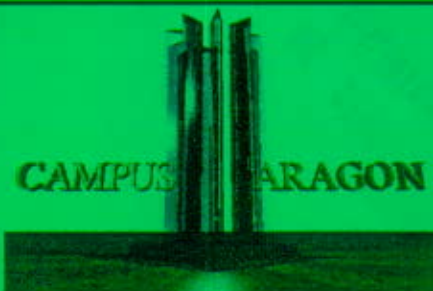


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

17
2 ej.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN



SISTEMA INTEGRAL DE DIAGNÓSTICO, TRATAMIENTO Y MEDICINA
PROFILÁCTICA EN EL ÁREA DE DERMATOLOGÍA

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN COMPUTACIÓN

ACOMPANADO DE 4 DISQUETTES 3.5"

PRESENTAN:

ARTURO DÁVALOS ALONZO

MANUEL ALEJANDRO SORIANO FERREYRA

ASESOR:

ING. AMILCAR MONTERROSA ESCOBAR

SAN JUAN DE ARAGÓN, EDO. DE MEX.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

264220

1998



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A MIS PADRES:

*Sr. Alejandro Soriano Franco
Sra. Graciela Ferreyra de Soriano*

Con todo mi amor y eterno agradecimiento por sus esfuerzos y grandes sacrificios con los que hicieron que yo lograra alcanzar esta meta.

A MI ABUELA:

Sra. Ma. Elena Cañibe Angeles

Que con todo su cariño y su gran apoyo moral y económico, además de sus esfuerzos y sacrificios, logré llegar hasta donde ahora estoy.

A NUESTROS HERMANOS:

Ya que de una o de otra forma nos ayudaron en el transcurso de nuestra carrera y con su confianza depositada en nosotros.

A NUESTROS AMIGOS:

Con todo el cariño y respeto que todos se merecen. Gracias por sus consejos y estímulos que nos ayudaron a sobresalir.

A NUESTRO ASESOR:

Sr. Amílcar Monterrosa Escobar

Con agradecimiento ya que contribuyó con un granito de arena con sus conocimientos para llevar a cabo este trabajo.

Gracias a ELLAS que con su confianza y apoyo que siempre nos demostraron, logramos salir adelante.

GRACIAS:

A los doctores del Hospital General de la Ciudad de México, que sin ningún interés y sus grandes conocimientos participaron para llevar a cabo este trabajo.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	11
2.1 INTRODUCCIÓN.....	11
2.2 DEFINICIÓN	13
2.3 AREAS QUE INTEGRAN LA IA	13
2.4 ANTECEDENTES HISTÓRICOS	17
2.5 VENTAJAS DEL USO DE LA IA PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS	26
2.6 APLICACIONES DE LA IA.....	27
2.7 ASPECTOS GENERALES.....	29
2.8 BENEFICIOS DE LA IA EN EL DIAGNÓSTICO MÉDICO	30
3. SISTEMAS EXPERTOS.	32
3.1. DEFINICIÓN DE UN EXPERTO.....	32
3.2. DEFINICIÓN DE UN SISTEMA EXPERTO.....	33
3.3. DESARROLLO HISTÓRICO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS	36
3.4. ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS EXPERTOS.....	39
3.4.1 <i>Base de Conocimientos</i>	40
3.4.2 <i>Motor de Inferencia</i>	40
3.4.3 <i>Base de Hechos</i>	49
4. DERMATOLOGÍA	50
4.1 ANTECEDENTES	50
4.2 LA PIEL.....	52
4.3 ESTUDIO DE UN ENFERMO.....	53
4.3.1 <i>Examen de la dermatosis</i>	54
4.3.2 <i>Resto de la piel y anexos</i>	57
4.3.3 <i>Diagnóstico previo</i>	57

4.3.4 Interrogatorio orientado.....	57
4.3.5 Estudio completo del paciente.....	58
4.3.6 Laboratorio.....	58
4.3.7 Diagnóstico.....	58
4.3.8 Tratamiento.....	59
4.4 LA COMPUTADORA EN EL CONSULTORIO.....	59
4.5 SISTEMAS DE DIAGNÓSTICO PROBABILÍSTICO.....	61
4.6 EDUCACIÓN MÉDICA POR COMPUTADORA.....	63
4.6.1 Adiestramiento clínico.....	66
4.7 MODELOS UTILIZADOS EN EL DIAGNÓSTICO AUTOMÁTICO.....	67
4.7.1 Modelos correlativos.....	67
4.7.2 Modelos de la teoría de la medicina.....	69
5. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA EXPERTO PROTOTIPO.....	70
5.1 IDENTIFICACIÓN DEL DOMINIO DEL SISTEMA.....	70
5.2 ELECCIÓN Y ADQUISICIÓN DE LA FUENTE DE CONOCIMIENTOS.....	72
5.3 ORGANIZACIÓN DE LA BASE DE CONOCIMIENTOS.....	75
5.3.1 Bases de Datos Relacionales (BDR).....	75
5.4 TIPO DE MOTOR DE INFERENCIA.....	80
5.4.1 Lenguaje SQL.....	81
5.5 INTERFACE GRÁFICA USUARIO – EXPERTO.....	82
5.6 INTERFACE HIPERTEXTO EN MEDICINA PROFILÁCTICA.....	83
5.7 HISTORIA CLÍNICA.....	86
6. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA “DERMA”.....	88
6.1 INTRODUCCIÓN.....	88
6.2 SISTEMA EXPERTO “DERMA”.....	90
6.3 DESARROLLO DE “DERMA”.....	92
6.3.1 Ambiente gráfico (Windows '95).....	92
6.3.2 Lenguaje de programación orientado a objetos (Delphi 3.0).....	93

6.3.3 Base de datos relacionales (<i>Paradox</i>).....	94
6.3.3 Componentes desarrolladas para <i>Delphi</i>	95
6.4 PARTES QUE INTEGRAN A “DERMA”	95
6.4.1 Base de conocimientos.....	96
6.4.2 Motor de Inferencia.....	104
6.4.3 Interfaz de experto.....	107
6.4.4 Interfaz de usuario.....	107
6.4.5 Interfaz de medicina profiláctica.....	108
6.4.6 Interfaz de manejo de historias clínicas.....	108
6.5 MANEJO DEL SISTEMA	108
6.5.1 Pantalla Principal o de Trabajo.....	109
6.5.2 Uso del Navegador.....	109
6.5.3 Pantalla Administra.....	110
6.5.4 Pantalla Premisas.....	111
6.5.5 Pantalla Tratamientos Medicamentos.....	112
6.5.6 Pantalla Medicina Profiláctica.....	113
6.5.7 Pantalla Diagnóstico (<i>Encadenamiento hacia atrás</i>).....	114
6.5.8 Pantalla Diagnóstico (<i>encadenamiento hacia adelante</i>).....	118
6.6 EVALUACIÓN DEL SISTEMA	120
6.5 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	121
7. CONCLUSIONES	123
ANEXOS	127
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	133
LIBROS Y TESIS.....	133
REVISTAS Y PERIÓDICOS.....	134
REFERENCIAS DE INTERNET.....	134

1. INTRODUCCIÓN

Cuando apareció el estetoscopio, en Europa se habló de la deshumanización de la medicina por usar un aparato que substituía el contacto humano, y de que esa herramienta haría mejores médicos; pero el resultado no fue ni lo uno ni lo otro, porque ese instrumento es ahora un símbolo de la medicina, pero que no asegura a quien lo emplee la elaboración de un buen diagnóstico. Sin duda pasará lo mismo con las nuevas tecnologías aplicadas en la preservación de la salud.

Visitar los laboratorios y centros de diagnóstico de los más importantes hospitales de México, representa un encuentro con la moderna tecnología que se ha puesto a disposición de una de las labores más notables del ser humano: salvar la vida de otros.

El uso de sistemas computarizados en el área médica data de principios de los años setentas con la introducción de la tomografía computarizada y la medicina nuclear. En el curso de los años, nuevas tecnologías de imágenes digitales han sido desarrolladas tales como la substracción angiográfica y la resonancia magnética.

La introducción de estas nuevas tecnologías ha requerido realizar ciertos cambios en el medio hospitalario. Extensos programas de capacitación del cuerpo médico han sido necesarios a fin de asegurar la utilización correcta de los instrumentos. La utilización de nuevas tecnologías de imagen digital ha creado la necesidad de una mejor administración en el almacenamiento y distribución de grandes volúmenes de información (imágenes). Esto, en

consecuencia, ha requerido una revisión de los procedimientos de administración de los recursos hospitalarios y cuidados procurados a los pacientes.

En algunos casos, el empleo de las nuevas tecnologías ha dejado de ser una opción y se ha convertido en una obligación para los doctores, porque puede significar la oportunidad de reducir el riesgo implícito en procedimientos tradicionales.

La tecnología es una parte del concepto general del sistema de salud, por eso se requiere que quienes se encargan de planear los servicios consideren todos los elementos. Por ejemplo, si el hospital tiene mucha demanda por cierta tecnología, tal vez deba considerar que el equipo no será rentable en los primeros seis meses, pero que en tres años estará más que pagado, así ofrecerían los servicios a un costo menor y beneficiarían a más seres humanos.

Los Sistemas Expertos es uno de los temas más candente en la informática actual; el interés por él es grande y raro es el mes en el que no aparece un libro o simplemente salen a la luz una veintena de artículos sobre el tema.

En un principio, cada usuario construía su Base de Datos utilizando lenguajes de alto nivel, más o menos adaptados a este fin. Después aparecieron paquetes de aplicación en los que apenas hacen falta conocimientos de informática para manejarlos con eficacia, lo que motivo una gran difusión de

los mismos. Pero actualmente es necesario el particularizar el objeto de estudio del sistema.

La resolución de problemas es una de las constantes que han acompañado al hombre desde sus orígenes. La Medicina es una de las actividades donde la experiencia y la solución del problema es fundamental, debido a que si no se consideran las diferentes posibilidades en un diagnóstico provocaría efectos no deseados y en ocasiones contraproducentes, por eso la necesidad de generar un sistema experto enfocado a esta área.

No es nada raro conocer a una persona a la cuál se le hizo un mal diagnóstico, provocando una complicación en su enfermedad, y si la suerte estuvo de su lado, logró superar su verdadero padecimiento; de esta experiencia y platicando con médicos interesados en el tema nació la idea de enfocar nuestro trabajo de tesis y dirigirlo a todas aquellas personas que deseen ocuparlo o simplemente conocer sobre las enfermedades cutáneas.

El tema principalmente es el diagnóstico de enfermedades de origen dermatológico, con el propósito fundamental de entender el padecimiento y de esta forma lograr la detección, prevención y rehabilitación de la enfermedad, tratando así de poder lograr un diagnóstico y tratamiento eficaz en base a una terapia médica para evitar la evolución, o en su caso, retardar la gravedad de las complicaciones metabólicas.

La idea básica que nos ha inducido a elaborar este trabajo ha sido la constatación de que cada día, son más las personas y médicos que se

interesan por tener un mayor conocimiento sobre el tratamiento de las enfermedades.

Como es conocido existen muchos trabajos de divulgación médica sobre el tema, hasta el extremo de que, a veces resulta difícil escoger y decidirse por una en concreto; algunas pecan de superficialidad y otras, por el contrario, por ser demasiado exhaustivas para un lector.

Nuestra tarea es el ofrecer un sistema del cual no existe precedentes, integrando cualquier objeto del tipo OLE buscando una mejora en el diagnóstico, además de pretender ser un sistema educativo, advirtiendo que para enfermedades como éstas es necesario la consulta de un especialista.

En el ejercicio diario de la profesión de médico se puede comprobar constantemente la falta de cultura sanitaria básica que padece la población. Si el médico se limita a sus términos técnicos y no toma en cuenta la diferentes posibilidades puede provocar una complicación en el padecimiento del paciente.

Algunos médicos conscientes de su labor, no sólo asistencial sino también educadora de la sociedad, y conscientes también de su propia limitación y de la absoluta necesidad de la cooperación del enfermo, se lanzan a la aventura de explicar cómo es el organismo y en qué consiste la enfermedad, mostrando esquemas que hacen comprender al paciente su estado y la necesidad de tratarse y seguir el tratamiento.

Realmente, la medicina profiláctica (medicina educativa), tiene ya una gran importancia, de ahí la importancia de educar a la población en general, que no supone más que una información clara y concisa que ayude a las personas a cuidar su organismo o por lo menos conocerlo.

Uno de los aspectos de la obra que más nos ha preocupado y al que hemos intentado prestar más atención ha sido el lenguaje. Hemos procurado utilizar solamente la terminología médica imprescindible. La segunda preocupación han sido las imágenes. Estamos acostumbrados actualmente a un mundo de imágenes, a través de las cuales asimilamos rápidamente temas o cuestiones que antes considerábamos áridos y aburridos. Las imágenes, cuidadosamente escogidas, buscan en todo momento un valor didáctico sin perder el valor profesional.

Creemos, que para nuestros hijos y los hijos de nuestros hijos alcancen esta envidiable calidad de vida, debemos nosotros, los médicos, los padres, los educadores, tener acceso no sólo a temas científicos y en ocasiones demasiado técnicos o profundos, sino también de trabajos sencillos que nos ayuden a hacer entendible y abordable ese tema tan complicado que puede parecer el conocimiento de nuestro cuerpo.

Los principales objetivos que perseguimos en la elaboración del trabajo son:

- Identificar el posible padecimiento según los antecedentes de la persona.
- Resolución en base a un conocimiento y la comunicación de este conocimiento al usuario.

- Ofrecer las terapias y medicamentos más recomendables para la solución del problema.
- Ofrecer un sistema educativo para conocimiento de dichas enfermedades.

Para llevar a cabo el presente documento fue necesario realizar una investigación documental de libros recomendados, además de una indagación con gente especializada en el tema.

Para la programación del sistema se utilizó el lenguaje Delphi por su facilidad de manejo y capacidad de empleo de grandes cantidades de información.

2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL



2.1 INTRODUCCIÓN

“Yo pienso que ...”, “Tú conoces acerca de ...”, “Ella es inteligente”. Ninguno de nosotros levantaría una ceja al escuchar cualquiera de estas frases en el curso de una conversación. Pero si remplazáramos el “Yo”, “Tú” y “Ella” con “La máquina”, “La computadora” o simplemente “Esto”, el efecto sería desconcertante.

De la anterior anotación surge la interrogante obra de Ada Lovelace: “¿las computadoras pueden hacer algo que no haya sido programado en ellas?”. Esta pregunta se responde con la aparición de la Inteligencia Artificial (IA). Después de muchos años de esfuerzos y aún sin lograr resultados espectaculares, la Inteligencia Artificial, ha tratado de emular la forma en que el cerebro humano actúa. Ahora es cuando se puede decir que se empiezan a ver los primeros resultados prácticos reales, con programas que reconocen lo que se escribe en su pantalla con bolígrafo, sistemas de dictado que entienden lo que el usuario habla mediante un micrófono, robots que reconocen formas y texturas, etc., y que dan una pequeña idea de lo que nos espera en un futuro no muy lejano.

“En cierta manera todos nos hemos asomado un poco a la anatomía y fisiología del cerebro. Todos nos hemos acostumbrado a la existencia de una célula, la neurona, y a la idea de que su conectividad con otras, produce una actividad inteligente. El concepto de ver al microprocesador como una neurona especializada en el tiempo nos conduce a la conclusión de que una computadora programada de manera conveniente es en realidad un cerebro distribuido en el tiempo que, potencialmente, aunque no equivalentemente, puede tener funciones como las de un cerebro con neuronas en paralelo, como es el caso de nuestro cerebro”¹.

Así, una de las mayores interrogantes de todos los tiempos es porqué las cosas han sido hechas en la forma en que existen y no de otro modo. Para que una computadora se asemeje al cerebro humano tendrá que preguntarse este tipo de cosas.

Pero las exigencias no acaban ahí; además deben reconocer un objeto en movimiento contra un fondo oscuro o difuso; identificar, reconocer y clasificar colecciones de cosas diversas, leer y escribir con letra cursiva; saber manejar información nueva, dudosa o incompleta; y, por último lo más difícil: enseñarse a sí misma concentrando su atención en los hechos importantes.

Al parecer el quehacer de la IA parece haber convergido a dos aspectos primordiales: hacer que las computadoras *ejecuten acciones*, que de ser realizadas por el hombre, se denominarían inteligentes, y de *entender* el proceso natural que ejecutan tales acciones. En la actualidad algunas de

¹ “Inteligencia aunque sea Artificial”. José Negrete Martínez.

estas acciones ya son una realidad, y son escasos los campos en donde la IA no apoye en las labores de los humanos.

2.2 DEFINICIÓN

Aún no se ha podido definir el término "Inteligencia Artificial" porque tampoco ha existido nunca una definición universalmente aceptada de la Inteligencia Humana; aún así se puede determinar que ciertas técnicas y sistemas en el campo de la informática corresponden a facetas de la Inteligencia Artificial.

Para los propósitos de este trabajo y tomando en cuenta las ideas esenciales de los autores consultados y aportando las propias, se podría decir que la IA *es un área de la ciencia que estudia la comprensión de la inteligencia para poder crear máquinas inteligentes capaces de realizar igual o mejor las tareas que realizan los humanos (o incluso que estos últimos no son capaces de realizar).*

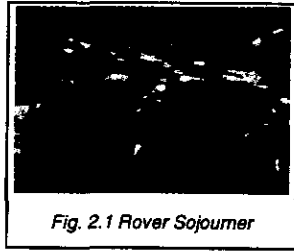
A grandes rasgos se puede decir que la IA es el resultado del afán humano por mejorar su calidad de vida y que se ha manifestado desde sus propios orígenes.

2.3 AREAS QUE INTEGRAN LA IA

Dentro de la IA, dada su gran extensión, existen muchos campos como son:

Robótica (manipulación)

“La robótica se puede decir que es la unión de todas las áreas de investigación de la computación, ya que para que una computadora (base del robot) pueda entender el entorno en el que se encuentra debe poder



ser capaz de interpretar imágenes, sonido y otros datos ambientales además de poder controlar todos sus sistemas.”²

Como ya se sabe, en la actualidad no existe todavía un robot totalmente inteligente, debido principalmente a lo difícil que es que una computadora interprete el contenido de una imagen o fuente de sonido. Estos dos campos son precisamente los que actualmente están siendo más investigados.

Sistemas expertos (razonamiento)

Es el área encargada de diseñar y desarrollar sistemas que captan el conocimiento fundamentado en la experiencia de parte de un experto, simulando el proceso intelectual del mismo (interpretación de datos, diagnóstico, corrección, monitorización, control, predicción, planificación, diseño y enseñanza).

² Revista “Sólo Programadores”, Año 3 No. 28. Análisis y Estudios de la Inteligencia Artificial

Lenguaje natural (percepción)

En esta área se intenta desarrollar sistemas que permitan a los usuarios interactuar con los sistemas computarizados por medio del lenguaje natural (el que le es propio al hombre). En este proceso se requiere además, la síntesis y análisis de la voz, el resumen y la traducción.

Visión por Ordenador (Percepción)

Es el área encargada de la identificación, inspección, localización y verificación de objetos, para lo cual en general se toma una señal analógica por algún medio óptico, se transforma en una señal digital y se manipula para que sea reconocida por una máquina.

Aprendizaje Automático (Aprendizaje)

Es el área que estudia la adquisición de nuevos conocimientos de manera automática. El principal problema radica en cómo, cuándo y qué aprender. El cerebro humano recorta el mundo que lo rodea para impedir el ingreso indiscriminado de información inútil, para ello es necesario que el sistema perciba patrones basándose en aprendizajes anteriores.

Programación Automática (Creación)

La programación automática es uno de los campos en los que no se ha evolucionado mucho, y el ideal que se persigue es el de crear un programa

que a partir de un enunciado concreto (problema), dado por el usuario, sea capaz de crear de forma automática un programa para resolver dicho problema. Actualmente existen programas en fase inicial como son el DEDALUS, el PSI y el NLPQ, los cuales dan resultados muy prometedores pese a que no son del todo concluyentes.

Tratamiento Inteligente de Información (Razonamiento)

Encargada del estudio de las formas más idóneas de manipular la información para la toma de decisiones y para lo cual se están empleando principalmente sistemas de lógica difusa.

Redes Neuronales (Aprendizaje)

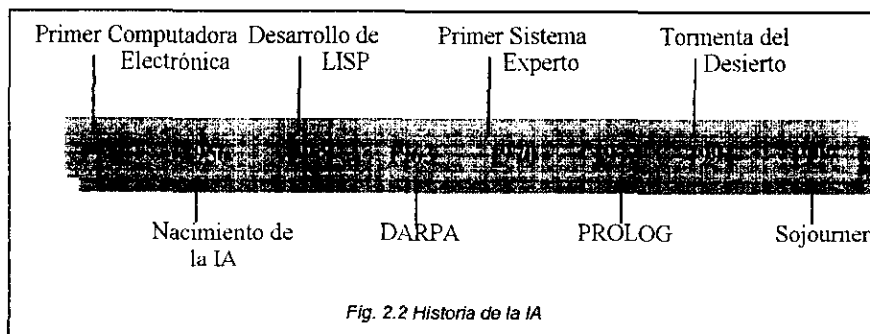
Una red neuronal es un modelo digitalizado del cerebro humano, simulado en la memoria binaria de una máquina. Esto se hace sobre neuronas artificiales, conectadas unas a otras indicando pesos que marcan la fortaleza de la conexión. Cada una de las neuronas tiene una o varias entradas, las cuales procesa y envía un mensaje digital a otras neuronas. Existen miles o millones de neuronas interligadas, dispuestas en etapas, y todas ellas forman parte de la red neuronal.

Lógica Difusa

En lógica difusa, los valores de verdad son valores reales en el intervalo cerrado $[0..1]$. Las definiciones de los operadores booleanos se extienden

ajustándose a un dominio continuo. Evitando valores discretos, la lógica de difusa evita parte de los problemas inherentes e interpretaciones naturales. La lógica difusa tiene aplicaciones principalmente en teoría de control.

2.4 ANTECEDENTES HISTÓRICOS



La posibilidad de construir una máquina que pueda rivalizar o superar la capacidad de razonamiento del cerebro humano ha atraído durante muchos años la imaginación del hombre.

Los orígenes históricos debemos buscarlos en el siglo XVI, cuando se empezaron a construir los primeros autómatas, como son el famoso Pato de Vaucanson, que era capaz de simular la digestión de un pato y mover las alas, o el autómata que simulaba una mano con bastante precisión como para poder tocar correctamente instrumentos como la flauta.

En 1825, Charles Babbage y la Condesa Ada Lovelace, investigaron sobre la creación de "calculadoras científicas" y "jugadores de ajedrez", basándose

para ello en sistemas mecánicos, aunque en realidad es que no llegaron a crear ninguna máquina operativa.

En 1915, Torres Quevedo, llegó a construir las dos primeras máquinas del mundo para jugar ajedrez y pese a que estaban muy limitadas en cuanto a posibilidades de juego, fueron un factor de motivación para otros investigadores.

En 1941 un invento revolucionó cada aspecto en el tratamiento y procesamiento de la información. Este invento desarrollado en conjunto por Estados Unidos y Alemania fue la computadora electrónica.

La tecnología representada por las técnicas de IA, han sido objeto de amplias e intensivas investigaciones desde finales de la década de 1950. Las investigaciones referidas comenzaron en el área de lenguajes para apoyar el razonamiento simbólico. Mucho antes de la invención de la computadora ya se daban las primeras conjeturas: el profesor Alan M. Turing (Fig. 2.3), propuso la cuestión *¿Puede una máquina pensar?* a los pensadores de los años treinta, de ahí salieron muchas propuestas y teorías contrapuestas.



Turing publica la revista *Computing Machinery And Intelligence*, donde proponía una prueba para el reconocimiento del comportamiento inteligente.

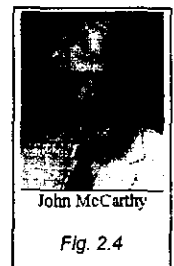
Esta prueba consistía en evaluar el éxito de un programa de IA. El procedimiento es que un entrevistador se comunica vía textual de entrada y

salida con un sistema de IA y con otra persona que participa en la prueba. El entrevistador no se da cuenta cuál respuesta viene de la computadora y cuál de la persona. Si después de hacer suficientes preguntas el entrevistador no puede diferenciar entre el hombre y la máquina, entonces el sistema pasa la prueba y se estima que es exitoso.

Aunque la prueba de Turing sea interesante, en especial desde el punto de vista filosófico, afortunadamente cualquier sistema de IA es de gran utilidad práctica aún si no pasa tal prueba.

El lenguaje de programación IPL II (Information Processing Language) desarrollado por Alled Newell, S. C. Shaw y Herbert Simon en 1955, es el primer lenguaje simbólico para procesamiento de listas y se empleó ampliamente en las primeras implementaciones de IA. Newell y Simon posteriormente, en los años sesenta, publican el libro *Human Problem Solving*.

En 1956, año que se considera el nacimiento de la IA, se establece la primera definición atribuida a John McCarthy (Fig. 2.4), investigador del Dartmouth College en Hanover, New Hampshire. El mismo McCarthy, en 1958, desarrolla el lenguaje más popular dedicado a implantaciones de IA, al que nombró LISP.



La primera red neuronal fue diseñada por Frank Rosenblatt en 1957 en la Universidad de Cornell, tuvo la característica de poder ser entrenada para

ejecutar clasificaciones sencillas de patrones visuales, lo que llamó perceptrón. Este mecanismo comenzó a escribir sus propios programas computacionales de acción, basándose en la información provista por el entrenador, en la que se informaba cuáles nodos de salida estaban dando la respuesta correcta y cuáles no.

Para 1961, el profesor Donald Michie, uno de los principales exponentes de Gran Bretaña, describió una "máquina" compuesta de trescientas cajas de cerillas a la que podía "enseñarse" a jugar al juego de "tres en raya".

En el mismo año, se desarrollan programas con fundamentos de IA para la solución general de problemas, pero la gran mayoría se enfocaban a los juegos, principalmente el ajedrez.

En 1963, MIT recibe la cantidad de 2.2 millones de dólares de parte del gobierno de los Estados Unidos para usarlos en el desarrollo de la IA (Fig. 2.5).



Fig. 2.5

En 1964, aparece ELIZA, un programa de Joseph Weizenbaum, siendo el primer sistema capaz de reconocer un conjunto limitado del lenguaje del hombre. Este es uno de los programas que aparecen en esa época y que se

distinguen por estar vinculados con aspectos como el lenguaje natural, la traducción automática de textos y la percepción visual.

En 1970, Paul Werbos descubre la retroprogramación que es una versión del esquema de entrenamiento del perceptrón. Se trataba de una red neuronal multicapas que en teoría podría resolver cualquier problema que se le plantee en lo que se refiere a reconocer esquemas. Se le emplea para reconocer el lenguaje hablado, leer escritura, controlar robots en las fábricas, diagnosticar problemas en los automóviles y asesorar en operaciones bursátiles.

En el mismo año, se desarrolla PROLOG (PROgramming LOGic) obra de Alain Colmerauer y sus colegas de la Universidad de Marsella, convirtiéndose en el lenguaje de programación más popular entre los investigadores de Europa.

En esta década aparece MYCIN que es un sistema experto formado esencialmente por máquinas inferenciales y reglas, su modesto objetivo ha sido simplemente prescribir el mejor antibiótico posible a un enfermo infectado. Dicho proyecto cuenta con tres módulos principales: el módulo consultor, el módulo explicador y el módulo de adquisición de conocimientos.

Desde ese tiempo ha quedado claro que un sistema experto que no explica su pericia no es un experto real, por esto MYCIN no sólo produce el diagnóstico, sino lo explica, y además fundamenta las reglas con la literatura o autoridad que las sustenta. MYCIN ha producido muchos derivados;

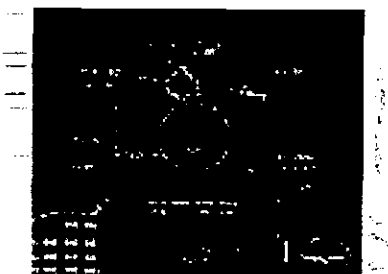
muchas ideas colaterales se han originado de él y desde luego ha inspirado a muchos investigadores a la construcción de nuevos sistemas expertos.

Una variedad importante de búsquedas inteligentes fue desarrollada a mediados de la década por dos investigadores de la Universidad de Carnegie-Mellon: A. Newell y H. Simon. Estos investigadores diseñaron algo que entonces fue muy estimulante para la IA, ya que generó una gran cantidad de trabajo intelectual: el RGP. Esencialmente un Resolvedor General de Problemas (GPS) es un programa que tiene un grado de complejidad ya que la búsqueda no es una búsqueda directa de soluciones sino de métodos que van acercando el estado inicial a la solución.

En 1987, nace ART que es la red neuronal más avanzada de esa época. Cuenta con cuatro componentes principales: una RAM, una ROM para almacenar categorías, un subsistema de atención para centrarse en rasgos importantes de los patrones de insumo, y una de reorientación que impide que la memoria aprenda patrones sin importancia.

Una nueva tecnología en Japón se empieza a desarrollar. La lógica difusa, encabezada por Estados Unidos tiene la habilidad única de tomar decisiones bajo condiciones inciertas.

El uso de la IA se hizo presente durante la guerra "Tormenta del Desierto". Los sistemas estuvieron utilizando tecnologías basadas en IA, sistemas de misiles, ojivas inteligentes y otros adelantos (Fig. 2.6).

*Fig. 2.8*

La IA también hizo la transición para el hogar, con la popularidad del crecimiento de la computadora de IA, el interés del público también ha crecido. Las aplicaciones para la Apple Macintosh y computadoras compatible de IBM, ofrecen aplicaciones de reconocimiento de voz y caracteres.

En 1996, el campeón de ajedrez Garry Kasparov, compitió con un sistema de computación en paralelo de IBM (Deep Blue). La computadora se encontraba en Nueva York y usaba Internet para transmitir los movimientos. Claramente la computadora era capaz de competir con el campeón internacional de ajedrez. Deep Blue podía buscar de 50 a 100 billones de posiciones en tres minutos que cada jugador tenía para tirar. Esta es una cantidad increíble de procesamiento, que Kasparov no podía utilizar. Kasparov era capaz de competir con la computadora debido a que los jugadores humanos utilizan un método complejo propio donde seleccionan el mejor movimiento, incluyendo la intuición y experiencia. Deep Blue por otra parte, utilizaba un algoritmo mucho más simple de búsqueda y de evaluación, pero lo combinó con un poder de procesamiento enorme.

El año de 1997 es uno de los más exitosos en la aplicación de la IA. En el 30 aniversario de la exploración robótica de Marte, la NASA seleccionó el nombre "Sojourner" (Fig. 2.7) para el primer robot que explora el planeta rojo. Es el 4 de julio cuando el módulo de aterrizaje bajó a la superficie marciana. Debido a la magnitud del acontecimiento dedicaremos más líneas al evento.

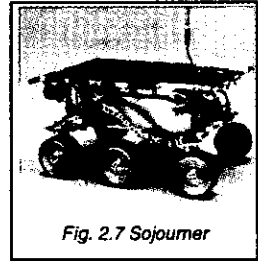


Fig. 2.7 Sojourner

Sojourner es un pequeño vehículo robótico de 6 ruedas, pesa 11.5 Kg. y su tamaño es de 65 cm. de largo por 18 cm. de alto. El Sojourner aterrizó en Marte abordo de la nave Pathfinder, pero pronto salió por su cuenta a recorrer el terreno marciano, hacer experimentos de ciencia y tecnología, y transmitir imágenes y datos a los científicos de la Tierra (Fig. 2.8 y 2.9).



Fig. 2.8



Fig. 2.9

El vehículo es capaz de operar de una manera autónoma o semiautónoma, ya que no se puede pilotear por control remoto, debido al largo período de tiempo que tardan las señales en cubrir la distancia que separa Marte de la Tierra. Está diseñado para sobrevivir en las frías noches (que llegan a -120° C). No hay apenas atmósfera en Marte, de modo que el vehículo debe ser capaz de permanecer en condiciones similares al vacío. De hecho, ni siquiera

sabemos con certeza de qué otros elementos, potencialmente peligrosos, se compone, y ésta es una de las razones por la que se envían robots a investigar. El vehículo es capaz de afrontar agresiones previsibles y no tan previsibles, y además puede actuar por su cuenta, porque no hay modo de ayudarlo. Es capaz de enfrentarse a todo tipo de situaciones de emergencia, incluido un resbalón pendiente abajo. El vehículo debe evitar aventurarse en terrenos demasiado peligrosos o avanzar por ellos con mucha cautela (Fig. 2.10).



Fig. 2.10

Usa cuatro sensores principales. Uno está en contacto con la superficie, advirtiendo las rugosidades del mismo, y alertando al sistema inteligente, por ejemplo, está pasando por encima de una roca (fig. 2.11).



Fig. 2.11

A pesar de los grandes desarrollos hechos por el hombre hasta la fecha, el concebir simular la Inteligencia Humana es un sueño no es posible aún, pero se puede esperar que con los avances que se tengan en un futuro en el estudio del cerebro humano será posible alcanzar cada vez más ese sueño. Inevitablemente la Inteligencia Artificial tiene y continuará afectando nuestras vidas.

2.5 VENTAJAS DEL USO DE LA IA PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Realmente para desarrollar una solución de un problema utilizando IA, ofreceríamos al sistema la representación del problema y el conocimiento, además de codificar el proceso de búsqueda.

Tomando en cuenta el esquema anterior, podemos mencionar algunas ventajas de un método de IA (en un sentido muy idealizado) son las siguientes:

- Los conocimientos se separan del proceso de razonamiento, esto es, se puede actualizar sin modificar el mecanismo de razonamiento.
- Dada la potencia del proceso de razonamiento interno, las técnicas de IA, se pueden emplear para resolver problemas muy complejos que son difíciles de resolver a través de los métodos directos.
- Una implementación de IA es relativamente flexible, y por lo tanto es menos frágil. Esto significa que con frecuencia el sistema puede actuar cuando se enfrenta a información incompleta o a datos inexactos. Los problemas con requerimientos variables y datos incompletos o inexactos

son relativamente fáciles para el hombre, pero son difíciles para la computadora que empleé métodos de IA.

En esencia, las implementaciones de IA intentan aplicar la máxima que dice: "a largo plazo, es mucho mejor enseñar al hambriento que darle pescado simplemente".

2.6 APLICACIONES DE LA IA

El propósito de la IA se ha cristalizado en las siguientes áreas:

Educación

- SCHOLAR: Experto tutor de geografía.
- SOPHIE: Profesor en la búsqueda de averías en equipos electrónicos.
- EXCHECK: Profesor de lógica y de la teoría de conjuntos.
- HEARSAY: Intérprete del lenguaje natural humano.

Geología

Aquí surge el éxito que ha tenido el uso de PROSPECTOR que permitió el descubrimiento de una rica veta de molibdeno en Monte Tolman. PROSPECTOR realiza prospecciones de minerales de roca dura. Su eficacia es tan buena que ha llegado a localizar yacimientos de minerales donde los expertos opinaban que no podía haberlos.

Militar

En este campo para nosotros no es desconocido el escuchar como los nuevos misiles están dotados con dispositivos inteligentes para encontrar sus objetivos.

Matemáticas

- MACSYMA: Experto en la resolución de problemas complejos de matemáticas.

Química

- DENDRAL: Experto en la identificación de moléculas a partir de espectogramas.
- CONGEN: Se podría decir que es una versión mejorada de DENDRAL que tiene muchas más capacidades analíticas.
- META-DENDRAL: Experto en la creación de reglas a partir de espectogramas de masa basándose en estructuras ya conocidas por el programa. A mayor experiencia que adquiere el programa, más exacto se hace.
- CRYSLIS: Experto en el estudio de las estructuras que forman las proteínas.

Medicina

- MYCIN: Experto en el tratamiento de enfermedades infecciosas.
- CASNET: Experto en el diagnóstico y tratamiento del Glaucoma.
- INTERNIST: Dedicado a medicina interna.
- PIP: Especialista en enfermedades Hepáticas.

- PUFF: Dedicado a estudiar las funciones pulmonares.
- HODKINGS: Experto en el tratamiento de la enfermedad del mismo nombre.
- HEADMED: Experto en todo tipo de psicofármacos.
- VM: Sirve de supervisor para unidades de cuidados intensivos controlando la evolución y estado de los pacientes.
- ONCOCIN: Supervisor de experimentos en pacientes cancerosos irreversibles.

Agricultura

Donde los robots manejados por computadora pueden controlar plagas, podar árboles y cosechar de manera selectiva cultivos mixtos.

2.7 ASPECTOS GENERALES

Una de las preguntas que han surgido desde la aparición de los lenguajes propios de la IA (LISP o PROLOG), ¿es necesario programar IA en sus lenguajes propios?. Nosotros, ofrecemos nuestras explicaciones. Por un lado, el programador se encontrará muy pronto en el dominio del manejo de conceptos muy alejados del manejo de bits que hacen los lenguajes de nivel inferior. En el otro extremo, tenemos que proveer al programador de un ambiente amigable para la solución del problema.

“En la IA no se trabaja con un espacio de solución como el que se usa en un juego. Los estados se van generando a medida que se necesita y se va probando si son o no la solución buscada”³.

El conocimiento dentro de la IA es representable. Son diversas las maneras de representar dicho conocimiento, pero la que aquí utilizaremos es la del conocimiento representado por reglas. Las reglas en este caso estarán formadas por “hechos”. En detalle, una regla estará formalmente representada por una lista de hechos, seguida de una lista de hechos-conclusión. Esto significa, que el conocimiento estará contenido en el programa como DATOS y no como instrucciones.

El procedimiento que maneja este tipo de conocimiento es una antigua regla de la lógica que se conoce como Modus Ponens (MP). El MP se puede programar con base a dos rutinas: la primera es preguntar si todos los hechos, en una regla, son conocidos. La segunda rutina se construye con la idea de que localice una conclusión.

2.8 BENEFICIOS DE LA IA EN EL DIAGNÓSTICO MÉDICO

Ya es posible en nuestros días hablar de una clínica científica. La idea central en torno a esta clínica está en su conciencia metodológica: la búsqueda para comprobación de hipótesis en sistemas inferenciales.

³ “Inteligencia aunque sea Artificial”. José Negrete Martínez

De hecho la IA se ha ido desarrollando en el área médica desde la aparición del sistema experto MYCIN. Es claro que el diagnóstico y prescripción de un medicamento por parte de un sistema representa una responsabilidad muy grande porque existen casos extremos, donde la acción inmediata del médico puede salvar vidas.

La idea central en torno a una clínica-científica está en su conciencia metodológica: su búsqueda en el uso de sistemas inferenciales asociados a procedimientos formales de toma de decisiones. Los procesos inferenciales están basados en dos tipos de modelos: los correlativos y los de la teoría de la medicina.

Los modelos correlativos (que establecen la probabilidad de ocurrencia de unos eventos relativos a la ocurrencia de otros) han sido los más empleados debido a que es muy fácil transformarlos en sistemas inferenciales.

3. SISTEMAS EXPERTOS.

Los sistemas expertos son programas para computadora, que han sido ideados para simular el comportamiento de una inteligencia experta humana, investigando los métodos y técnicas para dar soluciones expertas a problemas prácticos y específicos.

Los sistemas expertos liberan al ser humano de cargas de trabajo intelectual aprovechando los modernos sistemas informáticos, dejando así libre al experto humano para labores de más alto nivel.

Se puede decir que un sistema experto es una auxiliar "intelectrónico" de un humano.

3.1. DEFINICIÓN DE UN EXPERTO.

"Un experto humano es aquella persona que tiene la habilidad para resolver problemas de una área específica, su habilidad radica en una vasta experiencia acumulada en varios años y en un conocimiento detallado y especializado en los problemas que maneja."⁴

⁴ "Teoría y Aplicaciones de los Sistemas Expertos". Amílcar Monterrosa Escobar

De hecho la IA se ha ido desarrollando en el área médica desde la aparición del sistema experto MYCIN. Es claro que el diagnóstico y prescripción de un medicamento por parte de un sistema representa una responsabilidad muy grande porque existen casos extremos, donde la acción inmediata del médico puede salvar vidas.

La idea central en torno a una clínica-científica está en su conciencia metodológica: su búsqueda en el uso de sistemas inferenciales asociados a procedimientos formales de toma de decisiones. Los procesos inferenciales están basados en dos tipos de modelos: los correlativos y los de la teoría de la medicina.

Los modelos correlativos (que establecen la probabilidad de ocurrencia de unos eventos relativos a la ocurrencia de otros) han sido los más empleados debido a que es muy fácil transformarlos en sistemas inferenciales.

Dicho conocimiento de los expertos proviene de dos fuentes:

1. *Conocimiento público*. Adquirido por lo general de libros y en la escuela, son los conocimientos básicos, formalizados y que son fáciles de transmitir ya que son leyes comprobadas.
2. *Conocimiento privado*. Es el conocimiento que se ha adquirido con la experiencia en la resolución de problemas; este conocimiento se ha forjado según el criterio y juicio del experto, hasta obtener la capacidad de saber actuar en forma casi automática.

3.2. DEFINICIÓN DE UN SISTEMA EXPERTO.

Un Sistema Experto ó lo que es lo mismo un Sistema Basado en el Conocimiento son programas de computadora a los que se les intenta transferir los conocimientos de un experto humano, para resolver problemas de un área específica por lo regular bien delimitada, en forma eficiente e inteligente tal como lo resolvería un experto humano.

Los sistemas expertos son creados para apoyar en la toma de decisiones a un experto o cualquier persona que lo requiera, lo más importante en un Sistema Experto es el conocimiento informal del experto humano, ya que esta es la razón principal para que éste se comporte como un experto humano.

Las diferencias entre los sistemas expertos en relación con los expertos humanos son:

Criterio	Experto Humano	Sistema Experto
Aproximación	Media	Exacta
Eficacia resolutive	Media	Alta
Estrategias y Tácticas	Si	No
Organización	Alta	Baja
Reproducibles	No	Si
Tiempo de Resolución	Alto	Bajo
Vida Infinita	No	Si
Conocimiento autodidacta	Si	No
Disponibilidad	Media	Alta
Costo a largo plazo	Alto	Bajo

“Los sistemas expertos no cuentan con la capacidad de obtener el conocimiento por sí mismos mediante la práctica”⁵, sin embargo, la adquisición de dicho conocimiento debe introducirse previamente por un Ingeniero del Conocimiento que será el encargado de plasmar mediante modelos preestablecidos los conocimientos del experto humano en el sistema.

Los programas tradicionales basados en datos numéricos se ejecutan en forma secuencial y requieren de conocimientos precisos que raramente se modifican. La solución a la que llegan se basa en la combinatoria y es óptima. Este tipo de programas no puede explicar ni justificar los pasos que siguen, ni la solución a la que llegan, en cambio, los sistemas expertos tienen

⁵ “Sistema Experto: Una Metodología de Programación”. J.P. Sánchez y Beltrán

la imperiosa necesidad de estar conformados en unidades elementales independientes, que pueden relacionarse unas con otras y permiten conocer de manera más sencilla cuál de ellas ha actuado, cuándo y porqué.

Algunas de las características distintas de los sistemas expertos y los programas tradicionales encontramos:

1. Representación simbólica.
2. Inferencia simbólica.
3. Definición declarativa.
4. Actualizaciones frecuentes.

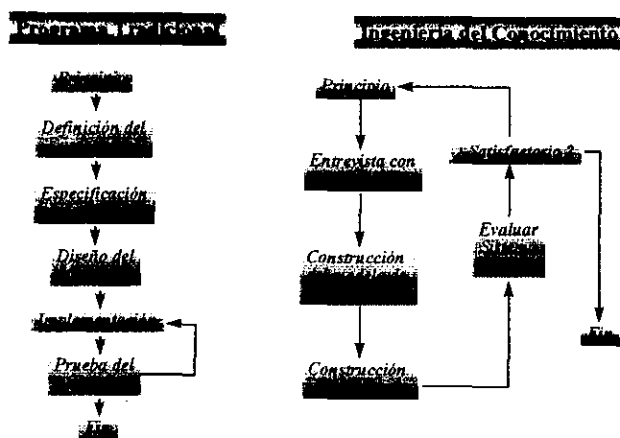


Fig. 3.1 Esquema comparativo entre las técnicas usadas en un Sistema Experto y un programa tradicional

Las técnicas de programación que generalmente se usan para desarrollar sistemas que son capaces de procesar grandes cantidades de información, y la manera en que la información es procesada, es mediante algoritmos extremadamente sencillos ya que estos pueden ser seguidos paso a paso hasta llegar a la solución, podemos decir que si el algoritmo está bien

programado y los datos son correctos, el sistema llegará a la solución. En contraste, los sistemas basados en el conocimiento, en los cuales declaramos la estructura lógica del problema, y más tarde, al pedir una solución, no tendrá una serie de pasos obligatorios preestablecidos para llegar a su solución, sino que el sistema, debido a su estructura de almacenamiento de información, encontrará las soluciones adecuadas.

Otras características que realmente harán ver la gran diferencia entre estos dos tipos de técnicas son:

- El mantenimiento de los programas basados en el conocimiento lo lleva a cabo el experto, en cambio en los sistemas convencionales lo llevan a cabo los programadores.
- Las bases de conocimientos pueden ser generalmente fáciles de interpretar, es decir, se autoexplican, en contraste, con los sistemas convencionales donde la información almacenada no significa nada hasta que es explotada por un sistema.
- Los programas tradicionales usan algoritmos, los sistemas expertos utilizan heurística.
- Los sistemas convencionales se orientan a procesamientos numéricos, mientras que los sistemas expertos se orientan hacia el procesamiento de símbolos.

3.3 DESARROLLO HISTÓRICO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

La Génesis de los sistemas expertos se puede dividir en tres etapas.

Primera Etapa (1951-1974). En esta etapa aparece un especial interés por

parte de psicólogos y pedagogos para encontrar métodos y procedimientos generales para la resolución de cualquier problema. Con la difusión de los primeros ordenadores se intento trasladar problemas generales para su solución en el ordenador, desgraciadamente estos sistemas fracasaron ya que por ser de ámbito general su bases de conocimientos era extensas y las computadoras de esta época estaban dirigidos al cálculo numérico y no al campo simbólico, además de poseer pocos recursos y funcionamiento lento, por otro lado, las herramientas de desarrollo eran poco adecuadas.

Entre algunos hechos relevantes de esta época encontramos:

- John McCarthy propuso un algoritmo , denominado Alfa-Beta que permitía abreviar los árboles explorados por los programa de Inteligencia Artificial. Su fracaso se debió a que creía en la posibilidad de elaborar un programa de solución general de problemas (GPS, por sus siglas en inglés), sin la utilización adecuada de los conocimientos de los especialistas en los temas tratados; por lo que algunos investigadores cambiaron el enfoque en ese problema, restringiendo sus ambiciones a un dominio específico e intentando imitar el comportamiento de un humano con amplia experiencia en el dominio, dando así el paso naciente de los sistemas expertos.
- En 1960, John McCarthy creó el lenguaje LISP (List of Stupid and Insidip Parenthesis) el cual durante más de una década fue considerado como un lenguaje inútil.
- En 1965, la Universidad de Stanford construyó DENTRAL, el cual estaba enfocado a deducir información analizando los datos del espectrógrafo de masas sobre estructuras químicas de compuestos orgánicos, utilizando reglas de producción en forma de representación del conocimiento. El

hecho de que este sistema contara con una gran cantidad de conocimientos especializados integrados de una forma clásica, traía grandes problemas al momento de modificar su base de conocimientos. Este proyecto es el precursor de los sistemas expertos actuales.

Segunda Etapa (1974-1984). En esta etapa los sistemas expertos al principio trataban de resolver problemas generales pero esto los convertía en programas débiles, debían entonces ser programas para problemas específicos o delimitados. Los primeros tenían alcances muy limitados ya que eran dedicados a temas académicos muy idealizados. A esta etapa se le conoció por la comunidad científica como “La década de los sistemas expertos”, por otro lado, aparecieron los primeros lenguajes adaptados a la I.A. y los ordenadores simbólicos. Dentro de los sistemas expertos más populares de esta época se caracterizan:

- En 1974, el Instituto Standford Research construyó Prospector el cual estaba enfocado a prospecciones mineras, principalmente petrolíferas.
- En 1977, la Universidad de Standford creó el sistema experto llamado MYCIN, el cual es un sistema experto de diagnóstico médico y terapia de enfermedades infecciosas de origen bacteriano que cuenta con 400 reglas.
- En 1979, la Universidad de Standford desarrolló MOLGEN cuyo objetivo es la biología molecular. A partir de diferentes herramientas utilizadas para separar, unir, insertar y eliminar moléculas de ADN, de los efectos conocidos de tales modificaciones y del estado de la tecnología química, trata de saber, para un objetivo genético dado, a partir de qué y cómo obtenerlo.

Tercera Etapa (1984 - a la fecha). Se caracteriza por la creación de lenguajes especializados, así como las herramientas de desarrollo tanto de software y hardware, además de los denominados "sistemas vacíos", que son los que permiten la creación de un sistema experto sin que el programador requiera de grandes conocimientos en informática. Esta etapa está a punto de concluir ya que se han comercializado ordenadores especializados y de lenguajes paralelos con el nacimiento de la teoría de procesamiento en paralelo en tiempo real, al igual que muchos artículos electrónicos ya contienen sistemas expertos en sus memorias para el procesamiento de datos.

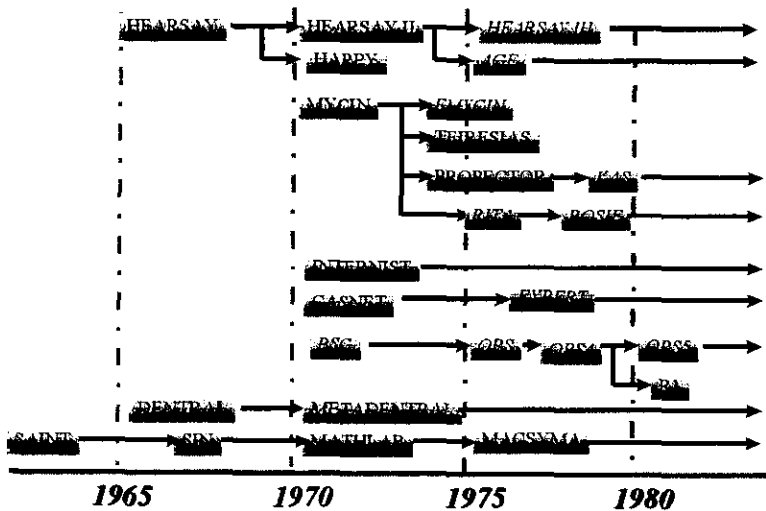


Fig. 3.2 Evolución de los Sistemas Expertos y sus herramientas.

3.4 ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS EXPERTOS.

En general los Sistemas Expertos están conformados de cinco módulos

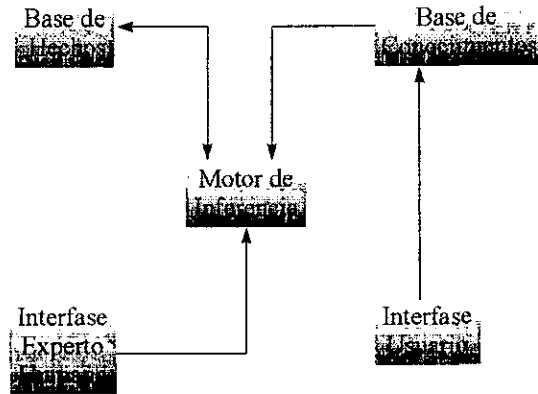


Fig. 3.3 Interrelación de los elementos que conforman al Sistema Experto

3.4.1 Base de Conocimientos.

La base de conocimientos contiene el conocimiento del experto humano en forma de reglas asociadas que describen relaciones o fenómenos para resolver problemas en un área específica.

La calidad de la base de conocimientos influye de manera decisiva en la efectividad de sistema experto. Por eso es necesario dar gran importancia a la fase de creación de una base de conocimientos.

3.4.2 Motor de Inferencia.

El motor de inferencia es la comunicación entre el usuario (mundo exterior) y la base de conocimientos (computadora) de la siguiente manera: con la información del exterior el motor de inferencia busca en la base de conocimientos algunas posibles soluciones, discierne y concluye cual es la mejor de éstas, casi siempre el motor de inferencia obtiene un conjunto de posibles soluciones requiriendo más información del exterior para generar un

subconjunto del conjunto de posibles soluciones; este proceso se puede repetir hasta concluir con la mejor solución o conjunto de soluciones. El motor de inferencia debe estar lo más separado posible de la base de conocimientos, ya que el mantenimiento de alguna de las partes no debe repercutir en la otra, y si la base de conocimientos se actualiza esto debe de ser transparente para el motor de inferencia.

Enfoque basado en un espacio de estados.

El proceso de solución de un problema puede encontrarse en un estado en particular según el momento, el conjunto de todos estos posibles estados particulares es llamado espacio de estados. La transición de un estado a otro puede ser expresado por medio de un operador de transición de estados. Al principio el sistema se encuentra en un estado inicial, el objetivo es llegar a la solución, es decir, a un estado final o meta.

El espacio de estados se representa por una gráfica orientada, cada nodo corresponde a un estado en particular y cada línea orientada corresponde a una transición de estados. La solución del problema puede ser definida como un proceso para buscar una trayectoria aceptable entre el nodo correspondiente al estado inicial y al nodo del estado final o meta (pueden existir varios nodos meta). El estado final no necesita ser específico, es posible formular las condiciones que se requieren satisfacer.

La descripción dada anteriormente permite formular el proceso de solución de problemas en términos de sistemas de producción, para cada transición de estados (línea orientada) se asigna una regla de producción correspondiente.

En un proceso de búsqueda sobre un espacio de estados hay que descubrir un camino desde una configuración inicial hasta una configuración final o meta. Existen dos direcciones en las cuáles podemos buscar:

1. Razonamiento hacia adelante

Este proceso se basa en la generación de un árbol, desde un nodo inicial, este se expande primero y genera el siguiente nivel del árbol encontrando todas las reglas cuyas partes izquierdas concuerden con el nodo raíz, y usa sus partes derechas para crear nuevas configuraciones, durante este proceso algunos nodos generados con anterioridad son expandidos, si cualquiera de los nodos es un elemento del conjunto de nodos metas, la búsqueda se detiene, como observaremos existe una trayectoria orientada desde el principio hasta la meta.

Una de las desventajas que nos ofrece este razonamiento es que se pudiesen realizar búsquedas innecesarias en la base de conocimientos, puesto que todas las reglas son ejecutadas no importando si se trata de una meta o no. El razonamiento hacia adelante se utiliza en procesos donde no se tienen claro los objetivos o acontecimientos que pudieran generarse mediante la entrada de los datos.

2. Razonamiento hacia atrás

Este razonamiento genera un árbol donde la base del árbol es el nodo meta

(raíz) de este se genera el siguiente nivel del árbol encontrando todas las reglas cuyas partes derechas concuerden con el nodo raíz y utilizando las partes izquierdas para generar los nodos en este nivel, continuando así hasta llegar al estado inicial.

En conclusión notamos que en ambos casos se pueden utilizar las mismas reglas, tanto para razonar hacia delante (desde un estado inicial), como para razonar hacia atrás (desde un estado meta), en el razonamiento hacia adelante las partes izquierdas (precondiciones) se comparan con el estado inicial y las derechas (resultados) se usan para generar nuevos nodos hasta alcanzar una meta. Para razonar hacia atrás, las partes derechas se comparan con el nodo actual y las partes izquierdas se utilizan para generar nuevos nodos.

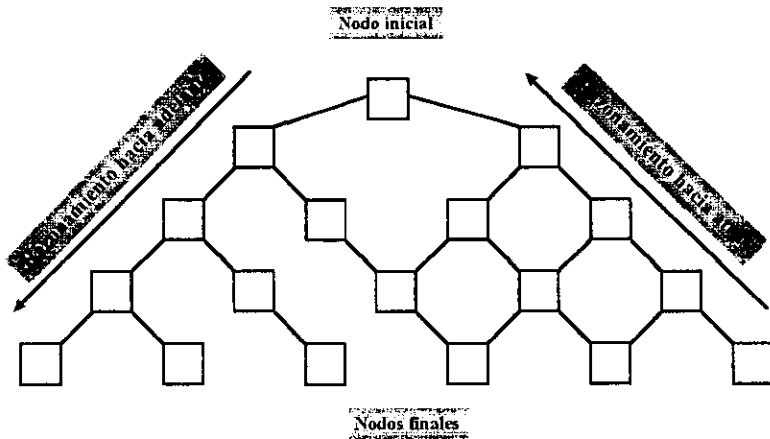


Fig. 3.4 Tipos de Razonamiento

Métodos de Búsqueda.

Existen métodos de búsqueda, para llegar a una solución de una manera más corta u óptima, en general podemos dividirlos en dos grupos, búsquedas

"heurísticas" y "no heurísticas", "definiendo como heurística a la técnica que mejora la eficacia de proceso de búsqueda", las primeras consumen mucha memoria y pueden tener el problema de explosión combinatorial, por lo general se utilizan para resolver pequeños problemas, las búsquedas no heurísticas más conocidas son:

1. Búsqueda en Anchura o "breadth first search"

La búsqueda en anchura, garantiza la solución más corta pero ocupa mucha memoria, este método de búsqueda comienza desarrollando o expandiendo todos los nodos de la arbolescencia del mismo nivel, en caso de que ninguno de los nodos es un estado final o meta, se generará el siguiente nivel de búsqueda tomando uno a uno los nodos anteriores y aplicándoles los operadores específicos, este proceso se realizara hasta encontrar una solución u objetivo buscado.

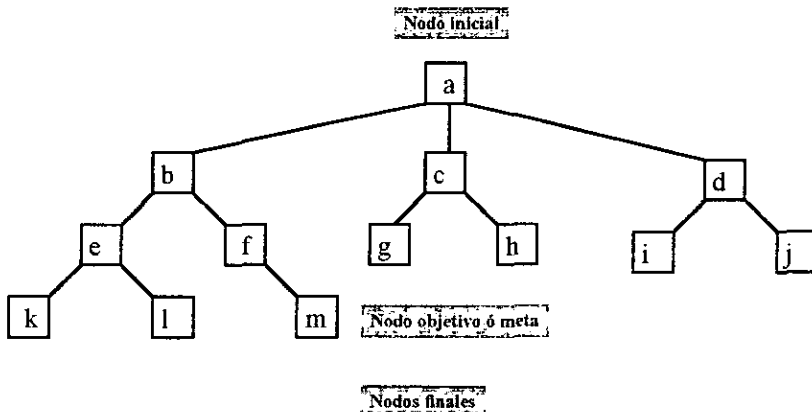


Fig. 3.5 Búsqueda en Anchura

2. Búsqueda en Profundidad ó "depth first search"

Este algoritmo no garantiza la solución más corta pero ocupa poca memoria. El método de búsqueda consiste en seleccionar una trayectoria a partir del nodo inicial, analizando a niveles cada vez más profundos, hasta que obtenemos una solución satisfactoria o llegamos al final del camino o meta. Si no se encuentra una solución el proceso se vuelve a iniciar con una trayectoria distinta, comenzando con el nodo inicial.

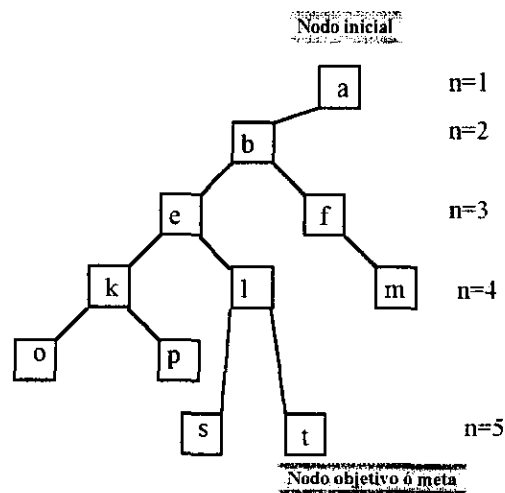


Fig. 3.6 Búsqueda en profundidad

3. Búsqueda del Menor Coste o "Uniform Cost Search"

Este método es una variante de la búsqueda en anchura, solo que entre la liga que une a los nodos se pone un costo y se va desarrollando el que tenga un mínimo costo de trayectoria, sumando toda la trayectoria.

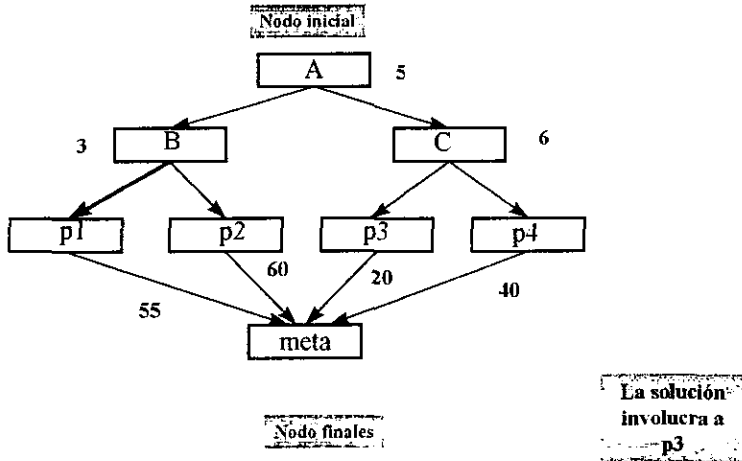


Fig. 3.7 Búsqueda del menor coste

4. Búsqueda en dos Direcciones o "Bidireccional Search"

Llamada así porque la búsqueda se realiza desde el nodo inicial y también desde el nodo final generando una trayectoria, cuando estas trayectorias se encuentran se dice que se tiene una solución más corta.

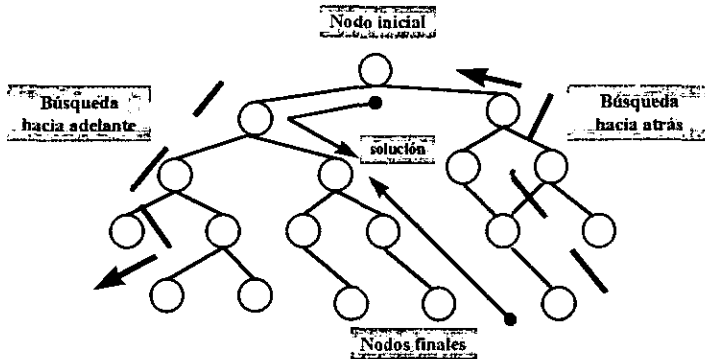


Fig. 3.8 Búsqueda en dos direcciones

Elección del conocimiento.

La principal función del motor de inferencia en un Sistema Experto es la búsqueda de soluciones y elegir la que sea más óptima.

El mecanismo de control de el experto humano no funciona en base al lenguaje de tipo procedimental como en los lenguajes de programación, que ejecutan una instrucción, tras lo cual se ejecuta la sentencia que está en la siguiente línea del código y así se continua hasta el final de programa. En conclusión tendremos que el hombre actúa dependiendo de la información o datos que reciba.

Metaconocimiento.

El mecanismo de control debe admitir la existencia del metaconocimiento que varía la estrategia de resolución de problema o los resultados parciales obtenidos. "El metaconocimiento es el conocimiento que le indica al Motor de Inferencias que conocimiento debe ser elegido y aplicado en cada momento"⁶.

Para el uso de metaconocimientos es necesario que el motor de inferencia interprete el metaconocimiento. Una condición importante que debe cumplir la base de conocimientos en el motor de inferencia es la división del conocimiento en clases o grupos.

El metaconocimiento puede ser representado en distintas maneras las cuáles son:

- *Metaconocimiento implícito*, este tipo está dentro del Motor de Inferencias del lenguaje.
- *Proporcionado por el programador*, que realiza un control de tipo táctico que ayude a la búsqueda de soluciones rápidamente.
- *Proporcionado por el usuario*, el cual se realiza en modo interactivo durante todo el proceso del sistema experto con el usuario.

Evaluación del Conocimiento.

Una de las capacidades del comportamiento inteligente es la capacidad de efectuar razonamientos correctos. Esto quiere decir, que las conclusiones se desprenden como consecuencia de datos existentes.

El motor de inferencia puede ser probabilístico o determinístico dependiendo de la manera en que sea evaluado el conocimiento. En el determinístico se toman todas las reglas como verdaderas, es decir, cada una de las reglas poseen un 100% de probabilidad.

“En el motor de inferencia probabilístico las reglas o hipótesis por confirmar tienen un grado de probabilidad en función de los hechos que contienen. La probabilidad de una regla puede calcularse aplicando el famoso criterio de Bayes, donde es necesario conocer previamente las probabilidades de cada

⁶ “Sistema Experto: Una Metodología de Programación”, J.P. Sánchez y Beltrán

uno de los objetivos con respecto a los hechos o evidencias que sostienen.”⁷

La evaluación se puede realizar con diversos métodos:

- Inferencia - deducción. Son términos que denotan el proceso de extraer una conclusión a partir de las premisas.
- Cálculo proposicional. Es el lenguaje más primitivo de la lógica, en que los símbolos representan afirmaciones completas. Cada símbolo es atómico, sólo puede ser cierto o falso.
- Contradicción. Un conjunto de proposiciones es contradictorio cuando se considera cierta una afirmación P como su negación $(-P)$.
- Cálculo de predicados. Es un lenguaje más sofisticado, distinguiendo el sujeto y predicado de las afirmaciones.

3.4.3 Base de Hechos.

La base de hechos o memoria de trabajo se puede definir como el conjunto de información o datos que son parte del sistema experto en cuestión, y junto con la base de conocimiento se puede llegar a una meta u objetivo. Esta información siempre estará presente en algunos problemas y es una aseveración a un objeto en especial.

⁷ “Teoría y Aplicaciones de los Sistemas Expertos”. Amílcar Monterrosa Escobar

4. DERMATOLOGÍA

4.1 ANTECEDENTES

En esta sección daremos una breve introducción al área del conocimiento en la cual trabaja nuestro sistema.

La Dermatología es una parte de la medicina y de la biología cuyo objeto es el estudio de la piel, formaciones de la misma, enfermedades, etc.

La Dermatología como especialidad nace en Europa en el siglo XVIII y se desarrolla sobre todo en el siglo XIX. En México, es una especialidad joven, va con el siglo, pero florece en especial en la segunda mitad del siglo. "No existen más de 1,000 dermatólogos para una población de cerca de 90 millones de mexicanos, hacen falta más, pero la gente ya sabe apreciar la consulta con un dermatólogo, sin embargo, como no es posible esperar que exista un especialista en cada rincón del país y dada la frecuencia y trascendencia de muchas de las enfermedades de la piel, es indispensable que el médico general tenga los conocimientos básicos para resolver por lo menos el 80% de los principales problemas que se presentan"⁸, de lo anterior surge la necesidad de implementar un sistema capaz de apoyar al clínico en esta cuestión.

⁸ "Lecciones de Dermatología". Amado Saúl.

Muchas veces resulta materialmente imposible que el médico de práctica general esté al corriente de las últimas tendencias. Él es quien debe orientar y resolver los problemas de sus pacientes. Ha de tener un criterio claro y conciso sobre el diagnóstico y el plan de tratamiento, de manera que pueda establecer cuando está en sus manos la resolución de las entidades clínicas y cuando recurrir a los especialistas, para consultas o para dejar en manos de éstos el tratamiento de los casos que, por sus características, corresponden a la esfera del especialista.

Sin embargo, la dermatología aún se ve con cierto desdén, las enfermedades de la piel son abundantes y son vistas con cierto desprecio por otros especialistas, se suponen superficiales, de fácil curación o incurables de plano, y se piensa en el dermatólogo como un especialista que estudia superficialmente a sus enfermos, sabe poco y trata a todos con pomadas. Ello es fruto de la ignorancia del médico en general sobre lo que es la piel y sus importantes funciones.

Como ninguna otra rama de la medicina, el diagnóstico está tan a la vista y el que sabe, puede reconocer la enfermedad desde la entrada misma del paciente, pero eso no quiere decir, como se dice por ahí, que en dermatología no se pregunta, sólo se mira.

La dermatología, tal como aquí la presentamos, representa un *enfoque* al diagnóstico. El término *enfoque* implica que el dermatólogo no tiene que etiquetar ni diagnosticar todas las anomalías que vea.

Puede decirse que la "vida media" de un dermatólogo es de diez años, es decir, que la mitad de los conocimientos, técnicas, materiales y medicamentos de los que hoy depende, quedarán anticuados en un decenio. Así, la profesión asume la responsabilidad de proporcionar al clínico un método eficaz para mantenerse al día con respecto a los nuevos avances y conservar la competencia necesaria para ofrecer unos servicios que estén al nivel de la época.

El grado de éxito de que goce la profesión en el futuro dependerá de cómo desempeñe su papel el dermatólogo y la calidad de sus intervenciones.

4.2 LA PIEL

La piel está lejos de ser un envoltura inerte, una simple cubierta protectora que nos aísla del medio exterior y limita nuestra individualidad. Es un complejo órgano, el más extenso y pesado del cuerpo, con numerosas y complejas funciones relacionadas sobre todo con la protección, se le considera en la actualidad una parte fundamental en el sistema inmune.

Por otro lado la piel es el órgano de expresión más extenso del cuerpo y está afortunadamente a la vista. Son muchas las enfermedades internas que pueden reflejarse en la piel: enfermedades del sistema nervioso, de los aparatos digestivo y respiratorio, enfermedades endocrinas y metabólicas tienen su expresión en la piel. Examinando la piel e interpretando sus manifestaciones podemos saber si una persona es hipo o hipertiroidea, podríamos adelantar el diagnóstico de una diabetes. La piel participa de

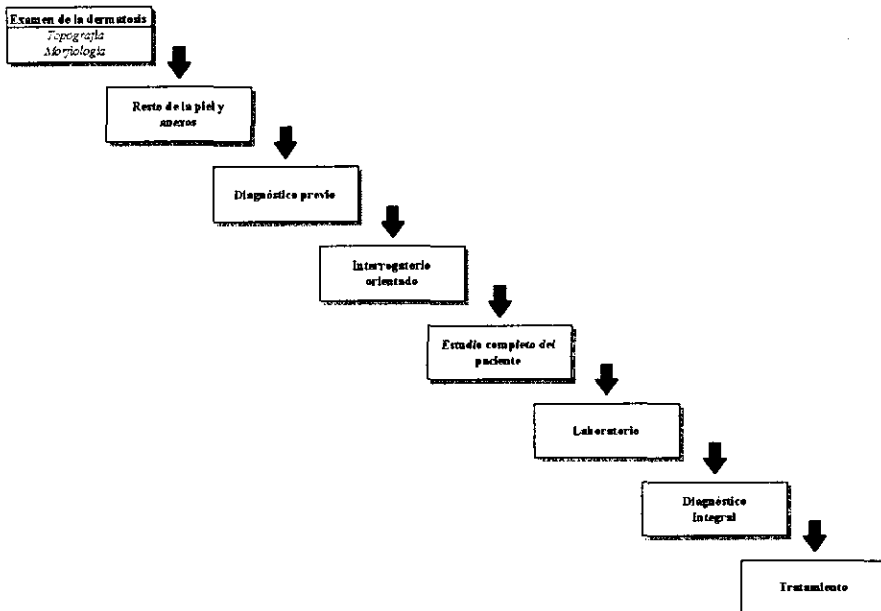
manera importante en infecciones generales como la sífilis, SIDA, tuberculosis y lepra.

Vemos con estos ejemplos cómo la piel participa de la patología de todo el organismo: "La piel habla, hay que aprender a escucharla".

4.3 ESTUDIO DE UN ENFERMO

La exploración de un enfermo no va a diferir con mucho del estudio de un paciente cualquiera, sólo que hay ciertas peculiaridades que hacen variar un poco el orden de esta exploración, debido a la accesibilidad de las lesiones cutáneas que invita primero a ver y luego a preguntar. Siendo la piel el órgano más extenso y superficial del organismo, su sintomatología está evidentemente a la vista del propio enfermo y del explorador; y ello facilita su examen.

La exploración física de la dermatosis (toda afección de la piel recibe este nombre), requiere los mismos procedimientos de la propedéutica general, pero en especial la inspección y la palpación. Esquemáticamente el examen del paciente requiere los siguientes pasos:



4.3.1 Examen de la dermatosis

Tres preguntas debe contestarse el médico al ver la piel enferma: dónde, qué y cómo son las lesiones que presenta su paciente. Esto es *topografía* y *morfología* de la dermatosis, junto con la evolución y los síntomas (Fig. 4.2).

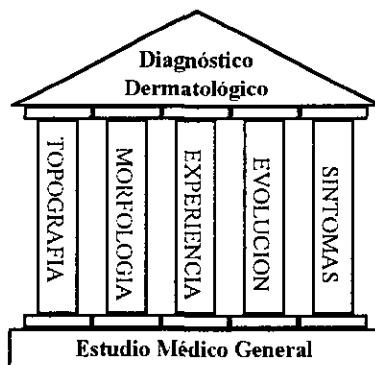


Fig. 4.2 Diagnóstico dermatológico

Topografía. Al ver la piel se puede señalar si la enfermedad está limitada a un segmento del cuerpo: dermatosis *localizada*, a varios segmentos: *diseminada* o afecta por lo menos al 90% de la superficie cutánea: *generalizada* (Fig. 4.3 y 4.4).

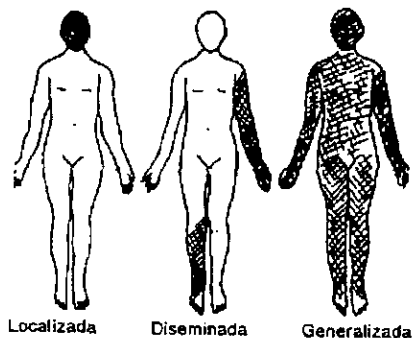


Fig. 4.3 Topografía

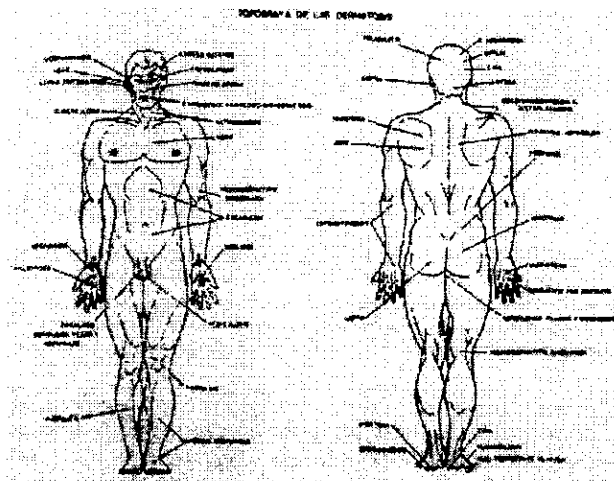


Fig. 4.4 Topografía de la Dermatitis

Morfología. El diagnóstico se basa primordialmente en identificar lesiones que forman la dermatosis. El estudio comprende dos fases: primero el *qué* y luego el *cómo*. En el primer caso se trata de reconocer y darle nombre a las lesiones que el paciente ha llamado "ronchitas, granitos" y el *cómo*, es describirlas.

El médico ha de estar capacitado para descubrir las enfermedades y anomalías que se presentan en los tejidos del cuerpo humano. Quiere esto decir que ha de estar alerta para descubrir las modificaciones con respecto a lo normal. Para diagnosticar una enfermedad, primero hay que descubrirla. Además debe de conocer qué medios de diagnóstico pueden emplearse en cada situación una vez que se ha descubierto una anomalía. El conocimiento de las posibilidades de tales utensilios y la capacidad de emplearlos son básicos en el enfoque del diagnóstico. El dermatólogo recurrirá al patólogo para obtener microdiagnósticos de las biopsias y de las muestras citológicas.

Son los signos con los que se expresan todas las enfermedades de la piel. Son entre 18 y 20, según los autores, y se dividen en *primitivas* si aparecen sobre una piel normal y *secundarias* cuando se asientan sobre las primitivas (Cuadro 4.1)

Cuadro 4.1	
LESIONES DERMATOLÓGICAS ELEMENTALES	
<i>Primitivas</i>	<i>Secundarias</i>
Mancha	Costra
Vesícula	Escama
Ampolla-Ampula	Escara

Cuadro 4.1	
LESIONES DERMATOLÓGICAS ELEMENTALES	
<i>Primitivas</i>	<i>Secundarias</i>
Pústula	Ulceración
Absceso	Cicatriz
Pápula	Atrofia
Nódulo-Goma	Liquenificación
Nudosidad	Verrugosidad
Roncha	Vegetación
	Esclerosis

4.3.2 Resto de la piel y anexos

No basta describir la zona enferma, es necesario ver toda la piel y señalar alguna otra alteración que en ocasiones no ha llamado la atención del paciente pero que puede ser más importante que la que motivó la consulta.

4.3.3 Diagnóstico previo

Con la topografía y la morfología se está en posibilidad de hacer un diagnóstico presuntivo. Muchas veces es la topografía la que sugiere el diagnóstico.

4.3.4 Interrogatorio orientado

En dermatología como ya se tiene habitualmente un diagnóstico, se hacen las preguntas clave que confirmen ese diagnóstico o por el contrario lo

rechace. Por supuesto se comprueba el tiempo de evolución, el modo de principio, la causa aparente, la sintomatología y la terapéutica empleada.

4.3.5 Estudio completo del paciente

Siguiendo las reglas de la propedéutica general, debe examinarse al paciente en todo aquello que no es dermatológico.

4.3.6 Laboratorio

Con una idea diagnóstica en mente se decidirán los estudios de laboratorio que sean necesarios para confirmar o completar el diagnóstico y no ordenar exámenes de rutina o pensar que el laboratorio nos va a responder nuestras dudas sobre todo si no sabemos indicar correctamente esos estudios.

4.3.7 Diagnóstico

Ya con todos los datos clínicos y de laboratorio, se está en capacidad de dar un diagnóstico integral.

Un buen médico comprenderá el significado de un diagnóstico una vez hecho (por él mismo o por el sistema) y considerará cuidadosamente las implicaciones antes de instituir el tratamiento. Esto no significa que sea necesario que recuerde todas las características de todas las enfermedades; las tendrá a su disposición dentro del propio sistema. El clínico, ha de ser capaz de interpretar la significación del diagnóstico en términos de:

1. Si está indicado o no algún tratamiento.
2. Qué forma de terapéutica se ha de seguir, cuando el tratamiento está incluido, y qué efectos producirá a nivel local.
3. Cómo terminará la enfermedad (pronóstico).

4.3.8 Tratamiento

Se llega por fin al punto deseado por el paciente. El tratamiento debe ser lo más racional y orientado posible, las explicaciones amplias y sencillas, indicándole qué debe y qué no debe hacer.

4.4 LA COMPUTADORA EN EL CONSULTORIO

Comenzaremos haciendo la afirmación que la computación es clave para la medicina, por ejemplo, ¿sabía que gracias a Internet se han salvado algunas vidas en el mundo?, ¿que con el surgimiento de software de simulación los estudiantes ya no tienen que hacer sus prácticas con pacientes reales?, o ¿qué los sistemas expertos desarrollados en esta área han diagnosticado enfermedades que a simple vista no eran factibles?.

Hoy en día, el uso de la computadora en la práctica médica es múltiple; desde el registro automático de las historias clínicas hasta el empleo de sistemas expertos para llenarse con conocimientos, además de su aplicación en el diagnóstico médico.

El empleo de las bases de datos para el manejo de historias clínicas es una de las formas más comunes con las que se lleva un registro de los pacientes dentro de un consultorio. "Una base de datos permite almacenar, recuperar y manejar la información en forma tan eficiente y rápida como en las computadoras que se emplean en bancos, industrias, oficinas, etc. La aparición de las bases de datos pone al alcance del usuario la posibilidad de diseñar y crear su propio sistema de manejo de datos para una toma de decisiones adecuada"⁹.

En el área médica, la base de datos sirve para tener en un archivo las historias clínicas. Cada historia clínica presente en el archivo constituye un registro dentro de la base; toda la información presente en cada registro forma una unidad. (Fig. 4.5)

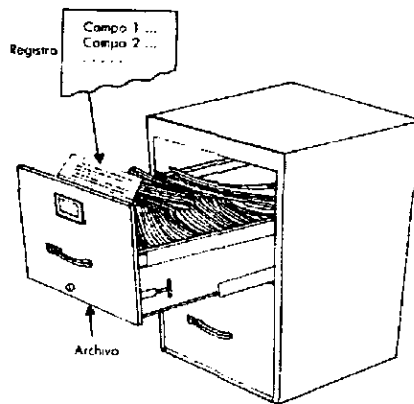


Fig. 4.5 Empleo de una base de datos para el manejo de la historia clínica

⁹ Informática en Medicina. Alberto Gutiérrez.

El impacto que tiene la computación en los servicios hospitalarios implica básicamente poder realizar una mayor cobertura, es decir, se puede atender a un mayor número de pacientes, con un menor costo, además de apoyar al médico en el diagnóstico.

"Con la utilización de la televisión, la telemedicina y la computadora en general, por ejemplo, se disminuye el papeleo médico, se disminuye la burocracia"¹⁰

4.5 SISTEMAS DE DIAGNÓSTICO PROBABILÍSTICO

Uno de los procedimientos más exitosamente usados en el diagnóstico médico por computadora es el uso del modelo probabilístico propuesto por Ledley y Lusted (1957). Consta de un universo patológico probabilístico finito, integrado por subconjunto de entidades de naturaleza excluyente: las enfermedades. Cada una de ellas constituida a su vez por subconjuntos de síntomas, signos, etc., distribuidos en el universo patológico como entidades no necesariamente excluyentes.

Para la toma de decisiones médicas, entre ellas el diagnóstico, es necesario manejar gran cantidad de conocimientos, los cuales aumentan en forma paulatina e inexorable debido al avance de las investigaciones. Así fue como aparecieron los primeros programas diseñados para auxiliar al médico, no para reemplazarlo, en la elaboración de sus diagnósticos. Estos sistemas de

¹⁰ Entrevista con Luis Pedraza Moctezuma, Presidente de la Asociación Mexicana de Informática Médica. Periódico Reforma, 26/01/98.

diagnóstico se denominan *bayesianos*, porque utilizan el teorema de Bayes para calcular la probabilidad de un diagnóstico (Fig. 4.6).

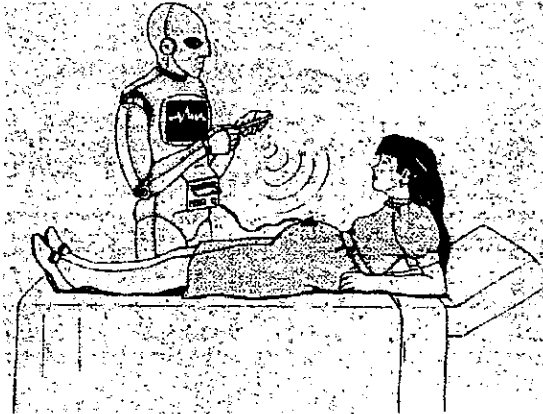


Fig. 4.6 Diagnóstico médico mediante los sistemas expertos

El diagnóstico médico por computadora utiliza técnicas estadísticas basadas en la determinación de la frecuencia de las enfermedades en cierto grupo de pacientes, y de la frecuencia con que aparecen determinados síntomas en dichas enfermedades.

El patrón de probabilidad no sólo se refiere a la frecuencia de los padecimientos entre los pacientes de un grupo determinado, también toma en cuenta la frecuencia con la que ocurren ciertos síntomas de acuerdo con una enfermedad específica.

La precisión en el diagnóstico de estos sistemas es muy grande, ya que en cálculo de la probabilidad se considera una gran cantidad de síntomas, al grado de que existen publicaciones en donde se compara el nivel de ejecución diagnóstica entre el médico y el programa de computación, y

resulta superior este último. Sin embargo, existen serias limitaciones en los sistemas de diagnóstico bayesianos, como son:

1. Se considera siempre una sola enfermedad como agente causal del cuadro sintomatológico del paciente.
2. En el manejo de los antecedentes, éstos son considerados como eventos independientes entre sí, cuando en realidad existe una correlación fisiopatológica entre ellos.
3. Quizá la objeción más grande a estos sistemas es que los resultados obtenidos sólo tienen validez para una población de pacientes igual a aquella en la que se hicieron las medidas estadísticas de base.
4. Por último, para aplicar las técnicas de diagnóstico automático es necesario disponer de la determinación de las probabilidades exactas para una enfermedad y para los síntomas y los signos que la acompañan, lo cual resulta difícil debido a las diversas formas en que se registran las historias clínicas y los errores de interpretación durante el interrogatorio.

4.6 EDUCACIÓN MÉDICA POR COMPUTADORA

El uso de la computadora en la educación médica no se refiere al empleo rutinario de la máquina para la enseñanza mediante la repetición de conocimientos, sino al uso creativo de la computadora, instrumento que permite abordar los problemas educativos desde puntos de vista que anteriormente no se habían contemplado. Como ejemplo se puede citar un modelo de enseñanza en un área específica del conocimiento basado en la estructura de un sistema experto; esto es, si un programa de tipo sistema experto es capaz de resolver problemas médicos con eficiencia notable, es posible considerar las estrategias de manejo del conocimiento mediante

dicho sistema, y el contenido de su base de conocimientos, para proporcionarlos al estudiante en un curso; con la evidente ventaja del manejo flexible por parte del alumno, tanto de las estrategias como del conocimiento mismo.

En este momento el ambiente médico es muy consciente de que requiere incorporar a la computadora, lo que se está viendo es cómo. Es un mercado que todavía tiene que darle muchas soluciones al médico.

Hay muchas soluciones y se están desarrollando más, a nivel educación hay muchos libros electrónicos, hay muchos sistemas, casi todos de origen extranjero, hay poca producción nacional, pero se empiezan a crear algunas cosas interesantes aquí.

A nivel de sistemas hay muchos productos desarrollados, tan sólo en México hay 23 programas de administración de consultorios, como 10 de ellos, que son los más recientes, están desarrollados para ambiente Windows, pero creemos que en este momento se está en una época de transición donde el médico necesita capacitarse un poco más en el uso de la herramienta y por otro lado se deben desarrollar más sistemas. El médico mexicano debe ser más activo en participar en el desarrollo de algunas soluciones informáticas.

El médico general va desapareciendo lentamente y el vacío que deja plantea uno de los problemas sanitarios más graves del siglo. El ciudadano apenas sabe adonde dirigirse cuando le abate una enfermedad. Al faltar un práctico general que atienda sus necesidades inmediatas, le dé un tratamiento y le

recomiende un especialista adecuado en caso necesario, el paciente se ve obligado con demasiada frecuencia a tomar una decisión personal en la elección de un especialista que crea indicado. Debido a esto surge la necesidad de crear los sistemas capaces de generar un diagnóstico automático, óptimo y eficaz.

Otra de las ventajas enormes del empleo de la computadora en la educación médica es el adiestramiento del estudiante en el uso de un instrumento poderoso, con lo cual se le capacita para ser empleado en su futura carrera profesional. A esta capacidad se le puede llamar "cultura computacional" o "familiaridad con la computadora", que evita la formación de barreras mentales respecto al uso de la nueva tecnología.

El uso de la computadora en la educación médica se puede considerar en cuatro niveles distintos:

- Para la adquisición de conocimientos básicos o de la teoría médica.
- En el adiestramiento clínico.
- Como un valioso auxiliar en el desarrollo de las prácticas de laboratorio.
- A través del uso de SE médicos como modelos de estructuración del conocimiento o modelos educativos.

Todo esto es posible gracias al avance de la computación en el área médica que también ha vuelto más agradable y eficiente la visita al médico, quien usando su computadora puede explicar mejor al paciente su enfermedad.

Entre las enormes ventajas que proporciona el uso del equipo computacional está su gran rapidez en el cálculo numérico y su reproducción gráfica en la pantalla, lo cual permite utilizar modelos matemáticos de procesos fisiológicos en programas que capacitan al estudiante respecto a la relación entre los parámetros del modelo y la modificación en las variables del sistema.

4.6.1 Adiestramiento clínico

Cabe considerar el diagnóstico médico como una tarea que consiste en establecer la identificación de una enfermedad, lo que en esencia es el reconocimiento de un patrón de presentación de la enfermedad en un paciente determinado. Aun cuando la enfermedad tiene una base orgánica o fisiopatológica constante, el grado de evolución y las características biológicas del paciente determinan su carácter sintomático multiforme. La identificación de un patrón de enfermedad en un paciente consiste en el reconocimiento de un conjunto de síntomas que constituyen una variante de presentación de la enfermedad.

El cambio de un estudiante de medicina en un experto médico se efectúa, en parte, conforme el estudiante va transformando sus conocimientos teóricos acerca de los diferentes padecimientos que aprendió del libro en patrones de identificación que le permiten ir estableciendo sus criterios diagnósticos. El estudiante va conformando sus patrones de identificación que le permiten adquirir la experiencia clínica.

En condiciones ideales, la teoría y la práctica médica deberían guardar un completo paralelismo; así, después de estudiar un capítulo sobre una

patología determinada el estudiante se debería enfrentar a una serie de pacientes con esa patología, de tal manera que sus conocimientos teóricos sirvieran de base inmediata para la formación de patrones de reconocimiento a través del estudio clínico de los pacientes. Sin embargo, ni en los hospitales grandes se puede considerar la posibilidad de disponer de series de pacientes específicos.

Una solución para el problema planteado anteriormente puede ser el considerar al diagnóstico médico como un procedimiento de búsqueda, en el cual la hipótesis por validar sea un modelo de prueba o cuadro completo de la enfermedad y del cual se genere un espacio de versiones cuyo conjunto represente todas las transformaciones posibles del modelo en casos particulares.

4.7 MODELOS UTILIZADOS EN EL DIAGNÓSTICO AUTOMÁTICO

La idea central en torno a este sistema está en su base metodológica: su búsqueda en el uso de sistemas inferenciales (de comprobación de hipótesis) asociados a procedimientos formales de toma de decisiones.

Los procesos inferenciales están basados en dos tipos de modelos:

4.7.1 Modelos correlativos

Los modelos correlativos establecen una probabilidad de ocurrencia de uno o varios eventos relativos a la ocurrencia de otros. "Investigación clínica artificial

es el mejor nombre para sintetizar la investigación de la metodología intelectual del diagnóstico y terapéutica médicas como proceso inferencial".¹¹

Un clínico toma decisiones racionales terapéuticas después de un análisis de aquellos antecedentes que le pueden conducir a una inferencia sobre la causa del padecimiento, cuando su terapia pretende modificar dicha causa.

Todo procedimiento inferencial explícito, junto con la representación del conocimiento manejado por él, conlleva el USO INVERSO de un modelo causal de algún tipo. En el caso del sistema: si suponemos que las enfermedades se producen aleatoriamente, con una cierta probabilidad asociada y que los antecedentes también aparecen aleatoriamente con una probabilidad asociada (MODELO CAUSAL), el diagnóstico de un paciente puede hacerse por inferencia bayesiana.

Pero, como ya se mencionó, la inferencia es un paso previo a la decisión: generalmente después de practicar una inferencia queda todavía la necesidad de tomar una decisión entre varias alternativas ponderadas o no. Una inferencia bayesiana produce una lista de enfermedades asociadas a la probabilidad de ser la causa del padecimiento. De entre ellas hay que decidirse por una, mediante el cálculo de la esperanza matemática de beneficio, riesgo o costo asociados a cada posible terapia y la elección de entre estos valores de un mínimo o de un máximo.

¹¹ "Inteligencia aunque sea Artificial". José Negrete Martínez

El modelo SI-ENTONCES de la IA que se representa: SI <enfermedades> ENTONCES <terapia> y su correspondiente función DEDUCE no ha sido muy empleado en medicina clínica. Sin embargo, las representaciones SI <síntomas> ENTONCES <enfermedad> han sido ensayadas muy exitosamente en sistemas inferenciales mediante un encadenamiento hacia atrás.

4.7.2 Modelos de la teoría de la medicina

Los modelos biofísicos cuantitativos constutuyen una gran parte de la literatura que existe sobre la teoría de la medicina, sin embargo, su utilización clínica ha sido escasa.

El principio que se emplea para construir estos modelos consiste en obtener las ecuaciones biofísicas de los parámetros a partir de modelos biofísicos cualitativos y transformarlas en ecuaciones cualitativas. Esto último se consigue transformando las operaciones algebraicas y del cálculo en nuevas operaciones cuyas variables sólo pueden tomar los valores: aumenta, disminuye o no cambia.

5. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA EXPERTO PROTOTIPO

El análisis y diseño de un Sistema Experto no es algo sencillo, desde un principio se presentan algunas dificultades, la más importante, es determinar si la selección del problema a desarrollar puede involucrar el uso de Sistemas Expertos; recordemos que la tecnología es limitada y si se elige un problema inapropiado puede dar por resultado que todo el esfuerzo del desarrollo se pierda por no poder o no saber como resolverlo.

En este capítulo hablaremos de la metodología utilizada para el análisis y diseño del Sistema Experto "DERMA", consistente en varias etapas como son:

- Identificación del Dominio del Sistema.
- Elección de la Fuente de Conocimientos.
- Organización de la Base de Conocimientos.
- *Tipo del Motor de Inferencia.*
- Interface Gráfica: Usuario – Experto.
- Interface de Hipertexto en medicina profiláctica.
- Historia Clínica.

5.1 IDENTIFICACIÓN DEL DOMINIO DEL SISTEMA.

La selección de un dominio de conocimiento y de los trabajos que queremos que desarrolle el Sistema Experto es una tarea laboriosa, comienza con una

revisión de los dominios en los cuales los Sistemas Expertos están siendo utilizados.

Buscar los campos de investigación y desarrollo, no implica que no existan nuevos campos en los cuales los sistemas expertos se puedan usar, aunque para esto se deberá tomar en cuenta si el dominio de conocimiento, requerido para el desarrollo nuestro sistema, es estable, numérico y puede ser fácilmente integrado, entonces deberán de utilizarse algoritmos convencionales ya que estos serán el mejor camino. Asimismo se debe tomar en cuenta si el conocimiento es subjetivo, simbólico o parcialmente juicioso, por lo tanto este dominio es candidato para que pueda explotarse por un sistema experto.

En las actividades que preceden al desarrollo del sistema experto (selección del dominio, límites, etc.), se involucra mucho tiempo y llega a ser un trabajo desesperante, pero es necesario el desarrollo detallado de esta parte, ya que en este momento se están formando las bases de la construcción de nuestro sistema experto.

El Sistema Experto "DERMA" posee todo su dominio en el área de la medicina, se seleccionó ésta debido a la necesidad de una herramienta la cual apoyará al médico en los diagnósticos y en la medicina profiláctica. Fue necesario investigar la existencia de los diversos sistemas expertos desarrollados en el área, tomando como decisión desarrollarlo dentro del campo de la Dermatología.

Otro reto que se presentó fue el adquirir la responsabilidad de fungir como ingenieros del conocimiento, ya que al no tener ningún conocimiento en medicina, el ingeniero debe tener la capacidad de obtener la información necesaria del experto y plasmarla dentro del sistema.

Por otro lado se tuvo que delimitar el dominio del sistema dentro de una de las ramas de la medicina, ya que este campo de estudio es muy vasto y sería prácticamente imposible obtener todos los conocimientos necesarios para el llenado de la base de conocimientos; la rama que se eligió es la de Dermatología. Con esto no quiere decir que el Sistema Experto no funcione en cualquier otra rama.

5.2 ELECCIÓN Y ADQUISICIÓN DE LA FUENTE DE CONOCIMIENTOS.

Un sistema experto es desarrollado mediante la adquisición del conocimiento que poseen varios expertos, y la puesta de este conocimiento para que sea explotado con mecanismos inferenciales y llegue a soluciones similares a las que llegan los expertos. En ello radica la importancia de encontrar varios expertos que estén disponibles con tiempo e interés para participar en el desarrollo, de hecho la calidad del sistema y el tiempo que se tomará para desarrollarlo depende en gran medida de los expertos. Es importante asegurarse de que estos expertos se mantengan hasta el final del desarrollo.

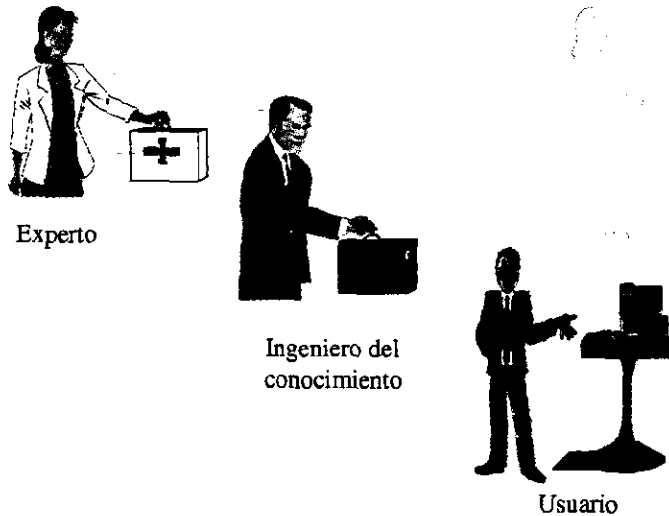


Fig. 5.1

Inicialmente nuestra intención fue la de crear un sistema experto en Dermatología que trabajara con todas las posibles enfermedades, posteriormente conforme avanzó la investigación del dominio se observó que el dominio es demasiado extenso, por lo que se decidió delimitarlo a un sistema prototipo que abarcara algunas enfermedades representativas.

El encontrar un o algunos expertos que contribuyan al desarrollo del sistema no es sencillo, ya que un experto es sinónimo de una persona ocupada; sin tener gran experiencia en este tipo de búsquedas, se decidió ir a un lugar dónde la participación de un experto no sólo fuera como aporte del conocimiento, sino como parte integral del sistema. Para la obtención del conocimiento se contó con la colaboración de varios expertos del Hospital General de la ciudad de México, los cuales fueron encargados de comunicarnos la forma en que ellos diagnostican los posibles padecimientos

de sus pacientes y con estos datos se pudo realizar el motor de inferencia, también se nos proporcionó el cuadro clínico de algunas enfermedades; con ello se logró cubrir el objetivo de adquisición de conocimientos, es decir, se llenó la base de conocimientos.

Después de ubicado al experto, es necesario efectuar un plan de citas con él. Se decidió por ambas partes, tener sesiones de una o dos veces por semana, debido a que nosotros necesitábamos tiempo para poder comprender y ordenar la información, y así tener una base para la siguiente sesión. En su momento, se hizo imprescindible observar consultas reales y así tener un mayor panorama de cómo el experto piensa, decide y actúa.

Las primeras sesiones fueron muy pesadas y difíciles debido a que es necesario tener algunos aspectos primordiales. En primer lugar, se debe tener el mismo vocabulario que el experto maneja, a qué se refiere y qué nos quiere decir, empezar a tener confianza para que el experto pueda hablar abiertamente, y si algún término no se entiende pedir una explicación para evitar lagunas de información.

Es importante hacer notar al experto que todas las sesiones van a ser pláticas de su experiencia laboral, ya que el experto tiene la idea de expresar soluciones tan formales como se puede observar en un libro. A cada pregunta en vez de contestar en forma libre, personal y sencilla, se refiere a uno o varios libros. Esto no sirve de nada, ya que lo importante en un experto es su experiencia a través del tiempo y no lo que estudio en sus libros. Debido a lo anterior, es importante enfatizar al experto que no se requiere

una biblioteca viviente, sino sus experiencias acumuladas durante su desarrollo profesional.

El Ingeniero del conocimiento (IC) juega un papel crítico en la construcción de un Sistema Experto. Aunque es el conocimiento del experto el que se está modelando, es el IC quien debe realmente construir el sistema. En este proceso el IC actúa como intermediario quien espera catalizar dicho proceso llevando el conocimiento del experto al sistema. Este proceso en particular es crítico, porque el conocimiento del IC, más que el del experto, es el reflejado realmente en el Sistema Experto.

Como consecuencia, el IC debe ser muy cuidadoso para precisamente reflejar el conocimiento experto; así como un traductor del lenguaje humano debe buscar replicar el sentido del autor.

5.3 ORGANIZACIÓN DE LA BASE DE CONOCIMIENTOS.

Para el sistema experto DERMA, la base de conocimientos que se tiene, se organizará dentro de una base de datos del tipo relacional.

5.3.1 Bases de Datos Relacionales (BDR)

Una base de datos es un conjunto de información relacionada con un asunto o con una finalidad, tal como el seguimiento de los pedidos de clientes o una colección de música. Si la base de datos no está almacenada en una máquina, o sólo lo está parte de la misma, es posible que necesite controlar

información de varias fuentes distintas que tenga que organizar y coordinar usted mismo.

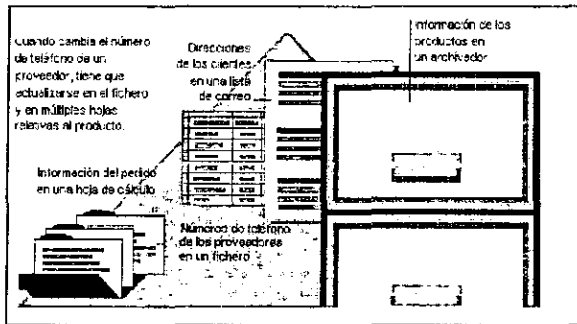


Fig. 5.2

En los archivos de la BDR, los datos se dividen en contenedores de almacenamiento separados denominados tablas.

Tablas

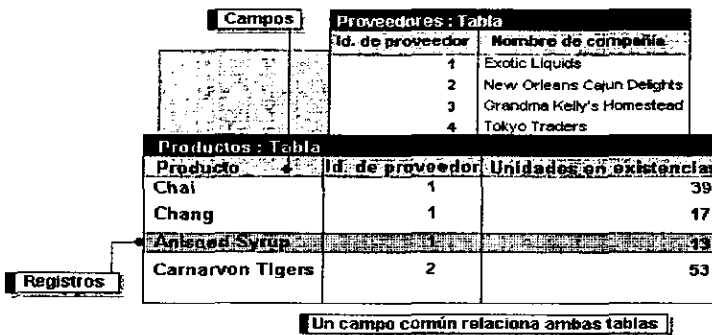


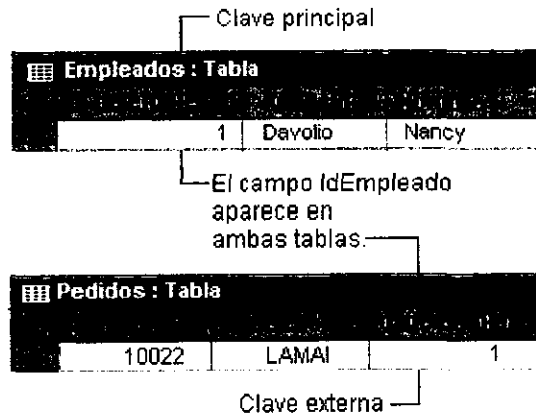
Fig. 5.3

Una tabla es un conjunto de datos sobre un tema específico, si se utiliza una tabla independiente para cada tema se evitará la duplicidad de datos, lo que hace que la base de datos sea más eficiente y se reducirán los errores de entradas de datos. Las tablas organizan los datos en columnas denominadas campos y en renglones denominados registro.

Relaciones

Una vez creadas las diferentes tablas para cada tema de la base de datos, es necesario indicarle al manejador de la base de datos cómo debe combinar esa información. El primer paso de este proceso es definir relaciones entre las tablas. Una vez realizada esta operación, puede crear consultas e informes para mostrar información de varias tablas a la vez.

Relación uno a varios



La relación uno a varios es el tipo de relación más común. En este tipo de relación, un registro de la Tabla A puede tener muchos registros coincidentes en la Tabla B, pero un registro de la Tabla B sólo tiene un registro coincidente en la Tabla A.

Relación varios a varios

En una relación varios a varios, un registro de la Tabla A puede tener muchos registros coincidentes en la Tabla B y viceversa. Este tipo de relación sólo es posible si se define una tercera tabla (denominada tabla de unión) cuya clave principal consta de al menos dos campos: las claves externas de las Tablas A y B.

Relación uno a uno

En una relación uno a uno, cada registro de la Tabla A sólo puede tener un registro coincidente en la Tabla B y viceversa. Este tipo de relación no es habitual, debido a que la mayoría de la información relacionada de esta forma estaría en una sola tabla. Puede utilizar la relación uno a uno para dividir una tabla con muchos campos, para aislar parte de una tabla por razones de seguridad o para almacenar información que sólo se aplica a un subconjunto de la tabla principal.

Tablas Simples o tablas padre

Las tablas simples se caracterizan por su no dependencia de la existencia de otras tablas. Estas tablas simples servirán de entidades independientes para la creación de entidades dependientes, y así poder lograr una mejor explotación de la BDR.

Las tablas ocupadas dentro de DERMA son:

- Enfermedades .
- Medicinas
- Síntomas.
- Signos
- Análisis Clínicos.
- Antecedentes Personales Patológicos
- Antecedentes Personales No Patológicos.
- Antecedentes Familiares.
- Tratamientos

Los campos que contendrán cada una de ellas se describe en el siguiente capítulo.

Tablas dependientes o tablas hijas.

También contaremos con tablas dependientes, ya que como sabemos todas la bases de datos del tipo relacional cuentan con ellas; éstas tendrán como función enlazar las principales tablas dentro de la base de datos.

Las tablas hijas necesitan de la existencia de datos en las tablas simples para su explotación, debido a que como su nombre lo dice son dependientes de éstas. Una característica dentro de estas tablas en su estructura interna es que los campos que forman la clave primaria de la tabla solo pueden ser modificados en cascada, es decir, si la tabla padre sufre un cambio, éste se reflejará automáticamente en la tabla hija o dependiente.

5.4 TIPO DE MOTOR DE INFERENCIA

El motor de inferencia que utilizaremos en la parte de diagnóstico médico será del tipo de razonamiento hacia atrás, se pretende con esto que a partir de las precondiciones (signos, síntomas, análisis clínicos, etc.) se genere el árbol de estados, y se pueda aplicar el método de búsqueda en profundidad.

Por otro lado, para la parte de medicina profiláctica se utilizara un motor de inferencia del tipo de razonamiento hacia adelante, teniendo en cuenta que, al tratarse de un sistema de enseñanza, se partirá de un objetivo ó meta (enfermedad) hacia las precondiciones.

Las aseveraciones anteriores se pretenden lograr aplicando sentencias SQL en forma recursiva por medio de la de realimentación de objetivos o metas; en el caso de razonamiento hacia atrás se tomará por principio las precondiciones que sean parte de algunas enfermedades, pretendiendo poder llegar a un conjunto de posibles metas u objetivos. En contraparte, para la medicina profiláctica, se partirá de una meta, a la cual se le aplicará la sentencia SQL, para tener como resultado nuevas precondiciones, de esta manera se pretende enseñar más claramente al individuo de dónde surge la meta, y así cumplir con el concepto de medicina profiláctica.

A esta técnica se le ha denominado RETE. Las operaciones relacionales se pueden ejecutar incrementalmente, de acuerdo a la creación de cada afirmación, reduciendo tanto la calidad total de trabajo como el tiempo que

toma activar una regla una vez que todas las afirmaciones de activación se encuentren en su lugar.

El procedimiento rete trabaja al mover cada afirmación nueva, vista como un registro relacional, a través de una red de cajas, cada una ejecutando una operación relacional sobre una relación o sobre algunas, pero nunca sobre todas las relaciones que representen las afirmaciones acumuladas.

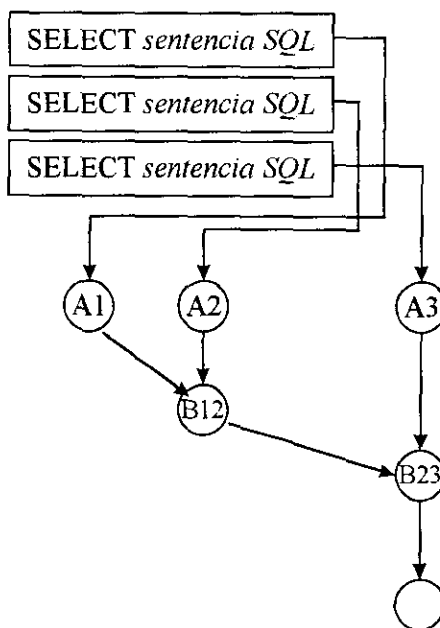


Fig. 5.4 Procedimiento RETE

5.4.1 Lenguaje SQL

SQL son las siglas para Structured Query Language. Es un lenguaje para acceso a bases de datos que se originó en plataformas grandes (mainframes y minicomputadoras), y ahora es muy popular en las PC's, particularmente entre los productos que operan en un ambiente cliente/servidor.

SQL tiene una característica común que generalmente está incluida en todas las implementaciones del lenguaje. Esta característica provee los fundamentos para la creación y uso de bases de datos. Cada fabricante añade extensiones a SQL para diferenciar sus productos y así proveer ventajas para cierto tipo de aplicaciones.

SQL esta basado en el modelo de base de datos relacional. E.F. Codd es considerado como el padre de las bases de datos relacionales. En los 70's, trabajando en IBM, desarrolló el primer modelo de bases de datos relacionales. C.J. Date, un socio de Codd durante sus años en IBM, tiempo después, refinó la definición de la base de datos relacional.

En el más simple (y rara vez incompleto) nivel, una base de datos relacional debe ser percibida como una colección de tablas de datos y nada mas que tablas de datos. Esta información tabular es comúnmente considerada como una analogía a las hojas de cálculo, pero de hecho, una base de datos relacional es diferente de una hoja de cálculo.

5.5 INTERFACE GRÁFICA USUARIO – EXPERTO.

La Interface gráfica, será el módulo de comunicación entre el sistema experto y el usuario final, esta comunicación incluye generalmente varias funciones.

- Manejo de entrada y salida usando teclado, mouse y la pantalla.
- Apoyar al diálogo entre el usuario y el sistema experto.
- Proveer un lineamiento amistoso para el usuario.

- Reconocer casos en los que no hayan combinaciones (exista liga) entre el usuario y el sistema.

La interface con el usuario debe contar con las siguientes características:

- Manejar eficazmente las entradas y salidas de información en forma clara y concisa.
- Incluir el manejo de dispositivos de almacenamiento alterno como discos flexibles, disco fijo, etc.
- Al término de una sesión de consultas debe resultar la declaración de las metas prescritas por el sistema, así como las explicaciones del razonamiento utilizado para llegar a tales metas.

Finalmente el sistema experto debe de ser amigable con el usuario ya que éste actuará en forma natural con el sistema experto.

Con el fin de lograr que nuestro sistema experto cumpla con todas las exigencias en cuanto a interfaces, éste será realizado en una plataforma que proporciona un ambiente gráfico como lo es Windows 95, ya que podremos tener una interface amigable y de fácil aprendizaje en el uso del sistema experto. Esta interface contendrá ventanas tanto para la administración de la base de conocimientos, como para el diagnóstico médico y medicina profiláctica.

5.6 INTERFACE HIPERTEXTO EN MEDICINA PROFILÁCTICA.

Hipertexto es una expresión acuñada por Theodor H. Nelson en los años sesenta. Se refiere a un tipo de texto electrónico, una tecnología informática

radicalmente nueva y, al mismo tiempo, un modo de edición. Como él mismo lo explica:

"Con hipertexto, me refiero a una escritura no secuencial, a un texto que bifurca, que permite que el lector elija y que se lea mejor en una pantalla interactiva. De acuerdo con la noción popular, se trata de una serie de bloques de texto conectados entre sí por nexos, que forman diferentes itinerarios para el usuario".

Como lector de hipertextos, uno tiene que escoger entre volver a la exposición del autor o seguir alguna de las conexiones sugeridas por los nexos o enlaces, utilizar otras funciones del sistema o buscar conexiones nuevas. La versatilidad del hipertexto, que se manifiesta en múltiples conexiones entre bloques individuales de texto, requiere un lector activo.

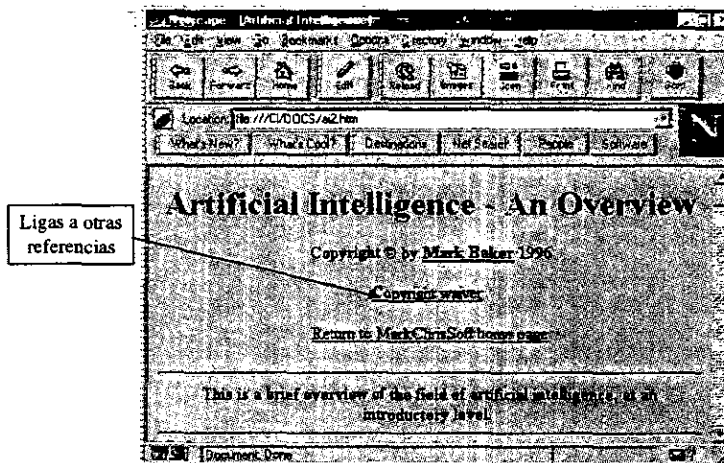


Fig. 5.5 Hipertexto

Puesto que el procesamiento de texto electrónico maneja códigos electrónicos, todos los textos que el lector-escritor se encuentran en la pantalla a estos se les clasifica como "textos virtuales".

La facultad o posibilidad de la conexión electrónica es lo que crea el hipertexto, una textualidad compuesta de bloques y nexos que permiten multiplicar los trayectos de lectura.

Algunos sistemas expertos se utilizan como consultores debido a su capacidad para establecer diagnósticos y sugerir terapéuticas adecuadas, pero también tienen la posibilidad de adquirir nuevos conocimientos y enseñar aquellos que forman parte de la base con fines educativos. Una de las tareas que se pretende con este sistema es funcionar como tutor relacionado con el diagnóstico, enfermedades y tratamiento.

Aprovechando las ventajas que nos proporciona el hipertexto, pretendemos realizar con esta tecnología el sistema de medicina profiláctica, lo cual haremos programando un interprete para el hipertexto y generando la navegación entre las distintas ligas por medio de un motor de inferencias de encadenamiento hacia adelante, es decir, se tendrá todas la enfermedades como enlaces a otras interfaces del mismo tipo las cuales podrán ser sus signos, síntomas, análisis clínicos, etc., dependiendo del cambio de estados que se esté realizando por medio de la búsqueda en anchura.

Es necesario destacar que todo sistema experto consta de dos partes fundamentales: la base de conocimientos y las estrategias del manejo de las

mismas. Si a partir de esta idea se analizan los sistemas educativos se encuentra que, salvo excepciones, la mayor parte de los programas académicos poseen un contenido fáctico, y el trabajo fundamental del profesor es proporcionar dichos conocimientos de tipo fáctico, sin que exista una práctica sistemática y programada de sesiones que enseñen como utilizarlos.

5.7 HISTORIA CLÍNICA.

En años anteriores las historias clínicas dentro de los consultorios se manejaban con procesadores de texto de las siguientes formas:

1. Como un documento que se escribe sin ningún formato predeterminado y que utiliza únicamente el procesador de texto para su edición y almacenamiento.
2. Como un esqueleto o machote de historia clínica previamente escrito, que se llena con los datos de cada paciente, y que luego es almacenado con una clave que identifica a dicha persona.
3. A través del empleo de un sistema interactivo entre el procesador de texto y el médico, en donde el sistema solicita al médico la información relativa a la historia clínica para su impresión inmediata.

Debido a lo anterior y teniendo en cuenta que un sistema de medicina nunca podrá estar completo sin las historias clínicas de los pacientes, se incorpora este módulo. Es aquí donde se realizará el interrogatorio sobre los antecedentes patológicos ó familiares, así como sus datos personales. Estos datos servirán como información para las precondiciones que el clínico tomará en cuenta para alimentar al sistema, así mismo, una vez

diagnosticada una posible enfermedad, el doctor puede incluirla dentro de la historia clínica para poder dar un seguimiento de la misma.

En resumen, la clave para construir un sistema experto será:

- La elección de un problema adecuado. No se deberá intentar desarrollar sistemas comerciales de dominios de conocimiento convencionales con herramientas de inteligencia artificial, esto podría dar por resultado que el tiempo dedicado en el desarrollo aumente en forma sustancial, incluyendo un aumento considerable en el costo.
- La disposición de los expertos de cualquier área de conocimiento a la introducción de la inteligencia artificial en sus campos de trabajo.
- La apertura tecnológica de los profesionales, así como las compañías involucradas en la informática a los nuevos campos de la inteligencia artificial.

6. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA "DERMA"

6.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo describe el desarrollo de un sistema experto prototipo denominado "DERMA", el cual cuenta con características innovadoras e interesantes.

El diagnóstico oportuno, tratamiento y educación en enfermedades de la piel son las tácticas más efectivas al controlar la proliferación de estas enfermedades.

El sistema experto "DERMA" se desarrolló con estos tratados en mente. Su objetivo es proveer al usuario del sistema un modo interactivo, y privado de obtener un diagnóstico e información cuando una enfermedad se sospecha.

Sin embargo, el temor y confusión hará que mucha gente evite aprender acerca de DERMA, obstaculizando el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades.

Como mencionamos en capítulos anteriores, muchas veces resulta imposible que el médico general esté al corriente de las últimas tendencias. Él es quien debe orientar y resolver los problemas de sus pacientes, teniendo un criterio claro y conciso sobre el diagnóstico y el tratamiento, de manera que pueda establecer cuándo está en sus manos la solución y cuándo recurrir a los especialistas, para consultas o para dejar en manos de éstos el tratamiento

de los casos que, por sus características, corresponden a la esfera del especialista.

Para combatir este problema, hemos desarrollado un sistema experto prototipo, "DERMA", para el diagnóstico de enfermedades de la piel. Después de investigar el tema, hasta la fecha, ningún otro sistema cuenta con las características de DERMA, haciendo este proyecto único en su género.

La tecnología está redefiniendo continuamente las capacidades del campo médico. Los sistemas de toma de decisiones clínicas, están ofreciendo beneficios a la industria médica, mejorando la calidad de cuidado con menores costos. Estos sistemas permiten al médico ser más productivo, apoyándolo en el proceso de toma de decisiones, consultando con el sistema en el diagnóstico y tratamiento de los pacientes de una manera eficiente.

Los médicos son responsables de procesar la riqueza de la información mediante historias de pacientes, síntomas, signos, análisis clínicos, tratamientos, etc.

Consultar a los sistemas expertos, especialmente en la recopilación de síntomas e historia del paciente, puede aumentar grandemente una productividad en los médicos. Al utilizar tales sistemas, procesando la información del paciente se llegará a un diagnóstico probable, permitiendo al doctor centrar sus ideas en el tratamiento.

El acto de analizar la historia clínica y anomalías que presenta un paciente es una tarea demorada. Aproximadamente ocupa el 80% del proceso en la actualidad. Wenner asegura que si los sistemas expertos se utilizan adecuadamente se reduce al menos a un 50% el tiempo que el médico gasta con sus pacientes.¹²

Hay otros beneficios inherentes por utilizar sistemas expertos en el campo médico, tal como, aumento de la velocidad en el diagnóstico, permitiendo el sistema completar tareas repetitivas como el análisis, adopción de decisiones y el activo conocimiento capturado en el dominio de problema por los expertos en el campo.

6.2 SISTEMA EXPERTO "DERMA"

El sistema está diseñado para diagnosticar varias enfermedades que afectan la piel. El alcance del prototipo fue diagnosticar en base a los signos, síntomas, localización de los signos, tipo de contagio y análisis clínicos.

En el futuro, el sistema incluirá más enfermedades, tomando en cuenta que la información de la base de conocimientos será ingresada por los propios expertos en el área.

La importancia del sistema es triple, debido a:

1. La inclusión de imágenes o cualquier tipo de objeto OLE hace que el sistema sea más fácil de manejar.

¹² "Integrating Computer Software in Patient Education". Wenner, Allen.

2. El usuario puede ser cualquier persona, teniendo en cuenta que la base de conocimientos y diagnóstico está bajo la responsabilidad de un especialista, lo que conlleva una privacidad para el usuario.
3. Provee una base para consulta y tratamiento médico después de atravesar el proceso de diagnóstico del sistema, junto con una interfaz para la medicina profiláctica. Además de un pequeño administrador de historias clínicas.

Cabe mencionar que este sistema no intenta sustituir al equipo médico. El sistema experto DERMA no está diseñado para ser utilizado sólo, pero es una opción para aquellos que se sienten más cómodos al trabajar privadamente con el sistema experto.

Podrá proveer el diagnóstico más probable basado en la entrada del usuario. El usuario puede obtener un diagnóstico de dos formas: encadenamiento hacia atrás y/o encadenamiento hacia adelante. El primero se busca el padecimiento teniendo en cuenta las causas del padecimiento teniendo como conclusión una serie de probables enfermedades. En el segundo se elige una enfermedad como objetivo, posteriormente el usuario seleccionará los indicios que presenta el paciente y el sistema concluirá con la probabilidad de que dicha enfermedad esté presente.

Una sugerencia que es política del sistema, es que después de obtener un diagnóstico por DERMA, el paciente tendrá que hablar con su médico o un especialista.

6.3 DESARROLLO DE "DERMA"

DERMA se desarrolló con las siguientes características:

- Ambiente gráfico (Windows '95)
- Lenguaje de programación orientado a objetos (Delphi 3.0)
- Base de datos relacionales (Paradox)
- Componentes desarrolladas para Delphi.

Los requerimientos mínimos de hardware y software son:

- Computadora con procesador Pentium o compatible a 133 MHz.
- 16 MB de RAM mínimo (32 MB recomendable).
- Monitor y tarjeta de video SVGA.
- 10 MB de espacio en disco duro.
- Microsoft Windows 95.
- Mouse.
- Unidad de 3½ " Alta Densidad.

6.3.1 Ambiente gráfico (Windows '95)

Muchos usuarios acostumbrados a este ambiente operativo encuentran muchísimas ventajas respecto a otros ambientes (como MS-DOS). De entre las muchas ventajas que pudiéramos mencionar, encontramos una muy importante: la consistencia en la apariencia y el modo de operación de los diferentes productos que corren en este ambiente. A través de estas características, los usuarios pueden desarrollar habilidades con una aplicación "X", y emplear las mismas capacidades en el uso de otra aplicación "Y". Esto hace altamente eficiente a un usuario, pues no deberá aprender

"otra vez" una serie de habilidades básicas para trabajar con aplicaciones de Windows, como el uso de menús o del mouse para ciertas tareas. Al igual que para con los usuarios, Windows presenta muchas ventajas para los desarrolladores de aplicaciones.

Una de las características más interesantes de Windows es la arquitectura de los servicios disponibles a las aplicaciones que corren sobre él. Estos servicios se encuentran agrupados en algo llamado APIs (Application Programming Interface, Interfaz de Programación de Aplicaciones). Las APIs proporcionan a los desarrolladores de aplicaciones Windows un arsenal completo de funciones y procedimientos para configurar y obtener información de Windows, controlar los procesos de impresión, acceder directamente a los objetos de la interfaz de usuario, entre otras características. De esta forma, cualquier desarrollador ya posee una serie de funciones preconstruidas que puede incorporar dentro de su aplicación, y como éstas las proporciona el ambiente operativo Windows, el desarrollador tiene la garantía de que el mismo código funcionará en versiones futuras de dicho programa, lo que ayuda a que los sistemas desarrollados sean consistentes entre diferentes versiones.

6.3.2 Lenguaje de programación orientado a objetos (Delphi 3.0)

Delphi es una herramienta de desarrollo que combina un compilador (el más rápido según Borland), la productividad del diseño visual basado en componentes y la flexibilidad de una arquitectura de bases de datos escalables. Sus principales características son:

- *Alto desempeño.* Proporciona velocidad de archivos EXE, DLL y la rapidez en acceso a datos.
- *Poder de 32 bits.* Libera por completo el poder de Windows 95.
- *Desarrollo rápido de aplicaciones (RAD).* Acorta todos los aspectos del ciclo de desarrollo de aplicaciones.
- *Máximo reuso.* Desarrollo con una verdadera arquitectura de componentes orientados a objetos.
- *Escalabilidad de bases de datos.* Escala aplicaciones desde el escritorio hasta Cliente/Servidor.
- Crea archivos ejecutables sin necesidad de librerías DLL.
- Lenguaje orientado a objetos (Pascal)
- Crear componentes con propiedades y eventos.
- Base de datos nativas: DBASE, Paradox e InterBase.
- Soporte con ODBC.

6.3.3 Base de datos relacionales (Paradox)

Es una base de datos poderosa y sencilla de usar. Presenta la mejor combinación de facilidad de uso, actuación y desarrollo rápido de aplicaciones. Las ventajas que ofrece Paradox son:

- Vistas ordenadas por llaves principales o secundarias.
- Integración de campos calculados mediante expresiones como sumas o promedios.
- Cerca de 2 millones de registros por tabla.
- 255 campos por registro, aproximadamente 10,800 bytes por registro en tablas indexadas o 32,750 bytes en tablas no indexadas.

- Validación e integridad referencial en los datos.
- Seguridad sobre las tablas usando claves de acceso.
- Tipos de datos: alfanumérico (255 caracteres máximo), punto flotante (20 dígitos significativos), numérico (15 dígitos significativos), numérico corto (-32767, 32767), moneda (redondeo a dos decimales), Lógico, Fecha, Hora, Autoincremento, Entero largo ($\pm 2,147,483,647$), Memo (hasta 256 Mb por registro), Memo formateado (hasta 256 Mb por registro), gráfico (Imágenes PCX, TIF, GIF, BMP y EPS).
- Bloqueo automático para ambientes multiusuario.

6.3.3 Componentes desarrolladas para Delphi.

Para la construcción del sistema fue necesario incorporar dos componentes desarrolladas para Delphi. Dichos elementos se integran para que el sistema sea lo más amigable posible para el usuario.

1. InfoPower. Un conjunto de componentes de acceso y manejo de bases de datos.
2. Componentes RX. Conjunto que integran elementos de barras de herramientas y acceso a bases de datos.

6.4 PARTES QUE INTEGRAN A "DERMA"

Las principales secciones que integran el sistema "DERMA" son las siguientes:

1. Base de conocimiento.
2. Motor de Inferencia.
3. Interfaz de experto.

4. Interfaz de usuario.
5. Interfaz de medicina profiláctica.
6. Interfaz de manejo de historias clínicas.

6.4.1 Base de conocimientos

El conocimiento se obtuvo gracias a un experto en el área de Dermatología, la Dra. Guadalupe Ríos, especialista en el Hospital General de la Ciudad de México. Esta información se recopiló en una serie de entrevistas con dicha persona. El experto por sus múltiples ocupaciones no estuvo tan ligado en el proceso de desarrollo, pero ya concluido nos apoyó para garantizar la calidad y precisión del proyecto.

En cada una de las pláticas con el experto se debe de aprender más acerca del dominio y empezar a tener una idea, aunque vaga, de qué soluciones va a dar nuestro SE. Iniciar la organización de la información, identificando y formalizando el conocimiento.

El conocimiento suplementario sobre el tema se obtuvo de libros, revistas e información obtenida de Internet.

Se observó que el dominio está compuesto por "objetos", tales como:

- Signos

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| ◊ Excoriación externa (boca) | ◊ Ampulas |
| ◊ Encías rojas | ◊ Encías inflamadas |
| ◊ Lengua (Revestimiento blanco) | ◊ Glándulas inflamadas (cuello) |
| ◊ Costras | ◊ Mucosa clara (genital) |
| ◊ Glándulas inflamadas (Ingle) | ◊ Espinillas |
| ◊ Barros | ◊ Granos |

- | | |
|---------------------|--------------------|
| ◇ Quistes | ◇ Nódulos |
| ◇ Irritación | ◇ Grietas |
| ◇ Escamas | ◇ Hoyos minúsculos |
| ◇ Granos minúsculos | ◇ Salpullido |
| ◇ Manchas blancas | |

• Síntomas

- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| ◇ Dolor ulceroso | ◇ Dolor muscular |
| ◇ Fiebre | ◇ Dificultad al comer |
| ◇ Malestar general | ◇ Irritabilidad |
| ◇ Hormigueo | ◇ Adormecimiento |
| ◇ Sensibilidad | ◇ Picazón |
| ◇ Dolor de cabeza | ◇ Ardor al orinar |
| ◇ Inflamación | ◇ Pus |
| ◇ Período menstrual | ◇ Sudor |
| ◇ Mal olor | ◇ Comezón |
| ◇ Calzado apretado | ◇ Infección (garganta) |
| ◇ Sangrado | ◇ Artritis |
| ◇ Líneas rojas | ◇ Piel aceitosa |
| ◇ Caspa | ◇ Ardor de ojos |
| ◇ Lagrimeo | ◇ Represión de emociones |
| ◇ Incomodidad | ◇ Piel áspera |
| ◇ Sensación de quemar | ◇ Drogas |
| ◇ Infecciones | ◇ Luz solar |
| ◇ Comida | ◇ Medicinas |
| ◇ Defecto genético | ◇ Ardor |

• Localización de las alteraciones

- | | |
|-------------------|-------------------|
| ◇ Boca (Interior) | ◇ Boca (Exterior) |
| ◇ Muslos | ◇ Genitales |
| ◇ Glúteos | ◇ Cara |
| ◇ Cuello | ◇ Pecho |
| ◇ Espalda | ◇ Hombros |
| ◇ Brazos | ◇ Pie (s) |
| ◇ Pericráneo | ◇ Codo(s) |
| ◇ Rodilla(s) | ◇ Ingle |
| ◇ Uña(s) | ◇ Mejilla(s) |
| ◇ Dedo(s) | ◇ Diseminada |
| ◇ Todo el cuerpo | |

- Pruebas de laboratorio y estudios de gabinete

- ◊ Biopsia
- ◊ Examen con lámpara de Wood
- ◊ Cultivo de hongos
- ◊ Prueba de tinta

- Contagio

- ◊ Boca
- ◊ Saliva
- ◊ Contacto directo
- ◊ Genital
- ◊ Fluidos genitales

- Tratamientos

- ◊ Líquidos
- ◊ Utensilios separados
- ◊ Baños calientes
- ◊ Jugos
- ◊ Agua caliente
- ◊ Cosméticos
- ◊ Calzado apretado
- ◊ Calcetines
- ◊ Luz solar
- ◊ Alcohol
- ◊ Fumar
- ◊ Electrocirugía
- ◊ Medicinas
- ◊ Cubo de hielo
- ◊ Evitar contacto
- ◊ Utilizar condón
- ◊ Lavar
- ◊ Comida
- ◊ Secar
- ◊ Sandalias
- ◊ Descalzo
- ◊ Luz ultravioleta
- ◊ Bebidas calientes
- ◊ Temperaturas frías
- ◊ Esteroides
- ◊ Injerto

- Medicamentos

- ◊ Nonaspirín
- ◊ Vitamina A
- ◊ Cortisona
- ◊ Eritromicina
- ◊ Hormonas femeninas
- ◊ Mosturizing
- ◊ Anthralin
- ◊ Esteróides
- ◊ Agentes protectores del sol
- ◊ Sulfato de Crotamitón
- ◊ Antistamínicos
- ◊ Cosméticos
- ◊ Astringentes
- ◊ Aciclovir
- ◊ Peróxido de benzoilo
- ◊ Tetraciclina
- ◊ Anticonceptivos
- ◊ Antihongos
- ◊ Vitamina D
- ◊ Alquitrán
- ◊ Jabón
- ◊ Lindane
- ◊ Clorotrimetón
- ◊ Epineprina
- ◊ Corticosteroides



Fig. 6.1 Esquema conceptual de DERMA

El esquema de la base y la descripción de sus campos se muestran en el anexo.

Para el llenado de la base de conocimientos, se escogieron 11 enfermedades dermatológicas observadas en consulta externa. Este grupo de enfermedades constituyó el universo patológico que debía reconocer la computadora.

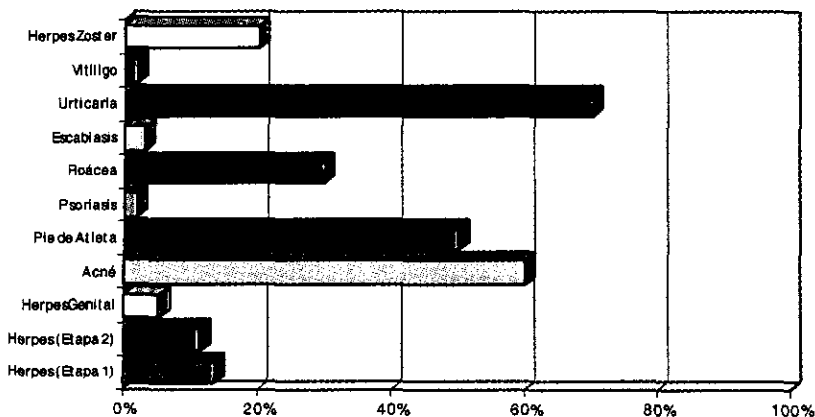


Fig. 6.2 Enfermedades de la Base de Conocimientos con su probabilidad asociada

Se elaboró una lista de los hechos que determinan la presencia de las enfermedades escogidas según criterio del especialista, así como los tratamientos y medicamentos aplicables para cada una de las alteraciones.

Enfermedad	Signos	Síntomas
<i>Herpes Simple (Etapa 1)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Excoriación externa (boca) • Ampulas • Encías rojas • Encías inflamadas • Lengua (Revestimiento blanco) • Glándulas Inflamadas (cuello) 	<ul style="list-style-type: none"> • Dolor ulceroso • Dolor muscular • Fiebre • Dificultad al comer • Malestar general • Irritabilidad
<i>Herpes Simple (Etapa 2)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Excoriación externa (boca) • Ampulas • Encías rojas • Encías inflamadas • Lengua (Revestimiento blanco) • Glándulas Inflamadas (cuello) • Costra (Boca) 	<ul style="list-style-type: none"> • Dolor ulceroso • Dolor muscular • Fiebre • Dificultad al comer • Malestar general • Irritabilidad • Hormigueo • Adormecimiento
<i>Herpes Genital</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ampulas • Mucosa clara • Glándulas inflamadas (ingle) 	<ul style="list-style-type: none"> • Dolor ulceroso • Fiebre • Malestar general • Sensibilidad

Enfermedad	Signos	Síntomas
		<ul style="list-style-type: none"> • Picazón • Dolor de cabeza • Ardor al orinar
<i>Acné</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Espinillas • Barros • Granos • Quistes • Nódulos • Irritación 	<ul style="list-style-type: none"> • Inflamación • Pus • Período menstrual
<i>Pie de Atleta</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Grietas • Escamas • Irritación • Ampulas 	<ul style="list-style-type: none"> • Sudor • Mal olor • Comezón • Calzado apretado
<i>Psoriasis</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Escamas • Irritación • Hoyos minúsculos 	<ul style="list-style-type: none"> • Infección (garganta) • Sangrado • Artritis
<i>Rosácea</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Irritación • Granos minúsculos 	<ul style="list-style-type: none"> • Inflamación • Pus • Líneas rojas • Piel aceitosa • Caspa • Ardor de ojos • Lagrimeo • Sensibilidad • Represión de emociones fuertes
<i>Escabiosis</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Salpullido • Irritación • Granos • Escamas • Grietas • Costras 	<ul style="list-style-type: none"> • Comezón • Incomodidad • Piel áspera
<i>Urticaria</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Granos • Salpullido 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensación de quemar • Picazón • Drogas • Infecciones • Luz solar • Comida • Medicinas
<i>Vitiligo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas blancas 	<ul style="list-style-type: none"> • Drogas • Defecto genético
<i>Herpes Zoster</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ampulas • Salpullido 	<ul style="list-style-type: none"> • Drogas • Dolor • Ardor

Enfermedad	Signos	Síntomas
		<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilidad • Fiebre • Dolor de cabeza • Pus

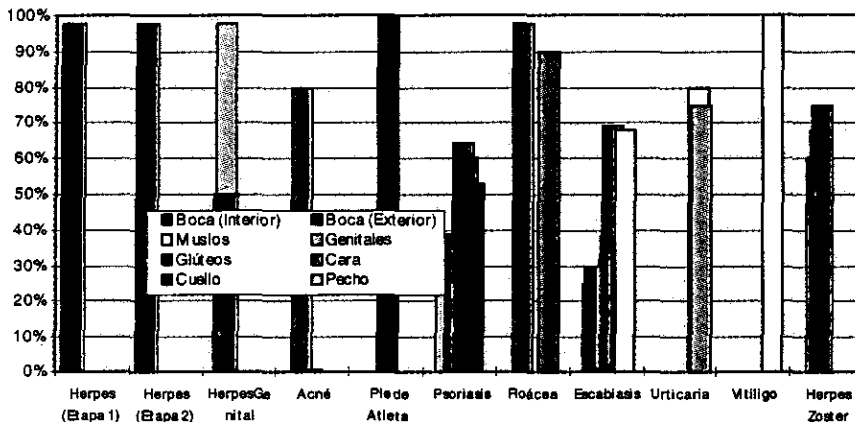


Fig. 6.3 Localización de enfermedades con su probabilidad asociada

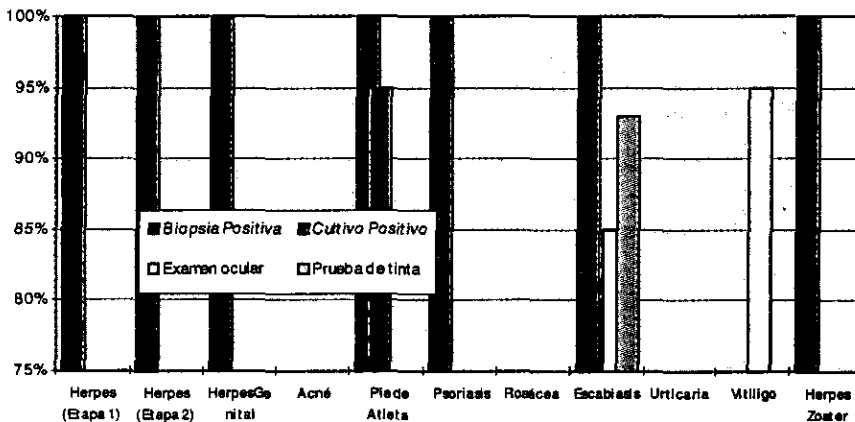


Fig. 6.4 Pruebas de laboratorio con su probabilidad asociada

Enfermedad	Tratamiento	Medicamentos
Herpes Simple (Etapa 1)	<ul style="list-style-type: none"> • Líquidos • Jugos de manzana y uva 	<ul style="list-style-type: none"> • Nonaspirín • Aciclovir

Enfermedad	Tratamiento	Medicamentos
	<ul style="list-style-type: none"> • Cubo de hielo • Utensilios separados • Evitar contacto 	
<i>Herpes Simple (Etapa 2)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Líquidos • Jugos de manzana y uva • Cubo de hielo • Utensilios separados • Evitar contacto 	<ul style="list-style-type: none"> • Nonaspirín • Aciclovir
<i>Herpes genital</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar contacto • Baños calientes • Utilizar condón 	<ul style="list-style-type: none"> • Nonaspirín • Aciclovir
<i>Acné</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar • Agua caliente • Comida • Cosméticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Vitamina Uno • Peróxido de benzoilo • Cortisona • Tetraciclina • Eritromicina • Anticonceptivos • Hormonas femeninas
<i>Pie de atleta</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar • Secar totalmente • Evitar calzado apretado • Usar sandalias • Cambiar calcetines diario • No usar calcetines de material sintético • Andar descalzo 	<ul style="list-style-type: none"> • Antihongos
<i>Psoriasis</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Luz solar • Luz ultravioleta 	<ul style="list-style-type: none"> • Mosturizing • Cortisona • Vitamina D • Anthralin • Alquitrán • Vitamina A
<i>Rosácea</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Alcohol • Bebidas calientes • Fumar • Luz solar • Temperaturas frías • Cosméticos • Electrocirugía 	<ul style="list-style-type: none"> • Esteroides • Jabón • Bronceador
<i>Escabiasis</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar contacto • Lavar • Evitar esteroides 	<ul style="list-style-type: none"> • Linadne • Sulfato de Crotamitón

Enfermedad	Tratamiento	Medicamentos
Urticaria	<ul style="list-style-type: none"> • Comidas • Medicinas • Luz solar 	<ul style="list-style-type: none"> • Clorotrimetón • Antistamínicos • Epineprina • Cortisona
Vitiligo	<ul style="list-style-type: none"> • Luz solar • Luz ultravioleta • Injerto 	<ul style="list-style-type: none"> • Bronceador • Cosméticos • Corticosteroides
Herpes Zoster	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar contacto • Utensilios separados 	<ul style="list-style-type: none"> • Aciclovir • Corticosteroides

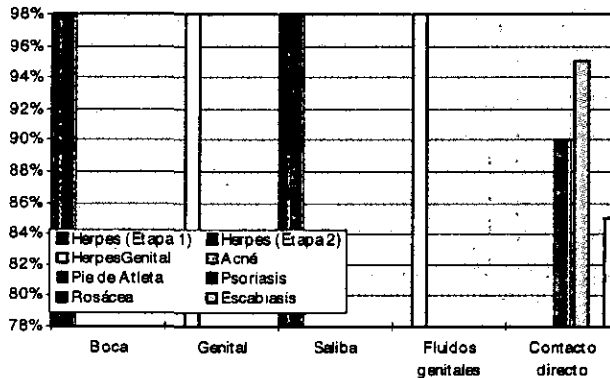


Fig. 6.5 Tipos de contagio con su probabilidad asociada

6.4.2 Motor de Inferencia

Regresando a la construcción recordemos que hemos definido una forma de representación de conocimiento y creando en la máquina dos bases: la dinámica de hechos y la estática de conocimientos; sólo nos resta construir el procedimiento razonador.

El motor de inferencia es la parte central de todo sistema experto. En el caso de DERMA dicho motor se realizó mediante sentencias SQL y usando el Teorema de Bayes para el cálculo de las probabilidades.

Encadenamiento hacia atrás.

Una forma de lograr el diagnóstico es mediante la búsqueda del objetivo mediante los antecedentes o premisas. A este método se le denomina encadenamiento hacia atrás. Para el sistema de DERMA se cuenta con una serie de premisas (signos, síntomas, ...) y al seleccionar aquellas que están presentes en el paciente se obtiene un resultado con cierta probabilidad.

El sistema recibirá por medio de una interfase amigable los signos que el usuario conozca que presenta el paciente. Al elegir los signos correspondientes, se realiza una operación donde se buscan las posibles enfermedades asociándoles la probabilidad de ocurrencia. La sentencia SQL que se ocupa se puede observar dentro del código del programa que se incluye en un disquette.

Posteriormente, se descartan todas aquellas enfermedades que no tienen alguno de los signos seleccionados y se calcula la probabilidad de cada una de las enfermedades con los respectivos signos.

El siguiente paso es mostrar los síntomas asociados con las posibles enfermedades encontradas.

El proceso se repite con los síntomas, la localización, el tipo de contagio y los análisis clínicos.

El diagnóstico concluye con una lista de posibles padecimientos con su respectiva probabilidad, teniendo la posibilidad de observar los tratamientos y medicamentos recomendados para su alivio.

Encadenamiento hacia adelante

En esta etapa el proceso se invierte al ya mencionado. Aquí se tiene un objetivo (padecimiento) y se trata de encontrar la probabilidad de ocurrencia según los antecedentes del objetivo.

Para el sistema DERMA, se inicia con una lista de enfermedades la cual incluye todos los padecimientos que se encuentran en la base de conocimientos. Posteriormente, el usuario elige la enfermedad y obtiene los antecedentes que determinan dicha alteración.

A continuación, se selecciona los antecedentes presentes y se obtiene la probabilidad de que dicha enfermedad esté presente, así como los posibles tratamientos y medicamentos recomendados.

Teorema de Bayes

El diagnóstico médico por computadora utiliza técnicas estadísticas basadas en la determinación de la frecuencia de las enfermedades en cierto grupo de pacientes, y de la frecuencia con que aparecen determinados antecedentes en dichas enfermedades. Para el cálculo de dichas probabilidades se usa el Teorema de Bayes con la siguiente fórmula:

$$p(H / C) = \frac{p(H) \times p(C / H)}{[p(H) \times p(C / H)] + [p(noH) \times p(C / noH)]}$$

Donde:

p(H/C): Probabilidad de enfermedad con cierto antecedente.

P(H): Probabilidad de enfermedad

p(C/H): Probabilidad de existencia de enfermedad con cierto antecedente.

Todo este cálculo se realiza con cada uno de los antecedentes que selecciona el usuario y así se obtiene la probabilidad de existencia de cierta enfermedad.

6.4.3 Interfaz de experto

Esta etapa del sistema es donde el experto introduce la información necesaria para determinar la presencia de una enfermedad. La interfaz se divide en tres: la primera donde se capturan todos los antecedentes de las enfermedades del dominio, la segunda se utiliza para ingresar la información referente a los tratamientos y medicamentos, y por último, la tercera donde se registran las enfermedades asociando las dos anteriores etapas a ésta.

6.4.4 Interfaz de usuario

Esta sección es la parte en que el usuario desea realizar algún diagnóstico mediante el encadenamiento hacia atrás o hacia adelante.

6.4.5 Interfaz de medicina profiláctica

Esta apartado del sistema es por demás innovador y representa una ayuda fundamental para el usuario que desea conocer a detalle las características que definen las enfermedades que conforman el dominio del sistema. Se integra de una ventana de tipo navegador de Internet donde puede ir conectándose con las diferentes ligas asociadas.

6.4.6 Interfaz de manejo de historias clínicas

Esta interfase pretende almacenar la información relevante del paciente para que el médico pueda dar un seguimiento del mismo. Dicha información se refiere a los datos particulares del paciente, así como antecedentes patológico y no patológicos del propio enfermo, y por último, los antecedentes familiares.

6.5 MANEJO DEL SISTEMA.

Primeramente mencionaremos la forma en que DERMA se instala. Para instalarlo es necesario ejecutar el programa **setup.exe** incluido en el disquete *número 1 del sistema*. El usuario necesitará seleccionar las opciones que el propio programa solicite y el sistema DERMA quedará agregado como una aplicación de su equipo de cómputo.

Las pantallas con las cuales cuenta Derma son :

- ✓ Principal o de Trabajo.
- ✓ Administración.
- ✓ Diagnóstico Experto con encadenamiento hacia atrás.

- ✓ Diagnóstico Experto con encadenamiento hacia adelante.
- ✓ Medicina Profiláctica
- ✓ Historia Clínica.

6.5.1 Pantalla Principal o de Trabajo.

Esta pantalla cuenta con los elementos necesarios para el acceso a cada uno de los módulos que posee Derma. El acceso a estos se realiza por medio de la barra de herramientas, la cual se encuentra en la parte superior; dicha barra cuenta con botones, que al ser accionados nos envían a las pantallas correspondientes del sistema.

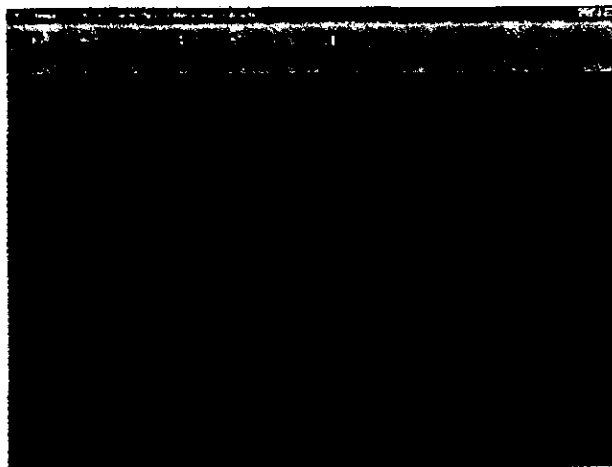


Fig. 6.6 Pantalla principal de DERMA

6.5.2 Uso del Navegador

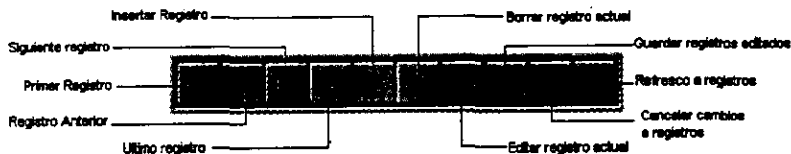




Fig. 6.7 Navegador integrado en DERMA

A continuación se describe cada una de las acciones de los botones:

Botón	Acción
Primero	Nos envía al primer registro de la tabla de la B.D.
Ultimo	Nos envía al último registro de la tabla de la B.D.
Siguiente	Nos envía al siguiente registro.
Anterior	Nos envía al registro anterior.
Insertar	Inserta un nuevo registro y lo pone en modo de edición.
Borrar	Elimina el registro actual en la tabla de la B.D.
Editar	Pone en modo de edición el registro actual.
Guardar	Guarda la información introducida en los registros, los cuales se encuentran en modo de edición.
Cancelar	Cancela la última acción realizada sobre el registro actual.
Refresco	Despliega nuevamente la información, es decir limpia el buffer.

6.5.3 Pantalla Administra.

Esta ventana es una de las más importantes de Derma, ya que en ella se lleva acabo toda la administración de la base de conocimientos. Para poder realizar estas acciones, la pantalla cuenta con una barra de herramientas,

donde se ubican cuatro botones. Dos de ellos   tienen la función de ubicarnos en otras ventanas para la administración de la base de conocimientos. En dicha ventana se registran los datos referentes a las enfermedades.

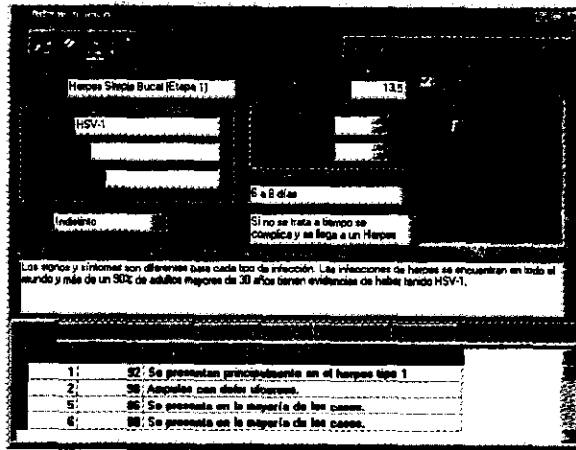


Fig. 6.8 Pantalla de Administración

En la parte inferior de la pantalla se observa una serie de carpetas, las cuales se relacionan las premisas (signos, síntomas, análisis clínicos, etc.) con las enfermedades. Esta acción se realiza al momento de seleccionar alguna de las celdas de la primera columna de la carpeta correspondiente, en la cual se muestra una descripción más detallada de la premisa en cuestión.

Por otro lado, después de haber elegido la premisa, se requiere asignar la probabilidad asociada con la enfermedad en cuestión, así como alguna anotación adicional.

6.5.4 Pantalla Premisas

En la ventana de administración al presionar el botón referente a la administración de premisas se despliega la siguiente pantalla.

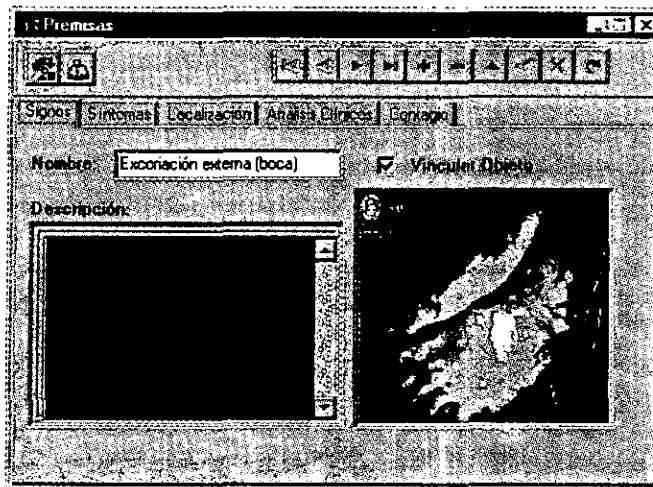


Fig. 6.9 Ventana de premisas

Las acciones se realizan por medio del navegador. Las tres primeras carpetas (Signos, Síntomas, Localización) son similares, es decir se nos piden el mismo tipo de datos, como son:

- ✓ Nombre de la premisa.
- ✓ Descripción de la premisa.
- ✓ Vínculo Ole.

En las carpetas de Análisis Clínicos y Contagio, únicamente se debe llenar el Nombre y la descripción.

6.5.5 Pantalla Tratamientos / Medicamentos.

En esta ventana se introducen los medicamentos y tratamientos que a futuro serán asociados con las enfermedades correspondientes.

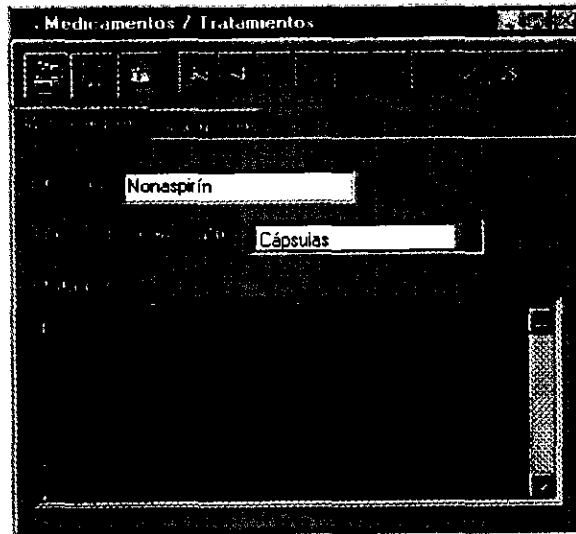


Fig. 6.10 Ventana de Medicamentos y Tratamientos

6.5.6 Pantalla Medicina Profiláctica

La pantalla de Medicina Profiláctica tiene como principal objetivo el dar a conocer los conocimientos ingresados dentro de la base de conocimientos, para ello se usa el Hipertexto dentro de un navegador de páginas HTML, el cual está incluido en la aplicación.

En la primer página se muestran todas las enfermedades que están contenidas en la aplicación. La siguiente página muestra las ligas asociadas con dicha enfermedad: localización, signos, síntomas, tratamientos, etc. La tercera y última página muestra los resultados obtenidos de la selección del usuario.

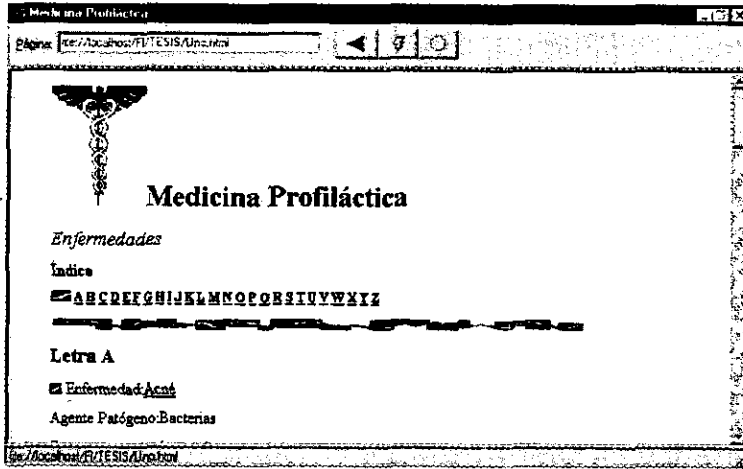



Fig. 6.11 Medicina profiláctica

Esta ventana contiene tres botones en su barra de herramientas y funciona de la siguiente manera: al oprimir del puntero del ratón sobre una etiqueta de hipertexto, se observará un cambio en el cuadro de texto ubicado en la parte superior izquierda, entonces se deberá de presionar el botón , el cual es el encargado de recorremos a la siguiente página HTML.

El botón  regresa a la página anterior.

6.5.7 Pantalla Diagnóstico (Encadenamiento hacia atrás)

La ventana de Diagnóstico Experto por medio del encadenamiento hacia atrás consta de un asistente de seis páginas, las cuales son:

Signos.

En esta página se nos pide que seleccionemos con el puntero del ratón los signos que presenta el paciente.

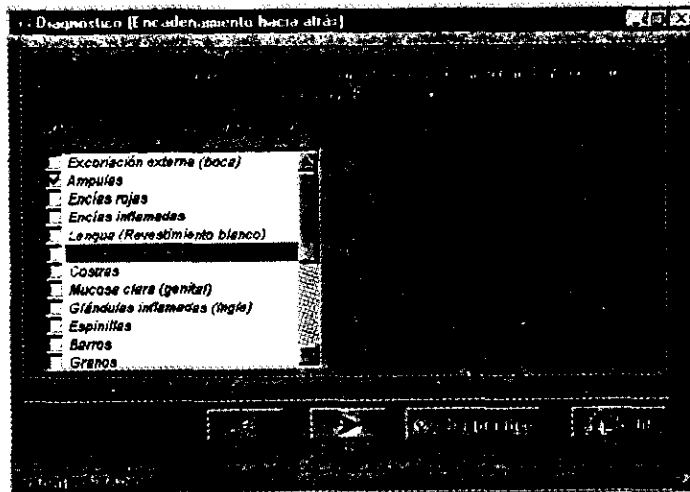


Fig. 6.12 Ventana de diagnóstico 1 de 6

Síntomas.

La página de síntomas se nos presentan todas las posibles opciones que puede presentar el paciente, teniendo en cuenta los signos seleccionados anteriormente.

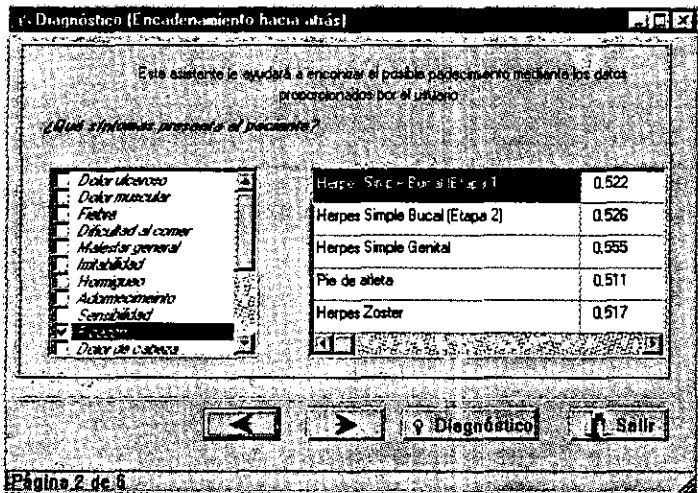


Fig. 6.13 Página 2 de 6

Localización.

Similar a las páginas anteriores se presentan las siguientes ventanas, teniendo en cuenta que se puede concluir en cualquier momento con un diagnóstico presionando el botón correspondiente.

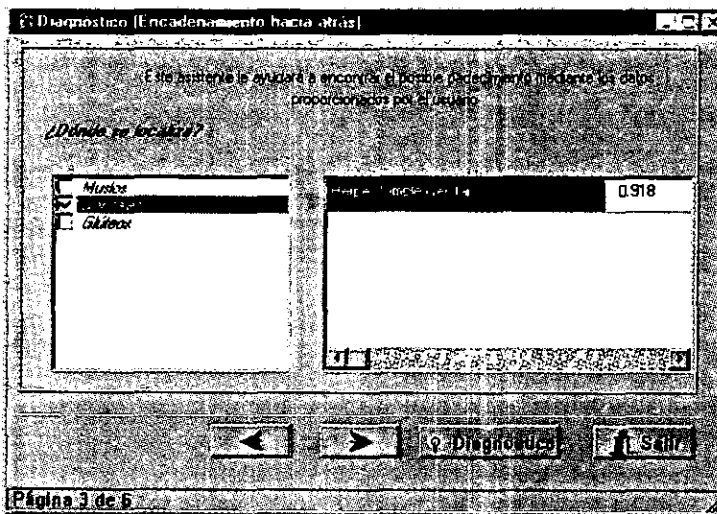


Fig. 6.14 Página 3 de 6

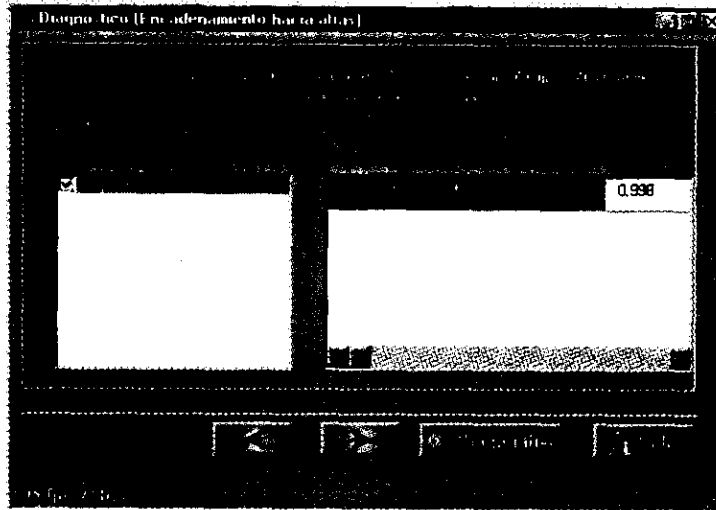


Fig. 6.15 Página 4 de 6

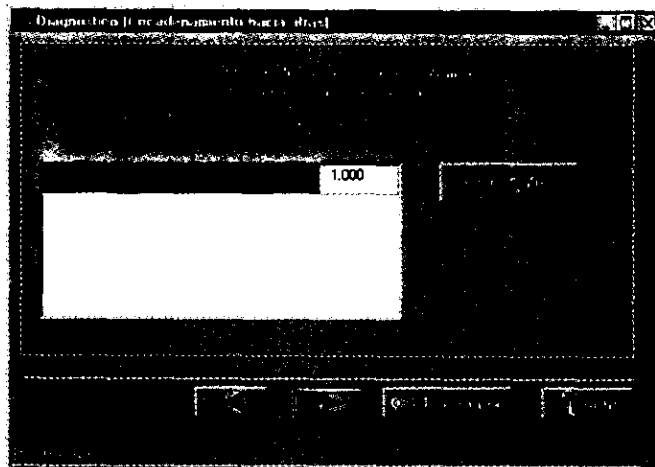


Fig. 6.16 Página 5 de 6

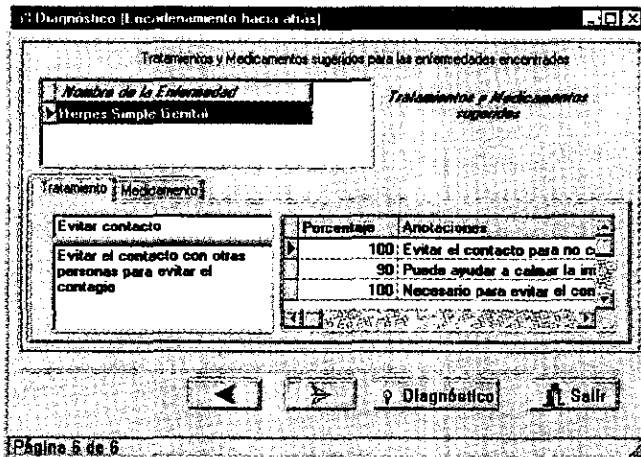
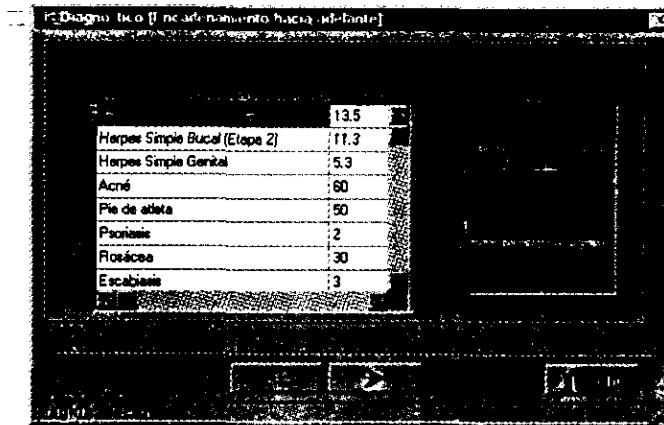


Fig. 6.17 Página 6 de 6

En esta ventana el usuario puede observar los tratamientos y medicamentos recomendados para cada una de las enfermedades encontradas como posible causa.

6.5.8 Pantalla Diagnóstico (encadenamiento hacia adelante).

Aquí es donde se aplicará un diagnóstico con encadenamiento hacia adelante, es decir, se partirá del objetivo o meta para conocer los factores relacionados con la enfermedad. Esta ventana cuenta de tres páginas que a continuación mostramos gráficamente.



The screenshot shows a window titled "Diagnóstico [Encadenamiento hacia adelante]". Inside the window, there is a table with two columns: the name of a disease and a numerical value. The table is as follows:

	13.5
Herpes Simple Bucal (Etopa 2)	11.3
Herpes Simple Genital	5.3
Acné	60
Pie de atleta	50
Picniasis	2
Rosácea	30
Escabiosis	3

Fig. 6.18 Encadenamiento hacia delante, página 1 de 3

En esta página se selecciona alguna de las enfermedades presentes en el sistema, la acción se realiza colocándose encima de la enfermedad con el puntero del ratón. Posteriormente el sistema mostrará la página con todas las premisas de la enfermedad seleccionada y el usuario deberá seleccionar aquellas que estén presentes. Por último, el sistema responderá con una página final donde se muestra la probabilidad de que sea dicha enfermedad con sus respectivos tratamientos y medicamentos.

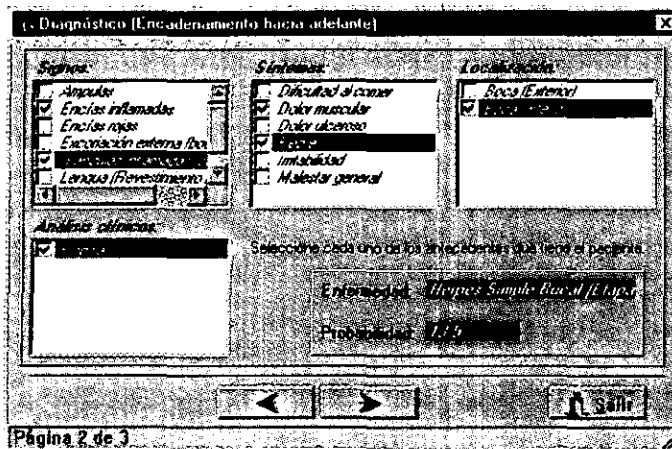


Fig. 6.19 Página 2 de 3

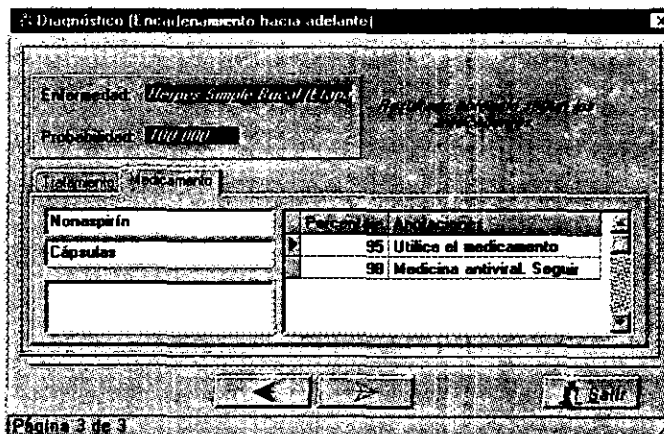


Fig. 6.20 Página 3 de 3

6.6 EVALUACIÓN DEL SISTEMA

En esta fase, una vez terminados todos los procesos del sistema, se realizó una revisión cualitativa, es decir, se revisó que todos los procesos trabajaran de manera óptima. Para llevar a cabo esto, se probaron todos los módulos procurando que todos estos cumplieran con los objetivos con los que fueron diseñados.

El sistema se probó y se evaluó para determinar su funcionalidad y percatarse de cualquier problema en su diagnóstico. El sistema contiene diferentes reglas representadas en algún aspecto del dominio del problema. Dichas pruebas se realizaron con casos tipos y el resultado fue satisfactorio.

Varios usuarios conocedores y no, corrieron el sistema utilizando diversos datos de entrada dando resultados de diagnóstico satisfactorios. Se ha encontrado que DERMA se desempeña satisfactoriamente y es capaz de diagnosticar las diferentes enfermedades de la piel para las cuales se realizó el prototipo.

La parte que como usuarios más atrajo además del diagnóstico es la posibilidad de usar el conocimiento para la enseñanza.

Como criterio para evaluar su desempeño se determinó tres aspectos:

- Información de entrada. Todos los antecedentes que presenta el paciente.
- Resultados. El conjunto de enfermedades que el paciente puede padecer junto con los tratamientos y medicamentos recomendados.
- Medicina profiláctica. Datos referentes a cada una de las enfermedades que conforman la base de conocimientos.

6.5 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

Esta es una de las etapas que se prolonga por algún tiempo, y el objetivo de ésta es mejorar el sistema con el tiempo para que este no se vuelva obsoleto, por una parte se puede desarrollar nuevas implementaciones al sistema para

hacerlo más poderoso, práctico y servicial, por otra se tiene que estar al tanto de las nuevas herramientas de hardware y software para que el sistema esté a la vanguardia.

En el campo de la computación todo se vuelve obsoleto, por lo que si no se tiene presente los cambios existentes en la tecnología el trabajo desarrollado puede volverse inútil.

7. CONCLUSIONES

Hace algunos años ya se intuía como la tecnología iba a tener una gran injerencia en el desarrollo de una sociedad. Basta con voltear a nuestro alrededor para intuir el grado de influencia que ha tenido la tecnología en la forma en la que nos relacionamos con el mundo y con nosotros mismos. Cómo olvidar que los nacidos en la década de los setenta, pertenecemos a una generación que creció con la televisión encendida en todo momento; conocimos y utilizamos los primeros juegos electrónicos. Aprendimos a relacionarnos a través de estos juegos, estableciendo reglas, adquiriendo hábitos y perfeccionando habilidades que ninguna otra generación podía presumir; también, intuimos desde el inicio que la tecnología tiene una temporalidad específica y que era importante poseer lo de punta, la de moda, la mejor y la más avanzada en lo que a nuestros intereses incumbía.

Si bien la tecnología no ha probado ser lo suficientemente independiente del hombre como para deshumanizarlo, sí ha aportado lo suyo en cuanto a la forma en que la humanidad convive y se relaciona. La tecnología ha surgido en todo momento como una respuesta del hombre a sus necesidades, es decir, la solución de sus problemas.

En la práctica profesional relacionada con la solución de problemas con frecuencia se observan deficiencias como las siguientes:

- Recopilación de excesivos volúmenes de información.

- Mala organización de actividades; en ocasiones no se tiene una idea medianamente clara de qué debe hacerse o qué resultados concretos se buscan.
- Realización de proyectos que resultan poco relevantes para las instituciones.
- Elaboración de propuestas que no se implantan por omisiones graves o porque no resultan convincentes.

Todo esto se traduce en desperdicio de recursos o retraso en la entrega de resultados, aunque lo más grave es encontrar que se lleven a la práctica “soluciones” que nada aportan.

Derivado de lo anterior, se presenta, el sistema experto “DERMA” que ataca un problema de salud muy serio: las enfermedades dermatológicas. Provee un modo para que las personas puedan obtener privadamente un diagnóstico así como de servir como un tutor electrónico.

Utilizando DERMA conjuntamente con médicos profesionales, puede ayudar en la educación, prevención, diagnóstico y tratamiento temprano de enfermedades de la piel, y ayudar a disminuir la amenaza de estas enfermedades.

Las principales ventajas que ofrece DERMA son:

- El tiempo de resolución es pequeño.
- La eficiencia resolutive en base a cálculos aproximados es alta.
- La posibilidad de integrar el manejo de historias clínicas para un mejor desempeño del médico.
- Integración de medicina profiláctica en base a una tecnología interactiva como lo es el hipertexto.

Las direcciones futuras de DERMA son el poder probarlo en otras áreas médicas, además de pensar en una distribución o el poder interactuar a través de Internet.

El empleo de este tipo de sistemas junto con las nuevas técnicas como la realidad virtual promete convertirse en una revolución en la enseñanza médica. Tanto médicos, investigadores como estudiantes podrán estudiar enfermedades sin necesidad de leer extensos libros sobre el tema. Considerando que el proceso de ensayo y error se practica en pacientes "virtuales", los investigadores señalan que a largo plazo se salvarán muchas vidas. Como es apreciable, los rumbos que puede tomar la medicina junto con la computación son infinitos.

Ahora que las manos tradicionales de la medicina cuentan con recursos tan poderosos para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, el ejercicio de esta labor está evolucionando a una era en la que si bien es cierto que los doctores no tardarán menos en capacitarse, es un hecho que podrán hacer más por sus pacientes que en otras épocas.

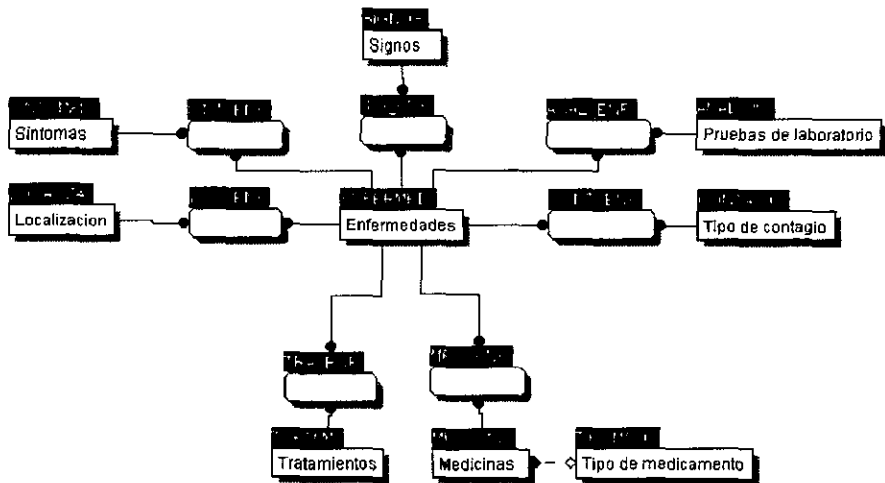
El área de educación es la que más provecho le ha sacado a la tecnología. El desarrollo de simuladores, libros electrónicos, el apoyo de los multimedios, y todo el software para la educación han permitido que ahora los estudiantes cuenten con más información, y ya se llegue hasta de prescindir de un paciente real para evaluar un estudiante.

No se trata de que con la tecnología cualquiera va a ser un buen médico, se trata de que aproveche más el tiempo y se pueda preparar en más cosas a la vez.

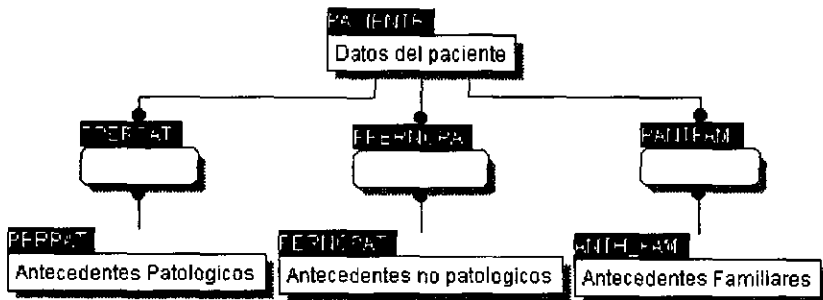
La supervivencia sigue dependiendo del uso de todos nuestros recursos, uno de los cuales es la tecnología, todo ello para construir sociedades estables.

ANEXOS

El esquema de la base de datos en referencia al sistema experto y medicina profiláctica se observa en la siguiente figura:



Para el manejo de la historia clínica se tiene el siguiente esquema:



A continuación se describe cada una de las tablas que forman a DERMA.

Tabla ENFERM	
Nombre y Tipo de Dato	Definición de atributo
EnfermedadID Numérico	Identificador de Enfermedad
EnfermedadLimInfEdad Numérico corto	Algunas de las enfermedades se presentan en ciertas etapas de la vida, este campo se usa para establecer el límite inferior de dicha etapa y se usa en medicina

Tabla ENFERM	
Nombre y Tipo de Dato	Definición de atributo
	profiláctica.
<i>EnfermedadComplicacion</i> <i>Alfanumérico(30)</i>	Aquí se describe las posibles complicaciones provocadas al desarrollarse la enfermedad. Se ocupa en la medicina profiláctica.
<i>EnfermedadProbabilidad</i> <i>Númérico corto</i>	Campo donde se almacena la probabilidad de ocurrencia de la enfermedad, necesaria para el cálculo del Teorema de Bayes durante el diagnóstico.
<i>EnfermedadVinculo</i> <i>Lógico</i>	Campo donde se almacena si existe un vinculo con un objeto OLE.
<i>EnfermedadDescripcion</i> <i>Memo</i>	Cualquier descripción o anotación que el experto quiera mencionar en la medicina profiláctica.
<i>EnfermedadAñoDescub</i> <i>Fecha</i>	Fecha en la que fue descubierta la enfermedad y se ocupa en medicina profiláctica.
<i>EnfermedadSexo</i> <i>Númérico corto</i>	Los padecimientos en ocasiones se presentan en un sexo en especial, este campo se ocupa para esto. Se ocupa en la medicina profiláctica y sus variantes son: (1) femenino, (2) masculino e (3) indistinto.
<i>EnfermedadNombre</i> <i>Alfanumérico(30)</i>	Nombre asociado a la enfermedad
<i>EnfermedadDescubridor</i> <i>Alfanumérico(50)</i>	Nombre del descubridor de la enfermedad y se utiliza en la medicina profiláctica.
<i>EnfermedadPatogeno</i> <i>Alfanumérico(30)</i>	Nombre del virus, bacteria, etc., que provoca la enfermedad, se utiliza para la medicina profiláctica.
<i>EnfermedadIncubacion</i> <i>Alfanumérico(30)</i>	Periodo en el cual el patógeno incuba en el cuerpo y se usa en medicina profiláctica.
<i>EnfermedadLimSupEdad</i> <i>Númérico corto</i>	Similar al anterior pero almacena el límite superior de la etapa.

Tabla SIGNOS	
Nombre y Tipo de Dato	Definición de atributo
<i>SignoID</i> <i>Númérico</i>	Llave primaria con la cual se hace relación con otras tablas.
<i>SignoNombre</i> <i>Alfanumérico(30)</i>	Nombre asociado al signo que determina una enfermedad.
<i>SignoDescripcion</i> <i>Memo</i>	Campo donde el experto puede almacenar la información relacionada con el signo.
<i>SignoVinculo</i> <i>Lógico</i>	Campo donde se almacena si existe un vinculo con un objeto OLE.

Tabla SINTOMAS	
<i>Nombre y Tipo de Dato</i>	<i>Definición de atributo</i>
<i>SintomaID</i> Numérico	Llave primaria con la cual se hace relación con otras tablas.
<i>SintomaNombre</i> Alfanumérico(30)	Nombre asociado al síntoma que determina una enfermedad.
<i>SintomaVinculo</i> Lógico	Campo donde se almacena si existe un vinculo con un objeto OLE.
<i>SintomaDescripcion</i> Memo	Campo donde el experto puede almacenar la información relacionada con el síntoma.

Tabla LOCALIZA	
<i>Nombre y Tipo de Dato</i>	<i>Definición de atributo</i>
<i>LocalizaID</i> Numérico	Llave primaria con la cual se hace relación con otras tablas.
<i>LocalizaNombre</i> Alfanumérico(30)	Nombre asociado a donde se localiza la alteración que determina una enfermedad.
<i>LocalizaVinculo</i> Lógico	Campo donde se almacena si existe un vinculo con un objeto OLE.
<i>LocalizaDescripcion</i> Memo	Campo donde el experto puede almacenar la información relacionada con la localización de la alteración.

Tabla ANALISIS	
<i>Nombre y Tipo de Dato</i>	<i>Definición de atributo</i>
<i>AnalisisID</i> Numérico	Llave primaria con la cual se hace relación con otras tablas.
<i>AnalisisNombre</i> Alfanumérico(30)	Nombre asociado al análisis clínico que comprueba la existencia de una enfermedad.
<i>AnalisisDescripcion</i> Memo	Campo donde el experto puede almacenar la información relacionada con el análisis clínico.

Tabla CONTAGIO	
<i>Nombre y Tipo de Dato</i>	<i>Definición de atributo</i>
<i>ContagioID</i> Numérico	Llave primaria con la cual se hace relación con otras tablas.
<i>ContagioNombre</i> Alfanumérico(30)	Nombre asociado al tipo de contagio que se puede dar con determinada enfermedad.
<i>ContagioDescripcion</i> Memo	Campo donde el experto puede almacenar la información relacionada con el contagio.

Tabla TRATAM	
Nombre y Tipo de Dato	Definición de atributo
<i>TratamientoID</i> Numérico	Llave primaria con la cual se hace relación con otras tablas.
<i>TratamientoNombre</i> Alfanumérico(30)	Nombre asociado al tratamiento que se aplica a determinada enfermedad.
<i>TratamientoDescripcion</i> Memo	Campo donde el experto puede almacenar la información relacionada con el tratamiento.

Tabla MEDICINA	
Nombre y Tipo de Dato	Definición de atributo
<i>MedicinaID</i> Numérico	Llave primaria con la cual se hace relación con otras tablas.
<i>TipoMedicinaID</i> Entero Largo	Llave foránea que hace relación con el tipo de presentación del medicamento.
<i>MedicinaNombre</i> Alfanumérico(30)	Nombre asociado al medicamento que se aplica a determinada enfermedad.
<i>MedicinaAnotaciones</i> Memo	Campo donde el experto puede almacenar la información relacionada con el medicamento.

Tabla TIPOMEDI	
Nombre y Tipo de Dato	Definición de atributo
<i>TipoMedicinaID</i> Numérico	Llave primaria con la cual se hace relación con otras tablas.
<i>TipoMedicinaNombre</i> Alfanumérico(30)	Nombre asociado al tipo de medicamento que se aplica a determinada enfermedad.

Las tablas intermedias entre las enfermedades y las otras tablas cuentan con características similares, por lo que la siguiente tabla muestra las características comunes de las tablas.

Tabla SIG_ENF, SINT_ENF, LOC_ENF, ANAL_ENF, CONT_ENF, MED_ENF, TRA_ENF	
Campo y Tipo	Descripción
<i>EnfermedadID</i> Entero Largo	Llave foránea de la tabla ENFERMED
<i>ID - Externo</i> Entero Largo	Llave foránea de cada una de las tablas de signos, síntomas, localización, análisis clínicos, contagio, medicinas y tratamientos
<i>Porcentaje</i>	Campo donde se relaciona la enfermedad con cada uno de los

**Tabla SIG_ENF, SINT_ENF, LOC_ENF, ANAL_ENF,
CONT_ENF, MED_ENF, TRA_ENF**

Campo y Tipo	Descripción
Numérico	campos que relaciona la enfermedad.
Anotaciones Memo	Campo en el cual se puede escribir algún tipo de anotación que desea realizar el experto.

Para el caso de las historias clínicas se tiene:

Tabla PACIENTE

Campo y Tipo	Descripción
PacienteID Entero Largo	Llave principal
Paciente_Nombre Alfanumérico(50)	Nombre del paciente
Paciente_Direccion Memo	Domicilio del paciente
Paciente_Telefono Alfanumérico(14)	Teléfono del paciente
Paciente_EdoCivil Lógico	Estado Civil del paciente
Paciente_Ocupacion Alfanumérico(30)	Ocupación principal del paciente
Paciente_Fotografia Gráfico	Fotografía del paciente
Paciente_Sexo Lógico	Sexo del paciente

Las siguientes tablas cuentan con una estructura similar:

Tabla ANTHFAM, PERPAT, PERNOPAT

Campo y Tipo	Descripción
Identificador Entero Largo	Clave principal
Nombre Alfanumérico(30)	Nombre asociado
Descripcion Memo	Descripción

Tabla PPERNOPA, PPERPAT, PANTFAM	
Campo y Tipo	Descripción
<i>Paciente_ID</i> <i>Entero Largo</i>	Llave foránea de la tabla PACIENTE
<i>Identificador - Externo</i> <i>Númeroico</i>	Llave foránea de las tablas asociadas
<i>Observaciones</i> <i>Memo</i>	Observaciones relacionadas con la liga

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

LIBROS Y TESIS

1. Inteligencia aunque sea Artificial. José Negrete Martínez. Ed. Limusa, México, 1990.
2. Expert Systems and Artificial Intelligence. Thomas C. Barteo. H. N. Sams, 1980. EUA.
3. Teoría y Aplicaciones de los Sistemas Expertos. Amílcar Amado Monterrosa. Textos del Centro de Cómputo de la ENEP Aragón. UNAM, 1993.
4. Principios de Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos. David W. Rolston. McGraw Hill, 1991. México.
5. Inteligencia Artificial. Patrick Henry Winston. Ed. Addison Wesley Iberoamericana.
6. Sistemas Expertos. Louis E. Frenzel. Naya Multimedia, 1991. México.
7. Sistemas Expertos: Una Metodología de Programación. Juan Pablo Sánchez y Beltrán. Macrobit, 1990. Madrid, España.
8. Practical Applications of Expert Systems. Susan Lindsay. QED Information Sciences, 1985. EUA.
9. Artificial Intelligence and Tutoring Systems. Etienne Wenger. Morgan Kaufmann Publishers, 1988. EUA.
10. Bases de Datos y Sistemas Expertos: Ingeniería del Conocimiento. Richard Frost. Díaz Santos, 1997. España
11. Informática en Medicina. Alberto Gutiérrez. Trillas, 1991. México.
12. Lecciones de Dermatología. Amado Saúl.

13. Principios generales de Dermatología.
14. Dermatología clínica.
15. Metodología de la Planeación Normativa. Arturo Fuentes Zenón. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, 1991. México.

REVISTAS Y PERIÓDICOS

1. Revista Solo Programadores. Año 3, No. 28. "Análisis y Estudios de la IA"
2. Periódico Reforma. Sección Interfase. 26/01/98. "Es clave informática para la medicina". Entrevista con Luis Pedraza Guzmán, Presidente de la Asociación Mexicana de Informática Médica.
3. Periódico Reforma. Sección Interfase. 20/03/98. "Cura tecnología a la Medicina"
4. Revista AI Expert. The Magazine of Artificial Intelligence. Sección AI APPRENTICE. Earl Cox. Agosto, 1992 - Marzo, 1993
5. Revista Origina. Año 4, No. 45. "La Farmacia Virtual"
6. Revista Saber Electrónica. No. 82, Mayo 1997. "Robótica: ¿Porqué existen los robots?."
7. Revista PC Computing. Año 4, No. 6. "El objetivo de Windows"

REFERENCIAS DE INTERNET

1. Glossary of AI terms. <http://www.faqs.org/faqs/>
2. Artificial Intelligence for Engineers. <http://www.mcs.com/~jorn/html/>
3. Artificial Intelligence. <http://www.rmplc.co.uk>
4. ISS: An Expert System fir the Diagnosis of Sexually Transmitted Diseases. <http://www.uis.edu/~mcc97/html/papers/kwon/iss-mcc.html>

5. Dermatology Online Atlas. <http://www.derma.med.uni-earleng.edu>
6. Clinical Prectice: Dermatology.
http://www.gen.emory.edu/MEDWEB/keyword/clinica_practice/dermatology.html
7. Clinica Medica. <http://www.drwebsa.com.ar/clinical.html>
8. Borland Delphi y Paradox. <http://www.borland.com>
9. Grupo de Sistemas Inteligentes. <http://www.gsi.dit.upm.es/articulos.html>
10. Servicio de hemeroteca de la UNAM.
<http://132.248.120.46:4500/ALEPH/SPA/XXX/spa-lib-list>
11. Integrating Computer Software in Patient Education.
<http://www.scsn.net/users/primetim/pated94.html>
12. Componentes InfoPower. <http://www.woll2woll.com>
13. Componentes RX. <http://www.rx.ru>