

Sistema experto para la detección de enfermedades tiroideas

Efraín A. S. Figueroa¹, Nelson N. Yugra¹ & Nilda M. Pérez Otero¹

(1) *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy.*

efrainalvarosaul@hotmail.com, n2y@hotmail.com, nilperez@gmail.com

RESUMEN: La endocrinología es la especialidad médica encargada del estudio de la función normal, la anatomía y los desórdenes producidos por alteraciones del sistema endocrino. Un problema común es que el paciente llega al especialista en endocrinología después de haber transitado por varias consultas con especialistas o clínicos, desde cardiólogos, gastroenterólogos, etc. Hasta que consulta al endocrinólogo, quizás pasaron varios años y la enfermedad siguió avanzando, siendo esto es muy peligroso en muchos casos e incluso poniendo en riesgo la vida del paciente. Para dar solución a este problema se propone aprovechar las características enmarcadas en un sistema experto para evaluar los diferentes síntomas, signos, antecedentes, estado del paciente y pruebas asociado al conocimiento del experto para obtener un pronóstico y/o un diagnóstico definitivo. De esta manera, el sistema permitirá ahorrar tiempo, dando soporte a la toma de decisiones y obteniendo resultados completamente confiables ya que están basados en el conocimiento del experto.

1 INTRODUCCIÓN

La endocrinología es la especialidad médica encargada del estudio de la función normal, la anatomía y los desórdenes producidos por alteraciones del sistema endocrino.

El sistema endocrino es un sistema glandular complejo. Las glándulas son los órganos que fabrican las hormonas, sustancias que ayudan a controlar las actividades en el cuerpo. Las hormonas controlan la reproducción, el metabolismo (la digestión de alimentos y la eliminación), y el crecimiento y desarrollo. Las hormonas también controlan la forma en que las personas reaccionan al ambiente que las rodea y ayudan a proporcionar la cantidad adecuada de energía y nutrición que sus cuerpos necesitan para funcionar. Las glándulas endocrinas incluyen la tiroides, las paratiroides, el páncreas, los ovarios, los testículos, las adrenales, la pituitaria y el hipotálamo (The Hormone Foundation, 2011).

El diagnóstico de las enfermedades endocrinas no se puede basar solamente en la anamnesis, en el análisis de laboratorio, análisis físico o diagnóstico por imágenes sino en la interpretación global de todos ellos. Para esta interpretación lo más importante es la experiencia del endocrinólogo adquirida a lo largo de los años de continuo contacto con este tipo de pacientes.

La existencia de una gran variedad de características propias de cada enfermedad que pueden afectar a diferentes pacientes, hace que resulte complejo para un profesional sin

experiencia o un médico clínico no especialista, determinar de forma inmediata, una vez evaluada la sintomatología del paciente, cuáles son las enfermedades realmente padecidas por el mismo. La informática permite organizar y analizar grandes volúmenes de información en tiempos reducidos y plantear complejas interrelaciones entre los datos involucrados, lo cual excede muy por encima de las posibilidades operativas de una persona, trabajando con medios convencionales. La informática ha ampliado sus horizontes al incorporar los métodos y procedimientos que intentan emular la inteligencia humana.

En la actualidad una de las principales vías de investigación en la medicina está dirigida al diagnóstico precoz. Considerando a la endocrinología como una rama muy importante dentro de la medicina plantea la necesidad de generar herramientas de apoyo que aprovechando las bondades de la informática permitan realizar un diagnóstico a tiempo de las enfermedades y su respectivo tratamiento.

A partir de las últimas décadas, la informática ha ampliado sus horizontes al incorporar los métodos y procedimientos que intentan emular la inteligencia humana. El caso más representativo lo constituyen los Sistemas Expertos (SSEE), que son estructuras de programación que incorporan y manipulan en su seno el conocimiento extraído de un experto (Kendall & Creen, 2007).

Es así que se llegó a la iniciativa de implementar la inteligencia artificial a través del desarrollo de un Prototipo de Sistema Experto, aplicado a la

medicina, para la detección, y diagnóstico presuntivo de enfermedades endócrinas, en particular las tiroideas. Este diagnóstico estará basado en la sintomatología que manifiesta el paciente, así como en los antecedentes clínicos y familiares del mismo, el estado clínico actual, resultados de análisis bioquímicos de sangre y de imagenología y los signos que detecta el especialista.

El resto de este artículo se estructura como sigue: en el apartado 2 se presentan el problema y la solución propuesta, en el apartado 3 se detallan las etapas seguidas en el desarrollo del prototipo, en el apartado 4 se describe el proceso de evaluación del prototipo y finalmente en el apartado 5 se presentan las conclusiones y trabajos futuros.

2 PROBLEMA Y SOLUCIÓN PROPUESTA

2.1 Descripción del problema

La realización del diagnóstico de un trastorno glandular en el sistema endócrino envuelve la habilidad del médico para identificar un defecto específico en la función endócrina. Algunas veces, el médico puede deducir cual es el defecto funcional así como la enfermedad asociada con él por medio de un examen físico, mandando a hacer una prueba sanguínea u observando los signos presentes en el paciente. Pero otras veces, el médico tendrá que evaluar de forma más específica y directa la función y estado de las glándulas por medio de exámenes de diagnóstico por imágenes como tomografía computarizada, gammagrafía, resonancia nuclear magnética, entre otras. El médico es el responsable de realizar luego de recolectar todo los datos necesarios un diagnóstico, lo cual conlleva pérdida de tiempo, posibilidades de errores humanos, lo que a veces da resultados no confiables y divergencias de opiniones dependiendo de cada médico.

Generalmente el paciente llega al especialista en endocrinología después de haber transitado por varias consultas con especialistas o clínicos, desde cardiólogos, gastroenterólogos, etc. Hasta que da con el endocrinólogo, quizás pasaron varios años y la enfermedad siguió avanzando, siendo esto es muy peligroso en muchos casos. Esto no solo ocasiona al paciente gasto en dinero, sino pérdida de tiempo, y lo que es más grave incluso pone en juego la vida del paciente.

2.2 Solución propuesta

En vista del problema se consideró útil el desarrollo de un sistema de ayuda al diagnóstico precoz de enfermedades endócrinas, que sea capaz de recoger y manejar gran parte de la

experiencia del experto y alcanzar unos resultados lo más cercanos a éste posibles.

Este sistema no sólo recogerá experiencia y conocimiento que provenga directamente del experto, sino que pretende incluir el conocimiento extraído a partir de los datos. Por este motivo, se usarán técnicas conexionistas además de simbólicas. Este conocimiento puede constituir una buena aportación para el experto o, al menos, una confirmación de sus conclusiones.

En una primera instancia se tratará el diagnóstico presuntivo y tratamiento de Enfermedades Tiroideas, quedando el prototipo preparado para incorporar de manera sencilla el resto de las enfermedades que incumben a las demás glándulas, constituyendo una herramienta de ayuda que pueda ser empleada no solo por los especialistas endocrinólogos sino por médicos clínicos y en centros hospitalarios que no dispongan de tales especialistas.

Este proyecto propone aprovechar las características enmarcadas en un SE para evaluar los diferentes síntomas, signos, antecedentes, estado del paciente y pruebas asociado al conocimiento del experto para obtener un pronóstico y/o un diagnóstico definitivo. De esta manera, el sistema permitirá ahorrar tiempo, dando soporte a la toma de decisiones y obteniendo resultados completamente confiables ya que están basados en el conocimiento del experto.

3 DESARROLLO

En este apartado se describirá el proceso seguido desde la adquisición de conocimientos hasta la implementación del prototipo del sistema experto propuesto

3.1 Adquisición del conocimiento

Lo primero que debe hacer el ingeniero del conocimiento es identificar las necesidades de los usuarios para reconocer los requisitos del sistema a desarrollar. Confeccionar un plan de requisitos exige la Adquisición de Conocimientos (AC), esto se obtendrá a partir de entrevistas a directivos, expertos y usuarios potenciales.

Se entiende por AC al proceso de recolección de información, a partir de cualquier fuente necesaria para construir un sistema basado en el conocimiento (SBC) (Gómez et al., 1997)

La AC no es un paso concreto en la metodología de desarrollo de un SBC sino que es un proceso que acompañará a todas las otras etapas de la construcción de un SBC.

La secuencia de AC seguida en este trabajo fue la siguiente:

- 1) Primeras reuniones y evaluación de viabilidad.
- 2) Extracción de Conocimientos.
- 3) Educción de conocimientos al experto principal.

3.1.1 Primeras reuniones y evaluación de viabilidad

Se realizaron las primeras reuniones con el experto, utilizando como técnicas de educación las entrevistas no estructuradas y semiestructuradas. El objetivo en esta etapa fue el de conocer la tarea realizada por el experto y determinar la viabilidad de la tarea. El estudio de viabilidad dio positivo por lo tanto se pudo continuar con el desarrollo del prototipo

3.1.2 Extracción de Conocimientos

La técnica utilizada en esta etapa fue el Análisis Estructural de Textos. Se analizaron los textos basados en la bibliografía suministrada por el experto y bibliografía consultada. Como resultado, se pudieron obtener los conceptos más relevantes sobre endocrinología así como las definiciones de esos términos, además se identificaron las relaciones existentes entre los mismos.

3.1.3 Educción de conocimientos al experto principal

En esta fase de la AC que utilizaron entrevistas no estructuradas, entrevistas semiestructuradas, entrevistas estructuradas y observación de tareas habituales. Para el desarrollo de cada sesión se siguió el ciclo de educación especificado por Gómez y colegas (1997).

Se realizaron un total de 8 sesiones de las que se obtuvo los conocimientos específicos que el experto utiliza al realizar un diagnóstico.

3.2 Conceptualización

La etapa de conceptualización consiste en hacer explícitos los conceptos claves y las relaciones relevantes. Los conocimientos sin estructurar que surgen de la AC se organizan en esta etapa.

Como en cualquier desarrollo informático, es necesario definir en primera instancia modelos conceptuales que luego se traducen en modelos formales y finalmente se inicia y completa el proceso de implementación. El objetivo principal de esta etapa es definir el modelo conceptual de este proyecto.

El proceso de conceptualización no es secuencial, ni en sí mismo, ni respecto de la fase de AC. Mientras el proceso de conceptualización se está cumpliendo, continúa el proceso de adquisición

con el experto que va revisando y refinando la organización de los conocimientos. De la misma forma el proceso de síntesis avanza junto con el proceso de análisis intercalándose las actividades propias de una y otra etapa y retroalimentándose para su refinamiento.

Durante la conceptualización se deben determinar tres tipos de conocimientos que se indican a continuación:

- Estratégicos: especifican qué hacer, dónde y porqué hacerlo. Los conocimientos estratégicos fijan la secuencia de pasos que el Prototipo del Sistema Experto (SE) debe seguir para ejecutar la tarea.
- Tácticos: especifican cómo y cuándo el Prototipo del SE puede añadir a sus conocimientos genéricos información actual acerca del caso.
- Fáticos: especifican lo que es, o se cree que es verdad acerca del mundo en general y acerca del caso particular para el cual se está ejecutando la tarea.

3.2.1 Conocimientos fáticos

La forma en que se condensaron estos conocimientos fueron las tablas de concepto-atributo-valor (CAV). La Fig. 1 muestra un extracto de estas tablas.

Concepto	Atributo	Valor
Anomalía del tipo Nódulos	Sensibilidad	Con dolor Sin dolor
	Tamaño	<1cm, 1-3 cm, >3cm
	Ubicación	Lóbulo izquierdo Lóbulo derecho Lóbulo piramidal Paratiroides Istmo

Figura 1. Tabla CAV para una Anomalía del tipo Nódulos

3.2.2 Conocimientos tácticos

En esta fase de análisis de conocimientos, se buscan básicamente las inferencias y las incertidumbres que componen los conocimientos tácticos en la creación de un modelo conceptual. Se utilizan representaciones intermedias para organizar o ilustrar los conocimientos tácticos. Para este trabajo se ha elegido como representación intermedia las seudorreglas, ya que la información suministrada por el experto tiene la forma de reglamentos y normativas. La Fig. 2 muestra un ejemplo de seudorregla.

3.2.3 Conocimientos estratégicos

En esta etapa se identifican los pasos de alto nivel que el Prototipo de SE debería ejecutar, el orden en que deberían tener lugar estos pasos y las condiciones en que debería ejecutarse cada paso. Estos pasos se representaron mediante un árbol de descomposición funcional (Fig. 3).

Estado de la Regla	Texto de la Regla
Palabras del experto	SI - La pregunta del consecuente de la REGLA ES-073 es afirmativa entonces - Hay que preguntar si detecta nivel elevado de anticuerpos de anti-peroxidasa tiroidea (anti-TPO).
Formulación externa de la Regla	SI - Nivel elevado de TSH y nivel bajo de T4 "libre" Entonces - Preguntar si detecta nivel elevado de anticuerpos de anti-peroxidasa tiroidea (anti-TPO).
Nombre de la Regla	REGLA ES-075

Figura 2. Ejemplo de seudorregla

3.3 Formalización

La etapa de conceptualización termina el trabajo de modelización del problema desde el punto de vista del usuario o del dominio, y se pasa a la etapa de modelización del problema desde el punto de vista del sistema. El objetivo de la formalización consiste en representar

simbólicamente los conocimientos mediante algunos de los formalismos existentes, organizarlos de acuerdo con algún modelo de diseño y determinar los métodos de inferencia adecuados para manejar eficientemente y efectivamente dichos conocimientos (García Martínez y Britos, 2004). Teniendo en cuenta los diversos tipos de formalismos existentes en la bibliografía de referencia y los formalismos de representación usados en la etapa de conceptualización, los formalismos seleccionados fueron:

- Reglas de producción para las Seudorreglas.
- Marcos para la tabla Concepto – Atributo – Valor.
- Procedimientos para los procesos a realizar.

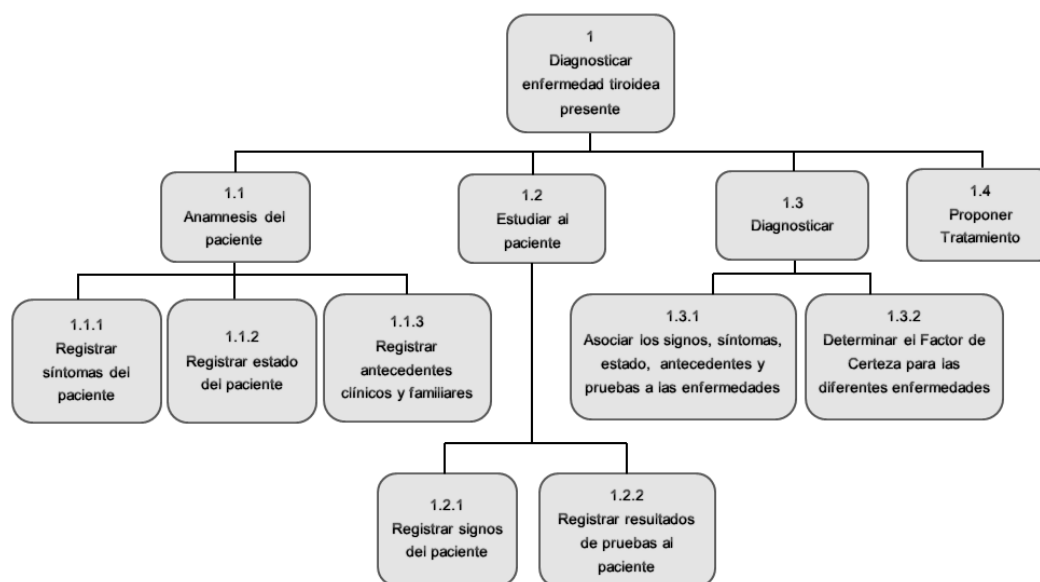


Figura 3. Árbol de descomposición funcional

3.3.1 Reglas de Producción

Basados en el análisis de los conocimientos tácticos donde se detallan las seudorreglas, se procede con la especificación de las reglas de producción. La representación se realiza siguiendo el formato propuesto por Castillo (Castillo et al., 1998) donde las reglas de producción son escritas en la forma IF-THEN, donde:

- IF premisa, THEN conclusión
- IF condición, THEN acción
- IF antecedente, THEN consecuente

La parte IF generalmente contiene varias cláusulas unidas por los conectivos lógicos AND, OR. La parte THEN consiste en una o más frases que especifican la acción a tomar. A modo de ejemplo en la Fig. 4 se presenta la regla

correspondiente a la seudorregla mostrada en la Fig. 2.

Nombre de la Regla	REGLA ES-075
Formalización	SI Anomalia_plasmática.Nivel_de_TSH = ALTO y Anomalia_plasmática.Nivel_de_T4_Libre = BAJO Entonces El prototipo preguntará: ¿Nivel de anti-peroxidasa tiroidea (ATPO) es ALTO?

Figura 4. Ejemplo de regla de producción

3.3.2 Marcos

Cada concepto de la tabla Concepto-Atributo-Valor se formaliza en un marco clase, siguiendo la propuesta sugerida por García Martínez y Britos (2004).

Identificadas las propiedades en marco clases se procede a representar el dominio mediante marcos y sus relaciones. La Fig. 5 muestra el marco correspondiente al concepto Anomalia tipo Nódulos.

MC Anomalia de tipo nódulos	Tipo Ranura	Cardinalidad Min. / Máx.	Multiv.	Propiedad General	Valores permitidos	Valores por omisión	Si necesito
(*) Sensibilidad	Conjunto de caracteres	1 / 1	No	-	[Con dolor, Sin dolor]	-	Preguntar-al-usuario-Anomalia-de-Nódulos-Sensibilidad (\$Anomalia-de-tipo-nódulos Sensibilidad)
(*) Tamaño	Conjunto de caracteres	1 / 1	No	-	<1 cm, 1-3 cm, >3 cm]	-	Preguntar-al-usuario-Anomalia-de-Nódulos-Tamaño (\$Anomalia-de-tipo-nódulos Tamaño)
(*) Ubicación	Conjunto de caracteres	1 / 1	No	-	Conjuntos de caracteres	-	Preguntar-al-usuario-Anomalia-de-Nódulos-Ubicación (\$Anomalia-de-tipo-nódulos Ubicación)
Forma parte de	Marco	1 / N	Si	^ MC Síntomas	-	-	-

Figura 5. Marco del concepto Anomalia tipo Nódulos

3.3.3 Procedimientos

La Fig. 6 presenta un ejemplo de procedimiento asociado a cada una de las propiedades representadas en los marcos que intervienen en la resolución del problema.

3.4 Implementación

Una vez que se han formalizado todos los conocimientos, o una parte significativa de ellos con sentido por sí sola, se puede pasar a la implementación del sistema.

Procedimiento: Preguntar-al-Usuario-TSH (\$Anomalia-Plasmática.Nivel-de-TSH) VAR
 Nivel-de-TSH: Conjunto de Caracteres
 COMIENZO
 ESCRIBIR ¿Qué nivel de TSH presenta el estudio bioquímico en sangre del paciente?
 LEER Nivel-de-TSH
 \$Anomalia-Plasmática.Nivel-de-TSH:= Nivel-de-TSH
 FIN

Figura 6. Ejemplo de procedimiento

En esta fase es necesario seleccionar el entorno

para el desarrollo del SE que mejor se adecue a los conocimientos obtenidos. Surgiendo opciones como realizar una implementación directa del sistema usando una herramienta especializada para el desarrollo del SBC, o un lenguaje de programación que permita diseñar e implementar una herramienta personalizada de acuerdo con las necesidades particulares de la aplicación.

Considerando las características de la tarea (obtención de un diagnóstico presuntivo, tratamiento de información con incertidumbre e inferencia basada en reglas de producción), el prototipo de SE se desarrolló en lenguaje Java, usando el IDE de desarrollo ECLIPSE en la versión Helios 3.6.2 y la implementación del motor de reglas de DROOLS (Drools Expert User Guide, 2010), usando el plugin de Drools para Eclipse y el uso de MySQL Server para la implementación de un servidor de Base de Datos para la construcción y manejo de la Base de Hechos. Las Fig. 7 y 8 muestran capturas del pantallas del prototipo implementado.

Figura 7. Pantalla de ingreso de signos.



Figura 8. Pantalla de presentación de diagnóstico.

4 EVALUACIÓN

La evaluación dentro del proceso de construcción de SSEE es una tarea completamente necesaria y crítica, de la que depende en gran parte el éxito del proyecto, y que se realiza durante todo el ciclo de vida del mismo. De modo que la evaluación no es una fase concreta de la Ingeniería del Conocimiento sino un conjunto de actividades que se realizan a lo largo de cada fase del desarrollo del sistema, requiriendo cada fase una evaluación diferente. Además, en la etapa de evaluación se valora la relación entre el Sistema Experto (SE) y el(los) usuario(s), y si el SE cumple con las expectativas que se tenían de él en el momento de requerir su desarrollo.

En una primera instancia se evaluaron las etapas de AC, conceptualización y formalización de conocimientos. Esta evaluación permitió:

- Reformular conceptos no definidos adecuadamente.
- Eliminar reglas innecesarias y embebidas
- Añadir reglas ausentes.

4.1 Evaluación del prototipo

Para la evaluación del prototipo en estudio se seleccionaron casos de prueba representativos de las entradas del sistema. Una vez sometido a prueba, el resultado que se obtuvo se comparó con un patrón de referencia para ayudar a elegir la decisión que se deduce de la evaluación; el patrón en este caso lo constituyó un experto ajeno al proyecto de tesis.

En este caso se realizó una comparación de resultados en forma cualitativa pudiendo haber alcanzado, según el criterio del experto, los siguientes valores:

- Buena: la respuesta del sistema es aceptable, con la respuesta que hubiera dado el experto.
- Regular: la respuesta del sistema difiere en algún punto con la respuesta que hubiera dado el experto.
- Mala: no es la respuesta que hubiera dado el experto.

La Fig. 9 muestra un ejemplo de caso de prueba con resultados BUENO y REGULAR.

Caso 7		
Síntomas del Paciente	Asintomático	
Signos del Paciente	No posee	
Antecedentes Clínicos Personales y Familiares	Exposición a la radiación en la niñez por tratamientos médicos	
Estado del Paciente	No presenta otra enfermedad actualmente	
Resultados de Pruebas	Nivel de TSH: NORMAL, Nivel de T4: NORMAL ECOGRAFIA: Nódulo mayor a 1cm	
Respuesta del Prototipo ENDO	Carcinoma Papilar con Factor de Certeza del 0,60.	
Opinión del experto respecto a:	Las enfermedades diagnosticadas.	Los factores de certeza asociados a las enfermedades diagnosticadas.
	Buena	Regular

Figura 9. Ejemplo de caso de prueba de prototipo.

4.2 Usabilidad

Un SBC puede estar correctamente diseñado e implementado, contener los conocimientos adecuados para comportarse como lo haría el experto en el dominio y aun así no satisfacer a los usuarios del sistema porque la relación entre el sistema software y dichos usuarios no es satisfactoria.

La comodidad o incomodidad en el uso de un sistema es lo que se llama Usabilidad. Este aspecto debe evaluarse porque puede darse el caso de que los ingenieros hayan malinterpretado las características de la(s) persona(s) que trabajará(n) con el sistema, y el resultado sea un software que no se adapta completamente al gusto del usuario. Esta inadaptación del sistema al usuario se traduce en que éste no se sienta a gusto y confortable en el trato con el sistema y esta situación provoca que el usuario, durante el uso del sistema, no sea tan eficaz como cabría confiar y no alcance los niveles de eficiencia esperados (Gómez et al., 1997).

Dado que la usabilidad es un criterio subjetivo, los evaluadores deben ser los propios usuarios.

Para evaluar la usabilidad del prototipo de SE, se recalco que lo que se estaba probando era un prototipo operativo y no un producto final dispuesto para su explotación. Es así que antes de la prueba del prototipo se dejó bien en claro esta cuestión a los comprometidos en las pruebas, para lograr así una valoración de la usabilidad acorde al estado del sistema y no permitir que las expectativas de los usuarios vayan más allá de los límites de lo razonable.

Se utilizó un cuestionario basado en la descomposición de la usabilidad antes mencionada, que se aplicó al experto principal y a dos expertos no involucrados en el desarrollo. Se obtuvieron los siguientes resultados:

- Está conforme con la facilidad para el uso de la herramienta.
- Se aceptó los resultados brindados por el prototipo.
- Los expertos consideran que la carga que supone el uso del prototipo es aceptable y fácil de ejecutar.
- El uso de imágenes de las pruebas y los resultados de laboratorio, también fue sugerido, para el seguimiento del paciente.
- La utilización de valores por defecto en el momento del ingreso de datos, es una ventaja que se evidencio por parte del usuario.
- Está de acuerdo con la facilidad de aprendizaje requerido para emplear el prototipo de SE.
- Los resultados están en conformidad con lo que se necesita, de modo que no es preciso agregar ninguna otra información.

4.3 Utilidad

Un SBC se desarrolla para atender una, o varias, de las siguientes necesidades:

- Mejorar la eficiencia en la realización de una

tarea.

- Mejorar la eficacia de una tarea ya existente.
- Mejorar la capacidad del sistema, resolviendo nuevos tipos de problemas.

Evaluar la utilidad del SBC pretende determinar si tales necesidades han sido satisfechas, o no. Es decir, en general la evaluación consiste en una comparación que se hará entre el viejo sistema y el nuevo sistema con respecto a criterios como:

- Tiempo que tarda en ejecutarse la tarea.
- Productividad.
- Fiabilidad.
- Disponibilidad.
- Capacidad.

Será luego de la valoración de estos criterios y de la comparación, cuando se podrá establecer si el esfuerzo de desarrollo ha satisfecho la(s) necesidad(es) de la entidad que requirió el desarrollo del SBC.

La utilidad del prototipo de SE en estudio fue evaluada (comparación entre sistemas) según los criterios anteriores y se lograron los siguientes resultados:

- Se mejoró la eficiencia en la realización de la tarea de diagnóstico, y en particular la productividad (el prototipo contiene una cantidad de información que supera la capacidad de memoria de los expertos) y el tiempo consumido en la realización de la tarea (el diagnóstico se obtiene con mayor celeridad).
- Se mejoró la eficacia de la tarea de diagnóstico, y en particular la fiabilidad, (esta herramienta permitirá obtener un diagnóstico presuntivo basado en los conocimientos de expertos) y la disponibilidad (en tiempo y espacio) para poder obtener un diagnóstico presuntivo a través del uso del prototipo.
- Por último, la capacidad del sistema se mejoró, dado que los usuarios de la herramienta al contar, ahora, con un diagnóstico fiable están en condiciones de seleccionar el tratamiento adecuado para hacer frente a la enfermedad tiroidea que afecta al paciente.

5 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este trabajo se presenta el desarrollo de un Prototipo de Sistema Experto que basándose en los datos de síntomas, signos, antecedentes cénicos personales y familiares, resultados de análisis de laboratorios y de diagnóstico por imágenes del paciente, realiza el diagnóstico de

enfermedades tiroideas y sugiere un tratamiento a fin de combatir la enfermedad detectada y paliar los síntomas que padece el paciente.

De la etapa de validación surge que el prototipo obtenido cumple su objetivo, ya que los usuarios que lo probaron manifestaron su conformidad en cuanto a la facilidad en el ingreso de datos y la obtención de los resultados.

Cabe destacar que el prototipo provee también una herramienta que puede emplearse como medio de entrenamiento para adquirir el conocimiento y la experiencia en la realización de la tarea, para los médicos clínicos y endocrinólogos que todavía no cuentan con una experiencia significativa en el área de tiroideopatías. No pretende reemplazar al especialista, ya que la información brindada por el prototipo no hace más que corroborar algo que el profesional intuye o sabe.

Como trabajos futuros se pueden enunciar:

- Completar el prototipo con la totalidad de las glándulas del cuerpo, teniendo en cuenta que estas son responsables del crecimiento y desarrollo, el metabolismo (digestión, eliminación, respiración, circulación sanguínea y mantenimiento de la temperatura corporal), función sexual, reproducción y estado de ánimo del ser humano. Implementado a gran escala este sistema mejoraría la calidad de vida de la población.
- Implementar el almacenamiento de las imágenes de ecografías, gammagrafías, tomografías, etc., que el médico podría consultar tanto para el diagnóstico como para el seguimiento del paciente.
- Incluir una aplicación, que incorpore los

datos estadísticos relevantes de los pacientes ingresados al sistema.

- Proveer disponibilidad del sistema en la red mediante el acceso a un servidor que contenga al sistema, de esta manera los médicos clínicos podrían acceder online desde los distintos hospitales de la provincia o desde cualquier población que no cuente con especialistas endocrinólogos y realizar las consultas al sistema.

6 REFERENCIAS

- Castillo, E; Gutiérrez, J. M. y Ali S. Hadi. *Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas*. Editorial Academia de Ingeniería. Madrid, España. 1998.
- García Martínez, R. y P. V. Britos. *Ingeniería de Sistemas Expertos*. Ed. Nueva Librería. Buenos Aires. 2004
- Gómez, A.; Juristo, N.; Montes, C. y J. Pazos. *Ingeniería del Conocimiento*. Editorial Centro de estudios Ramón Areces S.A. 1997.
- Jboss org, *Drools Experts User Guide*. Disponible en: <http://docs.jboss.org/drools/release/5.2.0.Final/drools-expert-docs/html/>. [Consulta: 11 Agosto 2012].
- Kendal S. L. & M. Creen. *An Introduction to Knowledge Engineering*. Ed. Springer-Verlag. London. 2007
- Universidad de Nebraska, MedLineplus, *The Hormone foundation*, Glandulas endocrinas. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Glándulas_de_secreción_interna](http://es.wikipedia.org/wiki/Gl%C3%A1ndulas_de_secreci%C3%B3n_interna). [Consulta: 14 Febrero 2012].