

SISTEMA EXPERTO Y USO DE LÓGICA PROPOSICIONAL PARA EL DIAGNÓSTICO PREVENTIVO DE LA DIABETES TIPO 2 PARA DETERMINAR LA POTENCIAL EXISTENCIA DE LA ENFERMEDAD

ARTÍCULO

Recibido: 25-10-2018 / Revisado: 10-11-2018 / Aceptado: 26-10-2018

Por:

Dennis Delgado, MSc.

Docente de Ingeniería en Sistemas UTEPSA

Revista UTEPSA Investiga

gmdennis@gmail.com

Colaboradores:

Estudiantes de Ingeniería en Sistemas UTEPSA

Blas Américo Rodríguez

José Manuel Minaya

Marcelo Calvimontes

Rodrigo Miguel Pérez

RESUMEN

Sistema Experto y uso de Lógica Proposicional para el diagnóstico preventivo de la diabetes tipo 2 para determinar la potencial existencia de la enfermedad.

La presente investigación aplicada plantea la creación de un sistema experto que brindará un diagnóstico preventivo de la diabetes tipo 2, basado en el uso de la lógica proposicional para la definición de reglas que permitirán al sistema determinar la potencial existencia de la enfermedad. De esa manera, las personas podrán conocer el grado de propensión a ser diabéticos y –a su vez– orientar a las personas a llevar un estilo de vida más saludable y controlado; ya que la mayoría de los casos de diabetes es causada por los malos hábitos diarios.

El problema principal que se trata de resolver es la inexistencia de un *software* preventivo para una accesibilidad fácil y rápida que determine la existencia potencial de la enfermedad de diabetes, en una aplicación multiplataforma que facilite prevenir el progreso de esta enfermedad en la población de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Esta investigación se basa en dos investigaciones: el sistema experto difuso en la web para el diagnóstico de diabetes elaborado en la Universidad Autónoma de Puebla (México) y, el Sistema Experto para el diagnóstico de diabetes basado en conjuntos difusos hecho en la Universidad Mayor de San Andrés (Bolivia).

PALABRAS CLAVE

Diabetes Mellitus 2, Diagnostico Preventivo, Sistema Experto, Lógica Proposicional, Vida Saludable, Malos Hábitos Diarios, Enfermedad Metabólica.

ABSTRACT

Expert System and use of Propositional Logic for the preventive diagnosis of type 2 diabetes in order to determine the potential existence of the disease.

The present applied research proposes the creation of an expert system that will provide a preventive diagnosis of diabetes type 2, which is based on the use of propositional logic for the definition of rules with which they will allow the system to determine the potential existence of the disease with the purpose that people can know the degree of propensity to be diabetics, and in turn guide people to lead a healthier lifestyle and controlled, this because most cases of diabetes are caused by bad daily habits.

The main problem to be solved is the lack of preventive software for easy and fast accessibility that determines the potential existence of the diabetes disease in a multiplatform mobile application in order to prevent the progression of this disease in the population of Santa Cruz. of the Sierra, Bolivia. For this research, two main researches were carried out: the expert diffusion system on the web for the diagnosis of diabetes developed in the Autonomous University of Puebla (Mexico) and the Expert System for diagnosing diabetes based on diffuse sets in the major university of San Andrés (Bolivia).

KEYWORDS

Diabetes Mellitus 2, Preventive Diagnosis, Expert System, Propositional Logic, Healthy Living, Bad Daily Habits, Metabolic Disease.

INTRODUCCIÓN

Los Sistemas Expertos son considerados como herramientas de apoyo para proponer ideas creativas, solucionar problemas o realizar eficientemente

tareas rutinarias. En el área de la medicina, varias enfermedades son diagnosticadas, tratadas o controladas por estos sistemas y esto genera una discusión sobre qué consecuencias generará el manejo de estas herramientas en el contexto laboral, económico y –especialmente– por el hecho de hablar de un sistema cuyo objetivo es reemplazar al especialista humano.

La capacidad de los sistemas expertos permite entregar una posible respuesta a una serie de múltiples interrogantes basados en su conocimiento. En el presente estudio se busca crear una aplicación con la capacidad de determinar la existencia potencial de la diabetes, según una serie de síntomas que se presentan. Se conoce que la *Diabetes Mellitus* es una enfermedad crónica caracterizada por niveles elevados del azúcar en la sangre, debido a un déficit en la producción de insulina; si no se sigue un tratamiento adecuado, puede ocasionar complicaciones graves tales como ceguera, problemas a órganos como riñones y páncreas e –incluso– puede producir graves problemas en las extremidades. Debido a que la diabetes es una enfermedad crónica silenciosa y a que la mayoría de personas no tiene conocimiento sobre ella, surge la necesidad de extraer el conocimiento de los médicos especialistas y crear un sistema experto para facilitar un diagnostico preventivo. Este diagnóstico permitirá conocer si se es propenso a la enfermedad y qué tan avanzada está la enfermedad en aquellas personas que tienen diabetes.

En el campo del desarrollo de sistemas expertos en el área de medicina se ha realizado una gran variedad de investigaciones; algunas de ellas se encargan del diagnóstico o control de la diabetes y han servido como base para este estudio. Entre ellas se encuentran:

El Sistema Experto Difuso en la Web para Diagnóstico de Diabetes. En este artículo se propone un sistema para diagnóstico de *diabetes mellitus* usando la librería *FuzzyLogic*, que ofrece la implementación de inferencia difusa y el API de *Java* para Servicios Web XML (JAX-WS). También, se describe el diseño de la base del conocimiento mediante técnicas de

Ingeniería del Conocimiento e Inteligencia Articulada. El conocimiento plasmado contiene la información y experiencia de un especialista en medicina familiar del Instituto Mexicano del Seguro Social. Fuente: (Gutiérrez & López, 2018)

El sistema experto para el apoyo y control del paciente diabético. El objetivo de esta tesis es implementar un sistema de apoyo en el tratamiento y control de la diabetes, en un equipo de cómputo, como una aplicación de la inteligencia artificial en el área de la medicina. Así, el costo que implica el tratamiento y control de la diabetes –tanto para el paciente como para las autoridades de salud– es bastante significativo. La base de conocimientos fue conformada con la asesoría de médicos de un laboratorio clínico y por una investigación médica europea avalada por la Organización Mundial de la Salud. En su desarrollo se utilizó lógica difusa para el procesamiento y análisis de la información. Fuente: (Bolaños, 2009)

El sistema experto para el diagnóstico de diabetes basado en conjuntos difusos. La investigación, ofrece un sistema experto para el diagnóstico de la enfermedad de *diabetes mellitus*, utilizando lógica difusa para su implementación, herramienta que sirve de apoyo en el campo de la medicina preventiva. También describe el diseño de la base de conocimiento mediante técnicas de ingeniería del conocimiento e inteligencia artificial. El conocimiento plasmado contiene la información y experiencia de un médico especialista en dicha enfermedad. Con la aplicación de este conocimiento, es posible diagnosticar distintos tipos de diabetes, tomando como base los síntomas que podría llegar a tener el paciente. La diabetes es una enfermedad crónica que aparece cuando el páncreas no produce insulina suficiente o cuando el organismo no utiliza eficazmente la insulina que produce. La insulina es una hormona que regula el azúcar en la sangre; con el tiempo, el azúcar daña gravemente muchos órganos y sistemas, especialmente los nervios y los vasos sanguíneos. El médico especialista realiza una serie de pruebas para confirmar el diagnóstico de diabetes, tomando en cuenta que el desarrollo del sistema experto coadyuva en dar un diagnóstico confiable y oportuno

al médico especialista, sin pretender sustituirlo en su función. Las reglas y mecanismos de inferencia contribuyen en gran manera a llegar a la conclusión, basada al momento de inferir datos tales como los síntomas de los pacientes y otros que son requisitos para el sistema experto. Otro componente para el desarrollo del sistema experto es el paciente, quien informará al médico especialista de cuáles son sus síntomas. Fuente: (Laruta, 2018)

La aplicación móvil para diagnosticar la diabetes a través de la retina. Para efectuar la detección se necesita tomar una fotografía del ojo. Ésa es básicamente la única información que se necesita introducir en esta app médica. Tandibundit y su equipo de trabajo escanean la retina con un *software* que proporciona un diagnóstico inmediato. La aplicación mediante un escaneo muy simple e inmediato diagnostica la gravedad de la diabetes. Está demostrado que las alteraciones retíneas pueden convertirse en ceguera. Estas alteraciones son un indicador de la diabetes. La retina es un tejido sensible a la luz que se encuentra en la parte posterior del ojo. Es necesaria para ver con claridad. La retinopatía diabética, producida por la diabetes, daña los pequeños vasos sanguíneos dentro de la retina. Fuente: (Tandibundit, 2017)

En Bolivia aún no existen sistemas o aplicaciones que permitan diagnosticar la diabetes. Después de haber realizado un análisis estadístico sobre esta enfermedad en Bolivia y recopilado datos sobre los estudios de sistemas expertos internacionales, se plantea crear una aplicación multiplataforma que –en conjunto con el sistema experto– brindará un diagnóstico preventivo para ayudar a prevenirla. Por otro lado, se busca orientar a las personas a llevar un estilo de vida más saludable y controlado, debido a que la mayoría de los casos de diabetes es causada por los malos hábitos diarios. En Bolivia hay muchos casos de personas que no visitan con frecuencia a su médico, por lo cual el sistema hará las recomendaciones para eliminar estos malos hábitos.

1.1 - MARCO TEÓRICO

1.1.1 • Los Sistemas expertos

Sería óptimo que un ordenador fuese capaz de dar información a partir de hechos o datos conocidos, tal como lo haría un experto. Para ello, James Alty –en su libro “Sistemas Expertos, conceptos y ejemplos” publicado en Madrid en 1984– menciona una rama de la inteligencia artificial que son los sistemas expertos. Éstos emulan el comportamiento de un experto humano para resolver un problema en un área de conocimiento específico y resuelve problemas utilizando una representación simbólica del conocimiento humano.

Según el libro de Virginie Mathivet “Inteligencia Artificial para desarrolladores”, publicado España en el 2015, un sistema experto es un programa informático que juega el rol de un profesional; aunque este sistema no puede remplazar por completo a un humano con experiencia, es de mucha utilidad en cualquier área, debido a que puede llegar a ahorrar tiempo valioso a un experto.

Jackeline Castillo, en su tesis “sistema experto para el apoyo del proceso de orientación vocacional” de Perú elaborada en el 2009, indica que un sistema experto se caracteriza por separar el conocimiento y la aplicación de dicho conocimiento; por tener una arquitectura diferente a la de un sistema de información convencional y; por brindar un tiempo adecuado de respuesta, dando la información al usuario en un tiempo igual o menor al que respondería el experto humano.

Anteriormente, se mencionó que un sistema experto tiene una arquitectura diferente a la de los sistemas de información convencionales. Miguel Santana –en su libro “Los sistemas expertos y sus aplicaciones”, publicado en Lima, Perú, en el 1988– menciona que la estructura del sistema experto está conformada por una base de conocimientos donde se almacena todo el conocimiento del sistema experto en forma de reglas que comprenden los datos que describen el problema y sus posibles resoluciones.

Una base de hechos que contiene los datos del problema –así como los elementos y hechos relativos a la solución de un problema en particular–, a su vez, almacena la información dada por el usuario en respuesta a las preguntas del sistema.

Cuenta con un motor de inferencias donde simula la estrategia de solución de un experto; obtiene conclusiones aplicando las reglas sobre los hechos presentes y determina qué acciones se realizarán, en qué orden y cómo responderán las diferentes partes del sistema experto.

Finalmente, sus interfaces de usuario permiten establecer la forma en que el sistema experto se presentará al usuario. Es necesario entablar un diálogo en términos del problema, para lo cual las preguntas y resultados deben presentarse en forma comprensible para el usuario.

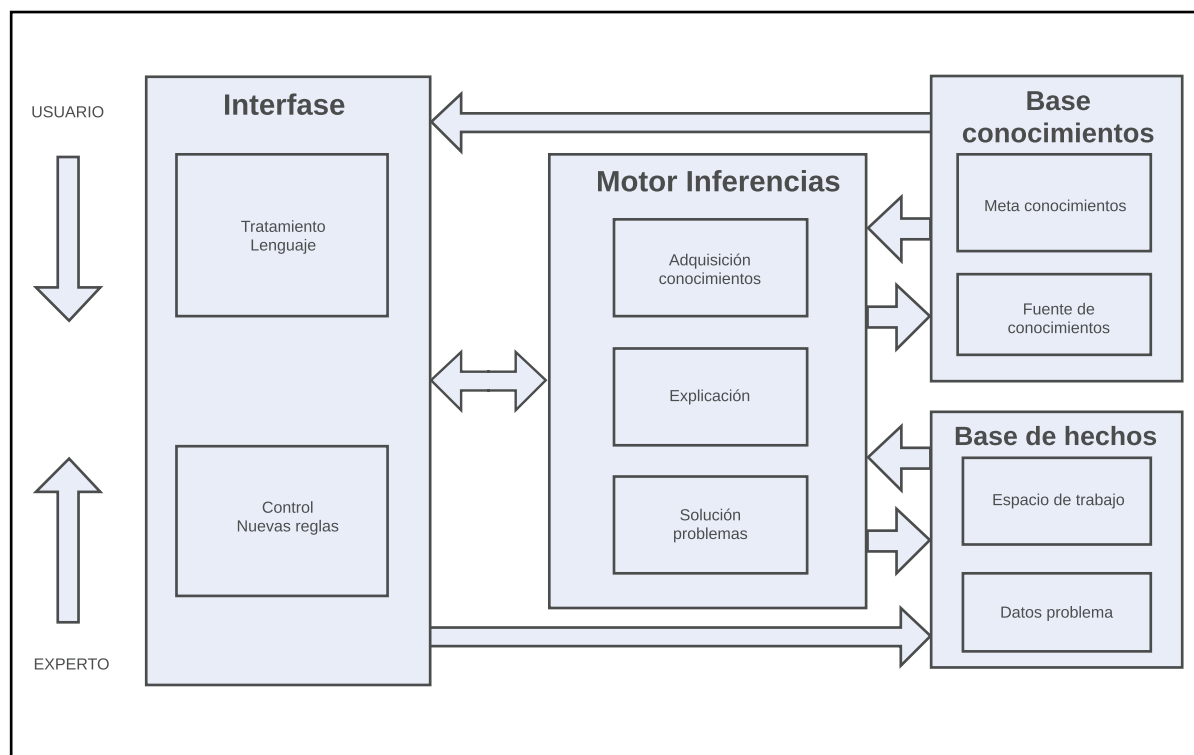


Figura 1: Componentes de un sistema experto. Fuente: (Santana, 1988)

1.1.2 • La ingeniería del conocimiento

Resulta de vital importancia para un sistema experto obtener el conocimiento inicial. Para ello, Gregorio Fernández –en su artículo “Ingeniería del conocimiento”, publicado en España en el 2004– menciona que la mejor manera de conseguir información de los expertos es mediante la ingeniería del conocimiento.

En el mismo artículo, señala que el conocimiento extraído de los expertos y de la literatura puede evolucionar durante el proceso de desarrollo de uso del sistema, por nuevos conocimientos del dominio o por consideraciones de los expertos humanos. Entonces, la adquisición de conocimiento y el uso de éste en el sistema experto se da a partir de tres etapas importantes.



Figura 2: Ingeniería del conocimiento de manera general. Fuente: (Fernández, 2004)

En la primera etapa, se tiene acercamiento con los expertos humanos para el dominio del conocimiento. La segunda etapa comprende la representación del conocimiento, en la cual el ingeniero codifica y hace explícitas las reglas para que el experto humano sea capaz de resolver problemas reales. En la tercera etapa, la información puede ser representada por medio de reglas de producción (implicaciones lógicas).

Para la adquisición de conocimiento es necesario saber algunos pasos para comunicarse con los expertos. El libro de Virginie Mathivet –“Inteligencia Artificial para desarrolladores” publicado España en el 2015– indica que, para una buena práctica de extracción de conocimientos, es necesario preguntar a un experto acerca de las reglas en las que se basa su trabajo.

Esta fase puede parecer sencilla, pero es de hecho muy compleja. En efecto, un experto no reflexiona en base a reglas, sino que se basa en ciertos automatismos que tendrá que explicar. Planteando diversas cuestiones al experto, es posible ayudarlo a determinar las reglas que aplica; a menudo, de manera inconsciente.

Esta etapa puede ser muy extensa, en particular cuando se abordan dominios muy grandes. Además, si el dominio de aplicación posee riesgos, es muy importante verificar las reglas con varios expertos, que podrán completarlas o modificarlas en caso necesario.

Una vez que se tiene el conocimiento base, es preciso saber cómo representarlo, de tal manera que el sistema pueda manipularlo. Para ello, Samuel Biondo, en su libro “*Fundamentals of Expert Systems Technology: Principles and Concepts*” publicado en Estados Unidos de América en el 1990, señala que una base de conocimiento es una colección de datos que representan conocimiento.

Dicha base se plasma utilizando tanto un lenguaje de representación del conocimiento, como un programa para ampliar y/o consultar una base de conocimiento.

A partir del conocimiento existente puede crearse nuevo conocimiento, utilizando la inferencia lógica.

información = datos + significado

conocimiento = información + procesamiento

Además de su capacidad para hacer abstracciones a diferentes niveles, el conocimiento se relaciona con la acción. El uso efectivo del conocimiento conduce a la formación de planes de acción y –finalmente– a una profunda comprensión. Las reglas de producción han sido las estructuras más comunes para representar el conocimiento en los SE.

1.1.3 • La lógica proposicional

La lógica proposicional para el aprendizaje de nuevo conocimiento puede ser aplicada luego de conocer el sistema. Jorge Parra, en su investigación publicada en el 2013, menciona que, para entender qué es la lógica proposicional, hay que saber previamente qué es una proposición. Una proposición es una oración enunciativa, es decir, que afirma o niega algo y que, por lo tanto, puede ser verdadera o falsa.

La lógica proposicional es un sistema formal cuyos elementos más simples representan proposiciones y cuyas constantes lógicas, llamadas conectivas, representan operaciones sobre proposiciones, capaces de formar otras proposiciones de mayor complejidad.

En el mismo trabajo de investigación se observan los diferentes componentes de una proposición: los conectivos lógicos, que son tratados como funciones de verdad; es decir, como funciones que toman conjuntos de valores de verdad y devuelven valores de verdad.

Tabla 1: Conectores de la lógica proposicional

Conectivo	Expresión en lenguaje natural	Ejemplo	Símbolo
Negación	no	Luke no es rubio	$\neg \sim$
Conjunción	Y	Luke es rubio y Leia es morena	\wedge
Disyunción	O	Luke es rubio o Leia es morena	\vee
Implicación	si... entonces	Si Luke es rubio entonces Leia es morena	\Rightarrow
Bi-condicional	sí y sólo si	Luke es rubio sí y solo si Leia es morena	$\Leftrightarrow \equiv$

Fuente: (Parra, 2013)

También menciona que los conectivos lógicos son funciones que permiten combinar valores de verdad y entregar valores de verdad. Esto se puede visualizar mediante una tabla que entregue los valores de verdad que la función devuelve con todas las combinaciones posibles.

Tabla 2: Tabla de verdad - lógica proposicional

Negación		Conjunción			Disyunción			Condicional			Bicondicional		
p	$\neg p$	p	q	$p \wedge q$	p	q	$p \vee q$	p	q	$p \Rightarrow q$	P	q	$p \Leftrightarrow q$
V	F	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
F	V	V	F	F	V	F	V	F	F	F	V	F	F
		F	V	F	F	V	V	V	V	V	F	V	F
		F	F	F	F	F	F	V	F	F	F	F	V

Fuente: (Parra, 2013)

Para representar la tabla de verdad, cuando se aplica conectores, se exponen algunos ejemplos:

- Sea p una fórmula cualquiera, $\neg p$ es verdadero cuando p es falso, y falso cuando p es verdadero.
- Sean p y q fórmulas cualesquiera, $(p \wedge q)$ es verdadero cuando p y q son verdaderos, y falso en los demás casos.
- Sean p y q fórmulas cualesquiera, $(p \vee q)$ es falso cuando p y q son falsos, y verdadero en los demás casos.
- Sean p y q fórmulas cualesquiera, $(p \Rightarrow q)$ es falso cuando p es verdadero y q es falso, y verdadero en los demás casos.

1.1.4 • La Diabetes

Entendido lo que es un sistema experto, es posible explicar su aplicación en la detección de la diabetes. Según un artículo del Centro Nacional para la Prevención de Enfermedades Crónicas y Promoción de la Salud, publicado en febrero del 2018, la diabetes es una enfermedad crónica (de larga duración) que afecta la forma en que el cuerpo convierte los alimentos en energía. Los alimentos que uno come se convierten en azúcar (también llamada glucosa) que se libera en el torrente sanguíneo. El páncreas produce una hormona, llamada insulina, que se encarga de regular la cantidad de glucosa de la sangre; abre las células del cuerpo a la entrada del azúcar en la sangre (glucosa) para ser usada como energía.

Una persona tiene diabetes cuando su cuerpo no produce una cantidad suficiente de insulina o no puede usar adecuadamente la insulina que produce. Cuando no hay suficiente insulina o las células dejan de responder a la insulina, queda demasiada azúcar en la sangre y, con el tiempo, esto causa desequilibrios como enfermedad del corazón, pérdida de visión y enfermedad de los riñones. A medida que avanza la edad, se incrementa el riesgo de contraer diabetes. Aunque todavía no existe una cura para la diabetes, es posible reducir mucho el efecto que tiene sobre la vida si se practican hábitos de estilo de vida saludables. El Dr. Javier Rosado Martín publicó un artículo en 2018, en el que indica los diferentes tipos de diabetes:

- Diabetes tipo 1: típica en edades tempranas de la vida, generalmente antes de los 30-40 años. En su tratamiento suele necesitar casi siempre insulina.
- Diabetes tipo 2: es la más frecuente; generalmente se da en personas obesas y de edad más avanzada. No siempre necesita insulina, sobre todo en las fases tempranas de la enfermedad. Puede controlarse con dieta y fármacos antidiabéticos.
- Diabetes gestacional: el embarazo es un estado

que favorece el mal control del azúcar en la sangre y que puede derivar en una diabetes gestacional. Por esta razón, aproximadamente en la semana 28 de gestación se realiza un test especial a todas las embarazadas, para valorar si existe diabetes. Aunque en general se retorna al estado no diabético tras el embarazo, se genera un riesgo a padecer una diabetes franca al cabo de los años.

- Otros tipos específicos de diabetes son provocados por algunos defectos genéticos de las células beta defectos genéticos en la acción de la insulina enfermedades de la función exocrina del páncreas, como la fibrosis quística y aquella secundaria al uso de algunos medicamentos.

¿Por qué es tan importante la glucosa? Silvia Parada, en su artículo publicado en Organic Andora en el 2017, menciona que todas las células necesitan energía para estar activas y mantener sus funciones vitales, como es el latir del corazón, la respiración, el proceso digestivo, etc. Por otro lado, también esta energía es necesaria para mantener la temperatura corporal y el movimiento muscular. Entonces, la glucosa es la principal fuente de energía del organismo y se obtiene a partir de la alimentación. Es a través de la digestión que se pone en marcha un proceso que transforma químicamente los alimentos en nutrientes y éstos, en otros elementos más pequeños. Por ejemplo, al ingerir arroz, los nutrientes serán hidratos de carbono y –posteriormente– pasarán a ser un elemento básico, que es la glucosa. Los alimentos, luego de ser ingeridos, transitan por el tubo digestivo y cuando llegan al intestino delgado, la glucosa pasa del intestino a la sangre y del torrente sanguíneo, a las células. La sangre es la encargada de transportar la glucosa al hígado, donde es almacenada para tener reservas de energía, pero también al cerebro y al resto de células del cuerpo.

La presente investigación se centra en la diabetes tipo 2, también llamada diabetes mellitus 2. La Organización Mundial de Salud (OMS) señala que la diabetes tipo 2 se conoció anteriormente como diabetes sacarina no dependiente de la insulina. Se caracteriza por hiperglucemia causada por un

defecto en la secreción de insulina. Por lo común, es acompañada por la resistencia a esta hormona, de tal forma que los enfermos no necesitan insulina de por vida y pueden controlar la glucemia con dieta y ejercicio solamente, o en combinación con medicamentos orales o insulina suplementaria.

La OMS menciona que esta enfermedad –por lo general– aparece en la edad adulta, aunque está aumentando en niños y adolescentes. Ello se debe a que está relacionada con la obesidad, la inactividad física y la alimentación malsana. Tal como sucede con la diabetes de tipo 1, estos enfermos tienen un riesgo aumentado de padecer complicaciones micro y macro vasculares.

Según sus datos, la etimología de esta enfermedad:

- Está asociada con la obesidad, la poca actividad física y la alimentación malsana; además, casi siempre incluye resistencia a la insulina.
- Afecta con mayor frecuencia a las personas que padecen hipertensión arterial, dislipidemia (colesterol sanguíneo anormal) y obesidad de la parte media del cuerpo; incluye un componente de «síndrome metabólico».
- Tiene una tendencia a presentarse en familias, pero es un trastorno complejo causado por mutaciones de varios genes y, también, por factores ambientales.

Menciona que el cuadro clínico de los pacientes presenta las siguientes particularidades:

- Los pacientes a veces no presentan manifestaciones clínicas o éstas son mínimas durante varios años antes del diagnóstico.
- Pueden presentar aumento de la frecuencia urinaria (poliuria), sed (polidipsia), hambre (polifagia) e inexplicable baja de peso.
- También pueden padecer entumecimiento de las extremidades, dolores (disestesias) de los pies y visión borrosa.

- Pueden sufrir infecciones recurrentes o graves.

El tratamiento que recomienda es:

- Disminuir las concentraciones sanguíneas de glucosa a los valores normales, para aliviar los signos y síntomas y prevenir o posponer la aparición de complicaciones.
- Tratar a los pacientes con dieta y ejercicio solos o añadiendo algún antidiabético oral; con una combinación de medicamentos orales e insulina; o con insulina únicamente.
- Aplicar glucómetros para la vigilancia de la glucosa sanguínea por el propio enfermo.
- Realizar la detección temprana y tratamiento oportuno de las complicaciones, a intervalos recomendados por las directrices nacionales e internacionales:
- Hacer un examen de los ojos, prueba de orina, cuidado de los pies y remisión con el especialista cuando sea necesario;
- Educar al paciente en materia de vigilancia, para reconocer los signos y síntomas de la hipoglucemia (como hambre, palpitaciones, temblores, sudores, somnolencia y mareo) y la hiperglucemia;

Instruir al paciente en materia de alimentación, ejercicio y cuidado de los pies.

1.2 - OBJETIVOS ALCANZADOS

Se elaboró un sistema experto de diagnóstico preventivo de diabetes basado en lógica proposicional, que permite determinar la existencia potencial de la enfermedad, tomando como caso de estudio el Centro de Diagnóstico y Prevención de Diabetes. Los objetivos alcanzados se expresan en las siguientes realizaciones:

- Análisis documental del estado de la diabetes en Bolivia

- Estudio de los detonadores de la diabetes con la ayuda de médicos especialistas.
- Elaboración de una tabla de conocimiento fáctico, práctico y heurístico de los detonadores, causas y efectos que producen la diabetes.
- Diseño de un modelo situacional, en términos de esquemas de conocimiento basados en lógica proposicional, para que puedan apelarse a las distintas reglas y métodos de deducción.
- Diseño e implementación del sistema experto para el diagnóstico preventivo de la diabetes.
- Aplicación multiplataforma para ejecutar el sistema experto.
- Pruebas para evaluar y registrar los resultados.
- Evaluación del comportamiento de la aplicación y la interacción de los usuarios mediante grupos focales.

1.3 - TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación, por sus características, asumió el tipo general de investigación aplicada, ya que, por medio de una aplicación multiplataforma, se hizo pruebas en varias oportunidades previas a su implementación oficial, con el fin de construir una base de conocimiento real que permite informar al usuario cuál el grado de existencia potencial de la enfermedad, con base en sus hábitos y vida cotidiana. Esta tarea fue realizada con la utilización de sistemas expertos basados en lógica proposicional.

Se indagó de forma exploratoria, procurando encontrar patrones significativos en los datos de alimentación de la base de conocimiento, para poder determinar los grados de potencialidad. Los datos a estudiar fueron del tipo cuali-cuantitativo, debido a que se analizaron patrones de vida y cantidades de personas que son susceptibles a la enfermedad.

Las pruebas se realizaron bajo un enfoque cuasi-experimental, tomando en cuenta que no se posee un control total sobre la cantidad de

ejercicios que se necesitan para obtener una base de conocimiento adecuada. Esto se evidenció en las pruebas y en los resultados.

El método que se aplicó en la inferencia de los resultados fue el inductivo, en el entendido de que –en función de cómo se van realizando las pruebas de alimentación de la base de conocimiento– se registraron las conclusiones que permitieron ajustar el modelo y realizar nuevas pruebas.

El seguimiento en el tiempo para las personas sujetas a estudio, fue de tipo transversal, puesto que el estudio se realizó en diferentes sujetos, en un momento concreto.

2 - METODOLOGÍA

Para la elaboración del sistema experto de diagnóstico preventivo de la diabetes, se realizó un previo análisis documental del estado de la diabetes en Bolivia, con el fin de determinar la necesidad de desarrollar un software para prevención de la enfermedad. Para ello, se realizó una investigación de diferentes fuentes para la obtención de datos estadísticos de casos que se presentan en el país. También se recopilamos datos estadísticos para una idea general del panorama de la enfermedad en Bolivia y para determinar cuáles son los departamentos con mayor índice de crecimiento de la enfermedad, mediante comparativas de datos de años pasados y años más actuales. Asimismo, se obtuvieron cifras de la cantidad de personas en Bolivia que tienen los diferentes tipos de diabetes, dando prioridad a los datos sobre la diabetes de tipo 2, que se puede prevenir con un cuidado en la dieta y el estilo vida.

Posteriormente, se creó la base de conocimiento, aplicando la ingeniería del mismo; primeramente, se realizó la adquisición del conocimiento mediante entrevistas estructuradas a los médicos especialistas en diferentes centros médicos y hospitales. De esa forma, se pudo realizar un estudio de los detonadores de la diabetes con la ayuda de médicos del área y; además, profundizar algunos aspectos teóricos sobre la enfermedad, para saber la opinión de cada uno de ellos y tener una idea general del tema.

También se determinó la importancia y relevancia de dichos detonadores. Asimismo, se presentó una tabla de comparación de los factores o detonadores de la diabetes, que permitió dar un valor a cada factor, en relación a la propensión de una persona a ser diabética.

Luego se continuó con la representación del conocimiento, mediante la elaboración de una tabla de conocimiento fáctico, práctico y heurístico de los detonadores, causas y efectos que producen la diabetes. Se identificaron variables y se las asignó en estructuras de datos; se les confirió un valor para medir la importancia con relación a la diabetes. Finalmente, se creó un conjunto de reglas basadas en lógica proposicional, donde sus valores se agrupan de acuerdo a la veracidad de la proposición o regla y se le asigna un valor final para la determinación de la propensión a los diferentes tipos de diabetes.

Para concluir la creación de la base de conocimiento, se construyó un modelo situacional en términos de esquemas de conocimiento, basado en lógica proposicional. Esto permitió apelar a las distintas reglas y métodos de deducción de los diferentes tipos de diabetes, precisando el porcentaje de cada factor para obtener datos de probabilidad de una persona propensa a tener diabetes. En ese sentido, se utilizaron los valores adquiridos de cada factor y se aplicaron las diferentes reglas; aspectos obtenidos en fases anteriores, para concluir con la construcción de la base de conocimiento del sistema.

El primer paso de la etapa de desarrollo consistió en desarrollar el sistema experto para el diagnóstico preventivo de la diabetes, eligiendo una metodología ágil. Se elaboró el sistema con base en prototipos en los que se implementaron todos los conocimientos adquiridos en las anteriores etapas.

El desarrollo del sistema experto continuó con la aplicación de los conocimientos adquiridos y la lógica proposicional, de tal manera de que actuara como un servicio web; mediante interfaces externas se interactuó con los usuarios, desarrollando una aplicación multiplataforma para ejecutar el sistema experto.

Una vez finalizado el desarrollo e implementación del sistema experto y sus interfaces de usuario, se llevaron a cabo pruebas para evaluar y registrar los resultados; visitando los centros especializados en diabetes, con el fin de alimentar la base de conocimiento y generar nuevo conocimiento.

Por último, se evaluó el comportamiento de la aplicación y los usuarios mediante grupos focales, formulando preguntas para indagar la aceptación de la aplicación y observar si se pudo orientar a las personas para que lleven una vida saludable.

3 - RESULTADOS

3.1 • Análisis documental de la diabetes en Bolivia

Mediante el uso del método de análisis documental, se logró investigar datos importantes sobre la diabetes e indagar cómo esta enfermedad se va incrementando con el pasar de los años. De esa forma, se identificó la necesidad de la población de Bolivia de contar con sistema experto para el diagnóstico preventivo de diabetes.

Ficha documental Nro. 1

Título: En 2016 se registraron 138.124 casos de diabetes.

INE - La Paz, 14 de noviembre de 2017.- En conmemoración al Día Mundial de la Diabetes, el Instituto Nacional de Estadística (INE) informó que, a nivel nacional, en el período 2016 se presentaron 138.124 casos de personas con esta enfermedad, respecto al período 2015, cuando se observaron 98.100 casos y registros disponibles hasta agosto de 2017 señalan 73.517 casos, la más común es la de Tipo 2.

Tabla 3: Casos de diabetes del 2015 al 2017

TIPO DE DIABETES	2015	2016	2017
Diabetes Gestacional	670	1.016	272
Diabetes Tipo 1	16.541	18.351	8.638
Diabetes Tipo 2	80.889	118.757	64.607
TOTAL	98.100	138.124	73.517

Fuente: (Ine, 2018)

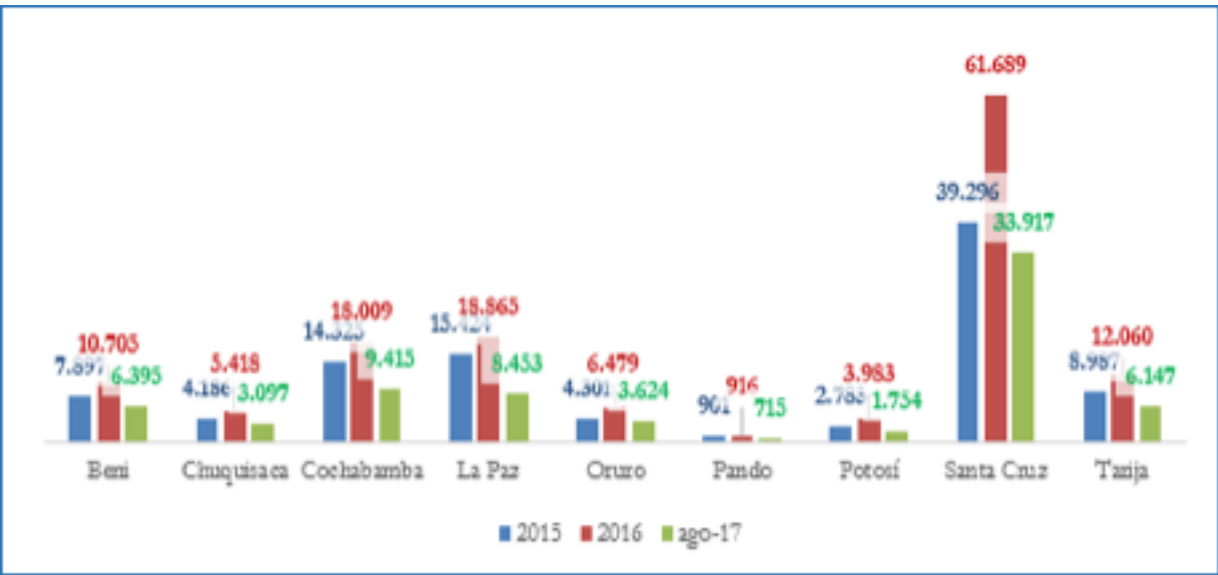
Diabetes mellitus tipo 1: Ataca al sistema autoinmune. Se presenta mayoritariamente en individuos jóvenes.

Diabetes mellitus tipo 2: Se caracteriza por un déficit relativo de producción de insulina. Se desarrolla a menudo en etapas adultas de la vida, y es muy frecuente la asociación con la obesidad.

Diabetes mellitus gestacional: También llamada diabetes del embarazo. Ocurre entre las semanas 24 y 28 del embarazo. Las principales causas de la diabetes en Bolivia son el sobrepeso, obesidad, sedentarismo y malos hábitos de alimentación.

Esta enfermedad ocasiona trastornos metabólicos debido al aumento de nivel de glucosa en la sangre. Santa Cruz es el departamento con mayor cantidad de casos de diabetes, registrándose 39.296 casos en 2015, 61.689 casos en 2016 y hasta agosto de 2017, 33.917 casos.

Tabla 1: Casos de diabetes a nivel departamental del 2015 al 2017



Fuente: (Ine, 2018)

El Día Mundial de la Diabetes se instauró por la Federación Internacional de la Diabetes (FID) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1991 y la Resolución fue aprobada el 2007 en la ONU

Fuente: (Ine, 2018)

Ficha documental Nro. 2

Título: En Bolivia hay 90.000 casos de diabetes, en 5 años se duplicarán

La Paz es el segundo departamento del país con más casos de la patología. El primero es Santa Cruz. El crecimiento de casos nuevos es acelerado y alarmante.

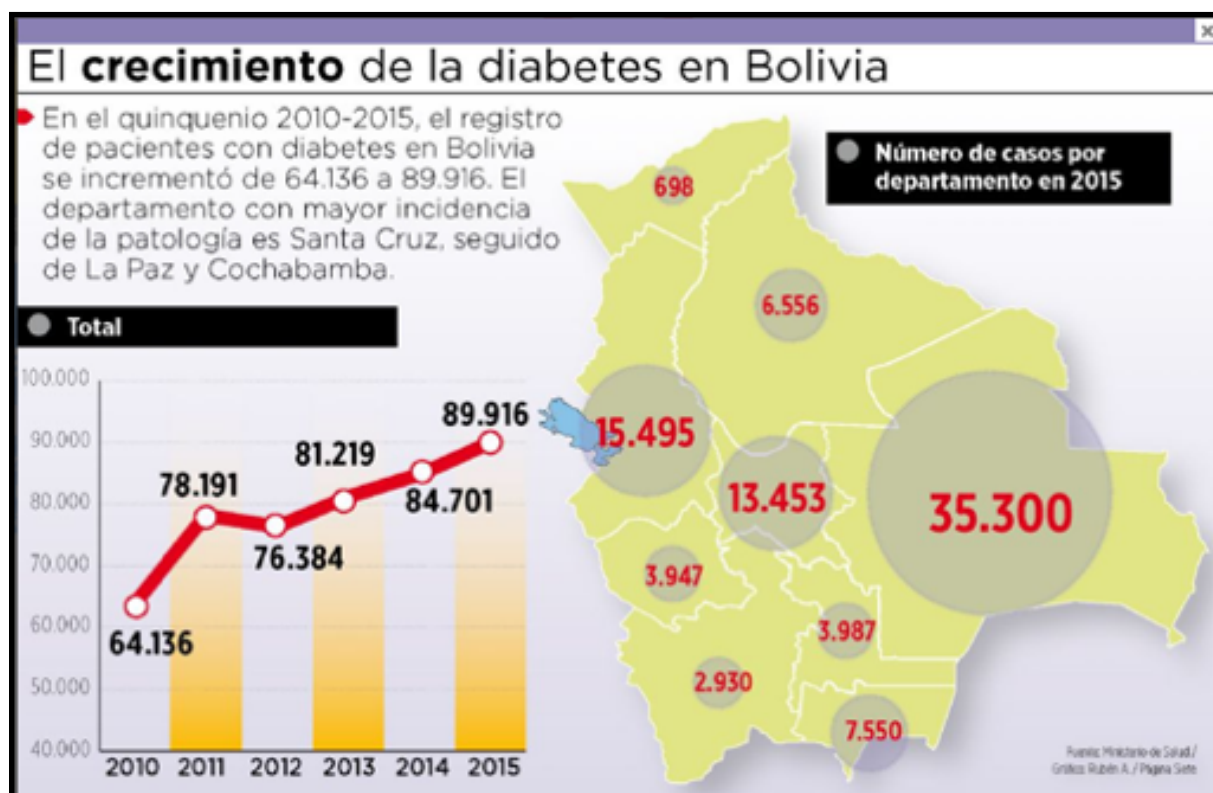


Figura 3: Crecimiento de la diabetes en Bolivia a partir del 2010. Fuente: (Zapana, 2018)

En los últimos cinco años, el registro de casos de diabetes se incrementó en 30%; pasando de 64.136 en 2010 a 89.916 en 2015. Se prevé que, hasta 2020, la cifra de pacientes con esta enfermedad se duplique y llegue a 180 mil, de acuerdo a información proporcionada por el Ministerio de Salud. La tendencia creciente de la diabetes es alarmante en el país y en el mundo. Por ello, la Organización Mundial de la Salud (OMS) aborda esta patología para visibilizarla, prevenirla y controlarla con el lema “Apura el paso, gánale a la diabetes”.

El responsable de la Unidad de Enfermedades No Transmisibles del Ministerio de Salud, Adolfo Zárate, explicó que, en los últimos cinco años, los casos de diabetes aumentaron en un 30%. “En 2010 teníamos 64.136 y en 2015 la cifra subió a 89.916 casos nuevos. Hay una tendencia alarmante de crecimiento”, dijo.

Santa Cruz es el departamento con mayor incidencia de la enfermedad, con 35.300 casos; seguido de La Paz, con 15.495 y; Cochabamba, con 13.453. La diabetes es una enfermedad no transmisible que no tiene cura, pero sí se puede controlar. Se manifiesta con síntomas como micción frecuente, boca seca, pérdida de peso o aumento de apetito, entre otros.

Entre los factores de riesgo para contraer esta patología se cuentan: el sobrepeso, la obesidad, el sedentarismo, la presión arterial alta, el colesterol, además de los antecedentes de enfermos de diabetes en la familia. “Mucha gente vive con diabetes tres o cuatro años antes de ser diagnosticada. Por lo general, presentan molestias débiles que ya están dañando a algunos órganos”, indicó el especialista. Zárate dijo que una de las medidas para detectar el mal a tiempo es la prueba de glucemia, que es gratuita. Recalcó la necesidad de informar a la población sobre los factores de riesgo.

Según datos de la OMS, en el mundo hay más de 347 millones de personas con diabetes. Se prevé que en 2030 la enfermedad sea la séptima causa de muerte. En 2012, la diabetes ocasionó directamente 1,5 millones de decesos en el orbe. Zárate explicó que es posible controlar la enfermedad. “Si la diabetes está en etapa inicial, con alimentación y dieta se controla el nivel de azúcar para mantenerla en niveles normales o aceptables. Si está más avanzada se hace un tratamiento antidiabético oral y si aun así no se controla, recién se pasa a la insulina”.

Aconsejó a los diabéticos que no descuiden el control del mal. De lo contrario, el paciente puede quedar ciego, con insuficiencia renal o sufrir mutilaciones de miembros inferiores. Para prevenir la enfermedad, sugirió consumir frutas y verduras, realizar 30 minutos de actividad física al día y mantener un peso y estilo de vida saludable. Los niños que tienen sobrepeso

u obesidad adquieren la diabetes a los 20 años, advirtió el jefe de la Unidad de Enfermedades No Transmisibles (ENT) del Ministerio de Salud, Adolfo Zárate. “Es muy riesgoso que un niño tenga obesidad y sobrepeso, y en los últimos años esos casos se incrementaron enormemente”, destacó. Aunque no dio detalles de la cantidad de menores con obesidad que hay en el país, comentó que los padres “deben prestarles mayor atención”. Aconsejó alimentar a los niños con frutas y verduras y promover en ellos los ejercicios. “Todos sabemos las bondades de las frutas y vegetales, y lo saludables que son. Estos alimentos proporcionan un sinnúmero de vitaminas y minerales, además de fibra que es ideal para mantener una digestión normal. Se debe evitar el consumo de grasas”. El presidente de los enfermos con diabetes, Justo Cameo, informó que se entregarán carnets de diabéticos a los pacientes con la enfermedad. La entrega se hará próximamente en el Colegio Médico.

Fuente: : (Zapana, 2018)

Ficha documental Nro. 3

Título: En Bolivia se detecta cada año 5.000 nuevos diabéticos

La mala alimentación, el sedentarismo y la obesidad provocan que cada año se detecte la diabetes en cerca de 5.000 bolivianos, informó el Ministerio de Salud. Sdenka Mauri, responsable del Programa de Enfermedades No Transmisibles, explicó que de enero a octubre se detectó la diabetes en 43.850 personas en todo el país. En 2010 se registró a más de 37.000 y en 2009 se presentaron 32.600 casos. “Eso significa que cada año hay alrededor de 5.000 personas nuevas con el mal; [esta cantidad] va creciendo aceleradamente”. La responsable aseguró que Santa Cruz, La Paz y Cochabamba son los departamentos con los índices más altos.

La diabetes es un mal crónico de tres tipos: 1, 2 y 3. La segunda es la que más afecta a la humanidad, ya que es un mal que aparece debido a que el páncreas no fabrica la cantidad de la hormona insulina que el cuerpo humano necesita, o bien la fábrica de una calidad inferior y ésta es la que se detecta en la edad adulta.

Un reporte del Ministerio de Salud destaca que, en diez años, la cantidad de personas con diabetes alcanzó a más de 834 mil casos y se espera que, en dos años –es decir, en 2013– llegará a un millón de bolivianos. Datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) indican que en el planeta la diabetes afecta a 250 millones de personas y es causa del 6% de mortalidad. Por su parte, la responsable del programa de enfermedades no transmisibles del Servicio Departamental de Salud (Sedes) La Paz, Helen Valverde, informó que la enfermedad afecta más a las mujeres y a personas mayores de 45 años, “aunque desde hace cinco años se vio que el mal también está afectando a los jóvenes de 25 años y eso es preocupante”.

Por ello, Mauri alertó a la población y explicó que ese mal se produce a causa de una mala alimentación, especialmente por “un exagerado consumo del azúcar y de sal”, al sedentarismo y la obesidad; ya que, en los últimos años, las personas tienen inactividad física. Enfatizó que el mal también tiene presencia en la etapa de la gestación, ya que existen cambios hormonales. Además, alertó que, si la persona adelgaza de repente y demasiado y tiene mucha sed, debe acudir inmediatamente a un centro de salud para hacerse medir el azúcar.

La epidemióloga recomendó a la población ingerir alimentos sanos como frutas y verduras y realizar bastante ejercicio. El 87% de las mujeres del país conoce de la diabetes, sus riesgos, tratamientos y cómo prevenirla, pero más de la mitad de ellas (58%) jamás se ha hecho medir alguna vez el nivel de azúcar, principalmente, porque no lo ven necesario (61%) o porque el médico no lo solicitó (28%), revela el estudio sobre síntomas, tratamiento y conocimiento de la diabetes en Bolivia.

La encuesta a 700 mujeres de La Paz, Cochabamba, Santa Cruz y El Alto se realizó a inicios de año y fue encargada por el Sensor Yanbal de la Mujer Boliviana a la consultora Captura Consulting. El estudio identificó a la diabetes y la hipertensión arterial como dos de las enfermedades de mayor riesgo para la mujer boliviana.

Según el Sensor Yanbal, el 62% de las mujeres cree que el azúcar es la principal causa que origina este mal. Además, reconocen que el tener mucha sed (50%), la constitución física pequeña (39%) y el cansancio prolongado (30%) son sus principales síntomas. Al respecto, la directora de Comunicación Yanbal Bolivia, Elizabeth Palenque, aseguró que “el Sensor Yanbal de la Mujer Boliviana revela el alto grado de desconocimiento de la mujer ante esta enfermedad. Con este estudio cumplimos nuestro objetivo, el de conocer a la mujer boliviana en la relación con su salud, su percepción, actitudes, conocimientos, hábitos y prevención”. El estudio servirá para reflexionar.

Fuente: : (FM-Bolivia, 2018)

Ficha documental Nro. 4

Título: Se estima que en Bolivia hay unos 160.000 diabéticos sin diagnóstico

La diabetes es una enfermedad que se caracteriza por la deficiente producción de insulina a nivel del páncreas y esto hace que se tenga un consumo reducido de la glucosa, que provoca exceso de azúcar en la sangre.



Figura 4: Signos y Síntomas de la diabetes.
Fuente: (Flores, 2018)

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), cerca de 660.000 bolivianos (6,6% de la población) tiene diabetes; aunque el Ministerio de Salud registró a 500.000 hasta 2016. Por ello, se estima que hay 160.000 diabéticos que desconocen su diagnóstico.

“La OPS calcula que en el país el 6,6% de la población tiene diabetes, son como 660.000; de esa cifra hay un grupo de gente (unos 160.000) que está viviendo con la enfermedad, pero aún no lo sabe. El Ministerio de Salud tiene el registro de 500.000 pacientes”, dijo Adolfo Zárate, responsable nacional de la Unidad de Epidemiología.

En 2015, la cifra de nuevos casos de diabetes en el país llegó a 98.115. En 2016 subió a 138.000 y se prevé que para diciembre de 2017 existan 145.000 nuevos pacientes. De acuerdo con los registros del Ministerio de Salud, en Bolivia hay 500.000 personas diagnosticadas con la enfermedad.

La diabetes es una enfermedad que se caracteriza por la deficiente producción de insulina a nivel del páncreas y esto hace que se tenga un consumo reducido de la glucosa, que provoca exceso de azúcar en la sangre. Puede causar complicaciones graves, como la ceguera, una insuficiencia renal grave (vivir con diálisis) o las amputaciones de miembros, explicó. En Bolivia hay tres tipos de diabetes más recurrentes: Tipo 1, que afecta a jóvenes menores de 20 años y tiene un origen genético hereditario; Tipo 2, que se desarrolla a cualquier edad, sobre todo en la etapa adulta, a causa de los malos hábitos alimenticios, sedentarismo y otros.

Fuente: : (Flores, 2018)

El foco donde esta enfermedad se presenta en mayor medida es en Santa Cruz de la Sierra y, según Adolfo Zárate (responsable de la Unidad de Enfermedades No Transmisibles del Ministerio de Salud), el 90% de los casos de diabetes en Bolivia es del tipo II y afecta a personas mayores de 35 años, varones y mujeres indistintamente. “Aunque en los últimos años se registran casos en jóvenes de 24 años”, aclaró.

Santa Cruz es el departamento con mayor incidencia de la enfermedad, con 35.300 casos; seguido de La Paz, con 15.495 y Cochabamba, con 13.453. Entre los factores de riesgo para contraer esta patología se cuentan: el sobrepeso, la obesidad, el sedentarismo, la presión arterial alta, el colesterol, además de los antecedentes de enfermos de diabetes en la familia. Además, se llegó a comprobar que –según la Organización Panamericana de la Salud (OPS)– “... en el país el 6,6% de la población tiene diabetes, son como 660.000; de esa cifra hay un grupo de gente (unos 160.000) que está viviendo con la enfermedad, pero aún no lo sabe. El Ministerio de Salud tiene el registro de 500.000 pacientes”. Estos datos confirman que el desarrollo de esta aplicación ayudaría a que este grupo de personas pueda determinar el tipo de diabetes que tiene, para tomar conciencia y acudir a un médico para su futuro cuidado.

Además, un dato muy importante es que, según datos de la OMS, en el mundo hay más de 347 millones de personas con diabetes. Se prevé que en 2030 la enfermedad sea la séptima causa de muerte. En 2012, la diabetes ocasionó directamente 1,5 millones de decesos en el orbe. Zárate explicó que es posible controlar la enfermedad. “Si la diabetes está en etapa inicial, con alimentación y dieta se controla el nivel de azúcar para mantenerla en niveles normales o aceptables. Si está más avanzada se hace un tratamiento antidiabético oral y si aun así no se controla, recién se pasa a la insulina”.

Con esto se concluiría que –en caso de no poder detectarla o prevenirla– esta enfermedad llegaría ser mortal para muchas personas que ignoran tenerla y que podrían ser curadas.

3.2 • Estudio de los detonadores de la diabetes con la ayuda de médicos especialistas

El estudio se realizó con varios médicos especialistas en diabetes, haciéndoles preguntas específicas para indagar por los factores o detonadores, causas y efectos de la diabetes. Las conclusiones fueron las siguientes:

1. ¿Qué personas son más propensas a tener diabetes?

Las personas más propensas a tener diabetes son: Personas con obesidad, sedentarismo, personas con antecedentes familiares hereditarios (madre, padre, abuelos con diabetes), hipertensión arterial, dislipidemia, intolerancia a la glucosa.

2. Según su experiencia, ¿qué resulta más frecuente, casos de diabetes de tipo 1 o de tipo 2? ¿Por qué?

La diabetes mellitus 1 sólo se presenta en un 10% de los casos; mientras que la diabetes mellitus tipo 2 se presenta en un 90% de los casos.

3. ¿Existe algún método para prevenir la diabetes? Si existe, en el caso de que los familiares del paciente sean diabéticos, ¿se podría prevenir entonces la enfermedad?

La mejor forma de prevenir la diabetes es mantener un peso ideal, realizar actividad física diaria mayor a 30 minutos y mantener un plan de alimentación adecuado con un control en el consumo de hidratos de carbono, y además teniendo una vida tranquila.

4. ¿Estar en un ciclo constante de consumo de medicamentos puede hacer una persona más propensa a tener diabetes?

Una de las causantes por medicamentos es el alto consumo de diuréticos, glucocorticoides, betas bloqueantes.

5. ¿La diabetes tipo 1 puede ser provocada por una misma persona de manera involuntaria? ¿Por qué?

La diabetes tipo 1 tiene una etimología en el 95% de casos de origen autoinmune, por lo cual no se puede provocar de ninguna manera voluntaria.

6. ¿La diabetes tipo 1 puede permanecer inactiva en una persona? Si es así, ¿qué factores detonarían la enfermedad?

La diabetes tipo 1 ya está presente en la persona al momento de su concepción, ya que esta condición

inmunológica es resultado de la combinación genética de los padres y se manifiesta generalmente después de una infección viral.

7. ¿Cuándo una persona tiene diabetes los síntomas se presentan al mismo tiempo? En caso de no ser así, ¿Cuánto tiempo transcurriría hasta necesitar una visita al médico?

Los síntomas de la diabetes tipo 1 son muy severos y marcados, ya que se deja de producir insulina. En la diabetes tipo 2 los síntomas muchas veces permanecen con la persona, pero minimizados. Cuando la producción de la insulina baja, recién éstos pueden ser manifestados. Por este motivo, no hay un tiempo establecido exacto; todo es muy relativo.

8. ¿El nivel de azúcar en la sangre influye para que una persona sea propensa a la diabetes? ¿Por qué?

El nivel de azúcar no influye a la propensión a ser diabético, pero sí muestra cuándo una persona puede presentar un cuadro de diabetes; mediante los siguientes datos: valores normales (80-100 mg/dl), pre-diabetes (101-15 mg/dl) y diabetes (mayor a 126 mg/dl).

9. Con un bajo nivel de azúcar en la sangre, ¿qué riesgo se tiene de tener diabetes?

No se tiene una relación directa con la diabetes, debido a que el bajo nivel de azúcar también puede ser causa de otras enfermedades; pero su relación en caso de que así fuera, sería con la hipoglucemia.

10. ¿Se puede diagnosticar la diabetes gestacional? ¿Por qué?

Se les puede diagnosticar a las embarazadas; sobre todo, después de las 20 semanas. Mediante un análisis, se determina si la glucosa está por encima de 100 mg/dl o mediante una prueba de tolerancia a la glucosa.

11. ¿Qué probabilidad hay de que una mujer embarazada con diabetes gestacional adquiera diabetes tipo 1 ó 2 después del embarazo?

La diabetes gestacional es un factor de riesgo para la diabetes tipo 2. Generalmente, más del 50% de las mujeres con diabetes gestacional va a tener diabetes tipo 2.

12. ¿Qué probabilidad hay de que un niño nacido de una madre que haya tenido diabetes gestacional durante el embarazo pueda tener diabetes?

Los efectos de la diabetes gestacional no hacen que el niño tenga diabetes; salvo que pueda nacer con otros efectos.

13. ¿Tener frecuentes infecciones aumenta la propensión de una persona a tener diabetes?

No, al contrario; el padecimiento de la diabetes vuelve a la persona más propensa a tener infecciones frecuentes, debido al nivel de glucosa en la sangre.

14. ¿Qué es la pre diabetes y cuáles son sus síntomas?

Pre-diabetes es el estado previo a la diabetes tipo 2. Se presenta cuando una persona manifiesta una elevación en los niveles de azúcar (100 a 125 mg/dl) y solo se advierten ciertos síntomas, dependiendo del caso.

También se realizó una tabla de comparación, en la cual se menciona los detonadores, causas y

efectos que producen la diabetes y –además– un valor que indica el grado de influencia que tienen. Esta información fue investigada y lo que se buscó fue qué el médico especialista revise la información, analice y opine sobre los valores o la relación, en caso que fuese necesario.

La tabla de comparación se divide en tres grupos:

- Factores modificables (son factores que se dan según el estilo de vida de cada persona y estos pueden ser cambiados, dependiendo de la persona).
- Factores no modificables (son factores que se presentan en ciertas personas y no pueden ser cambiados; entre ellos, los antecedentes familiares, factores ambientales, enfermedades inmunológicas).
- Factores basados en síntomas (son los factores que se presentan cuando la persona ya tiene principios de diabetes o un nivel de azúcar por encima de 126mg/dl en ayunas).

En la tabla se menciona un valor de 0 a 10 para determinar el grado de influencia que tiene un factor para que una persona sea propensa a tener diabetes, con el fin de conocer cuáles factores son los más relevantes al momento de diagnosticar la enfermedad.

Tabla 2: Factores no modificables – diabetes

Factores no modificables		
Factor	Descripción	Valor
Antecedentes familiares directos	Familiares cercanos con diabetes (padres – hermanos)	8
Antecedentes familiares indirectos	Familiares no tan cercanos con diabetes (tíos – primos – abuelos)	4
Contaminación ambiental alta	En lugares altamente contaminados pueden existir virus o toxinas que dañen el organismo	2
Ambientes o lugares fríos	La diabetes es más frecuente en los países fríos debido a la insuficiencia de vitamina D. [1]	1

Fuente: Elaboración propia

[1] La deficiencia de vitamina D afecta el metabolismo de la glucosa y en realidad podría estar más estrechamente relacionada con la diabetes que con la obesidad debido a que hay una conexión importante entre la insuficiencia de vitamina D y la resistencia a la insulina y/o diabetes, tanto tipo 1 como 2.

Fuente: Dr. Mercola – Médico estadounidense

Tabla 3: Factores modificables – diabetes

Factores modificables		
Factor	Descripción	Valor
Sedentarismo	Llevar un estilo de vida inactivo o muy bajo movimiento	8
Falta de actividad física	Falta de ejercicio diario y/o poca caminata	8
Obesidad	Peso corporal por encima de un patrón dado	10
Falta de sueño	Problemas para dormir o permanecer dormido	7
Pocas horas de descanso	Dormir muy poco o por lapsos en diferentes horarios	7
Mala alimentación	Falta de nutrientes necesarios debido a mala dieta	9
Estrés emocional	Tensión en la educación, trabajo, familia	6
Ansiedad	Sensaciones de preocupación o miedo	6
Uso constante de medicamentos	Provoca daños en el hígado y páncreas	8
Uso de antidepresivos	Uso prolongado de antidepresivos	4
Tensión nerviosa	La persona no puede relajarse en ningún momento	7
Colesterol alto	Riesgo de saturación de flujo sanguíneo	7
Fumar en exceso	El tabaco disminuye el flujo sanguíneo	7
Beber alcohol en exceso	El alcohol puede dañar al hígado y al páncreas	8
Consumo de azúcar en exceso	Produce obesidad, lo cual lleva a diabetes	3
Consumo bajo de agua	No consumir la cantidad de agua necesaria	7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2: Factores no modificables – diabetes

Factores basados en síntomas		
Factor	Descripción	Valor
Sed excesiva	Para compensar la pérdida de agua el cuerpo	8
Hambre excesiva	El cerebro emite mensajes de falta de comida	7
Pérdida de peso inexplicable	Se come más, la glucosa no llega a las células	8
Micción frecuente	(Poliuria) Orina muchas veces al día	6
Visión borrosa	Afecta los vasos sanguíneos en la retina	9
Cansancio	No obtiene la energía necesaria	5
Fatiga	Falta de glucosa para el cerebro	5
Entumecimiento de los pies	Nivel de azúcar es más alto de lo normal	8
Áreas de piel oscurecida	Aceleran la velocidad de reproducción de las células de la piel	9
Heridas que no cicatrizan	Retrasar la circulación, por lo que la piel necesita más tiempo	6

Fuente: Elaboración propia

En conclusión, mediante entrevistas a los médicos especialistas en diabetes se determinó que –en cuanto a los factores modificables que comprenderían el estilo de vida– la obesidad o estado físico de la persona es un factor determinante para desarrollar la enfermedad de la diabetes; mientras que en los factores no modificables, los antecedentes familiares directos son igualmente considerables. La dieta de una persona influye para tener la enfermedad.

Además, con ayuda de un profesional del área, se determinó que un factor importante para evitar contraer la enfermedad es realizar al menos 30 min de ejercicio o actividad física al día. Según explicación de la nutricionista del Centro de Atención y Prevención de la Diabetes, esto se debe a que estimula la producción de la insulina en el páncreas (encargado de su producción) y que ayuda al control de los niveles de azúcar.

algo preocupante que se llegó a comprender (los motivos por los que se da esta situación) es el hecho de que esta enfermedad afecta a niños mayores de

11 años y que esto se debe a un desorden alimenticio, expresado en la obesidad que presentan.

3.3 • Tabla de conocimiento fáctico, práctico y heurístico de los factores que producen la diabetes

La representación del conocimiento partió del desarrollo de una tabla conocimiento fáctico, práctico y heurístico, en la que se utilizan variables que permiten identificar los detonadores, causas y efectos que producen diabetes. Asimismo, se agrega un valor que indica la relevancia de ésta con relación a la diabetes.

Los tres tipos de variables contemplados en la investigación son:

Variables con valores múltiples. Son variables que tienen diferentes rangos, como la edad o la medida de la cintura; o que pueden tener diferentes estándares como el índice de masa corporal (IMC).

Variables con valores multiples

EDAD		Valor
Z	Menor a 25 años	-
A	Menora a 35 años	1
B	De 35 a 44 años	4
C	De 45 a 54 años	5
D	De 55 a 64 años	7
E	Mayor a 64 años	9

Peso (IMC)		Valor
A	Obesidad	10
B	Sobrepeso	7

Nivel de Azucar (En ayunas)		Valor
A	Menor a 75 mg/dl	-
B	Entre 76 a 100 mg/dl	-
C	Entre 101 a 125 mg/dl	7
D	Mas de 126 mg/dl	9

Medida de la Cintura (Hombres)		Valor
A	Menos de 94 cm	-
B	De 94 hasta 102 cm	5
C	Mas de 102 cm	7

Medida de la Cintura (Mujeres)		Valor
A	Menos de 80 cm	-
B	De 80 hasta 88 cm	5
C	Mas de 88 cm	7

Nivel de Azucar (Despues de comer)		Valor
A	Menor a 100 mg/dl	-
B	Entre 100 a 140 mg/dl	-
C	Entre 141 a 200 mg/dl	7
D	Mas de 200 mg/dl	9

Total : 4 Factores

Figura 5: Variables múltiples - tabla de conocimiento

Fuente: Elaboración propia

- Variables con valor único. Son variables únicas que una persona puede tener o no; según sea la condición. Estas variables pueden ser modificadas según el estilo de vida de la persona y la buena alimentación.

Variables con valor unico	
Factor	Valor
Malos habitos alimenticios	9
Hipertension arterial	9
Factor	Valor
Sedentarismo	8
Antecedentes glucosa elevada	8
Colesterol alto	8
Beber alcohol en exceso	8
Uso constante de medicamentos	8
Factor	Valor
Problemas de sueño	7
Pocas horas de descanso	7
Tension nerviosa	7
Fumar en exceso	7
Poco consumo de agua	7
Factor	Valor
Estrés Emocional	6
Problemas constantes	6
Ansiedad	6
Embarazo	6
Factor	Valor
Beber gaseosas en exceso	5
Factor	Valor
Uso de antidepresivos	4
Falta de vitamina D	4
Contaminacion ambiental elevada	4
Factor	Valor
Consumo de azucar en exceso	3
ANTECEDENTES FAMILIARES	Valor
Directos	8
Indirectos	4
Total : 23 Factores	

Figura 6: Variables únicas - tabla de conocimiento

Fuente: Elaboración propia

Mediante la lógica proposicional, se crearon las reglas del sistema, que sirvieron como conocimiento inicial del sistema permitieron generar más conocimiento para que el sistema aprenda de sus resultados.

El sistema actualmente contiene un total de 60 reglas que se relacionan para poder dar un diagnostico preventivo de diabetes tipo 2

Nro.	Regla (Proposicion)			Suma de valores			V. Final
	Factor 1	Conector	Factor 2	Valor 1	Valor 2	Suma	
3	Malos habitos alimenticios	Y	Hipertension arterial	9	9	18	5
4	Malos habitos alimenticios	XO	Hipertension arterial	9	9	18	2
5	Sedentarismo	Y	Colesterol alto	8	8	16	4
6	Sedentarismo	XO	Colesterol alto	8	8	16	2
7	Antecedentes glucosa elevada	Y	Uso constante de medicamentos	8	8	16	4
8	Antecedentes glucosa elevada	XO	Uso constante de medicamentos	8	8	16	2
9	Beber alcohol en exceso	Y	Fumar en exceso	8	7	15	3
10	Beber alcohol en exceso	XO	Fumar en exceso	8	7	15	2
11	Problemas de sueño	O	Pocas horas de descanso	7	7	14	1
12	Poco consumo de agua	Y	Beber gaseosas en exceso	7	5	12	3
13	Poco consumo de agua	XO	Beber gaseosas en exceso	7	5	12	1
14	Tension nerviosos	Y	Ansiedad	7	6	13	3
15	Tension nerviosos	XO	Ansiedad	7	6	13	1
16	Consumo de azucar en exceso	Y	Estrés Emocional	3	6	9	2
17	Consumo de azucar en exceso	XO	Estrés Emocional	3	6	9	1
18	Colesterol alto	Y	Adormecimiento de los pies	8	8	16	4
19	Colesterol alto	XO	Adormecimiento de los pies	8	8	16	2
20	Problemas constantes	Y	Uso de antidepresivos	6	4	10	2
21	Problemas constantes	XO	Uso de antidepresivos	6	4	10	1
22	Falta de vitamina D	O	Uso de antidepresivos	2	2	4	1
23	Áreas de piel oscurecida	Y	Heridas no cicatrizan	9	7	16	3
24	Áreas de piel oscurecida	XO	Heridas no cicatrizan	9	7	16	2

Figura 7: Reglas de prevención

Fuente: Elaboración propia

Nro.	Regla (Proposicion)			Suma de valores			V. Final
	Factor 1	Conector	Factor 2	Valor 1	Valor 2	Suma	
25	Edad tipo B	Y	Sobrepeso	4	7	11	1
26	Edad tipo C	Y	Sobrepeso	5	7	12	1
27	Edad tipo D	Y	Sobrepeso	7	7	14	2
28	Edad tipo E	Y	Sobrepeso	9	7	16	2
29	Edad tipo B	Y	Obesidad	4	10	14	2
30	Edad tipo C	Y	Obesidad	5	10	15	3
31	Edad tipo D	Y	Obesidad	7	10	17	3
32	Edad tipo E	Y	Obesidad	9	10	19	4
33	Antecedentes F. Directos	Y	Medida cintura tipo B	8	5	13	2
34	Antecedentes F. Directos	Y	Medida cintura tipo C	8	7	15	3
35	Antecedentes F. Indirectos	Y	Medida cintura tipo B	4	5	9	1
36	Antecedentes F. Indirectos	Y	Medida cintura tipo C	4	7	11	2
37	Antecedentes F. Directos	Y	Antecedentes F. Indirectos	8	4	12	3
38	Antecedentes F. Directos	XO	Medida cintura tipo C	8	7	15	2
39	Antecedentes F. Indirectos	XO	Medida cintura tipo B	4	5	9	1
40	Nivel de azucar ayunas tipo C	O	Nivel de azucar variado tipo C	7	7	14	2

Figura 8: Reglas categoría de múltiple valor

Fuente: Elaboración propia

Nro.	Regla (Proposición)					Suma de valores				V. Final
	Factor 1	Conector	Factor 2	Conector	Factor 3	Valor 1	Valor 2	Valor 3	Suma	
49	Medida cintura tipo B	Y	Malos hábitos alimenticios	Y	Sedentarismo	5	9	8	22	2
50	Medida cintura tipo C	Y	Malos hábitos alimenticios	Y	Sedentarismo	7	9	8	24	3
51	Hipertensión arterial	Y	Colesterol alto	Y	Beber alcohol en exceso	9	8	8	25	3
52	Obesidad	Y	Antecedentes glucosa elevada	Y	Estrés Emocional	10	8	6	24	3
53	Sobrepeso	Y	Antecedentes glucosa elevada	Y	Estrés Emocional	7	8	6	21	2
54	Beber gaseosas en exceso	Y	Consumo de azúcar en exceso	Y	Poco consumo de agua	5	3	7	15	1
55	Nivel de azúcar ayunas tipo C	Y	Problemas de sueño	Y	Problemas constantes	7	7	6	20	1
56	Antecedentes F. Directos	Y	Obesidad	Y	Malos hábitos alimenticios	8	10	9	27	4
57	Antecedentes F. Directos	Y	Sobrepeso	Y	Malos hábitos alimenticios	8	7	9	24	3
58	Antecedentes F. Indirectos	Y	Obesidad	Y	Malos hábitos alimenticios	4	10	9	23	2
59	Antecedentes F. Indirectos	Y	Sobrepeso	Y	Malos hábitos alimenticios	4	7	9	20	1
60	Estrés Emocional	Y	Ansiedad	Y	Uso de antidepresivos	6	6	4	16	1
61	Falta de vitamina D	Y	Consumo de azúcar en exceso	Y	Poco consumo de agua	4	4	7	15	1
62	Áreas de piel oscurecida	Y	Heridas no cicatrizan	Y	Infecciones frecuentes	9	7	6	22	2

Figura 9: Reglas - combinaciones

Fuente: Elaboración propia

Nro.	Regla (Proposición)					Suma de valores				V. Final
	Factor 1	Conector	Factor 2	Conector	Factor 3	Valor 1	Valor 2	Valor 3	Suma	
63	Visión borrosa	Y	Sed excesiva	Y	Micción frecuente	9	7	7	23	3
64	Pérdida de peso inexplicable	Y	Entumecimiento de los pies	Y	Hambre excesiva	8	7	7	22	2
65	Visión borrosa	Y	Sed excesiva	Y	Cansancio y fatiga	9	7	6	22	2
66	Embarazo	Y	Antecedentes F. Directos	Y	Entumecimiento de los pies	6	8	8	22	2
67	Embarazo	Y	Antecedentes F. Indirectos	Y	Entumecimiento de los pies	6	4	8	18	1
68	Embarazo	Y	Malos hábitos alimenticios	Y	Micción frecuente	6	9	7	22	2
69	Embarazo	Y	Hipertensión arterial	Y	Sed excesiva	6	9	7	22	2
70	Embarazo	Y	Antecedentes glucosa elevada	Y	Estrés Emocional	6	8	6	20	1
71	Embarazo	Y	Problemas de sueño	Y	Ansiedad	6	7	6	19	1
72	Sed excesiva	Y	Cansancio y fatiga	Y	Antecedentes diabetes gestacional	7	6	6	19	1
73	Cansancio y fatiga	Y	Antecedentes glucosa elevada	Y	Fumar en exceso	6	8	7	21	1
74	Beber alcohol en exceso	Y	Fumar en exceso	Y	Problemas constantes	8	7	6	21	2
75	Obesidad	Y	Edad tipo C	Y	Sedentarismo	10	5	9	24	3
76	Sobrepeso	Y	Edad tipo C	Y	Sedentarismo	7	7	9	23	2
77	Obesidad	Y	Edad tipo D	Y	Sedentarismo	10	5	9	24	3
78	Sobrepeso	Y	Edad tipo D	Y	Sedentarismo	7	7	9	23	2
79	Edad tipo A	Y	Obesidad	Y	Antecedentes F. Directos	1	10	8	19	1
80	Edad tipo A	Y	Sobrepeso	Y	Antecedentes F. Directos	1	7	8	16	1

Figura 10: Reglas - combinaciones

Fuente: Elaboración propia

3.4 • Modelo situacional en términos de esquemas de conocimiento basados en lógica proposicional

Como último paso para la creación de la base de conocimiento, se generaron los modelos conceptuales de los distintos tipos de diabetes en forma de esquemas, separando estructuras creadas anteriormente. Luego de aplicar las reglas creadas, se obtuvo de una persona a ser propensa a tener diabetes un valor aproximado en formato de porcentajes.

- Modelo 1 - Diabetes Mellitus tipo 2 – Los porcentajes determinan el grado de influencia que tiene un factor para que una persona sea propensa a tener diabetes. Si una persona reúne todos los factores, tendría un 100% de probabilidad de ser propenso a tener diabetes tipo 2.

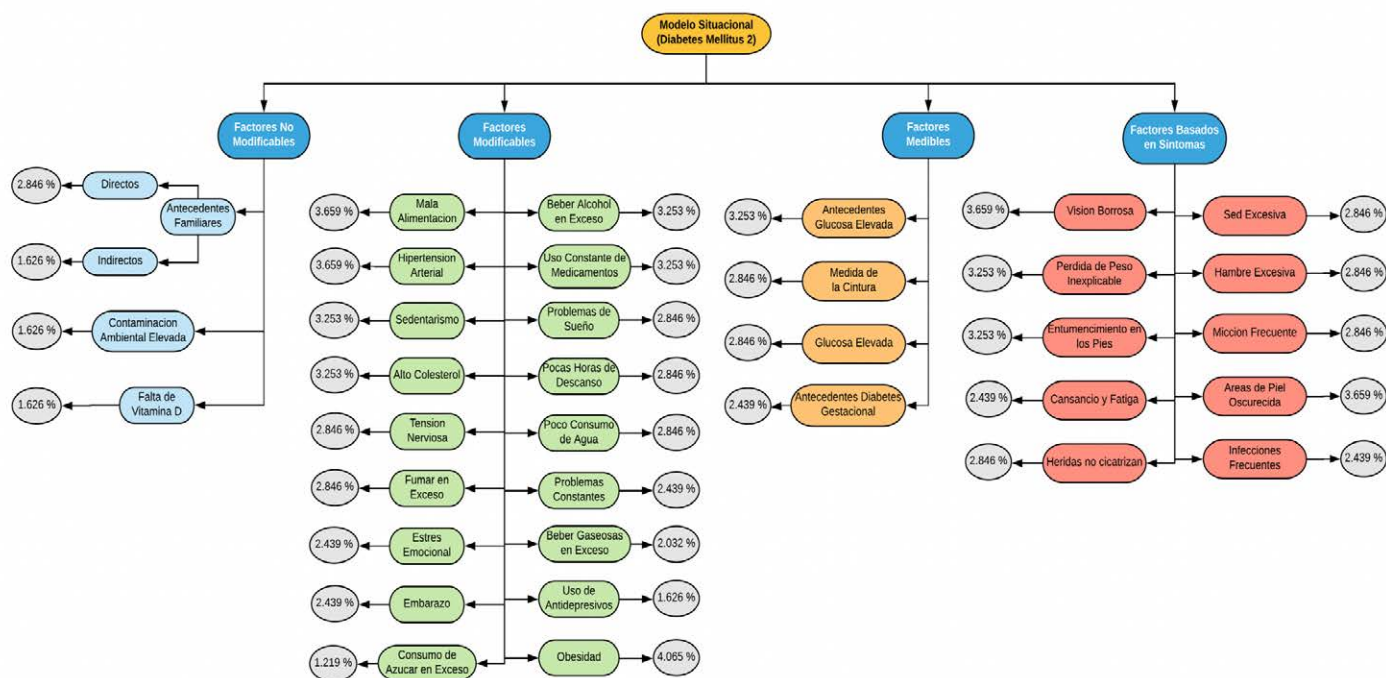


Figura 11: Modelo situacional 1 - diabetes tipo 2

Fuente: Elaboración propia

3.5 • Desarrollo del sistema experto para el diagnóstico preventivo de la diabetes

Para la construcción del sistema experto se tomó en cuenta la elección de una metodología para el desarrollo ágil, conocida como la metodología I.D.E.A.L. Ella permite implementar el sistema en varias etapas y crear prototipos conforme se vaya avanzando. Además, mantiene la relación del conocimiento y el sistema, facilitando la detección de errores.

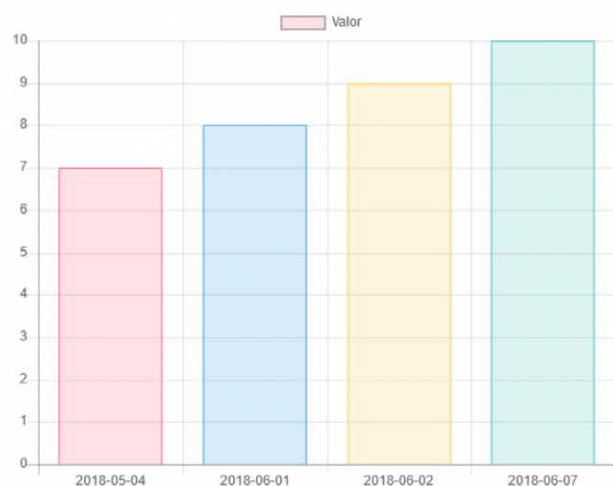
Se crearon prototipos que sirvieron como base para el sistema definitivo. El primer prototipo fue simple y se basaba solamente en los factores que detonan la diabetes, devolviendo un resultado bueno, pero que no era el esperado. En el segundo prototipo se implementaron las reglas y, además, se separaron los factores por categorías. Esto permitió un resultado mejorado pero que no generaba conocimiento nuevo. En el tercer prototipo se implementó el almacenamiento de datos utilizados (cantidad de uso de las variables y

reglas a lo largo de un periodo); mediante la tendencia central de datos y la dispersión de datos se pudo llegar a obtener nuevo conocimiento, conservando los datos de los resultados obtenidos para poder verificar si un factor tenía el valor adecuado o era muy alto o muy bajo. Este modelo obtenía datos de personas diabéticas y no diabéticas sin verificación, por lo cual el conocimiento adquirido tampoco era el esperado.

El cuarto prototipo implementaba la forma de los anteriores prototipos, incorporando mejoras como la verificación de los pacientes para validar el test. De esa forma, se pudo actuar de acuerdo a los aciertos o desaciertos; desarrollando el sistema experto final que generaría el conocimiento adecuado y devolvería un resultado esperado, aun después del aprendizaje.

Tendencia de problemas de sueño

10 Ultimos cambios de valor de la variable segun el ciclo



Registro de ultimos 10 cambios de valor

- El 04 de mayo del 2018 el valor se mantuvo en 7 puntos. [\(VER DETALLES\)](#)
- El 01 de junio del 2018 el valor subio a 8 puntos. [\(VER DETALLES\)](#)
- El 02 de junio del 2018 el valor subio a 9 puntos. [\(VER DETALLES\)](#)
- El 07 de junio del 2018 el valor subio a 10 puntos. [\(VER DETALLES\)](#)

[Ver historial completo de cambios de valor](#)

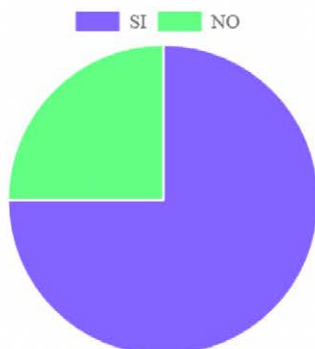
Figura 12: Cambios de valor - prototipo 2

Fuente: Elaboración propia

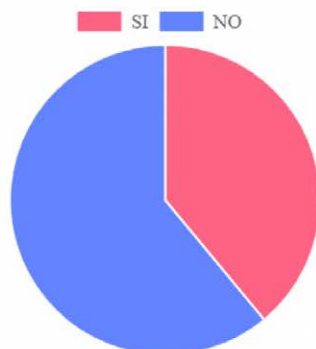
Detalle de cambio de valor

En la fecha 01 de junio del 2018 se realizaron un total de 40 test de diabetes durante el ciclo numero 1 del sistema, en el cual el sistema analizo los datos obtenidos de estos test de diabetes realizados con respecto a la variable problemas de sueño y separo estos datos en dos categorías **(Ver graficos)**, utilizando estadística realizo el calculo de la medida de tendencia central en cada categoría para determinar el porcentaje de uso de la variable con respecto a la categoría.

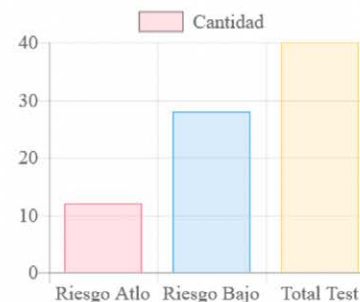
Personas con riesgo alto de obtener Diabetes.



Personas con riesgo bajo de obtener Diabetes.



Total test de diabetes realizados durante este ciclo.



La tendencia de personas que presentan el factor(variable) y ademas tienen riesgo alto de obtener diabetes es mayor a la tendencia de personas que presentan el factor(variable) y ademas tienen riesgo bajo de obtener diabetes por lo cual el valor de la variable incremento.

Figura 13: Tendencia de uso variables - prototipo 3

Fuente: Elaboración propia

Codigo Adicion	Codigo Regla	Variable 1	Variable 2	Variable 3	Fecha	Ciclo
1	24	antecedentes familiares indirectos	antecedentes familiares directos	problemas de sueño	2018-06-01	1
2	25	antecedentes familiares indirectos	estres emocional	poco consumo agua	2018-06-02	2
3	26	tension nerviosa	pocas horas descanso	problemas constantes	2018-06-02	2
4	27	ansiedad	pocas horas descanso	poco consumo agua	2018-06-07	3
5	28	sedentarismo	colesterol alto	problemas de sueño	2018-06-07	3
Codigo Adicion	Codigo Regla	Variable 1	Variable 2	Variable 3	Fecha	Ciclo

Figura 14: Ejemplo conocimiento generado - prototipo 4

Fuente: Elaboración propia

3.6 • Desarrollo de una aplicación multiplataforma para ejecutar el sistema experto

Las interfaces de usuario, a través de un test, obtuvieron los datos de los usuarios, para luego almacenarlos en la base de hechos. Se desarrollaron dos plataformas: la web y la móvil Android; ambas fueron conectadas con el sistema experto. Las interfaces tienen las siguientes características:

- Se conectan al sistema experto para enviar los datos del usuario y éste devuelve un resultado numérico (porcentaje) y escrito (riesgo). Además,

viene acompañado de recomendaciones basadas en los factores que presenta el usuario.

- Los usuarios pueden registrarse para poder ver su historial de test realizados junto a sus resultados. Además, en la plataforma Android, pueden ser notificados cuando toque realizarse otro test para ver la evolución de su riesgo.

Asimismo, también se desarrolló una web informativa sobre la diabetes y recomendaciones generales para una vida saludable y libre de diabetes, para orientar a las personas a cuidar sus hábitos diarios.



Figura 15: Modelo de pregunta del test de diabetes

Fuente: Elaboración propia

3.7 • Realización de pruebas, evaluación y registro de resultados

Las pruebas se realizaron en los centros especializados de diabetes, con la colaboración de los médicos. Se aplicó el test a personas con diabetes –en su mayoría– y a personas que no conocían todavía su resultado. Estos datos fueron verificados con los médicos. En total, se aplicaron 35 test de diabetes en diferentes días.

Tabla 5 Pruebas de pacientes verificados

N.	Nombre del Paciente	Edad Años	Probabilidad Riesgo	Resultado del Test	Presenta Diabetes	Test Acertado
1	Paciente 1	60	74.86 %	riesgo alto	SI	SI
2	Paciente 2	54	62.23 %	riesgo alto	SI	SI
3	Paciente 3	63	65.64 %	riesgo alto	SI	SI
4	Paciente 4	49	20.44 %	riesgo muy bajo	NO	SI
5	Paciente 5	47	29.73 %	riesgo bajo	SI	NO
6	Paciente 6	48	64.83 %	riesgo alto	SI	SI
7	Paciente 7	59	39.15 %	riesgo bajo	SI	SI
8	Paciente 8	59	78.84 %	riesgo alto	SI	SI
9	Paciente 9	58	57.20 %	riesgo alto	SI	SI
10	Paciente 10	52	55.71 %	riesgo alto	SI	SI
11	Paciente 11	54	84.54 %	riesgo muy alto	SI	SI
12	Paciente 12	78	69.48 %	riesgo alto	SI	SI
13	Paciente 13	62	44.82 %	riesgo bajo	NO	SI
14	Paciente 14	61	71.71 %	riesgo alto	SI	SI
15	Paciente 15	41	36.66 %	riesgo bajo	SI	NO
16	Paciente 16	70	43.98 %	riesgo bajo	SI	NO
17	Paciente 17	45	80.89 %	riesgo alto	SI	SI
18	Paciente 18	48	83.91 %	riesgo muy alto	SI	SI
19	Paciente 19	43	56.44 %	riesgo alto	SI	SI
20	Paciente 20	66	92.78 %	riesgo muy alto	SI	SI
21	Paciente 21	38	47.82 %	riesgo bajo	NO	SI
22	Paciente 22	70	89.53 %	riesgo alto	SI	SI
23	Paciente 23	52	63.34 %	riesgo alto	SI	SI
24	Paciente 24	61	72.34 %	riesgo alto	SI	SI
25	Paciente 25	59	40.53 %	riesgo bajo	SI	NO
26	Paciente 26	59	68.70 %	riesgo alto	SI	SI
27	Paciente 27	57	46.84 %	riesgo bajo	NO	SI
28	Paciente 28	53	82.95 %	riesgo alto	SI	SI
29	Paciente 29	48	66.41 %	riesgo alto	SI	SI
30	Paciente 30	65	82.86 %	riesgo alto	SI	SI

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar estas pruebas, se obtuvo un total de 31 aciertos sobre 35 test realizados. De esta forma, el sistema pudo ir evaluando cada diez registros, los hechos introducidos al sistema. Permite comparar puntos importantes como si el test fue acertado y si la tendencia de uso de cada variable permitió obtener cambios en el valor de cada variable, según el caso. Las variables más utilizadas durante este proceso de pruebas fueron las siguientes:

- Los antecedentes familiares cercanos se presentaron en 25 test, subiendo su valor a 9 puntos.
- El sedentarismo se presentó en 22 test, incrementando su valor a 9 puntos.
- La obesidad (IMC alto) se presentó en 18 test, subiendo su valor subió a 11 puntos.
- El bajo consumo de agua se presentó también en 18 test; su valor subió a 8 puntos.
- La tensión nerviosa se presentó en 21 test, incrementando su valor a 9 puntos.

Luego de cada aprendizaje del sistema, se generaron nuevos hechos; cuyo resultado dio lugar a la creación de nuevas reglas que fueron agregadas al sistema para futuras pruebas.

Tabla 6. Reglas añadidas al sistema luego de aprendizaje

Reglas añadidas al sistema							
N.	Variable 1		Variable 2		Variable 3	Valor	Categ.
1	problemas de sueño	Y	colesterol alto	Y	antecedentes familiares directos	25	A
2	sedentarismo	Y	edad d	Y	hipertensión arterial	29	A
3	consumo azúcar exceso	Y	beber gaseosas exceso	Y	poco consumo agua	16	B
4	ansiedad	Y	pocas horas descanso	Y	beber alcohol exceso	22	B
5	problemas constantes	Y	estrés emocional	Y	tensión nerviosa	22	C
6	uso constante medicamentos	Y	uso antidepresivos	Y	fumar en exceso	19	C
7	obesidad	Y	cintura c	Y	colesterol alto	27	A
8	antecedentes glucosa elevada	Y	sedentarismo	Y	antecedentes familiares directos	26	A
9	beber alcohol exceso	Y	demasiado sensible	Y	cintura b	16	B
10	beber gaseosas exceso	Y	ansiedad	Y	poco consumo agua	21	B
11	uso constante medicamentos	Y	tensión nerviosa	Y	fumar en exceso	24	C
12	estrés emocional	Y	problemas constantes	Y	uso antidepresivos	20	C
13	edad mayor a 54 años	Y	sobrepeso	Y	hipertensión arterial	34	A
14	ansiedad	Y	pocas horas descanso	Y	demasiado sensible	21	B
15	consumo azúcar exceso	Y	poco consumo agua	Y	beber gaseosas exceso	19	B
16	tensión nerviosa	Y	problemas constantes	Y	uso constante medicamentos	25	C
17	estrés emocional	Y	uso antidepresivos	Y	fumar en exceso	19	C
18	edad mayor a 54 años	Y	sobrepeso	Y	hipertensión arterial	34	A
19	ansiedad	Y	pocas horas descanso	Y	demasiado sensible	21	B

Fuente: Elaboración propia

3.8 • Evaluación del comportamiento de la aplicación y los usuarios mediante grupos focales

Para evaluar el comportamiento de la aplicación y los usuarios, se aplicó un cuestionario a personas que realizaron el test. Mediante un grupo focal se debatieron los aspectos del test, la funcionalidad y sus resultados.

Como primera evaluación, se tomó en cuenta los comentarios de los cuestionarios y los resultados que dieron los usuarios. La mayoría de ellos fue positiva, aunque algunos puntos no fueron debidamente comprendidos por los usuarios. Entre ellos, se menciona a los siguientes:

- Las indicaciones principales del test eran innecesarias, puesto que nadie les prestaba atención.
- La letra debajo de las imágenes era muy chica y no se alcanzaba a leer.
- Los resultados estaban muy juntos y no se acomodaban apropiadamente al dispositivo.
- La explicación de cómo saltar preguntas sin responder debido al no tener conocimiento sobre la pregunta o simplemente no querer responderla.

Se tomó en cuenta estas sugerencias y –sobre el modelo final del sistema experto– se hicieron modificaciones para facilitar opciones al usuario y mejorar la apariencia al momento de realizar el test.

Luego de haber realizado estas modificaciones, los usuarios quedaron más satisfechos al momento de realizar el test. Éstos fueron los resultados:

- Los usuarios lograron entender la importancia de tener una vida saludable y los riesgos que trae tener diabetes tipo 2 y sus consecuencias.
- A los usuarios les fue fácil de comprender el test y las preguntas les parecieron exactas; además, se guiaron mejor con las ilustraciones.

- Los usuarios que manejan múltiples dispositivos mencionaron que, tanto la página web como el test, se acomodaron apropiadamente a los diferentes tamaños.
- Las recomendaciones que obtenían al final de cada test les parecieron concretas y fáciles de entender, motivándose para realizar un test después de un tiempo.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Desarrollar un sistema experto con toda su estructura y características es una tarea compleja. Requiere mantener una secuencia de pasos o etapas para el desarrollo completo y tener siempre en cuenta la opinión de los usuarios, desde el inicio del proceso.

Se alcanzó uno de los objetivos más grandes: orientar a los usuarios para que tengan una vida más saludable y que estén siempre al tanto sobre su salud. En muchos casos, los enfermos sólo acudían al médico cuando se encontraban en las peores condiciones o al límite entre tener o no tener diabetes tipo 2.

También se cumplió con el objetivo de dar un diagnóstico preventivo a las personas y orientarlas a tener una vida saludable. Puntualmente, se puede destacar:

- Se logró realizar un análisis documental del estado de la diabetes en Bolivia
- Se determinaron los detonadores de la diabetes con la ayuda de médicos especialistas.
- Se elaboró una tabla de conocimiento fáctico, práctico y heurístico de los detonadores, causas y efectos que producen la diabetes.
- Se puso en práctica un modelo situacional que cuenta con esquemas de conocimiento basados en lógica proposicional, para que puedan apelarse a las distintas reglas y métodos de deducción.
- Se desarrolló el sistema experto para el diagnóstico preventivo de la diabetes.

- Se aplicó una multiplataforma web y Android para ejecutar el sistema experto.
- Se realizaron pruebas; a la par que se pudo evaluar y registrar los resultados.
- Se evaluó el comportamiento de la aplicación y los usuarios mediante grupos focales

Para un próximo desarrollo o algún sistema similar, se recomienda utilizar la metodología Grover para la construcción de la base del conocimiento, debido a que ofrece una guía simple pero completa, acompañada de la creación de una documentación.

Finalmente, se recomienda la creación de un módulo de refinamiento de datos que permita al sistema aprender de los resultados obtenidos por los usuarios no verificados (sin prueba médica) y así asociarlos con los resultados habituales obtenidos.

5. RECONOCIMIENTOS / AGRADECIMIENTOS

Se agradece principalmente a nuestro docente el Ing. Franz Troche, quien guió, enseñó y compartió sus experiencias sobre cómo se debe realizar un proyecto de investigación. Con base en esas enseñanzas, será posible realizar nuevas investigaciones para aportar a la sociedad.

También se agradece al centro de prevención y diagnóstico de diabetes, cuyo personal brindó su colaboración incondicional, ilustrando sobre la diabetes y proporcionando información para el proyecto de investigación.

Se reconoce la ayuda de los médicos especialistas de Santa Cruz, quienes dieron su atención y tiempo para poder avanzar con la investigación sobre la diabetes y sus causantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Agüero, S. B. (2014). *palermo*. Obtenido de Palermo: http://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_24.pdf
- Alty, J. L. (1984). *Sistemas Expertos, conceptos y ejemplos*. Madrid: Díaz de Santos.
- Badaró, S. (2013). *Sistemas Expertos: Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones*. Universidad de Palermo.
- Biondo, S. J. (1990). *Fundamentals of Expert Systems Technology: Principles and Concepts*. Estados Unidos de America: Ablex Publishing Corporation.
- Bolaños, I. M. (09 de Diciembre de 2009). *Instituto politécnico Nacional de México*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/312200997/S-E-Diabetes>
- CDC. (02 de Febrero de 2018). *Centro Nacional para la Prevención de Enfermedades Crónicas y Promoción de la Salud*. Obtenido de <https://www.cdc.gov/diabetes/spanish/basics/diabetes.html>
- Dr. Ananya, M. (6 de Septiembre de 2006). *News Medical*. Obtenido de News Medical: [https://www.news-medical.net/health/Blood-Sugar-Normal-Values-\(Spanish\).aspx](https://www.news-medical.net/health/Blood-Sugar-Normal-Values-(Spanish).aspx)
- E.Fox, J. (1991). *aprendeonlinea*. Obtenido de aprendeonlinea: <https://aprendeonlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/iatreia/article/view/3457/3219>

- Ecured. (25 de marzo de 2018). *ecured*. Obtenido de ecured: https://www.ecured.cu/Sistemas_expertos
- Fernández, G. F. (14 de Marzo de 2004). *Universidad Politécnica de Madrid - España*. Obtenido de <http://dit.upm.es/~gfer/ssii/rcsi/>
- Flores, L. (06 de Marzo de 2018). *La Razon - Sociedad*. Obtenido de http://www.la-razon.com/sociedad/Bolivia-diabetes-enfermos-2017-cifra_0_2822117793.html
- FM-Bolivia. (05 de Marzo de 2018). *Noticias de Bolivia*. Recuperado el 6 de 3 de 2018, de <http://www.fmbolivia.tv/en-bolivia-se-detecta-cada-ano-5-000-nuevos-diabeticos/>
- Glup-Up. (07 de Abril de 2015). *DiabetesWeb*. Obtenido de <https://uptuvida.com/breve-historia-de-la-diabetes-y-la-insulina/>
- González, H. R. (mayo de 2004). *busqueda*. Obtenido de busqueda: http://acacia.org.mx/busqueda/pdf/09-155_Hiram_Ruiz_Esparza_Gonzalez.pdf
- Gsites. (2018). *sites*. Obtenido de sites: <https://sites.google.com/site/proyectointeligenciaartificial/indice/los-sistemas-expertos/aplicaciones-de-los-sistemas-expertos>
- Gutiérrez, V. C., & López, A. S. (05 de Febrero de 2018). *Universidad Autónoma de Puebla Facultad de Ciencias de la Computación*. Obtenido de http://www.rcs.cic.ipn.mx/2015_107/Un%20sistema%20experto%20difuso%20en%20la%20Web%20para%20diagnostico%20de%20diabetes.pdf
- Ine. (05 de marzo de 2018). *Instituto Nacional de Estadística*. Obtenido de <https://www.ine.gob.bo/index.php/principales-indicadores/item/2203-en-2016-se-registraron-138-124-casos-de-diabetes>
- Jackeline, T. C. (09 de Abril de 2009). *DuraSpace Universidad*. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/366/TAPIA JACKELINE SISTEMA EXPERTO PARA EL APOYO DEL PROCESO DE ORIENTACION VOCACIONAL PARA LAS CARRERAS DE INGENIERIA EN LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU.pdf?>
- Laruta, M. M. (03 de Febrero de 2018). *Universidad Mayor de San Andrés*. Obtenido de <http://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10192/T.3206.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mandal, D. A. (06 de Septiembre de 2006). *News Medical*. Obtenido de [https://www.news-medical.net/health/Blood-Sugar-Normal-Values-\(Spanish\).aspx](https://www.news-medical.net/health/Blood-Sugar-Normal-Values-(Spanish).aspx)
- Martín, D. J. (06 de Marzo de 2018). *WebConsultas Healthcare, S.A.* Obtenido de <https://www.webconsultas.com/diabetes/diabetes-294>
- Mathivet, V. (2015). *Inteligencia Artificial para Desarrolladores*. Barcelona: Ediciones Eni.

- Miguel A. Guevara López, M. R. (29 de enero de 1997). *scielo*. Obtenido de scielo: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03001997000200003
- OMS. (03 de Febrero de 2018). *Organizacion Mundial de Salud*. Obtenido de http://www.who.int/diabetes/action_online/basics/es/index1.html
- Ortega, A. V. (15 de agosto de 2011). *sistemasexpertosevolucion*. Obtenido de sistemasexpertosevolucion: <http://sistemasexpertosevolucion.blogspot.com/>
- Parada, S. (13 de Noviembre de 2017). *Organic Andorra*. Obtenido de <https://www.farmaciatorrent.com/blog/salud-bienestar/diabetes-causas-sintomas-consecuencias-y-prevencion/>
- Parra, J. (22 de Junio de 2013). *Trabajo de investigación lógica proposicional*.
- Rossi, L. B. (23 de Octubre de 2001). *Instituto tecnologico de Buenos Aires*. Obtenido de <http://www.itba.edu.ar/capis/webcapis/tesisdemagister/rossitesisdemagister.pdf>
- Tandibundit, M. (03 de Abril de 2017). *Diabetes Salud*. Obtenido de <https://diabetes-salud.org/nueva-aplicacion-que-detecta-la-diabetes-de-forma-inmediata/>
- Vive-Diabetes. (03 de Febrero de 2018). *Vive con Diabetes*. Obtenido de <http://www.vivecondiabetes.com/viviendo-con-diabetes/6604-¿qué-afecta-los-niveles-de-glucosa.html>
- Zapana, V. (05 de Marzo de 2018). *Página Siete - Diario Nacional Independiente*. Recuperado el 6 de marzo de 2018, de www.paginasiete.bo/amp/bolivia-90000-casos-diabetes-anos-duplicaran-92381.html