

**ANÁLISIS PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA EXPERTO PARA REALIZAR
DIAGNÓSTICOS DE ENFERMEDADES Y CONSULTAS CON PACIENTES DIABÉTICOS DE LA
ZONA INDIGENA DEL ESTADO DE OAXACA, MÉXICO.**

(Recibido el 7-08-2017. Aprobado el 27-12-2017)

Mg. Norma Martínez López
Universidad Nova Universitas,
Investigador, Gobierno Electrónico, México
airam01_1@hotmail.com

Resumen: México es uno de los países que enfrenta uno de los problemas más graves de salud pública; la diabetes mellitus. Para el caso de Oaxaca un estado mexicano, el panorama no es alentador, ya que esta enfermedad es una de las principales causas de muerte y amputaciones según los servicios de salud, y además, en el 2016 se vio un aumento de personas con este padecimiento, por ello, se necesitan estrategias que contribuyan a su prevención, control y cuidado de los pacientes. Como parte de esta estrategia, se propone un sistema experto con la finalidad de ayudar a los pacientes al diagnóstico de enfermedades derivadas de la diabetes, control, y a brindar información útil; principalmente recomendaciones. El sistema experto que se analiza tiene una estructura dividida en diagnóstico y consultor para abarcar una estrategia más completa respecto a esta enfermedad. Con esta estructura el sistema experto busca diagnosticar enfermedades a los pacientes diabéticos, y por otro lado capacitarlos en su enfermedad: recomendaciones, tratamientos, y cómo se agudiza.

Palabras claves: Diabetes, diagnóstico, consulta, Sistemas expertos, Oaxaca.

1. INTRODUCCIÓN

México es uno de los países que enfrenta uno de los problemas más graves de salud pública; la diabetes mellitus, ya que esta se ha convertido rápidamente en la epidemia del siglo XXI (Hernández, Gutiérrez y Reynoso, 2013; Muñoz, Gómez, Pérez, Díaz, Morales y Revilla, 2012). Es importante mencionar que cerca del 10% de la población la padece y se estima que la cifra podría ser el doble por aquellas personas que aún no son diagnosticadas (Encarnación Cruz, 2016). En el 2016, de acuerdo con el INEGI, un total de 16785 personas murieron a causa de esta enfermedad (INEGI, 2018b). Por ello, se deben buscar opciones que permitan a la sociedad informar sobre este problema de salud pública, y no solo a aquellos quienes los aquejan. Un aspecto importante es que aun cuando exista un diagnóstico, la falta de control de la misma es preocupante, lo que lleva a complicaciones mortales y discapacitantes, causando daños severos a la salud y a la calidad de vida del paciente y sus familiares, así como una carga económica de grandes dimensiones para el sistema nacional de salud y para todo el país (Encarnación Cruz, 2016). En ocasiones la falta de control de la diabetes es porque los pacientes no tienen información de esta enfermedad, ya que desconocen los riesgos, incluso desconocen las recomendaciones que deben seguir tanto en tratamiento como en su alimentación. Por otra parte, los pacientes pueden desconocer los síntomas de las diferentes enfermedades que se derivan de la diabetes (Torres, Villoro, Ramírez, Zurita, Hernández, Lozano y Franco, 2013).

Es necesario mencionar que este problema de salud pública no solo aqueja a las ciudades sino también a las zonas indígenas del país, como lo es el estado de Oaxaca, donde estos grupos viven en condiciones precarias en materia de educación, vivienda y servicios (Torres, Villoro, Ramírez, Zurita, Hernández, Lozano y Franco, 2013), por lo que tiene escasos niveles de estudio e información sobre salud. Cabe mencionar también que la sanidad de los pueblos indígenas es insuficiente, ya que los servicios necesarios para estas comunidades suelen ser escasos, si es que existen, y como consecuencia, grandes cantidades de personas indígenas de todo el mundo padecen diabetes de modo desproporcionado (Nicolaisen, 2006). Por otra parte, en las comunidades indígenas existen centros de salud, pero de la misma forma los pacientes no cuentan con la suficiente información sobre la diabetes, ya que en algunos lugares hablan solo alguna lengua indígena y en

este caso no es tan sencillo que comprendan claramente lo que los médicos o enfermeras intentan explicarles, o los servicios no son suficientes. Aunado a que en su mayoría los grupos indígenas viven sin tener influencia o representación política; por lo general no pueden influir sobre su situación en general, ya sea económica, educativa o sanitaria (Nicolaisen, 200).

Para el estado de Oaxaca existe un total de población de 12 años y más de 2,842,808 de los cuales 1,004,517 habla lengua indígena, 842,710 habla español, y 145,573 no habla español (INEGI, 2010). En cuanto a la zona indígena zapoteca del estado de Oaxaca, existen 323,998 que hablan la lengua zapoteca, 344 zapoteco de Ixtlán, 375 Zapoteco del Istmo, 18,322 zapoteco sureño y 1267 zapoteco vallista (INEGI, 2010). Por ello, debido a que en algunas comunidades del estado de Oaxaca existen personas que no hablan el español, se ve la necesidad de que la información pueda brindarse no solo en castellano sino también en la lengua indígena, ya que existe un número considerable de hablantes de lengua indígena, y algunos de ellos padecen esta enfermedad. De aquí la importancia de una estrategia que busca a través de un sistema experto capacitar a los pacientes diabéticos sobre los riesgos de otras enfermedades, las causas, cuándo se agudizan y sus síntomas, cuidados y formas de control, así como ayudar al diagnóstico de las posibles enfermedades que se derivan de la diabetes, y el tratamiento para cada una de ellas. El objetivo de analizar la importancia y la necesidad de desarrollar un sistema experto enfocado a la diabetes es para poder a través del mismo, informar a la población indígena acerca de este padecimiento, las enfermedades que se derivan de la misma y así en un futuro contribuir a la prevención y control de la diabetes. Esto, ya que los gobiernos raramente poseen (o en muchos casos no están dispuestos a proporcionar) estadísticas sanitarias sobre los pueblos indígenas. En México a la fecha no existen datos oficiales en torno a la prevalencia de la diabetes en comunidades indígenas (Guerrero, 2016), ya que no es fácil identificar a la población indígena debido a la escasez de datos y a las distintas definiciones de la condición de *ser indígena* (Torres, et al., 2013). No obstante, es una de las principales causas de muerte entre las comunidades indígenas, y la amenaza no deja de crecer (Nicolaisen, 2006; UNAM, 2015).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en la actualidad existen 189 millones de personas con diabetes, y se espera que el número de personas con diabetes se incremente a 380 millones para 2025 (Muñoz, et.al., 2012). México es uno de los países que enfrenta uno de los problemas más graves de salud pública; la diabetes mellitus. “La diabetes es una enfermedad en la que los niveles de glucosa (azúcar) de la sangre están muy altos. La glucosa proviene de los alimentos que consume y la insulina es una hormona que ayuda a que la glucosa entre a las células para suministrarles energía. Existen dos tipos de diabetes. En la diabetes tipo 1, el cuerpo no produce insulina. En la diabetes tipo 2, la más común, el cuerpo no produce o no usa la insulina de manera adecuada. Sin suficiente insulina, la glucosa permanece en la sangre” (U.S. National Library of Medicine, 2017). Cabe mencionar que la diabetes trae consecuencias a la salud, ya que es una importante causa de ceguera, insuficiencia renal, infarto de miocardio, accidente cerebrovascular y amputaciones de los miembros inferiores, además de la hiperglucemia, embolia (Organización mundial de la Salud, 2017; Ramírez y Rebolledo, 2006). Estudios clínicos demuestran que el buen control retardan las complicaciones. Cabe mencionar que los estudios a largo plazo están ayudando a los médicos a comprender mejor la relación entre los niveles de azúcar en la sangre y el riesgo de complicaciones en los pacientes, por tanto, un control estricto del azúcar puede disminuir dramáticamente el riesgo de muchas complicaciones (Ramírez y Rebolledo, 2006).

Según el Instituto Nacional de Salud Pública (2017), desde el año 2000, es la primera causa de muerte (Guerrero, 2016) entre las mujeres y la segunda entre hombres. También según la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición, 70 de cada 100 mil personas murieron a causa de diabetes mellitus (tipo 2) en el año 2011 (Guerrero, 2016). Es importante mencionar que cerca del 10% de la población la padece y se estima que la cifra podría ser el doble por aquellas personas que aún no son diagnosticadas (Encarnación Cruz, 2016). La OMS calcula que en el 2030 habrá entre 12 y 15 millones de diabéticos en México (Muñoz, et.al., 2012).

Cabe mencionar que también en el estado de Oaxaca como en sus comunidades indígenas existe este problema de salud. Según el INEGI (2018b), en el 2016 existían 74316 personas con diabetes mellitus, pero que existen muchos más que

desconocen su condición. De acuerdo a datos del INEGI (2018a), en Oaxaca en el 2016 había un total de 3,444 defunciones por diabetes mellitus. No obstante no se tienen registros del número de personas indígenas con este padecimiento ni el número de defunciones, según las fuentes del INEGI (2018b) obtenida por medio del chat de esta institución. Es importante reconocer que la población indígena también se ve afectada por la diabetes también se encuentran los indígenas, quienes están marginados vivan donde vivan, ya que las evaluaciones de su estatus económico, social, educativo o sanitario, sea cual sea el indicar que se aplique, arrojan pobres resultados, y viven por lo general en condiciones precarias en materia de educación, vivienda y servicios (Nicolaisen, 2006; Torres et.al., 2013). En el estado de Oaxaca existe un total de población de 12 años y más de 1,004,517 que habla lengua indígena, 842,710 habla español, y 145,573 no habla español (INEGI, 2010).

Ahora bien, en las comunidades indígenas donde las personas tienen un grado de educación bajo y una economía escasa (Torres et.al., 2013), el problema es grave, ya que por su nivel de educación, no tienen un medio fácil para tener acceso a la información sobre esta enfermedad de modo que pueda contribuir a un mejor nivel de vida y a estar informados sobre todo lo relacionado a ella. O incluso no tienen los recursos suficientes para tener acceso a una situación sanitaria eficiente. Como señala Nicolaisen (2006) los pueblos indígenas viven sin tener influencia o representación política para poder influir sobre su situación general, ya sea económica, educativa o sanitaria, lo que lleva a que la sanidad de los pueblos indígenas sea insuficiente. Respecto a la zona indígena zapoteca del estado, existen 323,998 que hablan la lengua zapoteca, 344 zapoteco de Ixtlán, 375 Zapoteco del Istmo, 18,322 zapoteco sureño y 1267 zapoteco vallista (INEGI, 2010).

Por otra parte, en muchas ocasiones los médicos con los que asisten a consulta, la mayoría del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) les explican en términos muy técnicos, y debido a su bajo grado de educación y a que en algunos casos solo hablan lengua indígena (Torres et.al., 2013) se vuelve menos sencillo que puedan comprender la información, por lo que los pacientes y sus familiares no están al tanto de todas las posibles consecuencias de su enfermedad, y como resultado de ello, no toman las medidas de precaución. En muchos casos al preguntarle a los familiares y al paciente sobre su situación desconocen el estado de

salud ya que nunca se les informó sobre las complicaciones de esta enfermedad en un lenguaje que ellos comprendan, y la falta de información contribuye a que se deteriore su salud e incluso lleguen a la muerte. A la mayoría de los pueblos indígenas de todo el mundo nunca se les diagnosticó la afección, nunca reciben tratamiento para su diabetes y mueren por esta causa sin saber la razón de su sufrimiento (Nicolaisen, 2006).

Los servicios necesarios para las comunidades indígenas suelen ser escasos (Torres, et.al. 2013), si es que existen, y como consecuencia grandes cantidades de personas indígenas de todo el mundo padecen diabetes de modo desproporcionado, y es una de las principales causas de muerte entre estas comunidades (Nicolaisen, 2006). Una alta tasa de mortalidad por diabetes y sus complicaciones puede relacionarse indirectamente a un control inadecuado de la diabetes, también cabe la posibilidad de que se puede atribuir a falta de insumos para la medición del control glucémico, falta de corresponsabilidades en el cuidado de la diabetes por parte del médico y del paciente u omisiones en las políticas públicas. Ahora bien, una baja tasa de mortalidad por diabetes puede relacionarse a un control adecuado de esta enfermedad (Fundación MÍDETE, 2016).

Respecto a lo anterior, es preciso que se planten e implementen estrategias y líneas de acción orientadas a prevenir las enfermedades derivadas de la diabetes y a controlarlas, ya que una estrategia puede modificar el comportamiento actual individual, familiar y comunitario. De ahí que es necesario contribuir de manera significativa en la promoción, prevención y control de la diabetes, lo cual ayudará a adoptar estilos de vida saludable, una alimentación correcta y el autocuidado de la salud, así como mantener informados a sus familiares. A las personas diabéticas y a sus familiares o cuidadores se les debe ofertar un programa de educación terapéutica estructurado en el momento del diagnóstico y de manera continuada durante toda su vida, ya que esto ayuda al control y a una mejora de la calidad de vida, y disminuye la frecuentación de los servicios de urgencias, los ingresos hospitalarios y los costos (Alonso, De Santiago, Moreno, Carramiñana, 2016).

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. Qué es la diabetes

La diabetes mellitus (DM) es un grupo de trastornos metabólicos caracterizados por la

hiperglucemia debida a defectos en la secreción o acción de la insulina (Alonso et. Al., 2016). De acuerdo a la Organización mundial de la Salud (2017), la diabetes es una enfermedad crónica que aparece cuando el páncreas no produce insulina suficiente o cuando el organismo no utiliza la insulina que produce.

3.2. Tipos de diabetes

De acuerdo a la Organización mundial de la Salud (2017), existen los siguientes tipos:

- La diabetes de tipo 1 (anteriormente denominada diabetes insulino dependiente o juvenil) se caracteriza por la ausencia de síntesis de insulina.
- La diabetes de tipo 2 (llamada anteriormente diabetes no insulino dependiente o del adulto) tiene su origen en la incapacidad del cuerpo para utilizar eficazmente la insulina, lo que a menudo es consecuencia del exceso de peso o la inactividad física.
- La diabetes gestacional corresponde a una hiperglicemia que se detecta por primera vez durante el embarazo.

3.3. Factores de riesgos

Los factores de riesgo para el desarrollo de diabetes pueden ser (Ministerio de Sanidad y Consumo del Gobierno de España, 2008):

- Edad y sexo: La prevalencia de la diabetes aumenta con la edad. Es inferior al 10% en personas menores de 60 años, y entre el 10%-20% entre los 60-79 años de edad. Por lo que existe mayor prevalencia en varones entre 30 y 69 años de edad y mujeres mayores de 70 años.
- Susceptibilidad genética: Existe un mayor riesgo cuando en descendientes diabéticos; el riesgo es parecido si es diabética la madre o el padre, y mucho mayor cuando ambos padres lo son.
- Diabetes gestacional: El riesgo de desarrollar diabetes es mayor en mujeres con antecedentes de diabetes gestacional.
- Obesidad: El factor de índice de masa corporal se considera un factor importante.

3.4. Control de la diabetes y estilos de vida saludable

La diabetes debe recibir un tratamiento integral, adecuado, seguro y en forma, ya que es un padecimiento que afecta varias funciones del organismo y puede generar consecuencias negativas para la salud de quien lo padece (Fundación MÍDETE, 2016). Algunas medidas para el control de las complicaciones micro y macrovasculares son (Fundación MÍDETE, 2016):

- **Control Glucémico:** La medición de la hemoglobina glucosilada (HbA1c) es, hasta el momento, el instrumento de medición de mayor eficacia en la evaluación del control glucémico.
- **Control de tensión arterial y dislipidemias:** Un control intensivo de la tensión arterial puede reducir hasta un 37% el riesgo de complicaciones microvasculares. Para el caso de las dislipidemias, el aumento del colesterol total, el colesterol LDL, y triglicéridos incrementan el riesgo en la gravedad de la retinopatía y la neuropatía diabética.
- **Cuidado de los pies:** Es necesario dar indicaciones claras y precisas sobre el cuidado de pies y uso de calzado adecuado, de igual forma las revisiones estandarizadas en consultas de rutina para detectar factores de riesgo para el desarrollo de pie diabético.

En cuanto a los estilos de vida saludables, se tiene que modificar los estilos de vida como: una alimentación equilibrada y actividad física ajustada al paciente de manera habitual al menos 150 minutos por semana, dejar de fumar, mantener el peso y el manejo adecuado de la enfermedad contribuye a actuar de forma favorable en la prevención y control metabólico de la diabetes mellitus tipos 2 (DM2). El ejercicio es aconsejable en la prevención de la DM2 y de las enfermedades cardiovasculares derivadas de la misma. Respecto a la alimentación se debe procurar limitar el consumo de grasas y que ésta provenga básicamente de la grasa monoinsaturada (aceite de oliva, frutos secos, aguacate). En cuanto a los hidratos de carbono, su fuente principal debieran ser las verduras, las hortalizas, legumbres, cereales integrales y derivados lácteos. Debiera limitarse o evitarse el consumo de refrescos azucarados (Fundación para la diabetes, 2018; Alonso et. Al., 2016). También la educación terapéutica en diabetes mellitus que se mantiene con un programa de seguimiento integral con contenido clínico y de habilidades, estrategias conductuales y emocionales que logren el empoderamiento del paciente, y es igual de efectiva la educación individual que la grupal (Alonso et. Al., 2016),

3.5. Panorama de la diabetes en México y Oaxaca

De acuerdo con la Fundación MÍDETE (2016), en México, la prevalencia de diabetes ha ido aumentando durante las últimas décadas, ya que México es el país que ocupa el 6to lugar a nivel mundial en número de personas con esta enfermedad, el 1er lugar en mortalidad en América Latina y el 3er lugar en el mundo. Estos datos reflejan un mal manejo en la prevención de la diabetes, probablemente debido a los malos hábitos alimenticios y estilos de vida de nuestra población. Según la misma fundación, una alta tasa de mortalidad por diabetes y sus complicaciones puede relacionarse indirectamente a un control inadecuado de la diabetes, también cabe la posibilidad de que se puede atribuir a falta de insumos para la medición del control glucémico, falta de corresponsabilidades en el cuidado de la diabetes por parte del médico y del paciente u omisiones en las políticas públicas. Ahora bien, una baja tasa de mortalidad por diabetes puede relacionarse a un control adecuado de esta enfermedad (Fundación MÍDETE, 2016). Hernández et. al. (2013) mencionan que según la Federación Internacional de Diabetes, China, India, Estados Unidos, Brasil, Rusia y México, son los países con mayor número de diabéticos. Para el 2010, el promedio de las personas que murieron por diabetes en 2010 fue de 66.7 años, lo que sugiere una reducción de 10 años. Estos mismos autores señalan que México tiene condiciones de alto riesgo, de modo que es necesario impulsar políticas de alto riesgo, por lo que se han impulsado políticas intersectoriales enfocadas a la salud alimentaria para combatir uno de los más importantes factores de riesgo, la obesidad. También hace más de una década se han diseñado estrategias PREVENIMSS, PREVENISSSTE, grupos de autoayuda, Unidades de Especialidades Médicas para Enfermedades Crónicas, entre otras, en las principales instituciones de salud con el fin de otorgar a los pacientes que ya padecen la enfermedad mejor atención.

Por otro lado, la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016 (ENSANUT MC) realizó una exploración de la enfermedad de la diabetes en la población mexicana mayor de 20 años de edad, y se encontró que la prevalencia en el país pasó de 9.2% en 2012 a 9.4% en 2016, esto con base a un diagnóstico previo de la enfermedad. También se encontró que las mujeres reportan mayores valores de diabetes (10.3%) que los

hombres (8.4%), y esta tendencia se observa tanto en localidades urbanas (10.5% en mujeres y 8.2% en hombres) como en rurales (9.5% en mujeres y 8.9% en hombres). La mayor prevalencia de diabetes se observa entre los hombres de 60 a 69 años (27.7%), y las mujeres de este mismo rango de edad (32.7%) y de 70 a 79 años (29.8%) (Observatorio Mexicano de Enfermedades No Transmisibles-OMENT, 2016).

Para el caso de Oaxaca, el panorama no es alentador. El OMENT (2017) establece que según la ENSANUT en el 2016 había un 7.02% de la población oaxaqueña de 20 años o más con diabetes mellitus tipo 2. Según el diario NSS Oaxaca (2016), el número de personas con el padecimiento a la diabetes ha aumentado, y es una de las principales causas de muerte y amputaciones según los servicios de Salud de Oaxaca (SSO). De acuerdo a la SSO, al término del 2015 se registraron dos mil 841 muertes por complicaciones por diabetes, y en abril del 2016 se notificaron mil 126 casos. Es importante mencionar que en Oaxaca existen aproximadamente 2'306,141 personas de 20 años y más, alrededor del 12.9% que padecen diabetes, lo que significa que en el estado existen aproximadamente 297,497 personas enfermas de este padecimiento (Estrategia Estatal para la prevención y el Control del Sobrepeso, la Obesidad y la Diabetes Oaxaca, 2010-2016).

3.6. Sistemas expertos

Los sistemas expertos forman parte de una de las áreas que engloba la inteligencia artificial (IA) (Ponce Cruz, 2011). De acuerdo con la Encyclopædia Of Artificial Intelligence (Pino, Gómez y de Abajo, 2001),

La IA es un campo de la ciencia y la ingeniería que se ocupa de la comprensión, desde el punto de vista informático, de lo que denomina comúnmente comportamiento inteligente. También se ocupa de la creación de artefactos que exhiben este comportamiento.

En resumen podemos decir que la IA se refiere a la capacidad de emular las funciones inteligentes del cerebro humano (Badaró, Ibañez, Agüero, 2013), o permitir dotar a un sistema de un mecanismo que le permite simular el comportamiento de un ser vivo, comprenderlo mejor o incluso adaptar su estrategia a cambios y modificaciones en su entorno (Ponce Cruz, 2011).

Se puede definir un sistema experto como un programa de computadora que contiene los conocimientos de un especialista humano en un determinado campo de aplicación (Pino et.al., 2001). Por otra parte, podemos entender a los sistemas expertos como un sistema informático (hardware y software) que simula a los expertos humanos en un área de especialización dada, por lo que son capaces de procesar y memorizar información, aprender y razonar en situaciones deterministas e inciertas, comunicar con los humanos y / u otros sistemas expertos, tomar decisiones apropiadas y explicar por qué se han tomado tales decisiones (Castillo, Gutiérrez y Hadi, s.f.; Badaró et.al, 2013). También actúa como consultor que puede suministrar ayuda a los humanos o expertos con un grado razonable de fiabilidad (Castillo et.al, s.f.).

3.6.1 Sistemas expertos en la medicina

La medicina es un área donde se requiere de mucho entrenamiento para ser un especialista además de asesoría adecuada a los pacientes. Cuando existe una amplia diversidad de enfermedades, los síntomas pueden ser confusos cuando se busca determinar rápidamente un diagnóstico oportuno, que puede significar la sobrevivencia o la muerte del paciente (Bustillos Salgado, s.f.). Los nuevos SE, son mucho más robustos y apropiados para el diagnóstico y aplicación (Badaró et.al, 2013), por ello, son una de las aplicaciones muy útiles en el área médica. En la medicina, los sistemas expertos podrán convertirse en una ayuda para el propio especialista (Ponce Cruz, 2011). En lugares donde es difícil tener a especialistas, los sistemas expertos pueden ser de gran ayuda, por lo que se necesita tener conocimiento almacenado de un especialista o bien, a través del sistema que integra un módulo de aprendizaje (Bustillos Salgado, s.f.).

Por ejemplo, un sistema experto en diagnóstico médico requerirá como datos los síntomas del paciente, los resultados de análisis clínicos y otros hechos relevantes, y, utilizando éstos, buscaría en una base de datos la información necesaria para poder identificar la correspondiente enfermedad [...] Un sistema experto de verdad, no sólo realiza las funciones tradicionales de manejar grandes cantidades de datos, sino que también manipula esos datos de forma tal que el resultado sea inteligible y tenga significado para responder a preguntas incluso no completamente especificadas (Stevens 1984, citado en Castillo et.al, s.f.: 2)

Para el caso de México se encontraron dos ejemplos, el sistema experto para realización de diagnóstico parálisis facial con electromiografía: PARFAC, el cual es consultado un personal de salud, primero revisa la historia del paciente, que contiene los datos generales acompañado de un determinado diagnóstico, a continuación realiza determinadas preguntas al paciente sobre cual fueron sus síntomas. Una vez conocida esta información por el sistema, el Sistema Experto plantea unas hipótesis, que de inmediato serán verificadas para comprobar la exactitud de las premisas de la regla; luego busca las correspondientes de los enunciados en la base de conocimientos. Con las respuestas que recibe el PARFAC verifica o rechaza las hipótesis planteadas (Ruiz, 2004). También un sistema experto difuso en la Web para diagnóstico de diabetes mellitus, cuyo conocimiento contiene información y experiencia de un especialista en medicina familiar del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) (Cruz Gutiérrez y Sánchez López, 2015), sin embargo este sistema no tiene la función de consultor para el paciente, es decir, no permite capacitar al paciente sobre su enfermedad.

Ahora bien, en Oaxaca no se encontró ningún sistema experto de diagnóstico de enfermedades derivadas de la diabetes ni consultor de los pacientes, y mucho menos en lengua indígena. Por lo que se ve la necesidad de realizar este sistema con la finalidad de contribuir al cuidado, control y diagnóstico de los pacientes diabéticos. El sistema experto que se analizó para su desarrollo, no solo busca realizar diagnóstico de enfermedades derivadas de la diabetes, sino también, capacitar a los pacientes sobre su enfermedad, los síntomas, cuándo se agudiza y los cuidados que necesitan. La estructura que se contempla para el sistema experto se muestra en la Figura 1.

A continuación se explican cada una de partes presentadas en la Figura 1.

Diagnóstico: el paciente interactuará con el sistema indicándole que síntomas tiene, por ejemplo, el paciente contesta a una pregunta ¿Tiene hinchazón en los pies?, una vez que el sistema ha recopilado todas las respuestas del paciente y procesado la información, el sistema deberá informarle el resultado del diagnóstico, indicando además a que se refiere dicha enfermedad y cuáles son sus posibles causas.

Consulta: el paciente indicará su enfermedad al sistema experto, quien le brindará al paciente

recomendaciones tanto médicas como alimenticias, y el posible tratamiento que le puede sugerir un médico. También le informará cómo se agudiza su enfermedad, lo cual es útil en aquellas lugares rurales donde los doctores especialistas no se encuentran o incluso no hay.

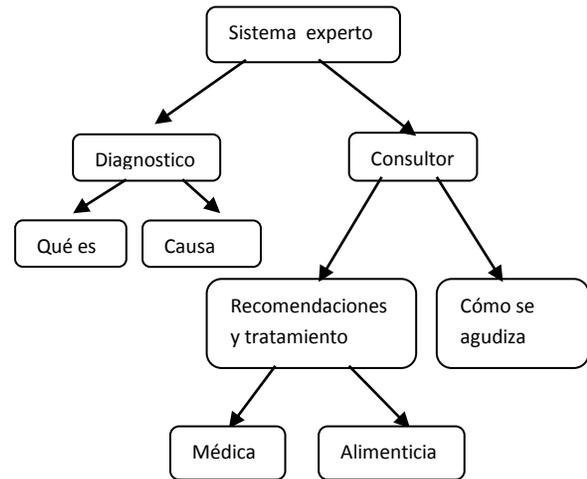


Figura 1. Sistema experto para diagnóstico de enfermedades derivadas de la diabetes

Fuente: Elaboración propia.

4. METODOLOGÍA

En el análisis para proponer el desarrollo del sistema experto orientado a la diabetes se contemplan las siguientes fases:

- Investigación teórica y análisis de la información: se realizó una investigación sobre las principales causas de muerte de la población en México, entre las que se encontró la diabetes. Por lo que se vio la necesidad de conocer las causas que provocan una tasa de mortalidad alta, a lo que se encontró que en ocasiones una de estas causas era la falta de control de la misma por parte del paciente y sus familiares. Por lo que se ve la necesidad de cómo la tecnología podría ayudar a que los pacientes y sus familiares conozcan más información acerca de esta enfermedad.
- Análisis de la población indígena: se realizó un análisis sobre esta población, ya que es una de las que cuenta con servicios sanitarios deficientes en la mayoría del mundo, y se ve la necesidad e importancia de atender a esta población. Por lo que de acuerdo a la información, en el estado de Oaxaca, existen

145,573 personas que solo hablan lengua indígena. Por ello se ve el valor de proponer un sistema experto que brinde información a esta población tanto en castellano como en lengua indígena zapoteca.

- **Análisis del sistema:** se especificarán los requisitos del software de forma clara y precisa. Dentro de estos requisitos se contempla que el sistema deberá cumplir la función de diagnóstico y consultor. Dentro de la funcionalidad de diagnóstico permitirá ayudar a detectar enfermedades derivadas de la diabetes y brindar información sobre qué es dicha enfermedad y sus causas. La funcionalidad de la opción consultor ayudará al paciente a proporcionarle información sobre recomendaciones y cómo se agudiza la enfermedad resultado del diagnóstico.
- **Diseño del sistema:** se realizará el diseño del sistema considerando la implementación tecnológica, hardware y el diseño de casos de uso para cubrir las funciones que realizará el sistema de acuerdo a los requisitos del análisis del sistema. se realizará además, el análisis de los lenguajes de programación necesarios para desarrollar un sistema experto.
- **Desarrollo y pruebas del sistema:** se realizará la implementación del sistema en un lenguaje de programación apropiado para sistemas expertos. El desarrollo del sistema se realizará usando la metodología de prototipado basada en interacciones, de modo de que en cada iteración se mejore el prototipo según los requerimientos. Por cada iteración se comprobará que realice correctamente las tareas indicadas en la especificación.

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, O FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

La diabetes es una enfermedad que forma parte importante de los problemas de salud pública en Oaxaca, ya que como se ha mencionado, un porcentaje considerable de la población la padece, y no solo afecta a las poblaciones urbanas sino también a las rurales. Por otra parte, se agudiza por falta de un diagnóstico adecuada o la falta de control de la misma, lo que deriva en otras enfermedades que pueden causar incluso el deceso. Por ello, es necesario considerar estrategias que permiten contribuir al bienestar y calidad de vida no solo del paciente sino también de sus familiares. Por tanto se considera que un sistema experto puede contribuir y ayudar al diagnóstico pero también a la capacitación de los pacientes para que estén

mayormente informados sobre los riesgos de su enfermedad, no obstante para tener información confiable es necesario contar con el apoyo de los expertos en este padecimiento.

REFERENCIAS

- Alonso Fernández, M., De Santiago Nocito A., Moreno Moreno, A., Carramiñana Barrera F.C. (2015). Guías Clínicas diabetes mellitus, en http://2016.jornadasdiabetes.com/docs/Guia_Diabetes_Semergen.pdf
- Badaró S, Ibañez L.J, Agüero M.J., (2013), Sistemas Expertos: Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones, en http://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_24.pdf (23/08/2017).
- Bustillos, S.M.(s.f.), Sistemas Expertos para la Asistencia Médica, en <http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rits/n1/n1a21.pdf> (24/08/2017).
- Castillo E, Gutiérrez J.M., HadiAli S. (s.f). Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas, en http://www.ehu.es/ccwintco/uploads/4/4c/Sistemas_Expertos_y_Modelos_de_Redets_Probabil%20C4%B1sticas.pdf
- Cruz Gutiérrez, V., Sánchez López A. (2015). Un sistema experto difuso en la Web para diagnóstico de diabetes. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias de la Computación, México, en http://www.rcs.cic.ipn.mx/2015_107/Un%20sistema%20experto%20difuso%20en%20la%20Web%20para%20diagnostico%20de%20diabetes.pdf
- Encarnación Cruz, L.M. (2016). Asumiendo el control de la diabetes. México. Fundación Mídete. pp. 3, en http://oment.uanl.mx/wp-content/uploads/2016/11/FMídete_Asumiendo-Control-Diabetes-2016.pdf
- Estrategia Estatal para la prevención y el Control del Sobrepeso, la Obesidad y la Diabetes Oaxaca. (2010-2016), en http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/adulto/descargas/pdf/Estrategia_SODOaxaca.pdf (23/08/2017).

- Fundación MÍDETE, (2016), Asumiendo el control de la diabetes. México. Fundación Mídete. pp. 3, en http://oment.uanl.mx/wp-content/uploads/2016/11/FMidete_Asumiendo-Control-Diabetes-2016.pdf
- Fundación para la diabetes, (2018). Estilo de vida, en <http://www.fundaciondiabetes.org/prevencion/312/estilo-de-vida-y-medicamentos-para-prevenir-la-diabetes>
- Guerrero, A.L. (2016). Estudio sobre la diabetes y obesidad en indígenas de Sonora. Consejo Nacional De Ciencia y Tecnología, en <http://www.conacytprensa.mx/index.php/centros-conacyt/7702-estudio-sobre-diabetes-en-grupos-indigenas-de-sonora-nota>
- Hernández Ávila, M., Gutiérrez J.P., Reynoso Noverón N., (2013), Diabetes mellitus en México. El estado de la epidemia. Centro de Investigación en Evaluación y Encuestas, Instituto Nacional de Salud Pública, México, en <https://pdfs.semanticscholar.org/8558/adb61bc1b1506a5425fc49f44c19a506dbaa.pdf> (23/08/2017).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía-INEGI. (2010). Censo de Población y Vivienda, 2010. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/Proyectos/bd/censos/cpv2010/P12Mas.asp?s=est&c=27823&proy=cpv10_p12mas
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía-INEGI. (2018a). Defunciones por diabetes mellitus por Entidad federativa de residencia habitual de la persona fallecida, grupo quincenal de edad, año y sexo, en http://www.beta.inegi.org.mx/app/tabulados/pxweb/inicio.html?rxid=75ada3fe-1e52-41b3-bf27-4cda26e957a7&db=Mortalidad&px=Mortalidad_4
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía-INEGI. (2018b). Estadísticas de salud en establecimientos particulares, en http://www.inegi.org.mx/Sistemas/Olap/Proyectos/bd/continuas/salud/MobHospital.asp?s=est&c=33422&proy=esep_mobhospit
- Instituto Nacional de Salud Pública (INSP),(2017), Diabetes en México, en: <https://www.insp.mx/avisos/3652-diabetes-en-mexico.html> (consulta: 15/08/2017).
- Ministerio de Sanidad y Consumo del Gobierno de España, (2008), Guía de práctica Clínica sobre diabetes tipo 2, en http://www.guiasalud.es/GPC/GPC_429_Diabetes_2_Osteba_compl.pdf (22/08/2017).
- Martínez, M., (2016 14 de noviembre), Aumenta en Oaxaca pacientes con diabetes, NSS Oaxaca en <https://www.nsssoaxaca.com/2016/11/14/aumenta-en-oaxaca-pacientes-con-diabetes/>
- Muñoz, M.L., Gómez Ortega M., Pérez Ramírez G., Díaz Badillo Á., Moralez M.C., y Revilla M.C. (2012). Propensión a la diabetes en poblaciones prehispánicas y contemporáneas de México. Revista Ciencia, en http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/imagenes/revista/63_1/PDF/05_741_Diabetes_Prehispanicas.pdf
- Ramírez F., y Aguilar Rebolledo F. (2006). Diabetes mellitus y sus complicaciones. La epidemiología, las manifestaciones clínicas de la diabetes tipo 1 y 2. Diabetes gestacional. Parte I. Información general. Vo.5 Núm.2 Julio-Diciembre 2006, en <http://www.medigraphic.com/pdfs/plasticidad/prn-2006/prn062e.pdf>
- Nicolaisen, Ida.(2006). Ignorados y en peligro: pueblos indígenas con diabetes. Diabetes Voice, Vol. 51. Núm. 2, en http://www.fundaciondiabetes.org/upload/contenidos/350/article_428_es.pdf
- Oaxacadiadia, (2016 16/11/16),Semana Nacional de la Diabetes, en <http://oaxacadiadia.com/2016/11/16/semana-nacional-de-la-diabetes/> (consulta: 15/08/2017).
- Observatorio Mexicano de Enfermedades No Transmisibles – OMENT, (2016), Últimas cifras de diabetes en México – ENSANUT MC 2016, en <http://oment.uanl.mx/ultimas-cifras-de-diabetes-en-mexico-ensanut-mc-2016/> (23/08/2017).
- Observatorio Mexicano de Enfermedades No Transmisibles – OMENT, (2016), Indicadores por Estado, en <http://oment.uanl.mx/indicadores-por-estado/> (23/08/2017).

Organización mundial de la Salud - OMS, (2017),
Diabetes, en
[http://www.who.int/topics/diabetes_mellitus
/es/](http://www.who.int/topics/diabetes_mellitus/es/) (22/08/2017).

Pino, R., Gómez A, de Abajo N., (2001), Sistemas
Expertos. En Pino, R., Gómez A, de Abajo
N. (Ed.), Servicios de Publicaciones
Universidad de Oviedo. España.
Introducción a la ingeniería Artificial:
Sistemas Expertos, Redes Neuronales
Artificiales y Computación evolutiva
(pp.10), España: Editorial Servicios de
Publicaciones Universidad de Oviedo.
España.

Ponce, Cruz, P., (2011), Sistemas Expertos. En
Inteligencia artificial con aplicaciones a la
ingeniería (pp.28-30), Marcombo.

Ruiz, M.E., (2004), Sistemas expertos para
realización de diagnóstico parálisis facial
con electromiografía: PARFAC,
Universidad Nacional Mayor de San
Marcos, Facultad de Ingeniería de Sistemas
e Informática, en
[http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/p
ublicaciones/risi/N1_2004/a09.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/risi/N1_2004/a09.pdf)
(24/08/2017).

Torres, J.L., Villoro R., Ramírez T., Zurita B.,
Hernández P., Lozano R., y Franco F.
(2013). La salud de la población indígena en
México. Iniciativa Global de Equidad en
Salud, en [http://funsalud.org.mx/portal/wp-
content/uploads/2013/08/02-
PoblacionIndigena-Caleidoscopio.pdf](http://funsalud.org.mx/portal/wp-content/uploads/2013/08/02-PoblacionIndigena-Caleidoscopio.pdf)

Universidad Nacional Autónoma de México.
UNAM. (2015). La diabetes, principal causa
de muerte en comunidades indígenas, en
[http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin
/2015_299.html](http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2015_299.html)

U.S. National Library of Medicine,
(2017), Diabetes, en
<https://medlineplus.gov/diabetes.html>
(consulta: 15/08/2017).