temperatura>38.5°)	8	40	Muy Alto
Influenza/Dengue	Alta Temperatura al Tacto	9	20	Alto
Influenza/Dengue	Diarrea	10	2	Bajo
Dengue	Vómito	11	1	Bajo
Dengue	Cansancio	12	8	Alto
Dengue	Dolor en Articulaciones	13	7	Alto
Dengue	Erupciones en la Piel	14	6	Moderado
Dengue	Dolor de Cabeza	15	7	Moderado
Dengue	Dolor en los Ojos	16	6	Alto
Dengue	Escalofríos	17	3	Bajo
Dengue	Presión en el Pecho	18	2	Bajo
Dengue	Dolor Corporal	19	15	Alto
Dengue	Mareos	20	3	Bajo

B. Ecuaciones

En las ecuaciones (1) y (2), se describe el cálculo de la cada enfermedad, dependiendo de los síntomas ingresados por el usuario (Síntoma no ingresado obtiene un valor a 0). Este algoritmo va sumando el valor de cada síntoma en la posición “i” a su correspondiente enfermedad.

$$\sum_{i=0}^{i=10} \text{Influenza} = \text{Influenza} + \text{Symptom}[i] \quad (1)$$

$$\sum_{i=8}^{i=20} \text{Dengue} = \text{Dengue} + \text{Symptom}[i] \quad (2)$$

Al final del proceso se comparan los valores de cada enfermedad y muestra la enfermedad con el resultado más alto.

C. Procedimiento de Diagnóstico

En la Fig. 1. Se observa detalladamente el procedimiento de diagnóstico de Dengue e Influenza dentro de un consultorio médico, en donde ocasionalmente se pueden llegar a requerir análisis clínicos para determinar el diagnóstico definitivo. El procedimiento mostrado es el mismo que la D. en C. Gabriela del Carmen López Armas realiza en su consultorio cuando se da cuenta de que un paciente presenta síntomas de estas dos enfermedades.

En la Fig. 2. Se muestra el diagnóstico presuntivo a partir del procedimiento realizado por la aplicación, La D. en C. Gabriela del Carmen López Armas, declara que se puede otorgar un diagnóstico presuntivo a un usuario utilizando solamente la sintomatología como fuente de información. Este es calculado por la suma del valor de cada síntoma, la suma corresponde a un porcentaje y por medio de la lógica difusa se establecieron rangos para determinar el diagnóstico.

primer síntoma que presentaron y el periodo de tiempo entre el primer síntoma y el diagnóstico médico. Después hicieron uso de la App “Bio Dnx ©” recreando los hechos de manera similar a cuando surgieron los primeros síntomas antes de acudir a atención médica, en donde se tomó el tiempo con un cronómetro desde que el usuario abre la aplicación desde su móvil e ingresa su sintomatología hasta que el sistema le otorga un diagnóstico presuntivo de Dengue o Influenza.

Los resultados obtenidos fueron aceptados por personas altamente calificados, como la D. en C. Gabriela del Carmen López Armas, Quien es Médico Cirujano y Partero, con una maestría en ciencias y un doctorado en Farmacología, y representa el área de investigación en Medicina del Centro de Enseñanza Técnica Industrial Plantel Colomos (CETI Colomos), la D. en C. Consuelo Ventura Mejía, quien cuenta con una licenciatura en Ciencias Biológicas, una maestría en ciencias y un Doctorado en Ciencias Biomédicas, y representa el área de investigación en Biología del Centro de Enseñanza Técnica Industrial Plantel Colomos (CETI Colomos) y el Dr. Sinue Gishe Robles Guzmán quien es médico del Instituto de Seguridad Social al Servicio de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) En estos resultados se observa que el periodo entre la aparición del primer síntoma y el diagnóstico, se redujo considerablemente, dándole al usuario un diagnóstico presuntivo que apunta a Dengue o Influenza en menos de 5 minutos, además de que coinciden con los resultados del diagnóstico definitivo otorgado por médicos.

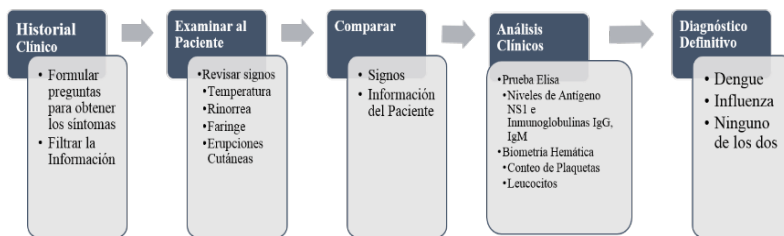


Fig. 1. Diagrama de bloques del procedimiento que se realiza para el diagnóstico definitivo de Dengue o Influenza.

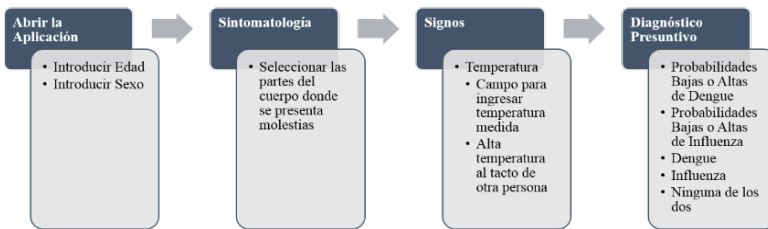


Fig. 2. Diagrama de bloques del procedimiento que realiza la aplicación “Bio DnX” para el diagnóstico presuntivo de Dengue o Influenza.

III. RESULTADOS

La TABLA II, muestra los resultados en función al tiempo de diagnóstico, la información fue obtenida por distintas personas en tiempos diferentes, donde se obtuvo el

TABLA II
RESULTADOS DE DIAGNÓSTICO

Estado	Datos del Diagnóstico				
	Nombre	Diagnóstico	Primer Síntoma	Periodo entre 1er Síntoma – Diagnóstico	Mejora
Sin BioDnx	Marisela Fernandez Serrano	Dengue	Dolor Corporal	2 Días	12 Días
Con BioDnx		Altas Probabilidades de Dengue		2 Minutos	-
Sin BioDnx	Nicole Muñoz Filippetti	Dengue	Dolor de Articulaciones	3 Días	15 Días
Con BioDnx		Dengue		3 Minutos	-
Sin BioDnx	Carlos Gonzalez Ávila	Dengue	Dolor de Ojos	4 Días	11 Días
Con BioDnx		Altas Probabilidades de Dengue		3 Minutos	-
Sin BioDnx	Fernando Miguel Saucedo	Influenza	Congestión Nasal	10 Horas	3 Días
Con BioDnx		Altas Probabilidades de Influenza		2 Minutos	-
Sin BioDnx	Jonathan Arredondo Macias	Dengue	Fiebre	Dengue	21 Días
Con BioDnx		Dengue		3 Minutos	-
Sin BioDnx	Emanuel Torres	Dengue	Dolor de Cabeza	2 Días	11 Días
Con BioDnx		Altas Probabilidades de Dengue		2 Minutos	-
Sin BioDnx	Gerardo Ramírez	Influenza	Dolor de Cabeza	14 Días	7 Días
Con BioDnx		Altas Probabilidades de Influenza		2 Minutos	-
Sin BioDnx	Karen L. Velasco	Dengue	Fiebre	2 Horas	7 Días
Con BioDnx		Dengue		3 Minutos	-
Sin BioDnx	Carlos Augusto Gonzalez Sandoval	Ni Dengue, Ni Influenza	Fiebre	3 Días	5 Días
Con BioDnx		Probabilidades bajas de Dengue		1 min	-
Sin BioDnx	Christian Iván López Presa	Ni Dengue, Ni Influenza	Dolor de Cabeza	-	1 Día
Con BioDnx		No tienes Dengue ni Influenza		3 Minutos	-
Sin BioDnx	Valeria Pérez Arellano	Dengue	Fiebre	2 Días	15 Días
Con BioDnx		Probabilidades Altas de Dengue		2.80 Minutos	-
Sin BioDnx	Julia del Carmen Romo Flores	Influenza	Fiebre	1 Días	14 Días
Con BioDnx		Influenza		3:25 Minutos	-
Sin BioDnx	Humberto Romero	Dengue	Fiebre	3 Días	7 Días
Con BioDnx		Probabilidades Altas de Dengue		1:15 Minutos	-
Sin BioDnx	Cesar Iván Rodríguez Hernandez	Dengue	Dolor de Articulaciones	1 Día	15 Días
Con BioDnx		Dengue		1:14 Minutos	-
Sin BioDnx	Citlalli Montserrat Hernandez Ruíz	Dengue	Dolor de Cabeza Dolor de Articulaciones	1 Día	15 Días
Con BioDnx		Probabilidades Altas de Dengue		2:10 Minutos	-
Sin BioDnx	Quiroz Carrillo Karla Yareni	Ni Dengue, Ni Influenza	Congestión Nasal	-	1 Día
Con BioDnx		No tienes Dengue ni Influenza		2:45 Minutos	-

Sin BioDnx		Dengue		7 Días	13 Días
Con BioDnx	Karen Stefany Cerecero Pérez	Probabilidades Altas de Dengue	Dolor Detrás de Ojos	3:54 Minutos	-
Sin BioDnx		Ni Dengue, Ni Influenza		-	1 Día
Con BioDnx	Saúl Fernando Mendoza Huerta	No tienes Dengue ni Influenza	Irritación Nasal	2:27 Minutos	-
Sin BioDnx		Dengue		1 Día	15 Días
Con BioDnx	Yareli Vianey Carrillo Morales	Probabilidades Altas de Dengue	Dolor Corporal	2 Minutos	-
Sin BioDnx		Dengue		1 Día	14 Días
Con BioDnx	Andrea Mendoza González	Probabilidades Altas de Dengue	Fiebre Cansancio	1:18 Minutos	-
Sin BioDnx		Dengue		2 Días	45 Días
Con BioDnx	Carmen Yoselin Montes Bautista	Probabilidades Altas de Dengue	Fiebre Dolor Articulaciones	2:25 Minutos	-
Sin BioDnx		Dengue		4 Días	21 Días
Con BioDnx	Alejandra Soto Hernandez	Probabilidades Altas de Dengue	Dolor Corporal	4:20 Minutos	-
Sin BioDnx		Dengue		2 Días	8 Días
Con BioDnx	Miguel Angel Navarro Ramirez	Dengue	Fiebre Dolor de Cabeza	3:50 Minutos	-
Sin BioDnx		Ni Dengue, Ni Influenza		-	2 Días
Con BioDnx	Christian Jesús Suarez González	No tienes Dengue ni Influenza	Dolor de Garganta	1:25 Minutos	-
Sin BioDnx		Dengue		3 Días	15 Días
Con BioDnx	Carlos Mario García Palomar	Dengue	Hemorragia Nasal Dolor Corporal	1:30 Minutos	-
Sin BioDnx		Dengue		3 Días	7 Días
Con BioDnx	Oscar Ontiveros	Probabilidades Altas de Dengue	Fiebre Cansancio	2:20 Minutos	-
Sin BioDnx		Dengue		6 Horas	15 Días
Con BioDnx	Ruben Austin Nuñez Hernandez	Probabilidades Altas de Dengue	Fiebre Cansancio	3:40 Minutos	-
Sin BioDnx		Ni Dengue, Ni Influenza		-	1 Día
Con BioDnx	Jonatan Alpirez Naranjo	No tienes Dengue ni Influenza	Cansancio	2:09 Minutos	-
Sin BioDnx		Dengue		3 Días	10 Días
Con BioDnx	Francisco Samuel Briseño Delgado	Dengue	Diarrea	3:46 Minutos	-
Sin BioDnx		Ni Dengue, Ni Influenza		-	1 Día
Con BioDnx	Manuel Alejandro Arreola Villarreal	No tienes Dengue ni Influenza	Escalofríos	2:27 Minutos	-
Sin BioDnx		Dengue		3 Días	15 Días
Con BioDnx	Daniela Melisa Rodriguez Martinez	Dengue	Fiebre	3:05 Minutos	-
Sin BioDnx		Ni Dengue, Ni Influenza		-	1 Días
Con BioDnx	Fabiola Alejandra Haro Ascencio	No tienes Dengue ni Influenza	Pérdida de Apetito	1:58 Minutos	-

Sin BioDnx		Dengue		2 Días	14 Días
Con BioDnx	Alma Patricia López Ramos	Probabilidades Altas de Dengue	Vómito	3:10 Minutos	-
Sin BioDnx		Dengue		1 Día	20 Días
Con BioDnx	Sergio Alejandro Avila Lozano	Probabilidades Altas de Dengue	Fiebre	2:35 Minutos	-

IV. DISCUSIÓN

En esta investigación diseñamos una aplicación basada en Android implementando el conocimiento de expertos para obtener un diagnóstico temprano de dengue e influenza, los cuales tienen síntomas muy similares entre ellos. Hay que considerar que estas dos enfermedades han impactado negativamente en la población mexicana debido al tiempo de consulta y diagnóstico, provocando muchas vidas perdidas.

Tomando en cuenta la creciente tendencia de las tecnologías móviles en México, nosotros creemos que con aplicaciones de esta naturaleza, la sociedad adquiere herramientas para obtener información pertinente a los síntomas que presenten en mejores tiempos.

V. CONCLUSIÓN

El utilizar plataformas móviles permitirá la accesibilidad de los usuarios a una gran base de conocimiento lo cual servirá para realizar diagnósticos de forma efectiva y rápida disminuyendo costos y mejorando las expectativas de recuperación de cada paciente, además de que fomentará en la población un monitoreo continuo de cualquier síntoma presente.

RECONOCIMIENTOS

El autor G. S. agradece el apoyo al Centro de Enseñanza Técnica Industrial, al autor B. R. Jesús Raúl y en especial al equipo de trabajo que conforma el área de investigación biomédica del CETI Colomos (D en C. Consuelo Ventura Mejía y a la D en C. Gabriela del Carmen López Armas).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Neumann, G. and Kawaoka, Y. (2015) Transmission of Influenza A Viruses. *Virology*, **479-480**, 234-246. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0042682215001452>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.virol.2015.03.009>
- [2] Scalera, N.M. and Mossad, S.B. (2009) The First Pandemic of the 21st Century: A Review of the 2009 Pandemic Variant Influenza A (H1N1) Virus. *Postgraduate Medicine*, **121**, 43-47. <http://dx.doi.org/10.3810/pgm.2009.09.2051>
- [3] Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (2011) Self-Reported Influenza-Like Illness during the 2009 H1N1 Influenza Pandemic—United States, September 2009–March 2010. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, **60**, 37.
- [4] Nucamendi Cervantes, G. (2014) Epidemiología de Influenza en México. Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud, 32-36.
- [5] Gomez-Dantés, H., *et al.* (2011) La estrategia para la prevención y el control integrado del dengue en Mesoamérica. *Salud pública Méx*, **53**, s349-s357.
- [6] Gubler, D.J., Ooi, E.E., Vasudevan, S. and Farrar, J. (2014) Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever. *CABI*. **30-115**.
- [7] Fajardo-Dolci, G., Meljem-Moctezuma, J., Vicente-González, E., Venegas-Páez, F.V., Mazón-González, B. and Aguirre-Gas, H.G. (2012) Dengue Fever in Mexico. Knowledge for Improving the Quality of Health. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, **50**, 631-639.
- [8] Guzman, M.G. and Harris, E. (2015) Dengue. *The Lancet*, **385**, 453-465. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673614605729>
[http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)60572-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60572-9)
- [9] Secretaría de Salud, Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud, Dirección General de Epidemiología, DGA Epidemiología, DGA INDRE, (2015). Panorama Epidemiológico de Fiebre por Dengue y Fiebre Hemorrágica por Dengue. Secretaría de Salud, pp.1:39.
- [10] Teckel Medical s.l. (2015). Mediktor (Versión 3.0.1) [Aplicación Móvil]. Descargado de: URL: <https://itunes.apple.com/mx/app/mediktor-resuelve-tus-dudas/id725611856?mt=8>