

ARTÍCULO ORIGINAL

Aplicaciones médicas como ayuda al diagnóstico en la medicina. Experiencia SOFTEL-MINSAP

Medical application for support of diagnosis in medicine. SOFTEL-MINSAP experience

MsC. Ing. Mirna Cabrera Hernández,^I MsC. Lic. María del Carmen Paderni López,^{II} Lic. Ramón Hita Torres,^{III} MsC. Dr. Ariel Delgado Ramos,^{IV} MsC. Ing. María Antonia Tardío López,^V MsC. Dr. Denis Derivet Thaureaux,^{VI}

^IMinisterio de Salud Pública, Cuba. Dirección: A. Barreras 23A e/ Masip y J.M. Gómez. Regla, La Habana. E-mail: mirna@infomed.sld.cu

^{II}SOFTEL, Cuba. E-mail: carmenchu@softel.cu

^{III}SOFTEL, Cuba. E-mail: rhita@infomed.sld.cu

^{IV}Ministerio de Salud Pública, Cuba. E-mail: ariel.delgado@infomed.sld.cu

^VCOPEXTEL, Cuba. E-mail: matota@economia.copextel.com.cu

^{VI}Ministerio de Salud Pública, Cuba. E-mail: derivet@infomed.sld.cu

RESUMEN

La Inteligencia Artificial (IA) en una primera aproximación, se puede definir como la rama de la computación que estudia la automatización del comportamiento inteligente. La investigación en este campo ha llevado al desarrollo de herramientas computacionales específicas, entre las cuales se cuentan una gran diversidad de formalismos de representación de conocimientos y de algoritmos que los aplican, además de los lenguajes, estructuras de datos y técnicas de programación utilizados para su implementación. Este mecanismo es el que intentan imitar los programas de inteligencia artificial llamados sistemas expertos o sistemas basados en el conocimiento. La Empresa SOFTEL, perteneciente al Ministerio de la Informática y las Comunicaciones (MIC), desde sus inicios desarrolló la informática médica, y dentro de ésta la rama de Inteligencia Artificial en aplicaciones como INFOTOXI, encargado de controlar y diagnosticar intoxicación por productos tóxicos en centros dedicados a este tema; GERISOFT, para la Atención Primaria de Salud del adulto mayor y el SEAA, Sistema de Ayuda Diagnóstica en la Asistencia Primaria. Para desarrollar estos sistemas se apoyaron en el conocimiento de médicos especialistas del Ministerio de Salud Pública (MINSAP) en calidad de expertos. Dichos sistemas fueron instalados en diferentes unidades del sistema de salud.

Palabras clave: inteligencia artificial, sistemas expertos, sistemas basados en el conocimiento.

ABSTRACT

Artificial Intelligence (AI) in a first approximation can be defined as the branch of computer science that studies the automation of intelligent behavior. This research has led to the development of specific computational tools, which include a wide range of knowledge representation formalisms and related algorithms, in addition to the language of data structures and programming techniques used for its implementation. This mechanism is attempting to imitate the programs of artificial intelligence known as expert systems or knowledge-based systems. Softel Company, owned by the Ministry of Informatics and Communications (MIC), from its inception has developed medical informatics within this branch of artificial intelligence in applications such as INFOTOXI, in charge of monitoring and diagnosing poisoning by toxic products in centers devoted to this theme; GER-ISOFT, for Primary Health Care for the elderly and SAAS System Diagnostic Support in Primary Care. The development of these systems was supported in the knowledge of specialist doctors from the Ministry of Public Health of Cuba (MINSAP), in quality of experts in their respective subjects. These systems are deployed in different units of the health system.

Key words: artificial intelligence, expert systems, knowledge-based systems.

INTRODUCCIÓN

A pesar de que la Inteligencia Artificial (IA) tiene una fuerte connotación en la ciencia ficción, forma una rama vital en las ciencias de la computación, la cual se relaciona estrechamente con el comportamiento inteligente, el aprendizaje y la adaptación en las máquinas.

Se ha convertido en una disciplina científica, enfocada en proveer soluciones a problemas de la vida diaria. Los sistemas de IA actualmente son parte de la rutina en campos como economía, medicina, ingeniería, defensa y en las exploraciones a lugares recónditos donde el hombre no puede llegar, así como se ha usado en gran variedad de aplicaciones de software, juegos de estrategia como ajedrez de computador y otros videos juegos.¹

Surgidos a finales de la década del 60, los Sistemas Expertos basados en el conocimiento constituyen hoy en día una herramienta de uso común en las más diversas disciplinas, entre las que se destaca la Medicina, área en la cual se reportan ya cientos de sistemas de este tipo. Ello es natural, tratándose de una disciplina en la que predomina el conocimiento no formal y la experiencia derivada de años de práctica profesionales por parte de especialistas calificados. Estos sistemas de ningún modo pretenden suplantar al experto humano sino por el contrario, auxiliarle en su actividad diaria como un "colega" inteligente, siempre metódico, sistemático y con el mismo nivel de objetividad.²

Es el diagnóstico, quizás, el más controvertido de los sectores de aplicación de las computadoras en la medicina, por las implicaciones éticas que puede traer. Se sabe que el diagnóstico médico es el arte de identificar una enfermedad por sus signos y síntomas. La introducción de Sistemas Expertos para el diagnóstico ha planteado la interrogante: ¿Sustituirá la computadora al médico algún día? Según la literatura,

uno de los problemas de los Sistemas Expertos en el diagnóstico es que no toman en cuenta que una persona puede tener más de una enfermedad, que los síntomas pueden ser independientes, o que el paciente puede estar fingiendo.³ Se respuesta a la interrogante planteada parece ser entonces: "Si bien es cierto que la computadora tiene gran capacidad de cálculo, velocidad y exactitud, está claro que una computadora no puede sustituir al médico. Sólo éste es capaz de razonar lógicamente y mezclar la razón con la intención, la ética, lo afectivo y la experiencia, algo que una máquina no puede hacer. No puede mantener el aspecto más importante: la relación médico-paciente".

Sin entrar en cuestionamientos éticos más propios de la filosofía y la propia ética médica, recordemos que "la idea no es remplazar a los seres humanos sino proveerlos".⁴

Si el proceso de exploración y diagnóstico se analiza desde el punto de vista del cómputo, tratándolo como un problema de decisiones sucesivas, vemos que posee una gran complejidad. Este problema requiere la utilización de un conocimiento médico profundo y extenso a dos niveles: uno enciclopédico y otro práctico.

Se entiende por conocimiento enciclopédico el conocimiento estructurado (relación entre cada enfermedad y los síntomas que suelen acompañarle) y por conocimiento práctico la habilidad adquirida a través de la experiencia clínica. Este último permite al médico aplicar el conocimiento estructurado a cada uno de los casos que se presentan, localizando la información enciclopédica potencialmente útil y variando dinámicamente la estrategia de la exploración en función de la propia información adquirida.⁵

El objetivo de este artículo es presentar algunos de los resultados del trabajo de colaboración de la empresa SOFTEL y el MINSAP en el desarrollo de sistemas inteligentes de ayuda a la asistencia médica.

METODOLOGÍA

Un sistema experto puede definirse como un sistema basado en los conocimientos que imita el pensamiento de un experto para resolver problemas de un terreno particular de aplicación.⁶ Es un programa de ordenador que simula las cadenas de razonamiento que recorre un experto para resolver un problema de su dominio (por ejemplo: el médico realizando un diagnóstico).

Para conseguirlo, se dota al sistema de un conjunto de principios o reglas que infieren nuevas evidencias a partir de información ya conocida. Esta acumulación de conocimientos sobre el caso que se intenta resolver nos llevará a la solución del problema, o a decidir cómo deberemos completar la información necesaria para proseguir la exploración (de una forma similar a la exploración médica).⁵

Una de las características principales de los sistemas expertos clásicos es que están basados en reglas, es decir, contienen conocimientos predefinidos que se utilizan para tomar todas las decisiones.

Un sistema experto genérico consta de dos módulos principales:

1. La *base de conocimientos del sistema* experto con respecto a un tema específico para el que se diseña el sistema. Este conocimiento se codifica según una notación específica que incluye reglas, predicados, redes semánticas y objetos.
2. El *motor de inferencia* que es el que combina los hechos y las preguntas particulares, utilizando la base de conocimiento, seleccionando los datos y pasos apropiados para presentar los resultados.

Los Sistemas Basados en el Conocimiento (SBC) son un modelo computacional de más alto nivel que el paradigma de la programación convencional en el cual los sistemas están formados por tres componentes: la base de conocimiento (BC), la máquina de inferencia (MI) y la interfaz:

$$\text{SBC} = \text{BC} + \text{MI} + \text{Interfaz}$$

En la BC se almacena el conocimiento necesario para resolver los problemas del dominio de aplicación para el cual se desarrolla el SBC.

El conocimiento que se almacena en la BC puede ser de diferente tipo: conocimiento simbólico sobre cómo resolver los problemas del dominio, el cual se puede representar mediante diversas formas de representación del conocimiento (reglas de producción, *frames*, redes semánticas, etc.), probabilidades o frecuencias que modelan como se relacionan los valores de los diferentes rasgos que caracterizan el dominio, pesos de una red neuronal, casos o ejemplos de problemas del dominio, etc.

Una vez que la BC se construye, es necesario la existencia de un programa que acceda a ese conocimiento para la inferencia y toma de decisiones en el proceso de solución del problema. Este programa controla el razonamiento y dirige la búsqueda en la BC y es el que generalmente se conoce con el nombre de máquina de inferencia.⁷

La interacción entre un sistema experto y un usuario se realiza en lenguaje natural en la *interfaz de usuario*. Es altamente interactiva y sigue el patrón de la conversación entre seres humanos. Para conducir este proceso de manera aceptable para el usuario es especialmente importante el diseño del interfaz de usuario.⁶

Se pueden distinguir básicamente dos tipos de Interfaces de Usuario:

- a) Una interfaz de hardware, a nivel de los dispositivos utilizados para ingresar, procesar y entregar los datos: teclado, ratón y pantalla visualizadora; y
- b) Una interfaz de software, destinada a entregar información acerca de los procesos y herramientas de control, a través de lo que el usuario observa habitualmente en la pantalla.⁸

La Empresa SOFTEL, perteneciente al Ministerio de la Informática y las Comunicaciones (MIC), desde sus inicios desarrolló la informática médica, y dentro de ésta la rama de Inteligencia Artificial en aplicaciones como INFOTOXI, GERISOFT y SEAA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A la pregunta: ¿cuáles han sido los avances en el campo de este tipo de aplicaciones, y en particular en la medicina?, se puede responder que en la medicina la inteligencia artificial ayuda a los médicos a hacer diagnósticos, supervisar la condición de los pacientes, administrar tratamientos y preparar estudios estadísticos.

En Cuba se han desarrollado estos temas y en particular en la Empresa SOFTEL que tiene un papel preponderante en el programa social, relacionado con el programa de Informatización de la sociedad.

Dicha empresa, como parte de su misión, se encarga de gestionar las tecnologías de la información y el conocimiento en función de obtener soluciones informáticas que eleven la eficiencia y eficacia del Sistema de Salud. Dentro de estos temas se ha asumido el diseño y puesta en marcha de aplicaciones de ayuda al diagnóstico, ha desarrollado los sistemas expertos que se relacionan a continuación:

INFOTOXI

Instalado y funcionando en CENATOX. Concebido para que en los Centros de Información Toxicológica se realice el control de productos tóxicos.

Contiene una base de datos que almacena información sobre la toxicidad de determinados productos que están agrupados en medicamentos (Fig. 1), plaguicidas, animales, plantas, drogas de abuso (Fig. 2), productos industriales y productos del hogar (Fig. 3). Ofrece herramientas de fácil utilización para el enriquecimiento de los datos por parte del usuario, en cuanto a sintomatología, antídotos, tratamiento y otros datos de interés, así como herramientas de búsqueda.

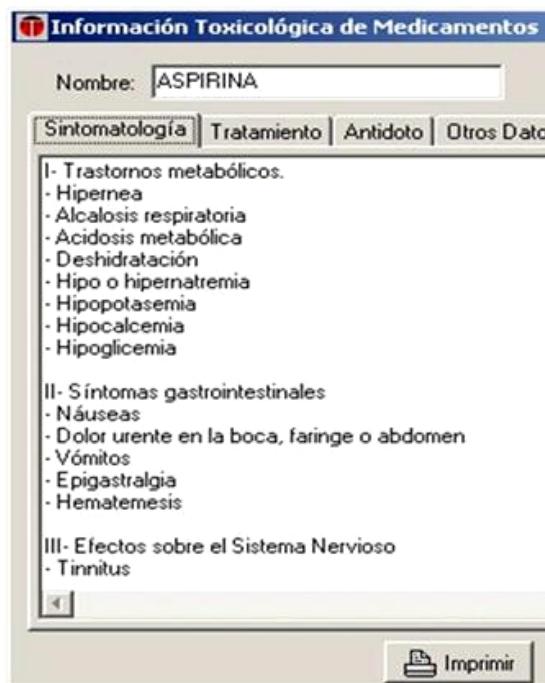


Fig. 1. INFOTOXI. Información toxicológica de Medicamentos.

Drogas de Abuso

Nombre: Cocaína	Sintomatología: Estimulación Inicial: - S.N.C: Excitación, inestabilidad emocional, dolor de cabeza súbito, contracciones de músculos pequeños especialmente en los dedos. - S.C.V: Pulso variable con tendencia a la disminución, elevación o caída de la presión arterial. - Respiratorio: Aumento de la velocidad y profundidad de la respiración.
Sinónimos: Clorhidrato de cocaína Crack Coca	Otros Datos de Interés: 1. Clorhidrato de cocaína: Obtenido a partir de la pasta base, con clorhídrico y extracción acetona-etanol, polvo cristalino blanco, de sabor amargo, muy soluble en agua, con un 89% de cocaína, no se puede fumar ya que se descompone antes de alcanzar el punto de ebullición. 2. Cocaína base pura: (sukro, basero) Se obtiene cuando después de una
Antídotos: No existen	

Fig. 2. INFOTOXI. Información toxicológica de drogas de abuso.

Datos de Productos del Hogar

Nombre: CRESOL	Sinónimos: Cresol Cresolin
Fórmula: H ₂ SO ₄	Tratamiento: 1- Estabilización: a) Tratar las complicaciones (trastornos renales, arritmia ventricular, convulsiones, acidosis metabólica) mediante la estabilización de la respiración y circulación con ventilación, intubación, fluidos y monitoreo cardiaco. 2- Descontaminación:
Sintomatología: Sudoración profunda, náuseas, vómitos, diarreas, excitación, hipotensión, hemólisis, cianosis, estupor, coma, convulsiones, edema pulmonar y neumonía. Si la muerte no es inmediata puede aparecer ictericia, oliguria y anuria.	Otros Datos de Interés: Es un compuesto fenólico que altera y precipita las proteínas celulares. Los hallazgos patológicos más comunes producidos por Fenol o compuestos relacionados son necrosis de las mucosas, daño cerebral y cambios degenerativos hepáticos.
CONSIDERACIONES: No existe	Dosis letal: 2g
Antídotos: No existe	

◀ ▶ + ☰

Nombre	Fórmula Química
TINTE NEGRO PARA CABELO	
CRESOL	H₂SO₄
KEROSENO	No
DETERGENTE	
ANUBAC	

Fig. 3. INFOTOXI. Información toxicológica de productos del hogar.

Surge por la necesidad de contar con una base de datos capaz de almacenar la siguiente información:

- Toxicidad de medicamentos.
- Plaguicidas.
- Otros productos químicos y naturales con los que el hombre interactúa diariamente.

GERISOFT

Instalado y funcionando en el CITED y otros servicios geriátricos del país y fuera del país.

En el nivel de atención primaria de salud se enfoca al adulto mayor. Permite el seguimiento longitudinal de los pacientes, identificando pacientes en potencial estado de fragilidad. Facilita la confección de la Historia Clínica Geriátrica. Permite la evaluación del estado de salud y brinda un diagnóstico inteligente automatizado que alerta sobre futuros problemas de salud, factores de riesgo de enfermedades y/o discapacidades.

Genera datos estadísticos de gran utilidad para el análisis de la situación de salud de la población atendida. Suma a los exámenes periódicos o pesquisajes, las consultas intermedias, pudiendo confeccionar una historia clínica geriátrica más completa. Brinda un sistema de recomendaciones capaces de asesorar al profesional interesado en las medidas más adecuadas para evaluar, tratar y/o rehabilitar los problemas que sean detectados, haciendo énfasis además en los riesgos para la salud de estas personas.

También es considerado como una herramienta útil para:

- La toma de decisiones del profesional.
- El establecimiento de un plan de manejo coherente al paciente.
- Ordenar los problemas del paciente y alerta sobre futuros problemas, factores de riesgo de enfermedades y/o discapacidades.
- Permitir la recuperación de información para estudios epidemiológicos de la población seleccionada.

En el Informe del Diagnóstico del Paciente se ordenan de forma automatizada los problemas del paciente, lo que permite evaluar el estado funcional de salud en poblaciones de ancianos, ofreciendo la facilidad de emitir informes especializados al médico, al paciente o cuidador con vistas a alertar sobre futuros problemas de salud, factores de riesgo de enfermedades y discapacidades. Se actualiza el diagnóstico del paciente aplicando las reglas de inferencia definidas según las variables de entrada recogidas en cada caso.

SEAA

El Sistema de Ayuda al Diagnóstico en Asistencia Primaria (SEAA) es un sistema inteligente destinado al médico de cabecera y cuyo propósito es auxiliarlo en el diagnóstico clínico de alrededor de 700 enfermedades y síndromes que abarcan los

diferentes aparatos comprendidos en la anatomía humana (digestivo, respiratorio, cardiovascular, locomotor, endocrino, neurológico, etc.).

Es utilizado por algunos médicos del país en estos momentos como un sistema de ayuda diagnóstica en la asistencia primaria. Como sistema inteligente, a partir de los síntomas iniciales referidos por el paciente como motivo de la consulta, de los antecedentes personales y familiares extraídos de la Historia Clínica y del interrogatorio correspondiente a la investigación semiológica de los mismos, así como eventualmente de otros síntomas revelados durante el proceso, el sistema confirma o descarta un conjunto de diagnósticos presuntivos.

Estos orientan la fase de examen físico del paciente, en la cual se detectan los signos que confirmarán/o no dichos diagnósticos. De aquí emerge un conjunto de diagnósticos plausibles caracterizados por su grado de certidumbre, los cuales son presentados al médico para su consideración.

O sea, se puede decir que el SEAA trata de simular el comportamiento de un doctor durante la consulta a un paciente, pues la estrategia que sigue y la forma en que subdivide el problema para su solución, han sido extraídas de expertos en Medicina Interna con larga y amplia experiencia; y reflejan lo más estándar posible la forma de razonar de un médico durante la consulta a un paciente. Se muestra la pantalla inicial del Sistema en la figura 4.



Fig. 4. Pantalla Inicial del SEEA.

El Sistema está desarrollado para Windows sobre Borland C++ V4.0. De ningún modo pretende suplantar al experto humano, sino por el contrario, auxiliarle en su actividad diaria como un "colega" inteligente, siempre metódico, sistemático y con el mismo nivel de objetividad.

Aproximará el o los diagnósticos más probables presentados por el paciente. Sugerirá, además, los diagnósticos dentro de cada partición. Emplea combinadamente proposiciones, relaciones contextuales, reglas de producción, meta reglas, variables de múltiples tipos, entre otros.

Cuenta además con estructuras que permiten representar la elaboración de las conclusiones por parte del Sistema, así como la posibilidad de combinar los modelos simbólicos con los formales a partir de la vinculación con las bases de conocimiento de un número no limitado de programas externos que pueden intercambiar con las máquinas de inferencia (el Sistema tiene dos) informaciones de muy diversos tipos.

A esto se añade la posibilidad de manejar internamente imágenes y señales digitales como parte del cuerpo de las evidencias provenientes de un caso a consultar y de incorporar una forma de razonamiento no monótono.

En todo momento el Sistema podrá ofrecer aclaraciones y explicaciones acerca de los conceptos requeridos y de la inferencia realizada, lo que facilitará su utilización por una amplia gama de usuarios.

Estructura de la Base de Conocimiento

El razonamiento se realiza según el modelo que siguen los expertos durante una consulta médica, por el motor de inferencia mediante una combinación de estrategias de control que operan jerárquicamente y que incluyen aquellas generales con las que opera la máquina principal, las definidas intrínsecamente por la formas de representación del conocimiento utilizadas y las dadas por las clásicas backward-chaining, forward-chaining y su combinación.

La Base de Conocimiento está estructurada en 14 dominios que contienen en diversas particiones el conocimiento relacionado con los Aparatos y Sistemas médicos.

La FRC (forma de representación del conocimiento) es basada en reglas. O sea, SEAA es un sistema experto basado en reglas de producción o de inferencias cuya unidad básica la constituyen las proposiciones. (Fig. 5).

SI (premisas) **ENTONCES** (conclusión) (**SI** A **ENTONCES** B).

SI (El paciente presenta disnea) **Y** (El paciente presenta tos) **ENTONCES** (El paciente presenta enfermedad respiratoria).

Fig. 5. Ejemplo de Regla de producción.

Tenemos que una proposición se refiere a un enunciado que puede ser verdadero o falso, generalmente una oración enunciativa. Por ejemplo:

- El paciente tiene disnea.
- El paciente presenta tos.
- El paciente es masculino.
- La edad del paciente está entre 40 y 50 años.

SEAA no solo manipula sus proposiciones teniendo en cuenta si son absolutamente verdaderas o falsas, sino que tiene en cuenta, además, el grado de certeza (certidumbre) con que se afirma o se niega cada proposición cuando existen dudas.

Por ejemplo, el doctor que utiliza el SEAA está consultando a un tercero y escucha las evidencias que refiere, sobre el paciente. Entonces, al presentarle la proposición "El paciente presenta disnea", duda de la respuesta dada por esa tercera persona. Puede decir que está "casi seguro de que tiene disnea" y ese nivel de vaguedad lo manipula el sistema. Incluso, puede responder que "no sabe nada" y con eso la máquina de inferencia sigue buscando diagnósticos.

Mecanismo de inferencia

El Sistema cuenta con dos máquinas de inferencia que funcionan a diferentes niveles de abstracción. Una primera encargada del procesamiento del conocimiento específico y una segunda a un nivel mayor, encargada de procesar el metaconocimiento y realizar razonamiento estratégico. Es importante señalar que esta segunda máquina de inferencia funciona sobre la base de la programación cognitiva, de modo que el ingeniero del conocimiento modela el problema a resolver y programa ese conocimiento.

Desde el punto de estrategias de control internas pueden emplearse a voluntad el *backward chaining*, *forward chaining* y una combinación de ambos. A esto debemos añadirle el control ejercido por las representaciones del conocimiento durante la inferencia como la estructura de dominios y particiones, además de las relaciones contextuales entre proposiciones y reglas, las meta reglas y las acciones colaterales.

Backward chaining. Modo de razonamiento que parte de una situación para volver a los hechos. Establecida una hipótesis se razona de manera retrospectiva para su comprobación.

Forward chaining. Modo de razonamiento que parte de los hechos iniciales que describen un problema para llegar a una conclusión.⁸

El Sistema posee un potente sistema de ayuda al cual se puede acceder en todo momento; ofrecerá aclaraciones y explicaciones acerca de los conceptos requeridos y de la inferencia realizada.²

Una *consulta* al SEAA se define por un proceso que consta de tres etapas, transparentes al usuario, que se denominan:

- Orientativa
- Sistemática
- Examen Físico

A partir de los síntomas que el paciente refiere como motivo de consulta, se realiza un interrogatorio detallado de los mismos, y unido a los antecedentes personales y familiares permite al sistema orientarse hacia los aparatos que pudieran estar afectados, concluyendo la fase *Orientativa*.

Posteriormente se pasa a profundizar en la investigación de las enfermedades, dando prioridad a aquellas que sean más plausibles de acuerdo a la información suministrada. Este proceso puede implicar un conjunto de preguntas y por consiguiente generar una lista de conclusiones parciales (diagnósticos), dando por terminada la etapa *Sistématica*.

En la etapa final de la consulta el médico debe brindar información sobre el *Examen Físico*, obteniéndose las conclusiones finales del sistema que se corresponde con una lista de diagnósticos ordenados de acuerdo al grado de certeza.

El sistema consta de un conjunto de opciones que forman parte de un menú principal:

1. Consulta: Agrupa un conjunto de acciones dirigidas a la inicialización de una consulta.

2. Rectificar: Brinda la posibilidad de corregir la respuesta a cualquiera de las preguntas que se hayan realizado con anterioridad.

3. Conclusiones: Visualiza las conclusiones del sistema. Conjunto de diagnósticos.

 - **Parciales:** Diagnósticos parciales, se obtienen al concluir la etapa sistemática.

 - **Finales:** Diagnósticos finales, se obtienen al concluir la consulta.

4. Opciones: Facilidades generales del sistema.

 - **Sistema Explicatorio:** Brinda información sobre los datos que han influido o no en un resultado específico y un resumen de toda la información que se ha dado hasta el momento.

 - **Salvar el caso:** Salva el interrogatorio y las conclusiones que se han dado durante una consulta, almacenándose esto como un caso. Posteriormente este caso puede ser revisado o reevaluado suministrándoselo al SEAA mediante la opción "Cargar Caso".

5. Fin.

6. Ayuda: Brinda una ayuda explícita de las diferentes opciones y posibles respuestas que el sistema contiene y admite, respectivamente.

Se muestran ejemplos de pantallas del sistema en las figura 6 y 7.

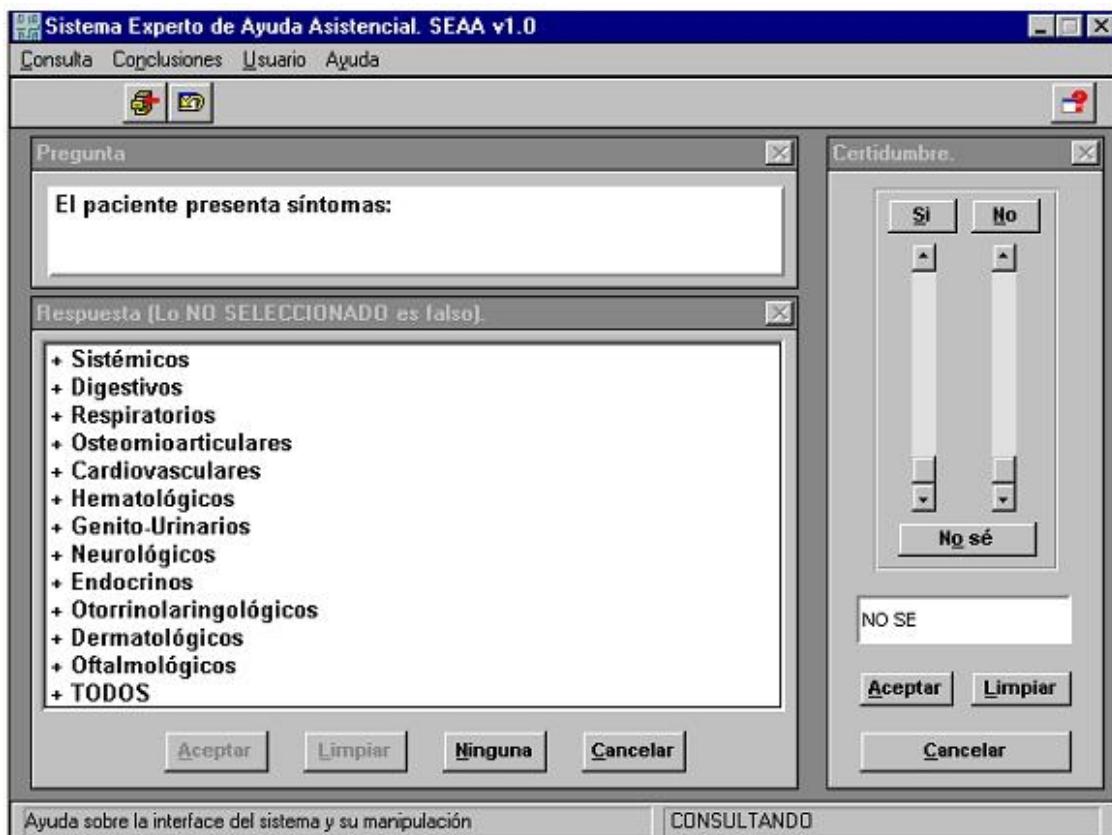


Fig. 6. Pantalla del SEAA sobre síntomas del paciente.

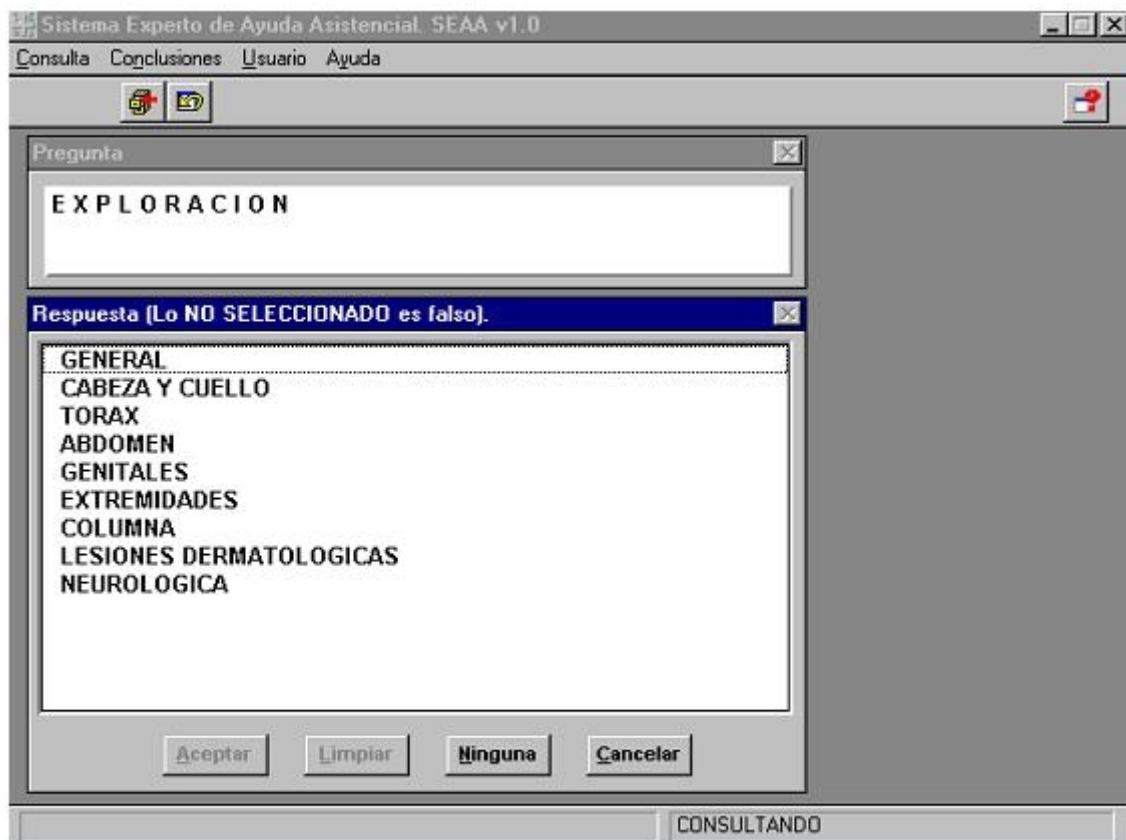


Fig. 7. Pantalla del SEAA sobre exploración del paciente.

Desde el punto de vista técnico podemos decir que todas las herramientas computacionales necesarias para la adquisición y manejo del conocimiento, han sido diseñadas y elaboradas en su totalidad por el equipo de realización del SEAA. Para ello fue necesario implementar previamente una biblioteca (BIBSE) que permite la creación de las distintas partes de la Base de Conocimiento, así como la relación entre todos los elementos que la conforman.

La Base de Conocimiento está estructurada en 14 *dominios*, donde cada uno contiene diversas *particiones* con el conocimiento relacionado con los Aparatos y Sistemas médicos, así como con el modelo de razonamiento médico en el momento de acometer la consulta de un paciente.

El Sistema brinda los siguientes beneficios:

- Facilita el acceso al conocimiento de especialistas en el diagnóstico efectivo de diversas enfermedades, para su apoyo en la toma de decisiones.
- Constituye un potente y eficaz medio de enseñanza y perfeccionamiento en el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades en él recogidas.
- Permite con su utilización y estudio elevar el nivel profesional de los usuarios del mismo.
- El Sistema posee un potente sistema de ayuda, al cual se puede acceder en todo momento, que ofrece aclaraciones y explicaciones acerca de los conceptos requeridos y de la inferencia realizada.
- Aunque funciona de forma independiente está concebido para comunicarse con un gran Sistema de Información donde se recogen todos los aspectos relacionados con el paciente por lo que constituye un soporte de ayuda a este Sistema y de retroalimentación constante.

CONCLUSIONES

Con el uso de los Sistemas Expertos el proceso de diagnóstico en las Aplicaciones Médicas se ha contemplado como un proceso de diseño de clasificadores, que dependiendo de los datos disponibles y del conocimiento experto introducido en el sistema, esta acción conjunta puede resultar más efectiva que la individual del profesional de salud.

Es necesario continuar el desarrollo de aplicaciones de apoyo al diagnóstico médico, evaluar el real impacto y efectividad de su introducción en la práctica médica y definir para las nuevas versiones de estos sistemas, que no solo mejoren sus funcionalidades, sino también su arquitectura general y diseño acorde a las políticas establecidas en el país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Koch C. Christof Koch forecasts the future. [citado el 6 Oct. 2012]. Disponible en: <http://www.newscientist.com/channel/opinion/science-forecasts/dn10626-christof-kochforecasts-the-future.html>
2. Valdés JJ, Hita R, Peón K, García Y, Hernández D, Paredes R, Rodríguez A. Sistema de Ayuda en Asistencia Primaria [aplicación informática]. Softel; 1998. [citado el 12 Oct. 2012]. Disponible en: <http://citeseer.comp.nus.edu.sg/47031.html>
3. Clemmer TP. Informática Médica en la unidad de cuidados intensivos: estado de la cuestión 1995. Rev. Calidad Asistencial; 1996:100-108.
4. Ramos Negrín Y, Guerra Martínez R, Fernández Sánchez KL. Sistema Experto para el Diagnóstico y Tratamiento de Fibroma Uterino [tesis]. Cuba: Universidad de las Ciencias Informáticas; 2006.
5. Trias Capella R. Inteligencia artificial en medicina. Estado actual y perspectivas. [citado el 12 Oct. 2012]. Disponible en: <http://www.somece.org.mx/memorias/2002/Grupo2/Rodriguez.rtf>
6. Montes Castro J. Sistemas Expertos (SE). [citado el 12 Ago. 2002]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos16/sistemas-expertos/sistemas-expertos.shtml>
7. Arcia Montes de Oca J. Modelo de un Sistema Basado en Casos para el diagnóstico del Síndrome de Maloclusión. [citado el 12 Ago. 2002]. Disponible en: http://www.uvfajardo.sld.cu/Members/joel_arquia/plonearticlemultipage.2007-01-04.6812930506/3-2-modelo-de-la-maquina-de-inferencia
8. Glosario de Terminología Informática. [citado el 12 Ago. 2002]. Disponible en: <http://www.tugurium.com/gti/termino.asp>

Recibido: 10 de noviembre de 2012.

Aprobado: 18 de noviembre de 2012.