

TECANA AMERICAN UNIVERSITY

Ph.D. in Computer Science



Tesis de Grado

**SISTEMA EXPERTO PARA LA MEDICINA
TRADICIONAL BOLIVIANA**

Presentado por:

Guillermo Isaac Choque Aspiazu

Como requisito para optar al titulo:

Philosophical Doctor in Computer Science

Por Academic Direction:

Dr. Jesús Reinaldo Rivas Zabaleta, Ph.D.

Por Academic Staff:

Dr. Gonzalo Alfaro Denus, Ph.D.

La Paz - Bolivia, Diciembre de 2006

TECANA AMERICAN UNIVERSITY
Ph.D. in Computer Science

Tesis de Grado

SISTEMA EXPERTO PARA LA MEDICINA TRADICIONAL BOLIVIANA

Presentado por:
Guillermo Isaac Choque Aspiazu

Por Academic Direction:
Dr. Jesús Reinaldo Rivas Zabaleta, Ph.D.

Por Academic Staff:
Dr. Gonzalo Alfaro Denus, Ph.D.

“Por la presente juro y doy fe que soy el único autor de la presente tesis y que su contenido es consecuencia de mi trabajo, experiencia e investigación académica”

Autor: Guillermo Isaac Choque Aspiazu

La Paz – Bolivia, Diciembre de 2006

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mis queridos padres, los que a pesar del raudo paso del tiempo continúan acompañando mis pasos para conducirlos por los derroteros que su contagiosa modestia y dedicación señalan.

A mis queridos retoños que marcan una nueva generación pujante y triunfadora: Andrés y Alison, este trabajo es para ustedes.

Guillermo Choque Aspiazu

AGRADECIMIENTOS

A la conclusión de esta aventura intelectual que requirió en empleo de cinco interesantes años, quiero agradecer de manera muy sincera a mi hermano René Felipe, el primero que me hablo acerca de las maravillas de la medicina natural y las plantas medicinales bolivianas. De manera paralela a mi hermano Simón que inculco en mi el amor a la naturaleza, él es el mejor ingeniero medio ambiental de la familia. A mi hermano Rigoberto, que paso 5 años en la madre patria España, por sus interesantes consejos metodologicos. A mi sobrina Beatriz por sus estudios bastante interesantes sobre la química de las plantas medicinales y su interminable experiencia en el análisis bioquímico de las mismas.

Un agradecimiento profundo y sincero al Dr. Gonzalo Alfaro, quien desempeño el rol de guía metodológico necesario para la conclusión del presente trabajo, muchas gracias por su paciente y meticulosa revisión.

Un agradecimiento especial para el Dr. Gonzalo Reyes, Jefe de la Carrera de Bioquímica de la Universidad Mayor de San Andrés, por la revisión del sistema experto en su etapa de pruebas del prototipo.

A mi querido amigo Eduardo Flores decirle gracias por su colaboración e impulso para concluir sobre la hora, como a él le gusta, el presente trabajo.

A los destacados organizadores y colegas de los eventos: Congreso Nacional de Ciencias de la Computación (CCBOL 2005) realizado en Tarija-Bolivia, III Congreso Internacional de Computación, Informática y Sistemas (CICIS 2005) realizado en Moquegua-Perú, I Simposio sobre Inteligencia Artificial (SIA 2006) realizado en La Paz-Bolivia y IX Congreso Nacional de Computación, Informática y Sistemas (CONACIS 2006) realizado en Huancavelica-Perú, muchísimas gracias por los elogiosos comentarios acerca del sistema experto para la medicina tradicional boliviana.

Guillermo Choque Aspiazu

INDICE GENERAL

	Pag.
Dedicatoria	i
Agradecimientos	ii
Índice general	iii
Indice de figuras y tablas	vi
Resumen	vii
Introducción	viii

Capítulo

1.	Problema de investigación	
1.1.	Planteamiento del problema	1
1.2.	Justificación de la investigación	2
1.3.	Objetivos de la investigación	3
1.3.1.	Objetivo general	3
1.3.2.	Objetivos específicos	3
1.4.	Alcances	4
1.5.	Limitaciones	4
2.	Marco teórico	
2.1.	Marco referencial y antecedentes	5
2.1.1.	Contexto de la medicina hipocrática	5
2.1.1.1.	Medicina hipocrática	7
2.1.1.2.	Diagnóstico médico	8
2.1.1.3.	Método clínico	9
2.1.1.4.	Diagnostico como método científico	11
2.1.1.5.	Método clínico tradicional	11
2.1.2.	Inteligencia artificial en la medicina	13
2.1.3.	Antecedentes sobre estudios de medicina tradicional	19
2.1.3.1.	Medicina complementaria y alternativa	21
2.1.3.2.	Incorporación a los sistemas de salud nacionales	22
2.1.3.3.	Uso de la medicina tradicional	23
2.1.3.4.	Gasto en medicina tradicional	24
2.1.4.	Antecedentes sobre la salud en Bolivia	27
2.1.4.1.	Medicina tradicional en Bolivia	31
2.1.5.	Antecedentes sobre inteligencia artificial	35
2.1.5.1.	Inteligencia artificial en la medicina	41
2.1.6.	Antecedentes sobre estudios de sistemas expertos	42
2.1.6.1.	Dendral	43
2.1.6.2.	Mycin	43
2.1.6.3.	Casnet	44
2.1.6.4.	Prospector	45

2.1.6.5.	Pip	46
2.1.7.	Sistemas expertos	48
2.1.7.1.	Representación del conocimiento y razonamiento	53
2.1.7.1.1.	Lógica	54
2.1.7.1.2.	Reglas de producción	55
2.1.7.1.3.	Redes asociativas	57
2.1.7.1.4.	Armazones	58
2.1.7.1.5.	Sistemas híbridos	60
2.7.2.	Tratamiento de la incertidumbre	60
2.7.2.1.	Método probabilístico clásico	62
2.7.2.2.	Método bayesiano subjetivo	64
2.7.2.3.	Factores de certeza	65
2.7.3.	Lenguaje para sistemas de producción integrada	66
3.	Marco metodológico	
3.1.	Hipótesis	69
3.2.	Variables	69
3.3.	Operacionalización de variables	73
3.4.	Dispositivo de prueba	74
3.4.1.	Tipo de investigación	74
3.4.2.	Tipo de diseño de investigación	75
3.4.3.	Unidades de estudio	76
3.5.	Métodos, técnicas e instrumentos	76
4.	Marco de ingeniería	
4.1.	Introducción	78
4.2.	Ciclo de vida del sistema experto	79
4.2.1.	Modelo en espiral	79
4.3.	Componentes del sistema experto	80
4.4.	Diseño del sistema experto	81
4.4.1.	Planificación	81
4.4.2.	Definición del conocimiento	82
4.4.3.	Diseño del conocimiento	83
4.4.4.	Verificación del conocimiento	85
4.5.	Métricas de calidad	89
4.5.1.	Métricas para sistemas expertos	89
4.5.2.	Métricas del sistema experto desarrollado	91
4.6.	Evaluación del sistema	
5.	Conclusiones	
5.1.	Conclusiones generales	94
5.2.	Estado de la hipótesis	95
5.3.	Cumplimiento de objetivos	97
5.4.	Trabajos futuros	98

6.	Recomendaciones	
6.1.	A nivel teórico	100
6.2.	A nivel práctico	101
	Referencias bibliográficas	101
Anexo A.	Glosario de términos	109
Anexo B.	Cronología de la medicina tradicional boliviana	125
Anexo C.	CLIPS	130
Anexo D.	Código fuente del sistema experto	146

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

	Pag.
Figuras	
1. Hipócrates, padre de la medicina occidental moderna	8
2. Descripción técnica de QMR	14
3. Cronología de las tendencias en el diseño de sistemas expertos	16
4. Sanidad primaria en algunos países en vías de desarrollo	23
5. Programas de formación para comadronas tradicionales en África	24
6. Población que ha utilizado la MCA al menos una vez en países desarrollados	25
7. Países donde los médicos alopáticos practican la acupuntura	26
8. Bolivia, situación geográfica	28
9. Kallawayas del norte de La Paz-Bolivia	33
10. Ejemplo de almacén utilizado en el sistema experto PIP	47
11. Estructura convencional de un sistema experto	50
12. Método clásico de diagnóstico probabilístico	63
13. Funcionamiento de CLIPS	67
14. Variables conceptuales y operacionales	70
15. Mundo espiritual y natural del kallawayas	79
16. Modelo en espiral para el desarrollo de sistemas expertos	80
17. Componentes del sistema experto	80
18. Estructura de reglas del sistema experto	84
Tablas	
1. Sistemas de inteligencia artificial en uso en las clínicas	18
2. Medicina tradicional	20
3. Terapias y técnicas comúnmente utilizadas	21
4. Aumento de ventas de los productos más populares elaborados con hierbas en los EE. UU	27
5. Operacionalización de variables	73
6. Interpretación de resultados de “métricas de conteo”	90
7. Interpretación de resultados de “conceptos en una regla/conceptos”	91

RESUMEN

En este trabajo se presenta el proceso de construcción de un modelo de sistema experto de diagnóstico, para la identificación y tratamiento de dolencias susceptibles de ser curadas utilizando la medicina tradicional, cuyos insumos esenciales se encuentran en la abundante y rica naturaleza que comprende el amplio y rico territorio boliviano. Específicamente se revisa el conocimiento existente alrededor de la medicina tradicional boliviana, respaldada por datos históricos recopilados por investigadores desde tiempos pre coloniales, el conocimiento experto proporcionado por un prestigioso medico naturista boliviano. Un modelo de proceso constituye el remate de la propuesta teorica, este modelo se utiliza, de manera conjunta a la ingenieria del software para el análisis, diseño y pruebas a un prototipo de producto software, el diseño procedimental se realiza utilizando el Lenguaje para Sistemas de Producción Integrada proporcionado de manera libre por la Agencia Nacional Aeronautica de los Estados Unidos.

Palabras clave: medicina tradicional, sistema experto, shell CLIPS, ingeniería del conocimiento, ingenieria del software.

INTRODUCCION

El fin de la medicina ha sido siempre curar las enfermedades, restablecer la salud, aliviar los sufrimientos y consolar al enfermo. Estos son los postulados de la medicina curativa o sanadora. Estas tres actividades han tenido diferente trato y representación a lo largo de la historia. Para ser realmente efectiva en la tarea de curar, la medicina tenía que conocer las causas, los mecanismos de la enfermedad, es decir su etiología y patogenia y su repercusión en el organismo, para conseguir un diagnóstico y si era posible establecer un tratamiento que combatiera la enfermedad y la hiciera desaparecer.

La medicina tradicional comprende diversas prácticas, enfoques, conocimientos y creencias sanitarias que incluyen plantas, animales y/o medicinas basadas en minerales, terapias espirituales, técnicas manuales y ejercicios, aplicados en singular o en combinación para mantener el bienestar, además de tratar, diagnosticar y prevenir las enfermedades.

No hace mucho tiempo, se creía que algunos problemas como la demostración de teoremas, el reconocimiento de la voz y el de patrones, ciertos juegos, como el ajedrez o las damas, y sistemas altamente complejos de tipo determinista o estocástico, debían ser resueltos por personas, dado que su formulación y resolución requieren ciertas habilidades que sólo se encuentran en los seres humanos (por ejemplo, la habilidad de pensar, observar, memorizar, aprender, ver, oler, etc.). Sin embargo, el trabajo realizado en las tres últimas décadas por investigadores procedentes de varios campos, muestra que muchos de estos problemas pueden ser formulados y resueltos por máquinas computacionales.

El amplio campo que se conoce como *inteligencia artificial* trata de estos problemas, que en un principio parecían imposibles, intratables y difíciles de formular utilizando computadoras. Hoy en día, el campo de la inteligencia artificial engloba varias subáreas tales como los sistemas expertos, la demostración automática de teoremas, el juego automático, el reconocimiento de la voz y de patrones, el procesamiento del lenguaje natural, la visión artificial, la robótica, las redes

neuronales, etc. [Castillo et al., 1997]. Aunque los sistemas expertos constituyen una de las áreas de investigación en el campo de la inteligencia artificial, la mayor parte de las restantes áreas, si no todas, disponen de una componente de sistemas expertos formando parte de ellas.

Los sistemas expertos constituyen sistemas altamente especializados que intentan imitar la pericia del experto humano en la solución de problemas. Se considera a una persona como experto en la solución de un problema cuando este individuo tiene conocimiento especializado sobre dicho problema. En el área de los sistemas expertos a este tipo de conocimiento se lo denomina conocimiento sobre el dominio. La palabra dominio se usa para enfatizar que el conocimiento pertenece a un problema específico. Antes de la aparición de la computadora, el hombre ya se preguntaba si se le arrebataría el privilegio de razonar y pensar. En la actualidad existe un campo al interior de la inteligencia artificial al que se le atribuye esa facultad: el de los sistemas expertos. Estos sistemas también son conocidos como Sistemas Basados en Conocimiento, los cuales permiten la creación de productos software que simulan un razonamiento aproximado al humano, restringiéndose a un espacio de conocimientos bastante especializado.

El tema propuesto es el desarrollo de un “Sistema Experto para la Medicina Tradicional Boliviana”. Se elige este tema debido a las características multidisciplinarias del mismo, específicamente sus relaciones con la medicina, la medicina tradicional, la inteligencia artificial y la ingeniería del software. Estas áreas, excepto las relacionadas con la medicina, fueron parte de los informes enviados como parte de los módulos del programa de doctorado.

CAPITULO 1

PROBLEMA DE INVESTIGACION

La mejor medicina es un ánimo gozoso. Salomón

Resumen

En este capítulo se introduce la temática de investigación propuesta, se describe el problema, los objetivos que conduce la solución a la problemática, los alcances y limitaciones para la generación del sistema experto.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El diagnostico médico se encuentra sujeto a una prescripción que utiliza medicamentos producidos en laboratorio y a escala industrial, los costos en los que se incurre con estos medicamentos superan a los utilizados por la medicina natural tradicional, medicamentos naturales que se encuentran en el medio ambiente natural boliviano y que por desconocimiento de sus propiedades curativas no son utilizados para el tratamiento de muchas dolencias.

El trabajo de tesis se encuentra dirigido a resolver las siguientes interrogantes, que son producto de un análisis realizado sobre las características subyacentes que se encuentran en la relación curandero paciente.

¿Cuál es el estado del arte de la investigación en sistemas expertos?

¿Cuáles son las heurísticas que emplea el experto en medicina tradicional para sanar a los pacientes a través de las plantas medicinales?

¿Será posible desarrollar un modelo teórico que sea capaz de imitar el comportamiento de un experto en medicina tradicional?

¿Será posible aplicar un proceso de ingeniería al modelo teórico para el logro de un producto computacional?

¿Cómo se verifica que el producto software construido cuenta con las heurísticas adecuadas que proporcionen un diagnostico adecuado utilizando medicina tradicional boliviana?

1.2. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

La ingeniería del conocimiento es el proceso de diseñar y hacer operativos los sistemas basados en el conocimiento. La ingeniería del conocimiento se define como un sub campo de la inteligencia artificial concerniente a la adquisición, representación y aplicación de conocimientos, o como la disciplina de la ingeniería por la cual es conocimiento se integra al interior de un sistema computacional para resolver problemas complejos que normalmente requieren un alto nivel de experiencia humana.

En el caso de los sistemas expertos es el proceso de mejorar, hasta un nivel de experto humano, las prestaciones de sistemas de programación que poseen un amplio cuerpo de conocimiento sobre un área de aplicación específica. Un sistema experto es un programa que usa conocimiento y procedimientos de razonamiento para resolver problemas lo suficientemente difíciles como para necesitar de un experto para su solución [Feigenbaum, 1977]. Los sistemas expertos se utilizan cuando el problema: (1) No requiere “sentido común”, (2) requiere razonamiento simbólico, (3) no se resuelve con métodos “tradicionales” (4) necesita de conocimiento experto y (5) con el costo compensa su uso.

Los sistemas expertos constituyen una rama de la inteligencia artificial que hace un uso amplio de conocimiento especializado para resolver problemas como un especialista humano. Este especialista es una persona que tiene experiencia desarrollada en cierta área. Esto es el especialista tiene conocimientos o habilidades especiales que la mayoría de las personas no conoce o de las que no dispone; puede resolver problemas que la mayoría no podría resolver, o los resuelve con mucha mayor eficiencia [Giarratano y Riley, 2001]

Se puede decir que la medicina tradicional boliviana cuenta con especialistas en este dominio denominados kallawayas¹ que representan al curandero de las dolencias y enfermedades en aproximadamente un 65% del territorio boliviano que

¹ Una descripción detallada de estos curanderos se encuentra en el capítulo 2.

constituye la denominada área rural, lugar en el cual es difícil el acceso a centros de salud y por ende a la atención de la tradicional medicina hipocrática practicada por profesionales universitarios en la mayoría de los países latinoamericanos.

Por consiguiente la investigación se justifica debido a la carencia de los denominados especialistas médicos, los cuales tienen la dificultad de cobertura en la atención preventiva de salud, en el amplio y disperso territorio boliviano. Por otra parte, la mayoría de los pobladores del área no urbana, se habla de aproximadamente un 63% de la población, recurre a la medicina ancestral y a la automedicación para el tratamiento inicial de las enfermedades que los aquejan.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.3.1. Objetivo general

Construir un modelo de sistema experto de diagnóstico para la identificación y tratamiento de dolencias susceptibles de ser curadas utilizando la medicina tradicional, cuyos insumos esenciales se encuentran en la abundante y rica naturaleza que comprende el territorio boliviano.

1.3.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos se encuentran enunciados y clasificados de la siguiente manera:

1. Revisar el estado del arte de la investigación en sistemas expertos.
2. Comprender la medicina tradicional a través de la interacción con el experto.
3. Desarrollar un modelo teórico de solución al problema.
4. Diseñar un prototipo del modelo teórico.
5. Implementar el prototipo.
6. Evaluar el prototipo desarrollado.

1.4. ALCANCES

Los alcances del presente trabajo de investigación comprenden el diagnóstico que se realiza a un paciente en función a las dolencias que presente el mismo, recomendando un conjunto de medicinas tradicionales, cuya base son las plantas medicinales localizadas en el valle boliviano, que involucra el sur del departamento de Cochabamba y el norte del departamento de Potosí.

Al ser un producto de investigación científica se emplea un shell gratuito proporcionado por la Agencia Nacional Espacial de los Estados Unidos (NASA) conocido como Sistema de Producción Integrado en Lenguaje C (CLIPS).

1.5. LIMITACIONES

Las limitaciones del presente estudio se enumeran de la siguiente manera:

1. El sistema experto no cuenta con una descripción de la taxonomía de las plantas medicinales utilizadas. Aunque es pretensión incluir en el futuro una base de datos con la taxonomía de las mismas.
2. El sistema experto no cuenta con una descripción detallada de las características de las plantas medicinales utilizadas. Debido a la gran cantidad de información textual, se pretende incluir una base de datos de texto en el futuro.
3. El sistema experto no presenta una interfaz grafica amigable y basada en multimedia, la interfase es textual. Esta limitación se resolverá incluyendo una biblioteca de funciones de Microsoft C.
4. El sistema experto no presenta una interacción basada en agentes de software. Se pretende resolver esta limitación incluyendo una interfaz multimedia basada en agentes de software.

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

A veces he llegado a pensar que los curanderos son mejores que los médicos de mayor prestigio. Mahatma Ghandi.

Resumen

En este capítulo se plantea la teoría relacionada con la medicina hipocrática, la medicina tradicional, las características principales de la medicina tradicional boliviana, los sistemas expertos y la relación de esta teoría con la inteligencia artificial.

2.1. MARCO REFERENCIAL Y ANTECEDENTES

2.1.1. Contexto de la medicina hipocrática

El fin de la medicina ha sido siempre curar las enfermedades, restablecer la salud, aliviar los sufrimientos y consolar al enfermo. Estos son los postulados de la medicina curativa o sanadora. Estas tres actividades han tenido diferente representación a lo largo de la historia. Para ser realmente efectiva en la tarea de curar, la medicina tenía que conocer las causas, los mecanismos de la enfermedad, es decir su etiología y patogenia y su repercusión en el organismo, para conseguir un diagnóstico y si era posible establecer un tratamiento que combatiera la enfermedad y la hiciera desaparecer. Todo esto ha sido el cometido de la medicina científica que comienza a finales del siglo XVIII, logró un gran desarrollo en el siglo XIX y extraordinaria brillantez y eficacia en el siglo XX. La medicina aliviadora fue también progresando a medida que lo hacía la medicina científica que descubría y ponía en manos de los médicos procedimientos y armas terapéuticas que aunque no se conocieran con precisión las causas o los mecanismos de la enfermedad podían aliviar la condición del enfermo mediante un tratamiento sintomático.

La medicina paliativa actual es una expresión extrema de la medicina aliviadora. La medicina consoladora se ha ejercido siempre. La tarea de consolar tiene muchas facetas, procedimientos y variantes. El enfermo, desconsolado, con ansiedad y preocupación añadidas a su enfermedad, siempre está predispuesto a recibir consuelo que administrado por el médico es tanto más necesario cuanto menos sabe éste sobre la enfermedad de su paciente. También ahora, en pleno ejercicio de la medicina científica, el consuelo que el médico puede dar con sus explicaciones objetivas pero teñidas de afecto, sigue siendo necesario incluso para el enfermo transformado actualmente en un usuario del servicio médico público.

Otro tipo de medicina es la preventiva cuya evolución ha sido paralela en muchos aspectos al de la medicina científica al conocerse los factores de riesgo ambientales que se procuraba eliminar mediante la higiene pública y la posibilidad de prevenirlos, en el caso de las enfermedades infecciosas, mediante las correspondientes vacunas (viruela, poliomielitis, sarampión, etc.). Durante mucho tiempo la medicina preventiva se orientaba en líneas generales para toda la población como si ésta fuese uniforme. No se reparaba en el hecho de que había personas que incluso en medio de grandes epidemias no enfermaban aunque estaban expuestas a las mismas circunstancias patógenas que el resto de la población. La medicina preventiva se concebía de forma colectiva y aunque el individuo se beneficiaba de las medidas generales era preciso reforzarlas con actuaciones de tipo personal [Segovia, 2003].

El paso siguiente ha sido el de la medicina preventiva individual, expresada muchas veces en la denominada medicina clínica preventiva en la que el médico aprovecha la entrevista clínica con su paciente y sus familiares para señalar las medidas convenientes para su salud. De manera análoga a la medicina preventiva, aparenta surgir la denominada medicina tradicional, donde el medico curandero conversa con el paciente, quien le confía el conjunto de síntomas y dolencias que presenta, para que el primero sea el encargado de observar y aconsejar la medicina natural adecuada adjunta a su preparación y forma de aplicación.

2.1.1.1. Medicina hipocrática

Antes de iniciar un breve repaso de la medicina conviene hacer un intento por definirla. Con frecuencia se dice que la medicina es un arte y que el médico es un artista, pero también se habla de la medicina científica y del médico como un hombre de ciencia. Incluso el *Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española* define así la palabra "medicina": *Medicina*. Ciencia y arte de precaver y curar las enfermedades del cuerpo humano.

Según Vásquez y Vásquez (2000), al finalizar esta centuria bajo el sofisticado nombre de "mundo globalizado" y al trasmontar la cúspide centuriana que conducirá al siglo XXI, es necesario hacer una mirada retrospectiva de la senda que condujo al presente y tener más o menos una visión de amplio espectro del futuro.

La medicina actual para llegar a lo que es hoy, tuvo que superar varias etapas, fue formando pieza a pieza los cimientos sólidos de la medicina científica, la obra maestra de los hombres y mujeres que con sacrificio denodado y silencio aportaron a la edificación milenaria donde la salud es el producto más valioso, la joya más preciada, pero no muy bien aquilatada cuando se trata de comunidades, pueblos y la humanidad entera.

Así, el curandero arcaico dio paso respectivamente a la medicina primitiva, medieval, renacentista, del barroco, de la ilustración, la contemporánea, la atómica para ingresar a la cibernética y con miras a la aerocósmica.

El siglo XX estuvo caracterizado por grandes progresos de la ciencia médica desde los tiempos de Hipócrates² (Figura 1), tratando de llegar a los orígenes de la vida misma, investigando los misterios de las enfermedades funcionales y corporales, los mecanismos metabólicos, escrutando las cavidades más íntimas del organismo, sintetizando varias sustancias para contrarrestar los efectos letales de las enfermedades, creando la célula viva en el laboratorio, reemplazando órganos vitales

² Hipócrates nació en 460 a.C. en la isla de Cos (mar Egeo), y murió en el año 377 a.C. en Larisa (Tesalia). Fue un médico griego llamado desde la Edad Media *el Padre de la Medicina*. Figura de gran relieve histórico que ya en época griega adquirió carácter mítico. Pertenecía a una familia de médicos-sacerdotes de Asclepio, es considerado como el fundador de la medicina.

(riñón, corazón, pulmón) con la cirugía, practicando la videocirugía de invasión mínima. Para llegar a este objetivo tuvo que asociarse con otras ciencias como la física que le ofrece sus equipos electrónicos, la bioquímica para los métodos de diagnóstico, la sociología y la antropología para el estudio de las enfermedades del hombre en su medio o hábitat.

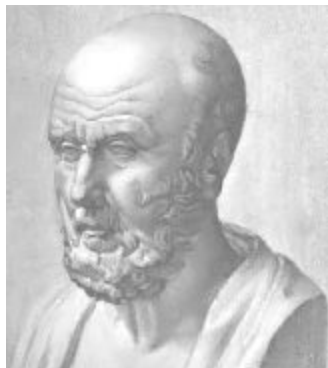


Figura 1. Hipócrates, padre de la medicina occidental moderna
Fuente: tomado de [Natureduca, 2005]

Por otra parte, en el mismo siglo XX, se han vencido muchas enfermedades infecciosas gracias a las vacunas, los antibióticos y la mejora de las condiciones de vida. El cáncer se ha convertido en una enfermedad frecuente, pero muchas formas de la enfermedad se pueden combatir con eficacia debido al desarrollo de numerosos tratamientos. En este siglo también se han iniciado investigaciones básicas sobre los procesos vitales. Se han realizado importantes descubrimientos en muchas áreas, en especial en lo que concierne a la base de la transmisión de defectos hereditarios y a los mecanismos físicos y químicos de la función cerebral [Encarta, 2005].

2.1.1.2. Diagnóstico médico

La tarea esencial de los médicos es la del diagnóstico y el tratamiento. La medicina individual existió en todas las épocas. El método de diagnóstico médico surge posteriormente. “El médico primitivo debió tener una interpretación causal o localizadora de la dolencia. Históricamente todas las actividades de los médicos

(diagnosticar la enfermedad, tratarla, participar en el progreso de la medicina científica) se han establecido alrededor del diagnóstico médico” [Ilizástigui, 2000].

Boerhavve³ puso de manifiesto “lo que importa es que la medicina avance”, en cada enfermo en particular y valiéndose de signos particulares del mismo, siempre habrá que diagnosticar su enfermedad particular y luego efectuar el tratamiento con ayuda de un especial medio de curación y con un método especial [Entralgo, 1982].

El diagnóstico médico se entendió desde la época griega como “distinguir” o “discindir”; esto es, “el qué del diagnóstico”, o bien en el sentido de “atravesando” o “recorriendo”, “el cómo del diagnóstico”. Lo primero se refiere a la categoría de la enfermedad particular en la cual el enfermo ha sido catalogado (clasificación, taxonomía), y lo segundo se usa para identificar el proceso por el cual el médico llega al diagnóstico.

El “proceso del diagnóstico” es el método de diagnóstico y como tal fue entendido siempre por los médicos. En él se imbrican procedimientos científicos, empíricos y de observación con el proceso mental de razonamiento, que son interdependientes y complementarios.

La historia del diagnóstico médico surge con los médicos hipocráticos como Alcmeon de Cretona, como proceder mental para nombrar la enfermedad, el diagnóstico se atiene a “lo que se ve en el enfermo”: Hidropesía. Este método observacional se transformaría progresivamente en el “método científico” basado en la comunicación, la exploración y el razonamiento, que daría a fines del siglo XIX al “método clínico” [Ilizástigui, 2000].

2.1.1.3. Método clínico

El “método diagnóstico” ha predominado como denominación del método científico de la medicina clínica, mientras que el “método clínico” ha perdido vigencia y casi no se lo menciona en la literatura médica actual.

³ Hermann Boerhaave, médico y botánico holandés, 1668-1738.

Según Levinson (1968) *“el proceso del diagnóstico es el método mental por el cual los médicos ganan un entendimiento de la enfermedad, por la interpretación de sus manifestaciones clínicas. Es un método científico aplicado a la práctica médica”*.

El “método clínico”, que como anteriormente se expresó surgió a finales del siglo XIX conservó y mejoró las técnicas utilizadas para el diagnóstico médico: interrogatorio, el examen del paciente y el razonamiento. El “proceso del diagnóstico” y el “método clínico” son una misma realidad [McWhinney, 1986].

El “proceso del diagnóstico” o “método del diagnóstico” nació y se conserva ligado a la ciencia médica fenomenológica que corresponde a una medicina práctica humana. Se corresponde bien a la terminología de la propia ciencia práctica que se está conformando. Con el establecimiento del “método anatomoclínico”, superado luego por el "método clínico" se cree haber llegado al método de la medicina científica explicativa, lo cual no sucedió.

La medicina clínica continúa siendo una medicina práctica humana y conserva su método científico: el “proceso del diagnóstico” o “método diagnóstico”. La medicina explicativa biomédica y clínica posee su método, el "método experimental". Se piensa que por tal motivo la denominación de "método clínico" ha ido perdiendo vigencia en el presente.

Cuando se habla de si existe o no el método clínico se refiere, claro está, a la denominación que se utiliza, puesto que la práctica médica ha tenido siempre y tiene su método científico: el "método del proceso del diagnóstico". Puede utilizarse como equivalente del "método clínico".

Los estudios psicológicos actuales de cómo los médicos realizan el proceso de diagnosticar, consideran que se efectúa por el método de solución de problemas clínicos. Nueva forma de denominar al "método clínico" y cuya base se encuentra en el método científico de las ciencias: el método hipotético-deductivo [Elstein et al., 1972].

2.1.1.4. Diagnóstico como método científico

Los clínicos formulan las quejas de pacientes, colectividades, que pueden ser solucionadas por un plan corrector, un excelente entrenamiento para este aprendizaje en la medicina clínica es lo que representa el proceso de investigación.

El médico formula un área de búsqueda o investigación, a partir de quejas de sus pacientes, reformula la información en forma histórica, hace un juicio clínico acerca de la naturaleza del problema, orienta el examen clínico, prescribe exámenes complementarios con el mismo criterio y utiliza un método para devolver al paciente el estado de salud o el equilibrio en las enfermedades crónicas. La analogía de este proceso y la investigación lo hacen un buen ejemplo para el aprendizaje del diagnóstico como una investigación menos compleja [Elstein and Jason, 1970].

Flexner señaló que el "progreso de la ciencia y la práctica médica inteligente y científica emplean exactamente la misma técnica, tanto si es una investigación o en la práctica. El estudiante debe ser entrenado para el ejercicio positivo de sus facultades" [Engel, 1986].

El médico en su quehacer habitual usa un método científico (método del proceso diagnóstico, método clínico o método de solución de problemas clínicos) y es un investigador si lo hace con propiedad, esmero y dedicación: utiliza el proceso de diagnóstico para refinar el diagnóstico o descubrir un proceso morboso y mejorar el tratamiento.

El proceso del pensar del médico, del estudiante, del hombre común es similar al del hombre de ciencia y descansa sobre un razonamiento similar. La educación, el refinamiento y la experiencia determinan las diferencias.

2.1.1.5. Método clínico tradicional

En la llamada inferencia tradicional inductiva deductiva y sólo apoyada en los síntomas y signos obtenidos por el interrogatorio y el examen físico, se ejercita el médico para realizar el diagnóstico a partir del cuadro clínico del paciente a través del

procesamiento mental del clínico sin el apoyo de los exámenes complementarios. Después de este razonamiento intermediario de identificación de las posibles hipótesis diagnósticas, el diagnóstico diferencial, es que el médico adecua el estudio exploratorio por los exámenes complementarios [Feinstein, 1973] [Harvey et al., 1979].

El resultado de éstos y su contrastación con las hipótesis y la obtención de nuevas informaciones provenientes del propio enfermo permiten precisar, con cierta certeza, la hipótesis diagnóstica más precisa que pueda abarcar la sintomatología del cuadro clínico.

Este proceso complejo no siempre se alcanza en un solo acto. Se necesita de la valoración de nuevas informaciones durante la evolución del paciente, para tomar, generalmente, una decisión adecuada.

Existen distintas formas de abordar el razonamiento médico, las cuales dependen de los hábitos personales del médico, de la escuela a la que pertenece y de la especialidad que ejerce. No obstante, en la práctica médica, sólo raramente existe un patrón distintivo, uniforme, único reconocible.

En general existe la tendencia a establecer síndromes a partir de síntomas prioritarios o esenciales y realizar un proceso que conlleva pasar por los niveles o que comprenden el síndrome, el sistema orgánico, el proceso morboso y de aquí a la posible causa de enfermedad. Variaciones en este sentido pueden existir.

"Los tipos cardinales del diagnóstico diferencial tienen en cuenta los razonamientos por los llamados diagnósticos de probabilidades, según la frecuencia o probabilidad de una enfermedad: por el diagnóstico de reconocimiento de patrones de identificación de síntomas y signos cuasi patognomónicos, o bien por el diagnóstico de tipo causal o etiológico" [Entralgo, 1982].

En la práctica clínica general actual no es frecuente su uso en la forma pura descrita, para la solución de los problemas clínicos por los prácticos generales, infrecuentemente usado por los médicos de los hospitales no docentes y por los médicos docentes cuando se ven comprometidos en servicios médicos (hospitalización o consulta) que se comparten al unísono, sin las condiciones

adecuadas, actividades educativas y profesionales; que le impiden desplegar el proceso profesional a plenitud.

2.1.2. Inteligencia artificial en la medicina

En los años 1950 se dio inicio al uso de las computadoras en la Bioingeniería. Las primeras aplicaciones que se desarrollaron eran cuestionarios automatizados para los pacientes.

En un artículo publicado por Ledley y Lusted en 1959 decían que el razonamiento médico contenía estrategias de inferencia entre las que se encontraba la lógica booleana, inferencias simbólicas y probabilidades bayesianas. Colocando como ejemplo particular el hecho de que el razonamiento para hacer un diagnóstico médico contenía las tres técnicas. La esperanza que surgió para muchos cuando se iniciaron estas investigaciones era que iban a obtener “*Médicos perfectos en una caja*” más no iban a poder reemplazar al médico humano, pero lo que menos esperaban era que el camino a recorrer para lograrlo fuera tan largo y con obstáculos que ya se habían pasado o se estaban pasando en otras áreas de la Informática.

Una de esas primeras aplicaciones fue Eliza que fue desarrollada en los años 1960 en los laboratorios del Instituto Tecnológico de Massachussets⁴ por el profesor Joseph Weizenbaum, Eliza simulaba el comportamiento de un médico Psicoanalista, fue la primera aplicación psiquiátrica. Lo que hacía era repetirle al paciente sus respuestas en forma de pregunta cambiando ciertas palabras o frases. Funcionaba por medio de reconocimiento de patrones y reemplazo de palabras claves por frases diseñadas. [Ben-Aaron, 1985]

Otros sistemas desarrollados en lo que se consideraría la primera generación de Sistemas de Inteligencia Artificial en la Medicina y que se considera como la mejor o al menos la pionera en su género es Internist que es una base de conocimiento y un programa de inferencia, cuyo objetivo consistía en el diagnóstico

⁴ Del anglosajón Massachusset Institute of Technology (MIT), una de las instituciones más famosas por su investigación en inteligencia artificial.

en el área de medicina interna. Fue desarrollado en la Universidad de Pittsburg como una colaboración entre el Dr. Jack Myers (medico) y el Profesor Harry Pople (Ciencias de la Computación); junto con ellos trabajo el Dr. Randy Miller a través de los 70's y luego se convirtió en el líder del proyecto en los 80's. Su método de razonamiento es de planteamiento de Hipótesis. Internist fue desarrollado en LISP, fue utilizado como plataforma para desarrollar métodos y extensas bases de conocimiento clínico. Internist dependía de una gran base de conocimiento que fue transferida a un sistema de información llamado Referencia Medica Rápida⁵.

QMR
Quick Medical Reference®
Diagnostic Decision Support
at the Point of Care

QMR (Quick Medical Reference) is the powerful diagnostic decision support knowledge base designed for integration into your healthcare environment.

Developed to provide physicians with assistance in expanding and refining differential diagnoses, the QMR knowledge base includes a comprehensive list of over 700 disease profiles and the clinical manifestations reliably reported to be associated with them, including 3,000+ related symptoms, signs, and labs.

With QMR you can:

- Formulate differentials
- View the most common findings for a particular disease
- Generate the best labs to order or questions to ask for ruling in or ruling out a diagnosis
- Generate case analyses
- And more...

QMR Toolkit® This new application programming interface (API) captures the power of the QMR knowledge base and eases integration into your electronic medical record (EMR) system. Windows®, UNIX (Sun® Solaris™), and ActiveX™ Server versions available.

QMR Net® An intranet solution that gives you the power of the QMR knowledge base with the potential and flexibility of an intranet. Perfect for a group practice, hospital setting or educational institution.

QMR for Windows Stand-alone software to help you make diagnostic decisions. Single user or network versions.

FIRSTDATABANK
Point-of-Care Knowledge Base
www.firstdatabank.com
800-633-3453

Figura 2. Descripción Técnica de QMR
Fuente: Tomado de [Hanson and William, 2004]

La base de conocimiento de Internist/QMR asociaba enfermedades con síntomas usando dos números: una frecuencia de asociación y una fuerza de reaparición (evocación). Al comparar el desempeño de Internist/QMR con los de un medico y un experto o más bien comparar la cantidad de errores de diagnostico de Internist con respecto a los otros, los resultados no estaban muy distantes; en ese

⁵ Quick Medical Reference (QMR).

estudio se observó que Internist cometió 29 errores de diagnóstico, el médico 28 y el experto 21. A pesar de ser un resultado muy positivo para los investigadores al sistema se le hicieron varias observaciones como el hecho de que no tenía un modelo probabilístico definido y no hacía diferenciaciones anatómicas ni temporales.

Uno de los pioneros en el desarrollo de la Inteligencia Artificial en la Medicina es Shortliffe quien en 1983 dijo: “la informática médica cubre más que aplicaciones de computadores para la medicina”. Shortliffe era miembro de la Universidad de Stanford donde tenía un grupo de Investigación en el tema, grupo que desarrolló Mycin y Oncocin. En el desarrollo de Mycin también participó Buchanan como uno de los investigadores principales junto con Shortliffe. El método de razonamiento de Mycin es de encadenamiento hacia atrás, es decir, dirigido hacia un objetivo [Hanson and William, 2004].

Estos primeros sistemas fueron conocidos como diagnosticadores. Al evaluar estos sistemas su desempeño fue muy similar al de un médico humano. Aunque ahora el problema era uno que los sistemas de información tradicionales habían afrontado en sus primeros días: “*La apatía de los usuarios al sistema*”. Los usuarios finales de estos sistemas expertos por lo general eran enfermeras o médicos que obtenían la información de los pacientes; para esa época la información no estaba disponible en formato digital y era mucho lo que había que pasar a formato digital y eran una serie de preguntas que resultaban engorrosas ya que su respuesta estaba ya en papel. Otro problema era la interfaz que era puramente texto. Por estos problemas y otros que se observaron a través de estos años se volvieron importantes las formas de representación del conocimiento, la adquisición automática de la información, la formación de bases de datos (de hechos) y se vio la necesidad de una terminología estándar (en la cual ya se venía trabajando).

Muchos de estos sistemas por ser de los primeros no llegaron a ser usados más allá de los laboratorios de desarrollo o como herramientas de estudio un ejemplo es DXPlain que fue desarrollado en el Hospital General de Massachusetts alrededor de 1987 por el Dr. Barnett. Usado para asistir en el proceso de diagnóstico, tomando información clínica como signos vitales, resultados de laboratorio y síntomas para

generar un listado de diagnósticos ordenados por mayor similitud. Suministraba justificación para cada uno de los diagnósticos. Este sistema contenía una gran base de información médica de enfermedades y síntomas. En la actualidad es usada en varios hospitales y escuelas médicas con propósitos puramente educativos, es decir, como un texto guía electrónico.

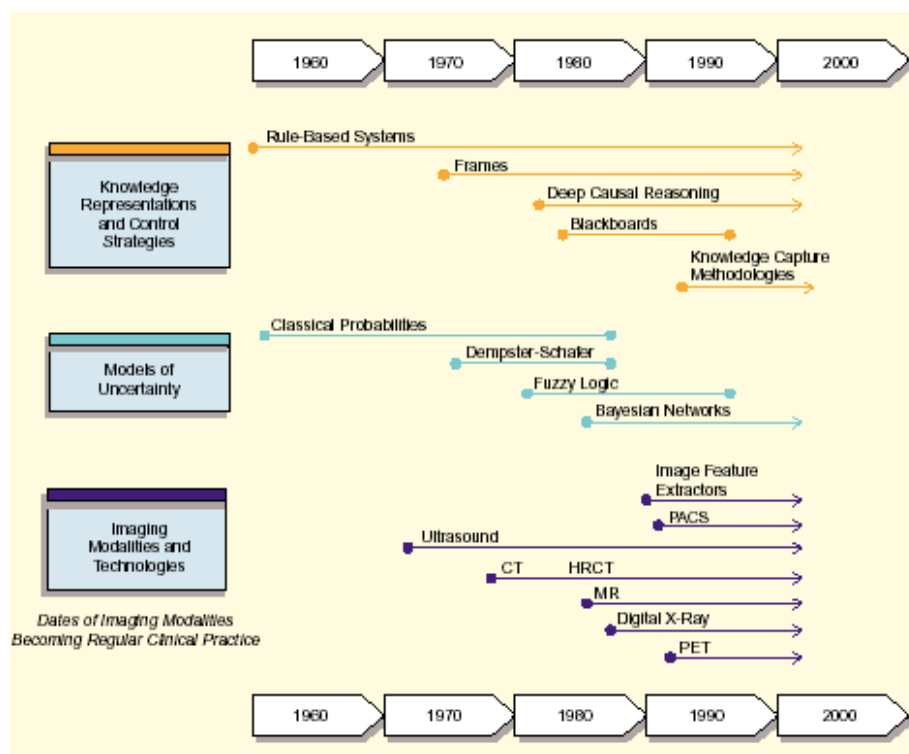


Figura 3. Cronología de las tendencias en el diseño de sistemas expertos.
Fuente: Modificado de [Chabat et al., 2000]

En años anteriores el desarrollo de Sistemas Inteligentes para la Medicina estaba muy centrado en aplicaciones para diagnóstico de enfermedades y un primer inicio al reconocimiento de imágenes medicas, como imágenes de rayos-x entre otros, uno de esos sistemas desarrollados en los 90's es Perfex, para la interpretación del espectro cardiaco; el sistema en si infiere la extensión y severidad de la enfermedad de la arteria coronaria, fue diseñado en el Tecnológico de Georgia; estos primeros sistemas de reconocimiento de imágenes aun eran muy dependientes del ojo humano, aun necesitaban que un observador mostrara un posible problema [Chabat et al.

2000]. A pesar de ser uno de los primeros se ha seguido usando, claro que con mejoras.

En los procesos de desarrollo en la actualidad le están dando una mayor importancia a las siguientes áreas de la Inteligencia Artificial en la medicina, aunque no se han descuidado los diagnósticos por que se les considera una gran fuente de información y de seguimiento de historiales médicos:

1. **Telemedicina:** Como dar cuidado medico a distancia utilizando multimedia.
2. **Medicina de Cuidados Intensivos:** Con énfasis en razonamiento con información limitada. Mas que todo sistemas de monitoreo.
3. **Pruebas Clínicas:** Métodos para reconocer automáticamente que un paciente es elegible para pruebas clínicas y enlistarlo. [Altman, 1998]

Estos tres siendo los principales sistemas en los que se enfocan para el desarrollo, no dejan atrás procesos o problemas dentro del que hacer diario en una clínica como lo es el monitoreo constante de pacientes, los sistemas desarrollados para la mayoría de estos lo que hacen es un monitoreo en tiempo real de los signos vitales del paciente de las señales para las cuales fue diseñado reconocer y cuando se presentan cambios muy abruptos de esos niveles o cuando sobrepasan los niveles que para el paciente se considerarían normal mandan una señal de alerta a la estación central de enfermeras o una alerta directa al medico. Otros sistemas que se están desarrollando son para planear y analizar terapias, estos se basan en el historial del paciente y el tratamiento diseñado buscando inconsistencias, errores u omisiones comparándolo con su base de conocimiento, emitiendo correcciones al tratamiento en cuestión; también están capacitados para diseñar tratamiento para un paciente basándose en su condición y siguiendo ciertos lineamientos que tiene preestablecidos. [Coiera, 2004].

Pero actualmente se ha visto un gran avance en los sistemas de reconocimiento e interpretación de imágenes, como los rayos-x, angiogramas, etc. Estos sistemas lo que hacen es un análisis de las imágenes comparándolo con información que se consideraría normal para una imagen de ese tipo, al detectar una

anormalidad lo señalan en el reporte para darle una ventaja al medico de enfocarse en ese punto y no pasarlo por alto ya que podría ser una anormalidad mínima y poco notable a simple vista.

Tabla 1. Sistemas de inteligencia artificial en uso en las clínicas

Fuente: [Hanson and William, 2004]

Nombre del Sistema	Tipo	Descripción	Fecha y Lugar
Automedon	Administrador de ventilación	Sistema basado en conocimiento para la administración de ventilación mecánica en la Unidad de Cuidados Intensivos.	2001 Francia
VIE-PNN	Nutrición Neonatal	Sistema experto para la nutrición de neonatos en cuidados intensivos.	1993 Austria
ATHENA	Administración de la hipertensión en cuidados primarios	Control de la hipertensión en cuidados primarios siguiendo lineamientos médicos y dando recomendaciones de cuidado y medicación.	2002 CA – EEUU
CEMS	Sistema de soporte de decisión de Salud Mental	Puede ser consultado sobre diagnostico y tratamiento de pacientes y monitorea y da alertas sobre los métodos y los resultados	1993 EEUU
ERA	Sistema de soporte de decisiones y referencias de cáncer	Sistema de soporte de toma de decisiones interactivas en la identificación de pacientes con sospechas de cáncer.	2001 Reino Unido
LISA	Soporte a la toma de decisiones para niños con leucemia linfoblástica	De uso durante los periodos para la toma de decisiones sobre medicaciones, y almacenamiento y seguimiento del historial y estado de los pacientes.	2004 Reino Unido
PAIRS	Soporte para la toma de decisiones diagnosticas	Diseñado para ayudar a médicos en el diagnostico de casos complicados.	2001 India
RetroGram	Soporte para la toma de decisiones para medicación	Genera regimen de medicación usando historial medico e información genética de enfermos de VIH	1999 Reino Unido
TherapyEdge	Basado en Web para tratamiento de VIH y enfermedades crónicas	Sigue gráficamente y procesa automáticamente la información de pacientes (medicación, condición) con VIH y enfermedades crónicas.	2001 NC - EEUU
TxDENT	Experto diagnosticador de condiciones dentales	Para hacer seguimiento y recomendaciones a pacientes de tratamientos odontológicos.	1997 Canadá
Coulter® FACULTY™	Sistema Experto en Toxicología	Sistema basado en conocimiento cuyo fin es de consulta, asistir en el flujo de trabajo y servir como herramienta educacional en los laboratorios de hematologia.	1996 Reino Unido
HEPAXPERT I, II, III	Análisis e Interpretación de pruebas	La III es una versión basada en Web que analiza e interpreta pruebas para detectar hepatitis A, B, C y D	1991 Austria

En la actualidad el desarrollo de todos estos sistemas se encuentra en manos de un gran número de investigadores entre los que aun se encuentran las universidades donde se dieron los primeros sistemas como lo son MIT, Stanford, Rutgers y Pittsburg. Pero de igual forma hay organizaciones, compañías privadas, clínicas y centros de investigación (en conjunto) que también se encuentran investigando en esta área. Debido a la cantidad de empresas que se unieron al proceso de desarrollo de la IA en la Medicina es que se están viendo muchas aplicaciones en estos días unos de uso comercial en los hospitales, unos que son creados con fines educativos y otros con fines de investigación y mayor avance en el área.

La tabla 1 muestra una lista de algunas aplicaciones que se han venido desarrollando, que tipo de sistemas son (de diagnostico, monitoreo, etc.), una breve descripción, la fecha en la que fue creada o se hizo la ultima versión y el país donde fue creado.

2.1.3. Antecedentes sobre estudios de medicina tradicional

La medicina tradicional comprende diversas prácticas, enfoques, conocimientos y creencias sanitarias que incluyen plantas, animales y/o medicinas basadas en minerales, terapias espirituales, técnicas manuales y ejercicios, aplicados en singular o en combinación para mantener el bienestar, además de tratar, diagnosticar y prevenir las enfermedades. [WHO, 2002]

Existen muchas formas de medicina tradicional, entre los que se incluyen la medicina tradicional china, el ayurveda hindú y la medicina unani árabe. A lo largo de la historia los asiáticos, africanos, árabes, nativos americanos, oceánicos, centroamericanos y sudamericanos, además de otras culturas, han desarrollado una gran variedad de sistemas de medicinas tradicionales indígenas. Influenciados por factores tales como la historia, las actitudes personales y la filosofía, su práctica varía en gran medida de un país a otro y de una región a otra. No es necesario decir que su teoría y aplicación difieren de manera importante de la teoría y la aplicación de la medicina alopática (Tabla 2).

Tabla 2: Medicina tradicional
Fuente: modificado de [OMS, 2002]

La medicina tradicional puede codificarse, regularse, enseñarse abiertamente y practicarse amplia y sistemáticamente, además de beneficiarse de miles de años de experiencia. A la inversa, puede ser reservada, mística y extremadamente localizada, a través de la difusión oral de conocimientos y prácticas. Puede basarse en síntomas físicos destacados o fuerzas supernaturales percibidas.

Sin duda, en el ámbito global, la medicina tradicional elude la definición o descripción precisa, conteniendo como lo hace características y puntos de vista diversos y a veces conflictivos. No obstante una definición práctica resulta útil. Para la OMS tal definición debe ser por necesidad amplia e inclusiva.

La OMS define la medicina tradicional como prácticas, enfoques, conocimientos y creencias sanitarias diversas que incorporan medicinas basadas en plantas, animales y/o minerales, terapias espirituales, técnicas manuales y ejercicios aplicados de forma individual o en combinación para mantener el bienestar, además de tratar, diagnosticar y prevenir las enfermedades.

La medicina tradicional, complementaria y alternativa suscita un amplio abanico de reacciones, desde el entusiasmo no crítico hasta el escepticismo no informado. El uso de la medicina tradicional (MT) continua bastante extendido en los países en vías de desarrollo, mientras que el uso de la medicina complementaria y alternativa (MCA) está aumentando rápidamente en los países desarrollados. En muchos lugares del mundo, los responsables de las políticas, los profesionales sanitarios y el público se debate con preguntas sobre la seguridad, la eficacia, la calidad, la disponibilidad, la preservación y con el desarrollo de este tipo de atención sanitaria.

Dependiendo de las terapias implicadas, las terapias de la MT/MCA puede clasificarse como terapias de medicación -si se utilizan medicinas con base de hierbas⁶, partes de animales y/o minerales- o terapias sin medicación -si se realiza principalmente sin el uso de medicación, como es el caso de la acupuntura, las terapias manuales, el gigong, tai ji, la terapia termal, el yoga y otras terapias físicas, mentales, espirituales y terapias de mente y cuerpo [OMS, 2002].

⁶ Las medicinas basadas en hierbas incluyen hierbas, materiales con base de hierbas, preparados a base de hierbas y productos acabados con hierbas, que contienen como ingredientes activos partes de plantas u otros materiales con base de plantas o combinaciones de las mismas.

2.1.3.1. Medicina complementaria y alternativa

Los términos “complementaria” y “alternativa” (“no convencional” o “paralela”) se utilizan para referirse a un amplio grupo de prácticas sanitarias que no forman parte de la tradición de un propio país, o no están integradas en su sistema sanitario prevaleciente. La acupuntura es una terapia médica tradicional china. Sin embargo muchos países europeos la definen, y la medicina tradicional china en general, como MCA, porque no forma parte de sus propias tradiciones sanitarias. De la misma forma, desde que la homeopatía y los sistemas quiroprácticos se desarrollaron en Europa en el siglo XVIII, tras la introducción de la medicina alopática, no están clasificadas como sistemas de MT ni se incorporan en los modos dominantes sanitarios de Europa. En su lugar, se refiere a éstas como una forma de MCA⁷.

Tabla 3. Terapias y técnicas comúnmente utilizadas

Fuente: adaptado de [OMS, 2002]

	Medicina China	Ayurveda	Unani	Naturopatía	Osteopatía	Homeopatía	Quiropráctica	Otras
Medicinas con hierbas	O	O	O	O	*	O		* ^a
Acupuntura/acupresión	*				*			* ^b
Terapias manuales	Tuina ^c	*	O	+	*		O	Shiatsu ^d
Ejercicios	Qigong ^e	Yoga		Relajación				Hipnosis

O terapia/técnica terapéutica comúnmente utilizada

* terapia/técnica terapéutica utilizada a veces

+ utiliza toques terapéuticos

a. por ejemplo, muchos sistemas de MT informales de África y Latinoamérica utilizan medicinas basadas en hierbas.

b. por ejemplo, en Tailandia, algunas terapias de MT utilizadas incorporan acupuntura y acupresión.

c. Tipo de terapia manual utilizada en la medicina tradicional china.

d. Se refiere a terapia manual de origen japonés en la cual la presión se aplica con los pulgares, las palmas, etc., en determinados puntos del cuerpo.

e. Componente de la medicina tradicional china que combina movimiento, meditación y regulación de la respiración para mejorar el flujo de energía vital en el cuerpo para mejorar la circulación y la función inmune.

En la tabla 3 se muestran algunas terapias de MT/MCA comunes, descritas en la serie *Revista Médica Británica* 1999 sobre MCA. La tabla 3 no es de ninguna

⁷ De acuerdo con este documento, “medicina tradicional” se utiliza cuando se hace referencia a África, Latinoamérica, Sudeste asiático y/o Pacífico occidental, donde quiera que se utilice la “medicina complementaria y alternativa” cuando se hace referencia a Europa y Norteamérica (y Australia). Cuando se hace referencia en un sentido general a todas estas regiones, se utiliza el término MT/MCA.

forma exhaustiva, continuamente se están desarrollando nuevas ramificaciones de las disciplinas establecidas.

2.1.3.2. Incorporación a los sistemas de salud nacionales

La OMS ha definido tres tipos de sistemas de salud para describir el punto hasta el que la MT/MCA es un elemento sanitario oficialmente reconocido.

1. En un **sistema integrado**, la MT/MCA está oficialmente reconocida e incorporada en todas las áreas de provisión sanitaria. Esto significa que: la MT/MCA está incluida en la política de fármacos nacional relevante del país; los proveedores y los productos están registrados y regulados; las terapias de la MT/MCA están disponibles en hospitales y clínicas (tanto públicos como privados); el tratamiento de MT/MCA se reembolsa bajo el seguro sanitario; se realizan estudios relevantes; y se dispone de educación sobre MT/MCA. Mundialmente, sólo China, la República Popular Democrática de Corea, la República de Corea y Vietnam pueden considerarse tener un sistema integrador.
2. Un **sistema inclusivo** reconoce la MT/MCA pero todavía no está totalmente integrado en todos los aspectos de la sanidad, ya sea aporte de cuidados sanitarios, educación y formación o regulación. Es posible que la MT/MCA no esté disponible a todos los niveles sanitarios, puede ser el seguro sanitario no cubra tratamientos de MT/MCA, puede que la educación oficial de MT/MCA no este disponible en el ámbito universitario, y puede que no exista una regulación de los proveedores y productos de MT/MCA o que en caso de existir solamente sea parcial. Dicho esto, se estará trabajando en la política, normativa, práctica, cobertura sanitaria, la investigación y la educación. Los países que tienen en funcionamiento un sistema inclusivo incluyen países en vías de desarrollo tales como Guinea Ecuatorial, Nigeria y Mali que tienen una política de MT/MCA nacional, pero poco o nada sobre regulación de los productos de la MT/MCA, y países desarrollados tales como Canadá y el Reino Unido que no ofrecen un nivel

educativo universitario importante en MT/MCA, pero que se están esforzando por asegurar la calidad y la seguridad de la MT/MCA. Por último, están los países que operan un sistema completo y que esperan obtener un sistema integrador.

3. En países con un sistema tolerante, el **sistema sanitario** nacional está basado enteramente en la medicina alopática, pero se toleran por ley algunas prácticas de MT/MCA.

2.1.3.3. Uso de la medicina tradicional

En muchos países en vías de desarrollo -como lo indican con frecuencia los informes gubernamentales- la mayoría de la población sigue utilizando la MT para satisfacer sus necesidades sanitarias primarias (Figura 2). De la misma forma, la resolución sobre *Fomento del papel de la medicina tradicional en los sistemas de salud: Una estrategia para la región africana*, adoptada por el 50 Comité Regional de la OMS para la Región Africana en agosto de 2000, indica que alrededor de un 80% de la población de los Estados Miembros Africanos utilizan la MT para ayudar a satisfacer las necesidades sanitarias [OMS, 2000]. Esto incluye el uso de comadronas tradicionales.

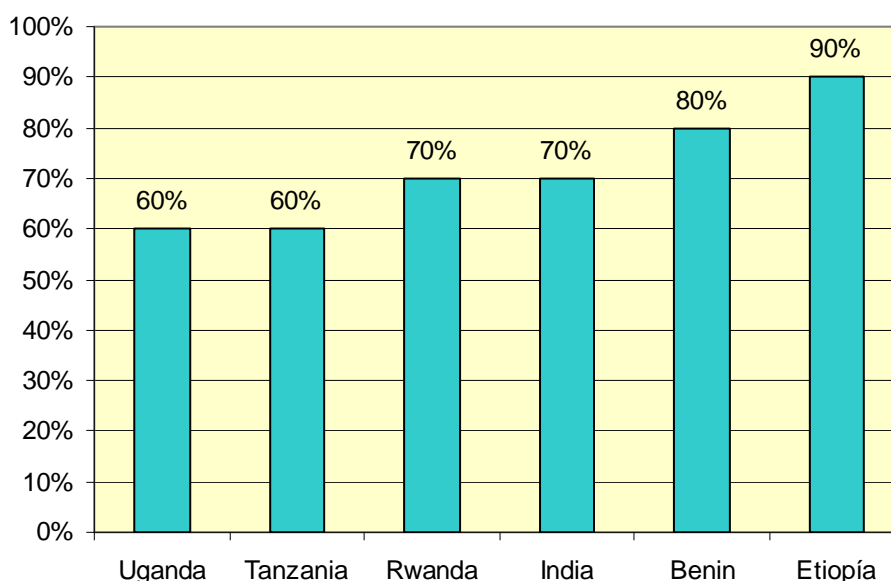


Figura 4. Sanidad primaria en algunos países en vías de desarrollo
Fuente: Informes gubernamentales para la OMS.

En hecho, al reconocer la contribución que las comadronas tradicionales pueden hacer a la sanidad primaria, diversos países africanos han dado comienzo a programas de formación para mejorar las habilidades y el conocimiento sanitario primario de las comadronas (Figura 5). Algunos de esos países también proporcionan formación en MT a farmacéuticos, médicos y enfermeras.

En muchos países asiáticos la MT se sigue utilizando ampliamente, incluso cuando la medicina alopática está disponible. En Japón, el 60–70% de los médicos alopáticos prescriben medicinas kampo a sus pacientes. En Malasia, se utilizan ampliamente las formas tradicionales de la medicina malaya, china e india. En China, la MT contabiliza alrededor del 40% de toda la sanidad, y se utiliza para tratar a unos 200 millones de pacientes anualmente [OMS, 1999]. En Latinoamérica, la Oficina Regional de la OMS para América (AMRO/PAHO) informa que el 71% de la población en Chile y el 40% de la población de Colombia utiliza la MT [OPS/OMS, 1999].



Figura 5. Programas de formación para comadronas tradicionales en África.
Fuente: [OMS, 2000]

En muchos países desarrollados, determinadas terapias MCA son muy populares. Varios informes gubernamentales y no gubernamentales (Figura 6) indican que el porcentaje de la población que ha utilizado la MCA es de un 48% en Australia,

un 49% en Francia y un 70% en Canadá [OMS Report, 1998][Fisher y Ward, 1994][Health Canada, 2001] Una encuesta realizada entre 610 médicos suizos demostró que el 46% había utilizado alguna forma de MCA, principalmente la homeopatía y la acupuntura.

Esto es comparable a la cifra de MCA para el total de la población suiza [Domenighetti, 2000]. En el Reino Unido, casi un 40% de todos los médicos alopáticos ofrecen alguna forma de derivación o acceso a la MCA [Zollman and Vickers, 2000]. En EE UU, una encuesta nacional sobre la que informó la revista *Journal of the American Medical Association* indicó que el uso de al menos 1 de 16 terapias alternativas durante el año anterior aumentó del 34% en 1990 al 42% en 1997 [Eisenberg et al. 1998].

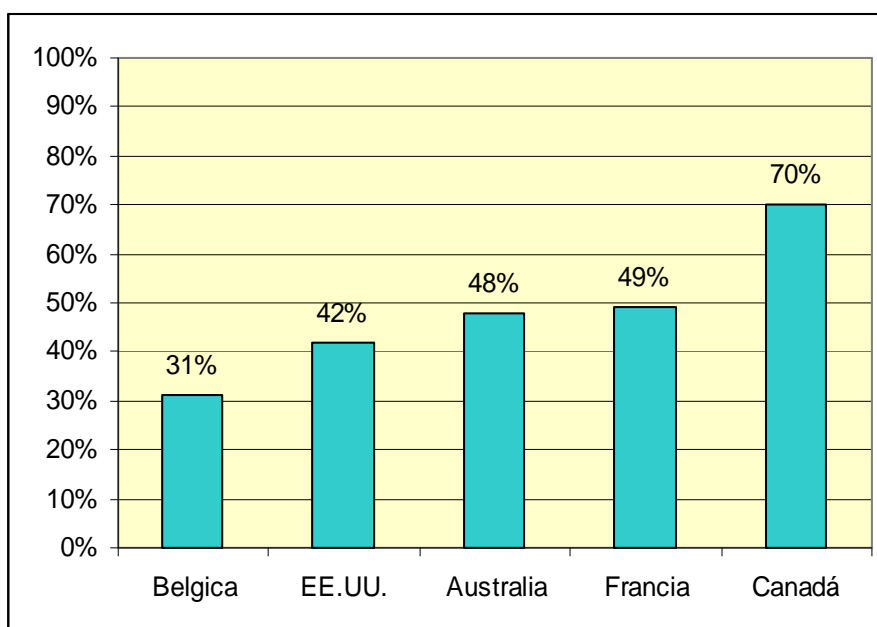


Figura 6. Población que ha utilizado la MCA al menos una vez en países desarrollados

Fuente: [Fisher y Ward, 1999][Health Canada, 2001][OMS, 1998].

La acupuntura es una práctica especialmente popular. Originaria de China, en la actualidad se utiliza en al menos 78 países y no sólo la practican acupunturistas sino también médicos alopáticos (Figura 7). De acuerdo con la Federación Mundial de Acupuntura-Sociedades de Moxibustión, en Asia hay al menos 50.000

Figura 7. Países donde los médicos alopáticos practican la acupuntura
Fuente: [Moxibustión, 2000][Sermeus, 1991][Marthiessen et al., 1992]

2.1.3.4. Gasto en medicina tradicional

Los informes sobre el gasto nacional total en MT/MCA son escasos. La información sobre el gasto nacional realizado para el auto tratamiento con MT/MCA es incluso más escasa. Sin embargo, se dispone de algunas cifras, y con un uso

mundial cada vez mayor de la MT/MCA, el gasto público y privado está claramente aumentando. En Malasia, se estima un gasto anual en MT/MCA de unos 500 millones de dólares estadounidenses, comparado con unos 300 millones de dólares estadounidenses en medicina alopática [OMS Report, 1998]. En EE UU, el gasto total realizado en 1997 en MCA se estima en unos 2700 millones de dólares estadounidenses, comparable con el gasto proyectado realizado en 1997 para todos los servicios médicos. En el Reino Unido, el gasto anual en MCA se estima en 2300 millones de dólares estadounidenses respectivamente [Camara Lores, 2000].

En Canadá, se estima que en 1997 el gasto en MCA fue de 2400 millones de dólares estadounidenses [Health Canada, 2001]. El mercado mundial de medicinas elaboradas con hierbas basadas en el conocimiento tradicional se estima es en la actualidad de 60 mil millones de dólares USA [Conferencia ONU, 2000] En EE. UU., las ventas de hierbas aumentaron un 101% en los mercados ambulantes entre mayo de 1996 y mayo de 1998. Entre los productos con base de hierbas más populares incluyen el ginseng, *Ginkgo biloba*, el ajo, *Echinacea* spp. y Hierba de San Juan (Tabla 4) [Scanner Data, 1998].

Tabla 4. Aumento de ventas de los productos más populares elaborados con hierbas en los EE. UU.

Fuente: datos de Scanner Data, FDM, Inc., EE UU.

Hierba	Ventas en millones \$us. 1997	Ventas en millones \$us. 1998	% aumento de ventas
Total suplementos de hierbas	292	587	101
Echinacea	33	64	96
Ajo	66	81	24
Ginkgo biloba	52	126	143
Ginseng	76	96	26
Hierba de San Juan	1	103	102
Otras hierbas	64	118	85

2.1.4. Antecedentes sobre la salud en Bolivia

Bolivia tiene una superficie de 1.098.581 km², 25% de los cuales están constituidos por altiplano y cordillera, 15% por valles interandinos y 60% por llanos.

El 45% de la población vive en el altiplano, el 30% en los valles y el 25% en los llanos. Bolivia, ubicada en el centro de Sudamérica, posee un territorio similar al de Francia y España combinadas. Comparte su frontera con Brasil, Chile, Argentina, Perú y Paraguay. Gracias a su situación estratégica y sus condiciones geográficas, el país se ha convertido en un punto de conexión dentro de Sudamérica. Bolivia es un centro de provisión de insumos y mano de obra de calidad para la industria y servicios de la región. Es también un núcleo de distribución de energía, telecomunicaciones y un polo de integración regional.

La estratégica ubicación geográfica de Bolivia (Figura 8), al centro del Continente Sudamericano, permite reunir en un solo territorio varios pisos ecológicos que ofrecen una variedad de climas y microclimas adecuados para diferentes tipos de producción agropecuaria, así como para la transformación eficiente de los mismos. Esa diversidad ecológica le permite a Bolivia interrelacionar productos de acuerdo a las estaciones de año, permitiendo el abastecimiento regular de productos durante todo el año para el mercado local y la exportación.

Los productos más importantes son: aceites comestibles de soya y girasol, las tortas y harinas de soya y girasol, el palmito, la soya en grano, la castaña, el café, la quinua, el sésamo, el fríjol, el algodón, las frutas exóticas, las flores y el follaje, el azúcar, la carne de aves, bovino y de llama entre otros.



Figura 8. Bolivia, situación geográfica
Fuente: tomado de [RAEC, 2004]

Las formas de organización de la sociedad son distintas en las tres regiones mencionadas, y el perfil de morbilidad y mortalidad y el acceso a bienes y servicios presenta diferencias entre cada una de ellas. Según el Censo Nacional de Población y Vivienda realizado en 1992 el país tenía 6.344.396 habitantes. Los datos del último Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2001 indican que en las diferentes ciudades del país viven 8.280.184 personas.

La tasa de crecimiento anual promedio de la población fue de 2,11% en el período inter censal de 1976 a 1992. La población urbana representa el 58% del total. La población indígena se estima en más de 3,6 millones, y comprende 36 grupos étnicos conocidos, con una fuerte proporción quechua y aymará. La mayoría de estos pueblos permanecen segregados en términos políticos, económicos, sociales y culturales, lo que los hace grupos de mayor vulnerabilidad y en mayor riesgo de enfermar y morir.

Según las estimaciones del censo de 1992, la tasa bruta de mortalidad fue de 18,6 por 1.000 habitantes; 16,7 por 1.000 en el área urbana y 21,3 por 1.000 en el área rural. Según el censo de 1976, la tasa de mortalidad infantil se estimaba en 151 por 1.000 nacidos vivos. Con base en el procesamiento de los datos del censo de 1992, a comienzos de la década de 1990 este valor se ha reducido a 75 por 1.000. Se observa un amplio rango de variación en el territorio nacional.

El sarampión es la única enfermedad inmuno prevenible que sigue siendo importante en la infancia. Las principales causas de defunción en los niños siguen siendo las diarreas y las neumonías, según la Encuesta Nacional de Demografía y Salud de 1989. Las enfermedades inmuno prevenibles han desaparecido del grupo de causas principales de defunción.

La malaria ha ido en ascenso en las últimas décadas. Un 40% de la población se encuentra en áreas de transmisión. Se observa un franco deterioro en la situación epidemiológica de la enfermedad: extensas zonas en las que ya no había transmisión han vuelto a presentar brotes importantes. La proporción de casos de malaria por *Plasmodium falciparum* se elevó de 1990 a 1992, y se ha notificado la resistencia de *Plasmodium falciparum* a los medicamentos disponibles.

La enfermedad de Chagas tiene gran importancia en Bolivia. La transmisión del vector ocurre en 63% del territorio nacional y se estima que aproximadamente 1,2 millones de personas están infectadas por *Trypanosoma cruzi*.

La presencia del cólera fue reconocida a fines de agosto de 1991 en La Paz, y al final de ese año se habían registrado 206 casos con 12 defunciones. En 1992 se registraron 23.645 casos en el país, con una incidencia de 375 por 100.000, y 400 defunciones, con una letalidad de 1,7%, con importantes variaciones entre unidades regionales. Fueron particularmente afectadas las minorías étnicas (guaraníes y maticos).

Las tasas de desnutrición en menores de 5 años se sitúan entre el 29,2 y el 47,3% según los departamentos, y no han tenido cambios significativos en los últimos años. Los trastornos por deficiencia de yodo fueron medidos en una encuesta sobre prevalencia del bocio en 1983, que encontró que el 65,3% de la población estaba afectada. En 1989 una segunda encuesta aplicando el mismo indicador reveló la disminución del daño al 20%.

Solo cuatro de las ciudades principales cuentan con instalaciones de tratamiento de aguas residuales, por lo que varias cuencas de ríos importantes siguen teniendo un grado elevado de contaminación.

Por la intensa actividad de la industria minera en la zona occidental del país, hay una gran emisión de contaminantes químicos al ambiente, con riesgo de intoxicaciones o afecciones a largo plazo.

La población recurre a tres tipos de servicios de salud: el formal (basado en el enfoque científico de la medicina), el tradicional (enraizado en la visión cultural de la salud) y el informal (que resulta más bien como una estrategia de sobre vivencia). Se estima que de 25 a 30% de los pacientes recurren al autotratamiento, ya sea con remedios caseros o mediante la compra de medicamentos.

Aproximadamente de 10 a 15% utiliza la medicina tradicional, cuya expresión varía según el medio cultural. En los servicios formales hay tres grandes sistemas: el del Ministerio de Salud, la seguridad social y la medicina privada. Según últimas

cifras disponibles (1991), la seguridad social da cobertura al 24% de la población del país.

El Ministerio de Salud atiende con sus servicios, en general, a la población rural y urbana marginal. El Ministerio dispone de una red relativamente extensa de establecimientos más desarrollada en las áreas rurales que en las urbanas. El sector privado ha tenido un crecimiento importante en las ciudades, donde se ha adaptado en forma notable a las condiciones socioeconómicas de los barrios en que se instala. La cobertura de atención prenatal por personal preparado es del 61%, y la atención del parto por personal especializado del 21%.

Los recursos humanos que se encontraban trabajando en los servicios públicos de salud en 1991 ascendían a 20.446 personas: 11.893 eran profesionales, técnicos y auxiliares de salud, y 8.553 personal administrativo y de servicio. El Ministerio de Salud cuenta con 1.948 médicos y 4.106 enfermeros, y la seguridad social con 1.580 médicos y 2.476 enfermeros [RAEC, 2004].

2.1.4.1. Medicina tradicional en Bolivia

El término “medicina tradicional⁸”, más bien impreciso, se aplica a las prácticas de atención de salud antiguas y vinculadas a las distintas culturas que existían antes de que se aplicara la ciencia a las cuestiones de salud [Bannerman, 1982].

El momento del encuentro entre las medicinas de Europa y América se describe de esta manera: “...Había muchos herbolarios...” -comentaba Bernal Díaz del Castillo describiendo lo que vio en la Plaza de Tlaltelolco, correspondiendo exactamente a lo que Cortés relatará en octubre de 1520 al Emperador Carlos V- : “*Hay calles de herbolarios, donde hay todas las raíces y yerbas medicinales que en la tierra se hallan...*”, y agregaba: “*Hay casas como de boticarios donde se venden las medicinas hechas, así potables como ungüentos y emplastos*” [Viesca, 1996]

⁸ El contenido de este apartado es una adaptación de los estudios realizados por [Zalles, 2000].

Sin duda México y Perú eran los dos lugares geográficos más ricos en elementos medicinales. Aunque hay que decir que cada cultura tiene su propia medicina y las culturas del Nuevo Continente eran y siguen siendo muy numerosas.

Varios insignes médicos y religiosos franciscanos, agustinos y jesuitas, documentan su investigación en, por lo menos, 10 publicaciones, alguna de ellas de varios tomos, durante el primer siglo de la Conquista de América [De la Cruz y varios, 1970]. Es el grato momento del asombro, la investigación y las publicaciones, al estrenarse la Imprenta. Las culturas eran diferentes; diversas las filosofías y cosmovisiones, la interpretación de vida, enfermedad y muerte y por tanto la etiología; distintas las lenguas, las religiones y los tipos de vida.

Zalles (2000) se limita a describir la medicina tradicional que atañe a la región andina peruano boliviana, y una compilación de lo que menciona se detalle en los párrafos que siguen.

Los Incas tenían su propia tradición médica y al Incario se encontraba ligada la cultura Colla (Qulla, Qolla) de Bolivia que era denominada primero como el Qollasuyo o “País de médicos y medicinas” y luego como el Collao. En el libro del Dr. Gerardo Fernández (1999) se afirma que la cultura del Qollasuyo era una cultura estrictamente medicinal (Figura 7). En ella los principales actores pertenecían a tres subgrupos: los Kallawaya, muy estudiados, a quienes pinta el Cronista Felipe Wamán Poma de Ayala llevando las Andas del Inca Tupac Yupanki, y de quienes afirma el Investigador mexicano, Dr. Xavier Lozoya, que probablemente eran el grupo médico más organizado de América [Poma de Ayala, 1617]. Los Qulla, o habitantes del Qollasuyo y los Kullawa o farmacéuticos itinerantes, siempre marginados, obligados a vivir en los pedregales de la Cordillera, donde la agricultura era imposible; nunca estudiados, quienes ni siquiera figuran en los actuales catálogos de las etnias bolivianas.

Por otra parte se puede mencionar que se han estudiado las Ferias de Huari en Oruro y las de Viacha o del Domingo de Ramos en El Alto de La Paz, donde los Kullawas o los descendientes de estos son quienes negocian con las estrellas de mar, conchas y algas marinas, con la Quina, el Matico o el Waji de las selvas o la Wira

wira, Chachaquma y Choqekaylla de los montañas más altas. Caminantes incansables y comerciantes, primero llameros, ahora quizá camioneros; ellos mantuvieron la vigencia de su propia medicina en estos mas de 500 años, poniendo al alcance de la mano de cualquiera los remedios de origen más remoto. Por lo general son del género femenino, las Kullawa se encuentran en todos los rincones de Bolivia. Ya no usan el “aqsu” bordado y oscuro que lucían hace 20 años en la Calle Santa Cruz de La Paz, quince días antes de las Ferias de Ramos o de Viacha. Ellas hablan indistintamente el castellano, aymara o quechua. Pero si hoy se les pregunta si son Kullawa, lo niegan. Como, a decir de Louis Girault, los Kallawaya, hartos de ser llamados “brujos”, preferían hacia la década de los años 70 del siglo XX, el oficio de orfebres [Girault, 1987].



Figura 7. Kallawayas del norte de La Paz-Bolivia.
Fuente: tomado de [Fernández, 1999]

Santiago Erick Antúnez de Mayolo en su obra: “La Nutrición en el Antiguo Perú” y Julia Elena Fortún en su publicación “Reeducación Alimentaria en Área Rural” muestran cómo en el Incario existía una Seguridad Alimentaria que en la época actual es bastante difícil de conservar y menos de sostener. La importancia de estas obras puede ser percibida a través de la siguiente frase: “... *la alimentación y el uso equilibrado de nutrientes fue uno de los mayores logros en la coherente cadena*

de seguridad alimentaria que resalta estructurada, a partir de la cultura de Tiwanaku”. Si la alimentación correcta es la mejor medicina preventiva, los Qulla merecieron muy bien el elogio que hacía de ellos Wamán Poma de Ayala cuando dice de ellos en 1617: *“Los del Qullasuyo son grandotes, todos, hombres y mujeres son grandotes y gordos...”* [Poma de Ayala, 1617]

La tradición era oral, pero era fiel. Es frecuente encontrar lo que afirma Raquel Magdaleno Mora: *“...Cuando yo empecé a anotar las recetas de uso tradicional que me indicaba Vicenta en Amatlán, resultó que éstas coincidían con las del agustino Agustín Farfán en el siglo XVII”* [Magdalena, 1981].

Se afirma que se rechazó en 1637 el proyecto de una Facultad de Medicina para Lima-Perú porque existían hierbas e indios que las manejaban con más eficiencia que los médicos [Costa Arduz, 1998].

Louis Girault en una Conferencia en La Paz dijo que los Kallawayas famosos fueron más de 500 en el siglo XIX, cuando no pasaban de 50 en el siglo XX. El mismo autor dijo que la Botánica Kallawayana no tenía nada que envidiar a la de Linneo y, congruente con esa afirmación, él usa los géneros y especies Kallawayana en las familias botánicas de Von Linneo. Y él mismo puso en la carátula de su libro la foto de los 5 Kallawayas que curaron de la malaria a los segundos constructores del Canal de Panamá en 1914. Cuando en 1905 habían muerto los primeros 25.000 [Girault, 1987].

A los sabios del Qullasuyo los llamaron y los quemaron como brujos y ellos se defendieron acuñando una afrenta similar para sus enemigos, les apodaron: *“kharisiris, lik’ichiris o khari kharis”* que es exactamente lo mismo: el que te puede matar desde lejos, sin dejar marcas. Era como acusarse mutuamente de “comunistas” en el Chile de Pinochet. No había cabida para los dos en el mismo ámbito geográfico. Zalles (2000) atribuye a esta guerra de siglos una de las causas, quizás la principal, de que el País de médicos y medicinas sea ahora uno de los dos últimos países de América en los indicadores de salud.

En los últimos 30 años y en gran parte por el apoyo brindado por la OMS en Alma Ata (1978) con la consigna de “Recuperar al curandero y a la partera como

amigos del médico”, se han implementado investigaciones de las medicinas tradicionales y de las plantas curativas en más de 20 universidades del África y en muchos países latinoamericanos, como Guatemala, Perú, Brasil, Paraguay, Costa Rica y México. Hay varias redes informáticas como Napralert, Tramil, Pehuén dedicadas a estos temas.

Bolivia tiene el mérito de haber sido el primer país en que se aceptó oficialmente la vigencia de las medicinas indígenas en enero de 1984 y se reglamentó su ejercicio el 13 de marzo de 1987. Lamentablemente la lucha política permanente y la politización de dicha medicina han hecho que los logros sean efímeros y que no se tengan ni políticas ni estrategias serias sobre su articulación y complementación con la medicina oficial. Esta medicina a pesar de su riqueza cultural y su importancia antropológica, paradójicamente, todavía no se la estudia en las universidades [Fernández, 1999].

Zalles (2000) termina con las afirmaciones de la Mesa Redonda sobre el tema en la OMS: *“La medicina tradicional sigue siendo la única fuente de atención para... una vasta proporción de la población del mundo”...*”Puesto que la medicina tradicional se sigue ejerciendo con efectos positivos, ¿no debería ser oficialmente reconocida, estimulada perfeccionada e integrada (articulada) en los sistemas nacionales contemporáneos de atención de salud” [Bannerman, 1982]

2.1.5. Antecedentes sobre inteligencia artificial

En 1943, Warren McCulloch y Walter Pitts sugirieron la semejanza entre el funcionamiento del cerebro y las máquinas de Turing y propusieron las neuronas formales como modelo simplificado orientado a simular el comportamiento de las neuronas reales.

Otro de los pioneros de la IA fue Claude Shannon; además de realizar aportaciones de gran importancia sobre teoría de la información, estudió en 1950 la posibilidad de utilizar ordenadores para jugar al ajedrez [Shannon, 1950]. También los trabajos de Norbert Wiener, creador de la cibernética [Rosenblueth et al., 1943], y

los de Von Neumann, autor de la teoría de autómatas [Von Neumann, 1951], ejercieron gran influencia en el surgimiento de la inteligencia artificial.

En 1950, Alain Turing discutió con profundidad la posibilidad de construir una máquina inteligente. Para formalizar la cuestión, propuso el famoso test de Turing [Turing, 1950]: una máquina puede considerarse inteligente si es capaz de mantener una conversación a través de un teletipo, como si fuera un ser humano. La literatura posterior suele presentar el test de Turing poniendo el énfasis en la capacidad de engañar a una persona, a pesar de que la formulación original la cuestión de simular inteligencia como un juego de imitación, no como un juego de engaño [Michie, 1993].

A pesar de estos antecedentes, suele considerarse 1956 como el año en que nació la inteligencia artificial, pues el término fue acuñado por John McCarthy al convocar la Conferencia de Darmouth, basada en “la conjetura de que todo aspecto del aprendizaje o cualquier otra característica de la inteligencia puede en principio describirse con tanta precisión que pueda ser simulado mediante una máquina” [Charniak and McDermott, 1985].

En esta conferencia, Allen Newell y Herber Simon presentaron el programa Logic Theorist [Newell et al., 1963], capaz de demostrar teoremas matemáticos. Más tarde desarrollaron el General Problem Solver (GPS) [Newell and Simon, 1963], entre sus numerosas aportaciones a la inteligencia artificial. Otros de los participantes en la conferencia fueron Marvin Minsky, que ha realizado contribuciones destacadas sobre la representación del conocimiento -a él se le debe el concepto de armazón-, Arthur Samuel, que construyó un jugador de damas capaz de aprender hasta llegar a derrotar a su creador, y Alex Bernstein, que construyó un jugador de ajedrez, el primer programa de IA capaz de realizar búsqueda heurística, entendiendo como heurística el conjunto de reglas que procede más bien de la experiencia que de planteamientos teóricos, y sirve para guiar el razonamiento.

Algunos de los campos que aún⁹ se estudian al interior de la IA son los siguientes:

1. **Teoría de juegos.** Se estudiaron desde el sencillo tres-en-rayas hasta el difícil ajedrez. Hoy en día ya no suelen considerarse como problemas de IA, al menos los juegos más simples, pues se resuelven con algoritmos de búsqueda que no requieren el uso de conceptos.
2. **Demostración automática de teoremas.** Fue, junto con el anterior, el primer campo donde se desarrollaron programas “inteligentes”. Sigue siendo aún hoy un área importante que aporta ideas valiosas para otros relacionados con él, especialmente para los sistemas expertos.
3. **Visión artificial.** La visión de bajo nivel (filtrado) no pertenece a la IA, pero la de medio nivel (segmentación) y, sobre todo, la de alto nivel (reconocimiento) están dentro de ella.
4. **Robótica.** Trata de dar cada vez mayor flexibilidad y autonomía a los robots para que puedan adaptarse a nuevas situaciones. Está muy relacionado con la visión artificial y con los problemas de planificación.
5. **Comprensión del lenguaje.** Este es un campo muy complejo, incluso cuando el texto está ya introducido en forma de caracteres en el ordenador. El problema se complica más aún cuando se trata de escritura manual o de una conversación, hasta el punto de que el reconocimiento del habla se considera en sí mismo como una rama de la IA, y el reconocimiento de caracteres escritos constituye uno de los problemas básicos de la visión artificial.
6. **Traducción automática.** Muy relacionado con el anterior, éste es el campo donde se produjo el fracaso más estrepitoso de la IA, debido a que se intentó hacer traducciones casi palabra por palabra, sin caer en la cuenta de la complejidad del problema. Hoy en día vuelve a ser objeto de intensa

⁹ Esta palabra indica que las fronteras de la inteligencia artificial se desplazan con el paso del tiempo.

investigación, aunque abordado con las técnicas de comprensión y generación de lenguaje natural¹⁰.

7. **Programación automática.** Consiste en el diseño de sistemas que generen código eficiente a partir de especificaciones parciales o imprecisas. La capacidad de un sistema para programarse a sí mismo es uno de los rasgos más característicos de la inteligencia.
8. **Interfaces inteligentes.** Su objetivo es que el usuario pueda manejar una base de datos o un sistema operativo, por ejemplo, en lenguaje natural y el sistema “adivine” sus intenciones, corrija sus errores y le dé los consejos oportunos. La disponibilidad de este tipo de interfaces es fundamental para la implantación masiva de los ordenadores en la vida cotidiana.
9. **Sistemas expertos.** Es el campo donde se han conseguido los mayores éxitos prácticos de la IA. En secciones posteriores se trata su definición e historia, abordando diferentes aspectos, tales como inferencia, aprendizaje, explicación, obtención del conocimiento, etc.

Hay otros cuatro campos que, por plantear cuestiones fundamentales, se encuentran relacionadas con todos los mencionados anteriormente:

1. **Lenguajes de programación.** Aunque su importancia teórica es de segundo orden, en la práctica es muy útil contar con las herramientas adecuadas que faciliten el trabajo. Los lenguajes más característicos de la inteligencia artificial son LISP, PROLOG y los orientados a objetos: CLIPS.
2. **Representación del conocimiento.** Hoy en día se reconoce como una de las cuestiones claves de la IA, pues de ella depende el almacenamiento de la información, la expresividad, la eficiencia del razonamiento, el aprendizaje.
3. **Razonamiento aproximado:** La incertidumbre surge en prácticamente todas las aplicaciones reales de la IA. En secciones posteriores se hablará sobre las fuentes de incertidumbre y los métodos para tratarla.

¹⁰ Se habla de lenguaje natural cuando se hace referencia a los idiomas humanos (español, inglés, etc.), en contraposición a los lenguajes de programación computacionales (LISP, PROLOG, etc.)

4. **Aprendizaje.** Este es un campo tan extenso que resulta imposible intentar citar brevemente todos los tipos que existen, dependiendo del área de aplicación, fuentes de información, técnicas, objetivos, etc.

Dentro de la IA se pueden distinguir tres grandes ramas según el método que utilizan:

1. **Simbólica:** Su característica esencial es que representa los conceptos mediante símbolos. El razonamiento consiste en manipular los símbolos de acuerdo con ciertas reglas obtenidas a partir de principios lógicos.
2. **Probabilística:** Se basa en el cálculo de probabilidades, concretamente en la aplicación del teorema de Bayes, para realizar un razonamiento. Aunque la inferencia se desarrolla en el ámbito numérico (cuantitativo), hay luego un paso al nivel cualitativo, pues de otro modo se estaría en el campo de las matemáticas, no en el de la inteligencia artificial.
3. **Conexionista:** Consiste en utilizar una red de neuronas artificiales (pueden ser procesadores reales o simulados mediante ordenador). Suelen utilizarse sobre todo en tareas de clasificación. La red se programa a través de ejemplos y la información se almacena en forma de pesos (números) asociados a los enlaces entre neuronas.

En general, cuando se habla de inteligencia artificial se trata de la rama simbólica, pues las redes neuronales tienen un origen independiente (por cierto, anterior a la IA simbólica) y se han desarrollado tanto en los últimos años que constituyen un campo amplio y bien diferenciado, dotado de gran vitalidad. Los esfuerzos por integrar ambas corrientes aún no han dado los frutos deseados. Por otra parte, la rama probabilística permanece unida al tronco de la IA, pues como ya se ha mencionado, necesita utilizar los métodos simbólicos para pasar del nivel cuantitativo al cualitativo.

Como comentario se debe señalar que las redes bayesianas se sitúan en la corriente probabilística en cuanto a la inferencia y al aprendizaje; sin embargo, la capacidad de explicación utiliza casi siempre procesamiento simbólico.

Si en vez de considerar los métodos se atienden los objetivos, se pueden identificar en la IA tres tendencias:

1. **Psicológica:** Se fundamenta en el estudio de la mente humana con el fin de reproducir sus capacidades mediante sistemas informáticos. La tendencia equivalente a ésta dentro de la computación neuronal sería la biológica, basada en el estudio de los sistemas nerviosos animales.
2. **Teórica:** Estudia los principios teóricos de la inteligencia que deben regir tanto al razonamiento humano como el automático. Se apoya sobre todo en el estudio de la lógica, la epistemología, la teoría de la probabilidad, la lingüística, etc.
3. **Pragmática:** Supone que la forma más eficaz de desarrollar la IA consiste en tratar de resolver problemas concretos y, a partir de la experiencia, generalizar los resultados para poder aplicarlos a áreas diferentes.

La tendencia psico-biológica puede ser muy útil como fuente de inspiración, del mismo modo que la observación del vuelo de aves e insectos puede inspirar el desarrollo de la aeronáutica. Sin embargo, a la hora de construir sistemas artificiales parece más provechoso -por ejemplo- el estudio de la aerodinámica o de los fundamentos de la inteligencia, pues no se trata de reproducir lo que ya existe en la naturaleza sino de construir máquinas que faciliten lo que ésta no proporciona.

Igualmente, se considera muy valiosa la aproximación pragmática a la IA siempre que busque métodos generales y no se limite a resolver problemas particulares con soluciones ad hoc, pues entonces no será siquiera una ingeniería, mucho menos una ciencia. Sin embargo, es muy útil afrontar problemas concretos y reales porque con ello se plantean nuevas cuestiones y se decantan las que son verdaderamente importantes, guiando así la investigación teórica. La realimentación teoría-aplicaciones ha sido especialmente provechosa en el desarrollo de esta tesis, que no es el fruto de elucubraciones sobre teoría de la probabilidad, sino que el

estudio de las redes bayesianas, la generalización de la puerta OR, el modelo de aprendizaje y el método de explicación han ido surgiendo al intentar construir un sistema experto para la medicina tradicional. Además, sería absurdo sentarse a esperar una teoría completa sobre la inteligencia, producida por los sistemas expertos que, a pesar de todas sus limitaciones, resultan muy eficaces a la hora de resolver problemas concretos del mundo real.

2.1.5.1. Inteligencia artificial en la medicina

Una discusión que se ha presentado desde sus inicios hasta el día de hoy es sobre el origen de la inteligencia artificial en la medicina, unos dicen que se origino en las ciencias de la computación pero otros sostienen que es una nueva ciencia experimental. Sostienen que su origen esta en las ciencias de la computación por que los primeros laboratorios de investigación estaban en MIT, Rutgers, Stanford y la Universidad de Pittsburg; los métodos utilizados, la terminología y el ambiente en el que se desarrollo eran puramente informáticos, aunque siempre se contó con la presencia y participación de los médicos y miembros de esa rama de la ciencia.

Desde sus primeros días la Inteligencia Artificial en la Medicina se ha fundamentado en los problemas observados en la Biomedicina, pero sus verdaderos problemas eran a nivel de representación de la información, adquisición y manejo de la misma. “Los investigadores de Inteligencia Artificial en Medicina están tratando de desarrollar herramientas para mejorar la efectividad en la toma de decisiones clínicas, no para reemplazar a los médicos u ofrecer concejos dogmáticos (médicos)” [Shortliffe, 1992].

Los métodos de IA en medicina hasta ahora han sido utilizados en el desarrollo de sistemas de diagnostico y control o monitorización, y en menor medida en la terapia de enfermedades o el modelado de pacientes. Así, aparecen sistemas como MYCIN [Luger and Stubblefield, 1989] para el diagnóstico de enfermedades infecciosas; VM [Fagan et al. 1979] para la monitorización de pacientes en unidades de cuidados intensivos y control de su tratamiento; ONCOCIN [Hickam et al., 1984]

útil como asistente en el tratamiento de pacientes con cáncer sometidos a quimioterapia y SPHINK [Fieschi, 1987] concebido como ayuda a la decisión de diagnóstico, terapéutica o prevención.

En todos estos sistemas mencionados la herramienta de IA utilizada para su desarrollo es un sistema experto. Esto se debe a que los problemas médicos contienen incertidumbre en los datos, y relaciones complejas entre ellos, que, de una forma no formal, están contenidas en la experiencia de los profesionales de este campo. En el caso planteado en esta comunicación, el problema no es descubrir cuáles son las causas que provocan un determinado comportamiento en el paciente, sino predecir cuál será el comportamiento de éste, teniendo conocimiento pleno del caso clínico que presenta, y sabiendo cuáles son las actuaciones que realiza el médico sujeto a entrenamiento. No obstante las características antes mencionadas están presentes también aquí.

Por estos motivos, se ha utilizado un sistema experto que proporciona información del comportamiento que tendrá el paciente virtual. De esta manera se logra un comportamiento complejo, descrito sobre la base de reglas muy cercanas al conocimiento de un experto médico, y que es capaz de trabajar con las incertidumbres e imprecisiones inherentes al problema.

2.1.6. Antecedentes sobre estudios de sistemas expertos

Se describe en esta sección cinco sistemas clásicos (DENDRAL, MYCIN, PIP, CASNET y PROSPECTOR) especialmente relacionados con las redes bayesianas. Existen otros sistemas expertos famosos, tales como INTERNIST/CADACEUS en medicina, que no serán estudiados debido a que no presentan ninguna característica relevante en relación con el tema central de la presente propuesta.

2.1.6.1. Dendral

Es considerado por muchos como el primer sistema experto. Fue desarrollado en la Universidad de Stanford a partir de 1965 [Buchanan and Feigenbaum, 1978]. En el se observa muchas de las características básicas de los sistemas expertos: dominio reducido (su objetivo era determinar la estructura de moléculas químicas mediante espectrometría de masas), separación conocimiento / inferencia (introdujo el uso de reglas para representar el conocimiento), razonamiento simbólico (utiliza conceptos como cetona y aldehído), formación de hipótesis, búsqueda heurística (una búsqueda exhaustiva sería imposible) y alcanzó una eficacia superior a cualquier experto humano.

2.1.6.2. Mycin

Es sin duda el sistema experto más famoso, el que ha contado con más recursos, el que ha dado lugar a más proyectos derivados, el que ha marcado el paradigma de los sistemas expertos en la actualidad. Se desarrolló también en la Universidad de Stanford en la década de los 70 [Buchanan and Shortliffe, 1984], como sistema de consulta para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades infecciosas.

Su base de conocimiento contiene unas 400 reglas y su motor de inferencia utiliza encadenamiento hacia atrás; el tratamiento de la incertidumbre se basa en la combinación de factores de certeza. Una de las novedades más significativas que introdujo MYCIN fue la capacidad de explicación.

Una extensión de MYCIN fue TEIRESIAS [Davis, 1980], que introdujo el uso de metareglas¹¹ con tres fines: construir la base de conocimiento mediante un diálogo con el experto humano, guiar el razonamiento mediante objetivos explícitos y mejorar la capacidad de explicación a partir de dichos objetivos.

¹¹ Es decir reglas sobre como utilizar otras reglas.

La separación conocimiento e inferencia permitió utilizar ambas componentes de forma independiente. Por una parte, la base de conocimiento fue utilizada en GUIDON para construir un sistema tutor que instruyera a los estudiantes sobre enfermedades infecciosas [Clancey, 1979]. Por otra parte, al “vaciar” el sistema de las reglas sobre enfermedades infecciosas, quedo EMYCIN¹² [Van Melle, 1989], que incluye las estrategias de razonamiento y las facilidades de explicación, y fue utilizado para construir nuevos sistemas expertos [Bennet and Englemore, 1984].

Dos de los sistemas más importantes surgidos a partir de MYCIN fueron CENTAUR, en que Aikins combinó el uso de armazones y reglas en lo que llamó prototipos [Aikins, 1984], y ONCOCIN, destinado a la gestión de protocolos de oncología, en que el razonamiento temporal desempeña un papel esencial [Buchanan, 1984].

2.1.6.3. Casnet

Fue desarrollado en la Universidad de Rutgers por Weiss y Kulikowski entre principios y mediado de los años 1970 para el diagnóstico del glaucoma. A pesar de ser uno de los primeros sistemas expertos, incluye características ausentes en la mayor parte de los sistemas posteriores [Kulikowski and Weiss, 1982].

El conocimiento se representa mediante una red causal, Causal ASociational NETwork. Los nodos se agrupan en tres niveles: observaciones, estados patofisiológicos y enfermedades, mas un cuarto grupo correspondiente a planes terapéuticos. Los arcos representan relaciones causales, temporales y jerárquicas (de clasificación). Cada relación causal tiene asociado un factor de confianza que indica – informalmente- la probabilidad de que se produzca el efecto. El diagnóstico consiste en hallar caminos que unan estados fisiológicos entre sí y con las observaciones disponibles, tratando de explicar los hallazgos y la evolución de la enfermedad.

La evaluación del sistema produjo resultados muy satisfactorios (ver las referencias anteriores) y, del mismo modo que MYCIN dio lugar a EMYCIN,

¹² El nombre significa Essential MYCIN

CASNET dio lugar a EXPERT, una herramienta con la que se construyeron sistemas expertos para reumatología y endocrinología.

La representación del conocimiento de CASNET tiene mucha semejanza con la de las redes bayesianas en cuanto se trata de una red causal, aunque existen en realidad grandes diferencias, que se manifiestan sobre todo en el método de razonamiento empleado en las redes bayesianas, la propagación es puramente numérica, mientras que CASNET utiliza técnicas predominantemente heurísticas.

2.1.6.4. Prospector

La experiencia de MYCIN inspiró la construcción de PROSPECTOR [Duda, Gaschnig and Hart, 1979] en el Stanford Research Institute (SRI). Se trata de un sistema destinado a la exploración geológica, en el cual el conocimiento viene representado por una red de reglas y la inferencia se realiza mediante técnicas bayesianas. Sin embargo, se diferencia de las redes bayesianas principalmente en tres puntos:

1. PROSPECTOR utiliza una red de inferencia que relaciona hallazgos con hipótesis, aunque sin asignar un significado causal a los enlaces.
2. El modelo matemático de PROSPECTOR es informal (mas bien se debería decir que es inconsistente). En realidad, no se trata un sistema verdaderamente bayesiano.
3. La inferencia de PROSPECTOR examina solo ciertas reglas, de acuerdo con la evidencia recibida, mientras que los algoritmos de redes bayesianas deben propagar la evidencia sobre toda la red.

A pesar de las deficiencias que presenta desde el punto de vista matemático PROSPECTOR constituyó el primer éxito comercial de la IA, pues este sistema experto ayudo a detectar un depósito de molibdeno valorado en 100 millones de dólares. (El otro gran éxito comercial fue el sistema experto R1, también llamado

XCON, que se utilizó en Digital Equipment Corporation para configurar las estaciones de trabajo VAX [McDermott, 1982].)

2.1.6.5. Pip

El sistema experto PIP (Present Illness Program) se desarrolló durante los años 70 en el MIT [Swartout, 1983]. Se dice que este sistema constituye el primer sistema experto basado en armazones. Se ejemplifica este sistema experto a través de la figura 11, en la que se puede observar los diferentes campos que caracterizan una determinada entidad clínica, el síndrome nefrótico. Se observa que hay diferentes tipos de hallazgos relativos a una hipótesis; algunos de ellos bastan por sí mismos para confirmarla (“es-suficiente”) o para descartarla (“no-puede-haber”), mientras que otros solo aportan una cierta evidencia que debe ser ponderada en el contexto de los demás hallazgos. Esta distinción refleja los dos tipos de razonamiento médico que Szolovits y Pauker identifican en la práctica médica: categórico y probabilístico [Szolovits and Pauker, 1978].

En cuanto al control del razonamiento, hay tres estados en que puede encontrarse un armazón. Inicialmente, todos ellos están inactivos. Cuando se introduce en el sistema un determinado hallazgo, los armazones correspondientes a las enfermedades que podrán explicarlo son activadas y los armazones relacionados con ellos (por ejemplo, mediante los campos “puede-complicarse-por” o “diagnóstico-diferencial”), pasan a estar semiactivos. Con ello, se pretende simular el comportamiento del médico que investiga una de las razones a favor o en contra de una determinada enfermedad (un armazón activo), aunque teniendo en cuenta otras enfermedades relacionadas con ella (armazones semiactivos), hasta llegar finalmente a una conclusión que englobe toda la información disponible.

Nombre:	Síndrome nefrótico
Es-un-tipo-de:	Estado clínico
Hallazgo:	Concentración de albúmina baja
Hallazgo:	Proteinuria intensa
Hallazgo:	Proteinuria > 25 gramos / 24 horas
Hallazgo:	Edema simétrico masivo
Hallazgo:	Edema simétrico y facial o peri-orbitario
Hallazgo:	Concentración de colesterol elevada
Hallazgo:	Lípidos en la orina presentes
No-debe-haber:	Proteinuria ausente
Es-suficiente:	Edema masivo y proteinuria > 25 gramos / 24 horas
Criterios mayores:	
Concentración de sero-albúmina	
Baja:	1.0
Alta:	-1.0
Proteinuria	
> 25 gramos / 24 horas:	1.0
Intensa:	0.5
Ausente o leve:	-1.0
Edema	
[...]	
Criterios menores:	
Concentración de colesterol	
Elevada:	1.0
No elevada:	-1.0
Lípidos en la orina	
Presentes:	1.0
Ausentes:	-0.5
Puede-estar-producida-por:	
Glomerulonefritis aguda	
Glomerulonefritis crónica	
Drogas nefrotóxicas	
Síndrome nefrótico idiomático	
[...]	
Puede-complicarse-por:	
Hipovolemia	
Celulitis	
Puede-producir:	
Retención de sodio	
Diagnostico-diferencial:	
Si presión venosa yugular elevada,	
considerar: pericarditis constrictiva.	
Si ascitis presente,	
considerar: cirrosis.	
[...]	

Figura 10. Ejemplo de almacén utilizado en el sistema experto PIP
Fuente: modificado de [Szolovits and Pauker, 1978]

2.1.7. Sistemas expertos

Los primeros años de la IA estuvieron dedicados a estudiar métodos de razonamiento generales, basados sobre todo en la lógica y en técnicas de búsqueda. Después de dos décadas de investigación, se llegó a la conclusión de que la potencia de un sistema depende más del conocimiento específico que posee sobre un campo concreto que de las estrategias de razonamiento que utiliza [Feigenbaum,1977]. Surgió así en la década de los 60 el área de los sistemas expertos, que se desarrolló con fuerza en la década siguiente. Las características fundamentales de un sistema experto son:

1. **Dominio reducido:** Los sistemas expertos (SE) se diferencian de otros anteriores en que, en vez de tratar de resolver problemas generales, se especializan en un campo limitado, como puede ser la interpretación de espectrogramas químicos, la prospección geológica, las enfermedades infecciosas, etc.
2. **Competencia en su campo:** De ahí viene su nombre: al igual que un experto humano es una persona que sabe mucho sobre su especialidad, de modo que puede dar respuestas rápidas y fiables, un sistema experto debe resolver los mismos problemas con una eficiencia comparable a la de un especialista humano. La complejidad de los problemas abordados diferencian los SE de muchos programas anteriores de IA, que no trataban cuestiones del mundo real, sino modelos muy simplificados (en inglés, toy problems, problemas “de juguete”). Sin embargo, los sistemas expertos se están aplicando en varios tipos de problemas del mundo real; las tareas que realizan pueden clasificarse como interpretación, predicción, diagnóstico, diseño, planificación, monitorización, depuración, reparación, instrucción y control [Stefik et al., 1983]. El libro de Waterman (1986) contiene un estudio de los SE más importantes que se habían desarrollado hasta 1986 en agricultura, computación, control de procesos, derecho, electrónica, fabricación, física, geología, ingeniería, matemáticas, medicina, meteorología, química,

tecnología espacial, tratamiento de la información y, lamentablemente, aplicaciones militares.

3. **Separación conocimiento / inferencia:** Esta es una característica presente en todos los programas de IA, y distingue los SE de programas anteriores (por ejemplo, las ayudas al diagnóstico médico basadas en árboles de decisión), en que el conocimiento sobre el campo estaba implícito en el código del programa. Esta separación tiene como primera ventaja la facilidad de ampliar o depurar el conocimiento que posee el sistema, sin tener que modificar el algoritmo de inferencia.
4. **Capacidad de explicación:** Es otra ventaja de la propiedad anterior. Al tener representado explícitamente el conocimiento, el sistema puede “reflexionar” sobre la información que posee y la forma en que la ha utilizado. En capítulos posteriores se insistirá en su importancia para que el usuario final acepte el consejo que ofrece la máquina.
5. **Flexibilidad en el diálogo:** Consiste en la capacidad de generar preguntas de acuerdo con el razonamiento, tal como puede hacer -por ejemplo- un médico en su consulta, a diferencia de los programas que presentan un cuestionario rígido con gran cantidad de preguntas irrelevantes¹³.
6. **Tratamiento de la incertidumbre:** Esta característica es una consecuencia de la complejidad de los problemas que abordan los SE, pues en el mundo real hay muchas fuentes de incertidumbre, asociadas a los datos (inexactitudes e imprecisiones), al dominio en sí (relaciones probabilísticas) o al conocimiento disponible (información incompleta, causas desconocidas, falta de acuerdo entre los expertos, etc.)

La estructura clásica de un sistema experto se encuentra representada en la Figura 11. En ella se observa que el motor de inferencia es el elemento central encargado de coordinar todos los demás. Entre ellos, tiene especial importancia la

¹³ Los sistemas expertos destinados a la interpretación de datos constituyen una excepción, pues en este caso toda la información está disponible desde el primer momento y no es necesario generar preguntas.

base de conocimiento pues, como su nombre indica, contiene el conocimiento relativo al dominio, ya sea un campo de la medicina, de la ingeniería, etc. Generalmente consta de un conjunto de reglas, un conjunto de armazones, una red o una combinación de varios de ellos. En la Figura 11 se puede observar que hay una flecha desde la base de conocimiento hasta el motor de inferencias pero no a la inversa, lo cual indica que éste lee la base de conocimiento pero no la modifica, ya que en los sistemas expertos convencionales no hay aprendizaje.

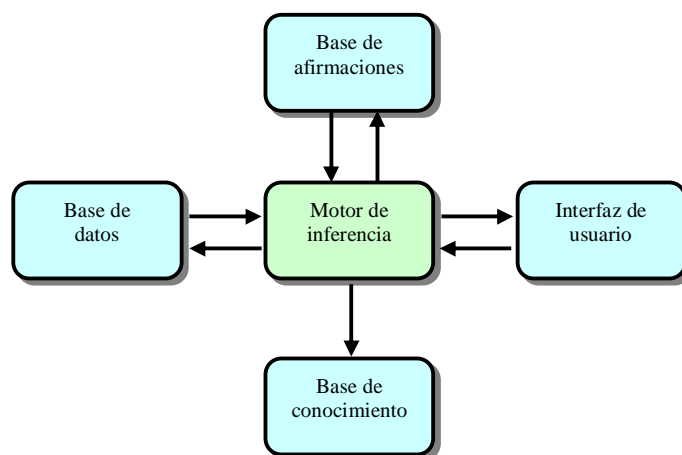


Figura 11. Estructura convencional de un sistema experto
Fuente: modificado de [Waterman, 1986]

A diferencia de la base de conocimiento, que es estática, existe una base de afirmaciones dinámicas, donde el motor de inferencia almacena las conclusiones que va obteniendo, y a su vez busca en ella las premisas que le permitan obtener otras nuevas.

El contenido de la base de afirmaciones es diferente para cada consulta que se realiza. El tercer elemento clave de un sistema experto es el interfaz de usuario. Aparentemente, su importancia es secundaria. Sin embargo, la aceptación de un sistema experto por parte de sus destinatarios depende en gran medida de que el interfaz sea potente, fácil de manejar y agradable.

Por último, hay un componente de poca importancia conceptual, pero que resulta imprescindible en la práctica: una base de datos gestionada por el programa,

pues en casi todas las aplicaciones de la vida real se hace necesario almacenar y recuperar de forma eficiente grandes cantidades de información.

Conviene insistir en la diferencia entre base de datos y base de conocimiento. La primera almacena información puntual; por ejemplo, “el paciente tiene 36 años, pesa 75 Kg., mide 1'73, padeció fiebre reumática, etc.”. La base de conocimiento, en cambio, contiene información sobre como relacionar los datos y los conceptos entre sí: “la fiebre reumática produce estenosis mitral en el 30% de las personas menores de 40 años”.

Ésta es la estructura clásica, aplicable sobre todo a los sistemas basados en reglas. En los sistemas basados en armazones, por el contrario, tanto la información relativa al dominio como las conclusiones que obtiene el sistema se almacenan dentro de los armazones, de modo que no es posible establecer la distinción entre base de conocimiento y base de afirmaciones. Algunos sistemas basados en redes almacenan la nueva información añadiendo nodos y arcos, con lo que tampoco es aplicable para ellos la distinción anterior.

Según Waterman (1986) entre las principales ventajas de los sistemas expertos, se pueden señalar las siguientes:

1. **Permanencia:** Los expertos humanos pueden morir, cambiar de empresa o perder facultades por la edad o la falta de ejercicio, malográndose así el fruto de largos años de formación, problema que no existe en absoluto para un sistema experto.
2. **Duplicación:** El experto humano se encuentra en un único lugar físico y es, obviamente, irreproducible, mientras que cuando se ha construido un sistema experto se puede fabricar un número ilimitado de copias destinadas a todos los lugares donde sean necesarias.
3. **Fiabilidad:** Un sistema experto responderá siempre de la misma manera ante un cierto problema, mientras que un experto humano puede estar condicionado por factores emocionales, prejuicios personales, tensión, fatiga, etc.

4. **Rapidez:** Un experto humano razona con rapidez cuando se trata de las cuestiones que resuelve cotidianamente, pero necesita un tiempo considerable cuando se le presenta un caso poco frecuente y debe consultar información tal como informes anteriores, datos de catálogo o referencias bibliográficas; sin embargo, un sistema experto puede realizar casi instantáneamente no sólo el cálculo numérico y la gestión de bases de datos (historia del paciente, datos de catálogo), sino también la consulta de bases de conocimiento sobre temas especializados.
5. **Bajo costo:** Es cierto que puede resultar caro inicialmente construir un sistema experto, pero una vez construido produce grandes beneficios. Además de la posibilidad de duplicación antes citada, los sistemas expertos funcionan generalmente en computadores de precio reducido y pueden estar activos 24 horas al día, incluso en ambientes perjudiciales y lugares peligrosos.

A pesar de todas las ventajas que se enuncian, presentan también grandes carencias:

1. **Sentido común:** Para una computadora no hay nada obvio. Un sistema experto médico puede admitir fácilmente que hay un paciente varón de 80 g. de peso y 1.75 m. de estatura que está embarazado desde hace tres años, salvo que el diseñador del programa haya indicado explícitamente que éstos son datos absurdos. Por más que se ponga bastante esfuerzo en la depuración de la base de conocimiento, nunca se podrá estar completamente seguro de que el sistema experto no va a dar un resultado contrario al sentido común más elemental.
2. **Flexibilidad:** La flexibilidad de un ser humano es ilimitada; inmediatamente reconoce cuándo se trata de una excepción o cuándo el caso excede sus conocimientos, y puede adaptarse a situaciones inesperadas buscando nuevas soluciones, mientras que, a pesar de los continuos progresos que se están realizando, los sistemas expertos de la actualidad y del futuro próximo seguirán siendo terriblemente rígidos.

3. **Lenguaje natural:** Todavía se está muy lejos de tener un sistema que pueda formular preguntas flexibles y mantener una conversación informal con un usuario o con un paciente. Lo mismo se puede decir en cuanto a la capacidad de generar explicaciones e informes.
4. **Experiencia sensorial:** Casi todos los sistemas expertos de la actualidad se limitan a recibir información mediante un teclado y un ratón. Sólo algunos disponen de tratamiento de imágenes, y aun éste resulta ridículo comparado con la capacidad visual humana, por no hablar de la capacidad auditiva, táctil y olfativa.
5. **Perspectiva global:** Un experto humano es capaz de detectar inmediatamente con gran habilidad cuáles son las cuestiones centrales y cuáles son secundarias, y saber que hay detalles que encierran la clave del problema mientras que una infinidad de ellos es realmente insignificante.

En el caso particular de la ecocardiografía se observan claramente todas estas limitaciones y algunas más. Un médico experto es capaz rechazar a primera vista datos absurdos, de adaptarse a casos extraños, y mientras realiza el eco puede hablar con el paciente, captar el latido del corazón, observar su peso, estatura, color de la piel y mil detalles más, considerar su situación familiar y laboral, comprender su estado anímico, tranquilizarle cuando sea necesario, y tener en cuenta una cantidad ilimitada de información que nunca estará disponible para un sistema experto. Por tanto, la idea de sustituir un médico por una computadora, aparte de todos los problemas jurídicos, éticos y psicológicos que pueda plantear, es irrealizable hoy en día y seguirá siéndolo, al menos durante muchos años.

2.1.7.1. Representación del conocimiento y razonamiento

En los primeros años de la IA, se insistió sobre todo en buscar mecanismos de razonamiento potentes y eficientes aplicables a todo tipo de problemas. Posteriormente, fue descubriéndose de forma progresiva el valor del conocimiento que posee el sistema y, por tanto, la importancia de la forma de representarlo, hasta el

punto de que hay quien considera que ésta es la piedra angular de la inteligencia artificial [Brachman and Levesque, 1985]. El aprendizaje automático es otro de los aspectos en el que la representación del conocimiento desempeña un papel esencial.

Brachman y Levesque (1985) señalan la necesidad de buscar un compromiso entre expresividad y eficiencia al escoger el método de representación. La expresividad puede definirse grosso modo como la capacidad de realizar afirmaciones no explícitas. Así, el “lenguaje” de una base de datos es muy poco expresivo: no se puede afirmar “hay al menos una persona con ingresos superiores a 1500 dólares mensuales” a menos que se indique quién es ésa persona y cuáles son sus ingresos exactos. La lógica de predicados, en el otro extremo, es mucho más expresiva, pero resulta completamente ineficiente incluso en problemas muy reducidos. El debate sobre cuál es el método de representación más adecuado está lejos de llegar a una conclusión. Por ello, gran parte de la investigación actual ha adoptado una tendencia pragmática, que consiste en estudiar qué combinación de los métodos existentes puede resultar más conveniente en cada caso concreto. Es lo que se conoce como representaciones híbridas.

2.7.1.1. Lógica

El empleo de la lógica en IA se remonta a los orígenes de este campo, como se ha mencionado anteriormente. Sin embargo, decidir hasta qué punto la lógica resulta válida y útil para resolver problemas del mundo real sigue siendo tema de intenso debate en el que no se intenta ingresar (dos referencias recientes que representan las dos tendencias opuestas son [Nilsson, 1991] y [Birnbaum, 1991])

En IA se ha utilizado sobre todo la lógica de predicados, desarrollada por Frege en el siglo pasado, pues la lógica proposicional de George Boole, es tan sencilla que resulta poco expresiva. La lógica de predicados, en cambio, admite los cuantificadores universal y existencial.

La principal ventaja de la lógica es su expresividad, frente a otros métodos de representación, en que algunos problemas ni siquiera pueden enunciarse. Su mayor

desventaja desde el punto de vista práctico es la ineficiencia, debida a la falta de estructuración. Otra gran desventaja práctica es que resulta difícil y engorroso, casi imposible, tratar la incertidumbre en la lógica de predicados.

Existen en la actualidad numerosas extensiones de la lógica; las más importantes dentro de la IA son las pertenecientes a las ramas modales, no-monótonas y multivaluadas (para profundizar esta temática ver [Shapiro, 1992]).

Por último, dentro de este apartado suele citarse el lenguaje PROLOG, diseñado por A. Colmerauer y P. Roussel en la Universidad de Marsella (Francia) hacia 1970 a partir de las ideas de R.A. Kowalski sobre programación lógica, la cual pretende ser una implementación de la lógica de predicados, aunque con importantes diferencias:

1. Este lenguaje no incluye toda la expresividad de la lógica de predicados, sino que sólo admite cláusulas de Horn (cláusulas del tipo $P_1 \wedge \dots \wedge P_n \rightarrow C$).
2. La deducción de PROLOG se basa en la hipótesis del mundo cerrado: toda afirmación que no se encuentra entre las afirmaciones explícitas ni se puede deducir de ellas, se considera falsa.
3. Para que el razonamiento sea mínimamente eficiente en problemas reales hace falta incluir instrucciones de control, con lo que se pierde la ventaja más pregonada de la programación lógica: su carácter puramente declarativo.
4. Otra cuestión, también relacionada con el problema del control de la ejecución, es que el orden de la inferencia depende de la ordenación de las cláusulas, por lo que la eficiencia exige tener muy en cuenta este factor a la hora de escribir un programa; éste es otro motivo por el que se pierde el carácter puramente declarativo de la programación lógica.

2.7.1.2. Reglas de producción

Como se acaba de explicar, el principal problema de la lógica es que resulta muy ineficiente incluso en problemas relativamente reducidos. Por eso surgieron los sistemas basados en reglas, que sacrifican la expresividad a cambio de la eficacia.

Aunque las reglas se habían utilizado ya en sistemas anteriores, fue MYCIN el primer sistema experto que las utilizó en la forma en que hoy es habitual. Según Fernández (1986), “...desde el punto de vista de la lógica formal, MYCIN utiliza lógica de proposiciones con algunas extensiones que la aproximan a la lógica de predicados (existencia de predicados predefinidos y ciertas posibilidades cuantificar) y a las lógicas multivaluadas (factores de certidumbre)”.

El procedimiento de inferencia en MYCIN consiste en buscar una regla que permita confirmar la hipótesis buscada. Por ejemplo, para saber si un organismo es bacteroide se escoge la regla siguiente [Van Melle, 1984]:

```
($AND (SAME CNTXT GRAM GRAMNEG)
(SAME CNTXT MORPH ROD)
(SAME CNTXT AIR ANAEROBIC))
(CONCLUDE CNTXT IDENTITY BACTEROIDES TALLY .6)
```

que significa

```
SI el organismo es gram-negativo
Y tiene forma de bastón
Y es anaeróbico
ENTONCES el organismo es bacteroide (con una certeza de 0.6).
```

(Observe que el término CNTXT corresponde a una variable que se asociará al organismo correspondiente en cada caso. Como se ha mencionado anteriormente, ésta es una de las características que sitúa las reglas más cerca de la lógica de predicados que de la lógica proposicional.)

Para ejecutar la regla y concluir que se trata de un organismo bacteroide, hace falta confirmar cada una de sus premisas. El sistema trata primero de ver si es gram-negativo buscando en la base de afirmaciones otra regla de la que se pueda deducirlo (y así sucesivamente, en lo que se conoce como encadenamiento hacia atrás de las reglas) o preguntando al usuario que está introduciendo la información. Si se confirma la primera premisa, el sistema tratará de confirmar la segunda, y si se confirman todas, concluirá que es bacteroide; si no, examinará otras reglas.

El encadenamiento hacia atrás corresponde a una inferencia basada en hipótesis, pues son éstas el objetivo que guía la búsqueda. Existe también la

inferencia basada en datos: un dato confirmado puede disparar una o más reglas, lo cual puede provocar que se disparen otras, y así sucesivamente; este proceso se conoce como encadenamiento hacia delante (es el que utiliza, por ejemplo, el sistema PROSPECTOR).

Las reglas constituyen la representación estándar para los sistemas expertos actuales. A pesar de sus innegables ventajas, a la hora de aplicarlas en la práctica resultan no ser tan declarativas ni tan modulares como proclaman sus defensores.

2.7.1.3. Redes asociativas

A finales de los años 1960, Ross Quillian (1968) introdujo las redes en IA como modelo asociativo de la memoria humana, concretamente en el campo del lenguaje natural (comprensión y traducción); para ello, desarrolló redes que representaran el significado de las palabras (vocabulario inglés). Un método similar fue utilizado por Patrick Winston en su sistema de aprendizaje aplicado a visión artificial [Winston, 1970] (el ejemplo más típico es la representación de un arco); por Jaime Carbonell, en el sistema SCHOLAR [Carbonell, 1970]; por Roger Shank (1972), cuyo objetivo era representar conceptos, en lugar de los términos de un idioma particular; por John Sowa (1984) en sus grafos conceptuales y por muchos otros [Sowa, 1992].

Las redes de Quillian fueron llamadas redes semánticas porque representaban el significado de las palabras de la lengua inglesa. Otros formalismos inspirados en su trabajo suelen ser llamados también redes semánticas, aunque -en nuestra opinión- resulta incorrecto utilizar dicho término cuando se trata, por ejemplo, de redes de clasificación o de redes causales. La denominación adecuada para los sistemas de representación que relacionan conceptos mediante nodos y arcos es redes asociativas.

Las dos características que distinguen los distintos tipos de redes son:

1. Tipo de conocimiento representado: Las redes semánticas, como su propio nombre indica, representan el significado de los conceptos. En consecuencia, sus arcos corresponden a relaciones lingüísticas espaciales, temporales,

causales y de muchos otros tipos, por lo que llevan etiquetas como “produce”, “es-parte-de”, “pertenece-a”, “desemboca-en”, etc¹⁴. Las redes de clasificación, en cambio, sólo admiten dos tipos de arcos: “instancia-de” y “subclase-de”. En las redes causales hay un solo tipo de arco, que va siempre de la causa al efecto. (La red de CASNET mencionada anteriormente, las redes bayesianas y las redes cualitativas son casos particulares de redes causales.)

2. Método de inferencia: Como consecuencia de lo anterior, las redes semánticas tienen un mecanismo de inferencia propio, basado en el significado de cada arco. Por ejemplo, un arco del tipo “pertenece-a” y otro del tipo “desemboca-en” darán lugar a conclusiones muy diferentes. Las redes de clasificación, en cambio, suelen utilizarse principalmente como forma estructurada de almacenar información, pues el único mecanismo de razonamiento que admiten por sí mismas es la herencia de propiedades y valores; en estos modelos, la mayor parte de la inferencia suele realizarse por otro método, como puede ser un conjunto de reglas (sistemas híbridos). Las redes causales, por su parte, utilizan mecanismos de inferencia propios, que nada tienen que ver con los anteriores.

El concepto de red es tan importante y tan útil que aparece con frecuencia de una u otra forma en todos los tipos de representación avanzados.

2.7.1.4. Armazones

El concepto de armazón (frame) fue introducido por Marvin Minsky en 1975 como forma estructurada y flexible de representar el conocimiento, con el fin de reproducir la eficiencia del sentido común en los problemas del mundo real. A pesar del tiempo transcurrido -o quizá debido a ello- el significado y la utilización de los

¹⁴ Existen redes semánticas con un solo tipo de arco, que actúa simplemente como conector sin otro significado.

armazones también es objeto de un intenso debate [Brachman and Levesque, 1985][Ringland and Duce, 1986].

Anteriormente se describió el programa PIP, el primer sistema experto basado en armazones. En la Figura 10 se mostró un ejemplo de cómo se pueden utilizar los armazones para representar el conocimiento médico de cara al diagnóstico.

Existen básicamente dos modos en que los armazones son utilizados:

1. Patrones para la comparación (pattern matching). En este caso, los armazones son fijos, en el sentido de que la información que contienen no se modifica. Se puede definir, por ejemplo, cada enfermedad como una instancia. El método de diagnóstico consiste en activar las instancias cuyas propiedades coincidan con la información disponible y desactivar las que son inconsistentes con los datos hasta seleccionar aquélla que mejor se ajusta a los datos.
2. Almacenes dinámicos de información. Dentro de esta línea hay un rango muy amplio de posibilidades, dependiendo de la capacidad de procesamiento asociada a cada instancia. En un extremo, éstos constituyen una especie de armarios en cuyos cajones (slots) se almacenan los datos, separados del mecanismo de inferencia, que suele venir dado por un conjunto de reglas; la representación correspondiente a los armazones sería entonces equivalente a una lógica de predicados sin cuantificadores (casi una lógica proposicional), pero con una estructura fija para la información, semejante a una base de datos relacional. En el otro extremo, cada armazón (o cada instancia) se convierte en un procesador conceptual que realiza toda la inferencia, al estilo de la programación orientada a objetos.

Existen además sistemas híbridos, como los prototipos de Janice Aikins (1984), en que las reglas se almacenan en las propiedades (slots) de las instancias, de donde pasan al motor de inferencia.

Una de las características más típicas de los armazones, tal como se conciben en la actualidad, es su ordenación jerárquica (una relación de orden parcial), en que un nodo superior indica una clase más amplia. Los que están por debajo no sólo heredan las propiedades de sus superiores, sino que pueden heredar también valores y

métodos (procedimientos) asociados a ellas. La herencia de valores constituye así un mecanismo de razonamiento por defecto, muy típico de los sistemas basados en armazones y de la programación orientada a objetos.

2.7.1.5. Sistemas híbridos

Como se ha dicho al principio de esta sección, no parece que el debate para decidir cuál es el mejor método de representación vaya a llegar a una conclusión. Probablemente incluso resulta errónea plantear así la cuestión, y sería más productivo estudiar problema por problema qué método -o qué combinación de métodos- se adecua mejor a cada caso. Hoy en día hay pocas aplicaciones basadas en un sólo tipo de representación. Así, la mayor parte de los sistemas expertos están contruidos a partir de reglas, aunque utilizan también objetos que, en mayor o menor medida, utilizan muchas de las ideas propuestas para los armazones, y a su vez tanto las reglas como los objetos suelen agruparse en una red o en varias de ellas simultáneamente atendiendo a diferentes criterios, como es el caso del sistema experto desarrollado en esta tesis, que combina una red de clasificación con una red causal.

2.7.2. Tratamiento de la incertidumbre

Al hablar de la inteligencia artificial, se dijo que el tratamiento de la incertidumbre constituye uno de los campos fundamentales, que afecta en mayor o menor medida a todos los demás. En particular, al definir las características esenciales de los sistemas expertos, se vio que una de las más típicas y complejas es el tratamiento de la incertidumbre. Las fuentes más habituales de incertidumbre pueden agruparse en tres tipos: deficiencias de la información, características del mundo real y deficiencias del modelo. Se puede ver que en medicina se dan todas ellas:

1. **Información incompleta.** En muchos casos la historia clínica completa no está disponible, y el paciente es incapaz de recordar todos los síntomas que ha

experimentado y cómo se ha desarrollado la enfermedad. Además, en otras ocasiones, las limitaciones prácticas impiden contar con todos los medios que deberían estar disponibles, por lo que el médico debe realizar su diagnóstico sobre la base de la información que posee, aunque ésta sea muy limitada.

2. **Información errónea.** En cuanto a la información suministrada por el paciente, puede que éste describa incorrectamente sus síntomas e incluso que trate de mentir deliberadamente al médico. También es posible que el diagnóstico anterior, contenido en la historia clínica, haya sido erróneo. Y tampoco es extraño que las pruebas de laboratorio den falsos positivos y falsos negativos. Por estas razones, el médico siempre debe mantener una duda razonable frente toda la información disponible.
3. **Información imprecisa.** Hay muchos datos en medicina que son difícilmente cuantificables. Tal es el caso, por ejemplo, de los síntomas como el dolor o la fatiga. Incluso en un método tan técnico como la eco cardiografía hay muchas observaciones que en la práctica deben ser cuantificadas subjetivamente, como son el prolapso valvular o la aquinesia ventricular.
4. **Mundo real no determinista.** A diferencia de las máquinas mecánicas o eléctricas, cuyo funcionamiento se rige por leyes deterministas, los profesionales de la medicina comprueban a diario que cada ser humano es un mundo, en que las leyes generales no siempre resultan aplicables. Muchas veces las mismas causas producen efectos diferentes en distintas personas, sin que haya ninguna explicación aparente. Por ello, el diagnóstico médico debe estar siempre abierto a tratar con la probabilidad y con las excepciones.
5. **Modelo incompleto.** Por un lado, hay muchos fenómenos médicos cuya causa aún se desconoce. Por otro, es frecuente la falta de acuerdo entre los expertos de un mismo campo. Finalmente, aunque toda esta información estuviera disponible, sería imposible, por motivos prácticos, incluirla en un sistema experto.
6. **Modelo inexacto.** Por último, todo modelo que trate de cuantificar la incertidumbre, por cualquiera de los métodos que existen, necesita incluir un

elevado número de parámetros; por ejemplo, en el caso de las redes bayesianas, es necesario especificar todas las probabilidades a priori y condicionales. Sin embargo, esta información nunca está disponible, por lo que debe ser estimada de forma subjetiva. Es deseable, por tanto, que nuestro modelo de razonamiento pueda tener en cuenta sus propias inexactitudes.

En resumen: el tratamiento de la incertidumbre es esencial en el diseño de sistemas expertos, muy especialmente en el caso de la medicina. Observe a continuación cuáles son los métodos más utilizados. Puede encontrarse una revisión más extensa en [Nig and Abramson, 1990].

2.7.2.1. Método probabilístico clásico

El desarrollo de programas de diagnóstico basados en técnicas bayesianas comenzó en los años 60. Entre los sistemas de esa década destacan el de Warren, Toronto y Veasy para el diagnóstico de cardiopatías congénitas [Warner, Toronto and Veasy, 1964], los de Gorry y Barnett y el programa creado por de Dombal y sus colaboradores para el diagnóstico del dolor abdominal agudo [Gorry, 1973].

El fundamento de estos sistemas se encuentra en la aplicación del teorema de Bayes. Suponga que se tiene un conjunto de diagnósticos, d_1, \dots, d_n y un conjunto de hallazgos o evidencias e_1, \dots, e_m . La probabilidad del conjunto de hipótesis dado el conjunto de evidencia es, según dicho teorema,

$$P(d_1 \dots d_n | e_1 \dots e_m) = \frac{P(e_1 \dots e_m | d_1 \dots d_n) P(d_1 \dots d_n)}{\sum_{d'_1 \dots d'_n} P(e_1 \dots e_m | d'_1 \dots d'_n) P(d'_1 \dots d'_n)} \quad (1:1)$$

Sin embargo, esta expresión es imposible de aplicar por la enorme cantidad de información que requiere: se necesitaría conocer todas las probabilidades a priori $P(d_1, \dots, d_n)$ y todas las probabilidades condicionales $P(e_1, \dots, e_m | d_1, \dots, d_n)$.

Por ello se introduce la hipótesis de que los diagnósticos son exclusivos (no puede haber dos de ellos a la vez) y exhaustivos (no hay otros diagnósticos posibles). Hay, por tanto, una variable de n valores que corresponde al diagnóstico, y hay m

variables -binarias en general- correspondientes a los posibles hallazgos, tal como muestra la Figura 12 En consecuencia, la probabilidad de un diagnóstico cualquiera, d_i , se expresa como:

$$P(d_i|e_1...e_m) = \frac{P(e_1...e_m|d_i)P(d_i)}{\sum_j P(e_1...e_m|d_j)P(d_j)} \quad (1:2)$$

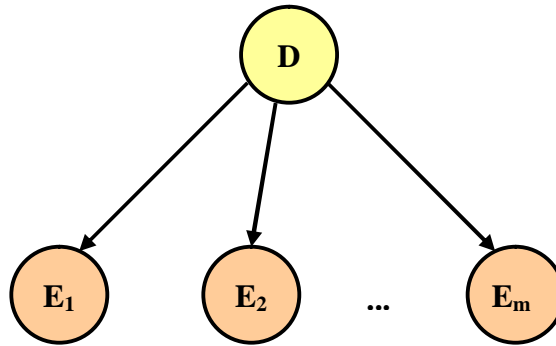


Figura 12. Método clásico de diagnóstico probabilístico
Fuente: tomado de [Gorry, 1973]

Aún así, la formula resulta inaplicable incluso en problemas reducidos, debido a la necesidad de conocer las probabilidades condicionales $P(e_1, ..., e_m / d_j)$ para todas las combinaciones posibles de hallazgos. Por tanto, se hace necesario introducir una nueva hipótesis, la de independencia condicional: los hallazgos (los síntomas, se podría decir) son independientes entre sí para cada diagnóstico. En forma matemática, se expresa así:

$$P(e_1, ..., e_m | d_i) = P(e_1 | d_i) \cdot ... \cdot P(e_m | d_i); \forall d_i \quad (1:3)$$

Con esto se tiene por fin una formula con un número mucho mas reducido de parámetros,

$$P(d_i|e_1...e_m) = \frac{P(e_1|d_i) \cdot ... \cdot P(e_m|d_i) \cdot P(d_i)}{\sum_j P(e_1|d_j) \cdot ... \cdot P(e_m|d_j) \cdot P(d_j)} \quad (1:4)$$

A partir de ella, resulta muy sencillo comparar la probabilidad de dos diagnósticos, con la posibilidad de incorporar secuencialmente nuevos hallazgos,

$$\frac{P(d_i|e_1,...,e_m)}{P(d_j|e_1,...,e_m)} = \frac{P(e_1|d_i)}{P(e_1|d_j)} \cdot \dots \cdot \frac{P(e_n|d_i)}{P(e_n|d_j)} \cdot \frac{P(d_i)}{P(d_j)} \quad (1:5)$$

Esto es lo que se conoce como método clásico de diagnóstico probabilístico.

2.7.2.2. Método bayesiano subjetivo

Antes de concluir esta sección dedicada a los métodos probabilísticos, se debe mencionar otro modelo bayesiano, importante por su aplicación en el sistema experto PROSPECTOR, del que ya se ha hablado anteriormente. El modelo matemático se encuentra descrito en el artículo original de Duda, Hart y Nilsson [Duda et al., 1976].

Como se dijo anteriormente, PROSPECTOR es un sistema experto basado en reglas de producción. Para el tratamiento de la incertidumbre, a cada una de ellas se le añaden dos parámetros probabilísticos, que indican suficiencia y necesidad. Combinando los factores de cada regla con los de sus premisas, se obtiene dos nuevos factores para la conclusión correspondiente¹⁵, que serán propagados sucesivamente al disparar nuevas reglas. Como estas probabilidades y factores proceden de estimaciones subjetivas realizadas por el experto, la red será en general inconsistente -es decir, contendrá información contradictoria-, por lo que es necesario recurrir a métodos de interpolación para obtener aproximaciones razonables.

Al igual que en el método clásico, este modelo recurre a la independencia condicional para actualizar la probabilidad, aunque aquí la hipótesis no se aplica de forma global a toda la evidencia disponible, sino a los distintos hallazgos relacionados con una misma hipótesis.

Se puede concluir, por tanto, que el método bayesiano subjetivo, aunque basado en la teoría de la probabilidad, se aparta de ella debido a las dificultades prácticas que ésta presenta. A pesar de las apariencias, la filosofía y el método de las redes bayesianas son completamente diferentes de los utilizados en PROSPECTOR.

¹⁵ Es decir, uno mide la evidencia a favor de la conclusión y otro la evidencia en contra.

2.7.2.3. Factores de certeza

Como consecuencia de las dificultades que presentaba el método probabilístico clásico, los creadores del programa MYCIN diseñaron un modelo ad hoc que, en vez de buscar un fundamento teórico, trataba de reproducir la forma en que el ser humano combina intuitivamente distintas fuentes de información. La idea básica es la misma que en PROSPECTOR: utilizar dos factores, $MB(H,E)$ y $MD(H,E)$, que miden la fuerza con que la evidencia E actúa a favor o en contra de la hipótesis H , respectivamente. De estas dos medidas se deduce un único factor de certeza, CF , que se utiliza en la propagación de las reglas:

$$CF(H,E) = MB(H,E) - MD(H,E) \quad (1:6)$$

Este factor puede calcularse directamente a partir de las probabilidades $P(H)$ y $P(H|E)$ mediante la siguiente expresión [Heckerman, 1986][Shortliffe and Buchanan, 1984]:

$$CF(H,E) = \begin{cases} \frac{P(H|E) - P(H)}{1 - P(H)} & \text{si } P(H|E) \geq P(H) \\ \frac{P(H|E) - P(H)}{P(H)} & \text{si } P(H|E) < P(H) \end{cases} \quad (1:7)$$

Cuando se tiene una conjunción de premisas como antecedente de una regla, la medida de evidencia a favor de la conclusión viene dada por el mínimo de las medidas correspondientes a las premisas; para medir la evidencia en contra, se toma el máximo:

$$MB(H1 \wedge H2, E) = \min(MB(H1, E), MB(H2, E)) \quad (1.8)$$

$$MD(H1 \vee H2, E) = \max(MD(H1, E), MD(H2, E)) \quad (1.9)$$

Para una disyunción de premisas se intercambian el papel del máximo y del mínimo. Si hay varias reglas que aportan evidencia a favor o en contra de una hipótesis, hace falta una fórmula que indique cómo combinar los factores de certeza correspondientes. Buchanan y Shortliffe (1984) explican por que la formula original

utilizada en MYCIN resultaba insatisfactoria y como fue sustituida por la fórmula de Van Melle [Van Melle et al., 1984]:

$$CF_{comb}(x, y) = \left\{ \begin{array}{ll} x + y(1-x) & \text{si } x > 0 \text{ e } y > 0 \\ \frac{x+y}{1 - \min(|x|, |y|)} & \text{si } x \cdot y < 0 \\ -CF_{comb}(-x, -y) & \text{si } x < 0 \text{ e } y < 0 \end{array} \right\} \quad (1:10)$$

La crítica más fuerte que se ha hecho contra los factores de certeza procede de Heckerman, quien, basándose en una interpretación probabilística de los factores de certeza, demostró las graves inconsistencias a que estos dan lugar, incluso con reglas tan sencillas como “ $E \Rightarrow H$ ” las reglas de una sola premisa, tanto en la propagación paralela, con varias fuentes de evidencia apuntando a una misma hipótesis, como en la secuencial a través del encadenamiento de reglas¹⁶ [Heckerman, 1986]. Para que este modelo fuera consistente deberán cumplirse varias hipótesis muy exigentes que no aparecen explícitamente en su planteamiento y que son falsas en general.

Horvitz y Heckerman (1986) demostraron, además, que la utilización de factores de certeza es inconsistente porque, dicho grosso modo, el factor de certeza de la regla “ $E \Rightarrow H$ ” incluye tanto la probabilidad a priori de H como el cambio en la probabilidad de H debido a E , por lo que al combinar varias reglas de forma paralela se está incluyendo repetidamente la probabilidad a priori en lugar de considerarla una sola vez.

2.7.3. Lenguaje para Sistemas de Producción Integrada

El lenguaje para sistemas de producción integrada (CLIPS) es un shell¹⁷ de sistema experto que permite desarrollar una serie de sistemas especializados como

¹⁶ Cuando David Heckerman inicio su tesis doctoral, su director de tesis, Edward Shortliffe le indicó que estudiase la teoría de Dempster-Shafer con el fin de corregir el modelo de factores de certeza de MYCIN. Sin embargo, insatisfecho también con esta teoría, prefirió utilizar redes bayesianas en su tesis doctoral. Heckerman es actualmente uno de los investigadores más brillantes en este nuevo campo.

¹⁷ Hace referencia a un esqueleto de sistema experto, donde solamente es necesario incluir la base de conocimiento, la base de hechos, la interfaz de usuario y las reglas de inferencia

también sistemas aplicativos o genéricos. Una de sus grandes ventajas es su gran portabilidad, debido a que fue desarrollado en el lenguaje C y es posible compilarlo en varias plataformas, incluido los sistemas operativos más utilizados en este momento que son UNIX, LINUX y Windows.

CLIPS implementa el algoritmo Rete, que es básicamente una biblioteca, mas su medio ambiente de desarrollo que permite una gran flexibilidad de formas de interacción tal como se ilustra en la Figura 13. De acuerdo con dicha figura CLIPS es un interprete de líneas de comando que puede ejecutar varios archivos en lote (aplicaciones previamente desarrolladas), o ser utilizado directamente (escribiendo las líneas de comando en el editor de comandos), permite exhibir una salida textual y también permite grabar diferentes archivos: un programa que se desarrolla de manera directa en el editor de pantalla (programa.clp) y/o una base de datos (memoria de trabajo en ese momento).

Cuenta con una sintaxis semejante a LISP, no siendo tan simples para un usuario sin conocimientos previos de programación, pero en cambio es bastante flexible y expansivo. Puede crearse nuevas plantillas, funciones y clases (si se requiere elementos para programación orientada a objetos) [Moura M.F. e S.A. Braga da Cruz, 2001].

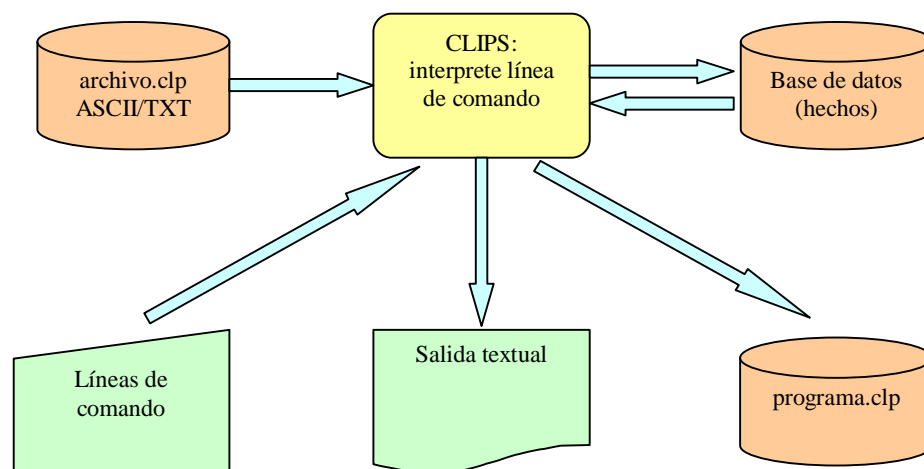


Figura 13. Funcionamiento de CLIPS
Fuente: [Moura M.F. e S.A. Braga da Cruz, 2001]

La documentación de CLIPS es extensa, didáctica y de excelente calidad, orientando a la construcción de sistemas especializados, también a la expansión de CLIPS y su integración con otras herramientas. No tiene costo de distribución, la descarga es gratuita a partir del sitio especializado y apenas debe realizarse un registro de uso en línea [Moura M.F. e S.A. Braga da Cruz, 2001].

CLIPS es una abreviación de “C Language Integrated Production System”, es una herramienta para desarrollar sistemas expertos desarrollada por Software Technology Branch, NASA/Lyndon B. Johnson Space Center desde 1986. Es un sistema de producción con encadenamiento hacia adelante escrito en C/ANSI. La máquina de inferencia incluye un sistema de mantenimiento de verdad, adición dinámica de reglas, y diferentes estrategias de resolución de conflictos. Incluye un lenguaje orientado a objetos: COOL (Clips Object-Oriented Language). Es fácilmente embebible en aplicaciones en C, ADA y FORTRAN, y está disponible en diversas plataformas (MS-DOS/Windows, Unix, Macintosh); también en Java (Jess). Cuenta al mismo tiempo con extensiones para Lógica Difusa (FuzzyCLIPS) [Giarratano y Riley, 2001][Iglesias, 1999]. Un esquema comentado de CLIPS, relacionado con el desarrollo del sistema experto propuesto puede ser consultado en el Anexo C.

CAPITULO 3

MARCO METODOLOGICO

*El arte médico es entre todas las artes la más bella y la más noble, pero debido en partes a la inexperiencia de los que la ejercen, y en parte a la superficialidad de los que juzgan al médico, queda a menudo detrás de las otras artes. **Hipócrates.***

Resumen

En este capítulo se expone el marco metodológico asociado a la propuesta de tesis, se desarrolla de manera secuencial la hipótesis de trabajo, el tipo de experimento, las variables, los métodos, las técnicas y los instrumentos.

3.1. HIPOTESIS

Es una formulación apoyada en un sistema de conocimientos, que establece una relación entre dos o más variables, para explicar y predecir, en la medida de lo posible, aquellos fenómenos de un área determinada de la realidad.

La hipótesis de trabajo de la presente propuesta establece: *“El sistema experto para la medicina tradicional boliviana “SEMEDTRABOL” proporciona un diagnóstico adecuado para el tratamiento preventivo al paciente, utilizando medicamentos naturales del territorio boliviano, en función a las dolencias que presente el paciente, con una administración eficiente de la estructura de costos y la ampliación de la cobertura en relación con la clásica medicina hipocrática.”*

3.2. VARIABLES

Una variable es una cualidad, propiedad o característica de los “sujetos en estudio” que puede ser enumerada o medida y que varía de un sujeto a otro. Dicho de otra manera: es el factor que hace variar la situación del problema. Las variables son la base del problema, del objetivo y la hipótesis.

En el estudio se identifican las variables conceptuales y operacionales descritas en la figura 14.

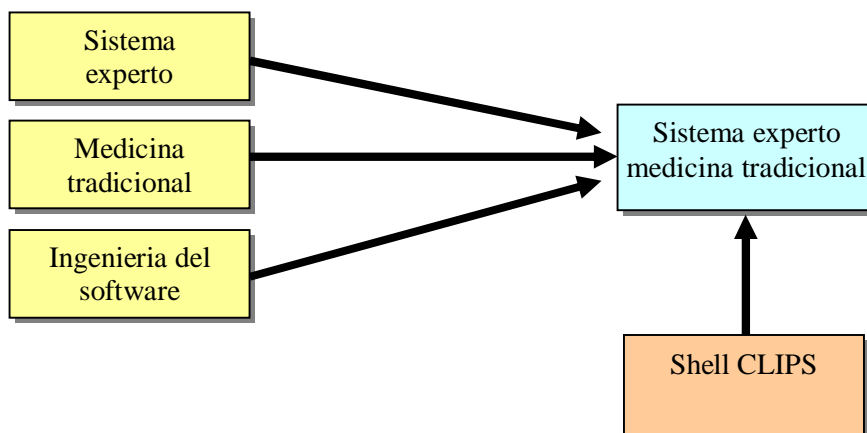


Figura 14. Variables conceptuales y operacionales
Fuente: según [Hernández et al., 1998]

Variable 1: Sistemas expertos. Constituye una variable independiente que se utiliza para visualizar el espacio de diseño del conocimiento útil a la propuesta.

Dimensiones

- 1.1. Conceptos.
- 1.2. Reglas.
- 1.3. Atributos.
- 1.4. Comprensibilidad.

Indicadores

- 1.1. Número de conceptos.
- 1.2. Número de reglas.
- 1.3. Número de atributos.
- 1.4. Índice de pruebas al sistema.

Variable 2: Medicina tradicional. Es una variable independiente utilizada para la elaboración de la base de conocimiento y la base de hechos del sistema experto.

Dimensiones

- 2.1. Síntoma.
- 2.2. Enfermedad.
- 2.3. Remedio.
- 2.4. Tratamiento.

Indicadores

- 2.1. Número de síntomas.
- 2.2. Grado de dolencia.
- 2.3. Grado de cura.
- 2.4. Efectividad del consejo.

Variable 3: Ingeniería del software. Es una variable independiente que constituye la base para la consolidación del sistema experto, la misma está representada mediante el uso de la tecnología estratificada con base en la calidad del software.

Dimensiones

- 3.1. Calidad del software.
- 3.2. Proceso del software.
- 3.3. Métodos del software.
- 3.4. Herramientas del software.

Indicadores

- 3.1. Aseguramiento de la calidad software.
- 3.2. Madurez del proceso.
- 3.3. Métricas del modelo de proceso.
- 3.4. Métricas CASE.

Variable 4: Sistema experto para la medicina tradicional. Constituye una variable dependiente que resulta de la conjunción de una base de conocimiento que contiene el

conocimiento del dominio necesario para resolver los problemas codificados en forma de reglas.

Dimensiones

- 4.1. Interfaz de usuario.
- 4.2. Memoria activa.
- 4.3. Mecanismo de inferencia.
- 4.4. Medio para la administración del conocimiento.

Indicadores

- 4.1. Usabilidad de interfaz.
- 4.2. Grado de memoria activa.
- 4.3. Grado de inferencia.
- 4.4. Desempeño del formalismo de representación.

Variable 5: Shell CLIPS. Es una variable que interviene en el proceso de construcción del sistema experto. De manera específica es una herramienta que se utiliza como elemento integrador de los componentes del sistema experto: la base de conocimiento, el mecanismo de inferencia y la interface de usuario.

Dimensiones

- 5.1. Manejo de interfaz de usuario.
- 5.2. Administración de la base de conocimiento.
- 5.3. Administración del mecanismo de inferencia.

Indicadores

- 5.1. Eficiencia en la administración de la interfaz de usuario.
- 5.2. Eficiencia del grado de inferencia
- 5.3. Eficiencia del formalismo de representación.

3.3. Operacionalización de las variables

Para lograr la operación de las variables de análisis se emplearan los instrumentos de investigación derivados de la metodología de la investigación científica. Las variables definidas en el anterior apartado son operacionalizadas de acuerdo a lo que se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Operacionalización de variables
Fuente: [Hernández et al. 1998]

VARIABLE	DIMENSION	INDICADORES	INSTRUMENTO
Sistemas expertos	1.1. Conceptos. 1.2. Reglas. 1.3. Atributos. 1.4. Comprensibilidad.	1.1. Número de conceptos. 1.2. Número de reglas. 1.3. Número de atributos 1.4. Índice de pruebas al sistema.	Ficha de observación Ficha de observación Ficha de observación Experimento
Medicina tradicional	2.1. Síntoma. 2.2. Enfermedad. 2.3. Remedio. 2.4. Tratamiento.	2.1. Número de síntomas. 2.2. Grado de dolencia. 2.3. Grado de cura. 2.4. Efectividad del consejo.	Ficha de observación Experimento Experimento Experimento
Ingeniería del software	3.1. Calidad del software 3.2. Modelo de proceso del software 3.3. Método del software 3.4. Herramientas del software	3.1. Aseguramiento calidad 3.2. Madurez del proceso 3.3. Métricas del modelo lineal secuencial 3.4. Métricas CASE	Ficha de observación Ficha de observación Experimento Experimento
Sistema experto para la medicina tradicional	4.1. Interfaz de usuario. 4.2. Memoria activa. 4.3. Mecanismo de inferencia. 4.4. Medio para la administración del conocimiento.	4.1. Usabilidad de interfaz. 4.2. Grado de memoria activa. 4.3. Grado de inferencia. 4.4. Desempeño del formalismo de representación.	Experimento Experimento Experimento Experimento
Herramienta Shell CLIPS	5.1. Manejo de interfaz de usuario 5.2. Administración base de conocimiento 5.3. Administración mecanismo de inferencia	5.1. Eficiencia en el manejo de la interfaz 5.2. Eficiencia de la adm. de la base conocimiento 5.3. Eficiencia en la adm. mecanismo de inferencia.	Observación directa del prototipo Observación directa del prototipo Observación directa del prototipo

3.4. DISPOSITIVO DE PRUEBA

Se utilizará la metodología de investigación científica deductiva, siguiendo el lineamiento establecido por Bunge (1979), de la siguiente manera:

- a) **Observación.** Se realiza un relevamiento y teorización de las necesidades y falencias del desarrollo de los sistemas expertos.
- b) **Planteo de la hipótesis.** Se plantea la posibilidad de construir un prototipo de sistema experto para la medicina tradicional boliviana, capaz de proporcionar un diagnóstico adecuado para el tratamiento preventivo al paciente, utilizando medicamentos naturales del territorio boliviano, en función a las dolencias que presente el paciente, con una administración eficiente de la estructura de costos y la ampliación de la cobertura en relación con la clásica medicina hipocrática.
- c) **Diseño de la aplicación.** Se procede al modelado y construcción de un prototipo de sistema experto que demuestre la utilidad del modelo de sistema basado en conocimiento para el desarrollo de sistemas expertos.
- d) **Casos de prueba.** Se procede a mostrar las bondades del prototipo de sistema experto mediante un conjunto de casos de prueba.
- e) **Conclusiones.** Se redacta un informe final de la investigación relacionada con el modelo de sistema experto para la medicina tradicional boliviana.

3.4.1. Tipo de investigación

Los estudios exploratorios se efectúan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes [Hernandez et al., 1998]. La investigación se inicia con un tipo de investigación exploratoria, debido a que el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado de manera previa con la profundidad que se plantea. En esta etapa se realiza el análisis de las necesidades y

debilidades que se observan en el desarrollo de los sistemas expertos utilizando el paradigma de la ingeniería del software y la ingeniería del conocimiento.

A continuación la investigación toma un carácter descriptivo, debido a que se encarga de estudiar el comportamiento, cualidades, rasgos, de los denominados curanderos con plantas medicinales u homeópatas, la ingeniería del software y la ingeniería del conocimiento. Este estudio se emprende con la finalidad de medir los conceptos o variables a los que se refieren, para integrar las mediciones de cada una de dichas variables en el prototipo de sistema experto propuesto.

Posteriormente, la investigación se torna en una de tipo explicativo debido a que trata de establecer el porque de las cosas y sus causas, conociendo los efectos se plantean posibles soluciones en espacios pequeños de administración del conocimiento. La investigación propuesta en este entorno es cuasi experimental, con el desarrollo de un prototipo de sistema experto a ser analizado por un grupo de expertos en medicina tradicional de la Ciudad de La Paz; finalmente para la verificación y validación del sistema experto, se emplean métricas que se encargan de establecer la calidad de la aplicación desarrollada.

3.4.2. Tipo de diseño de investigación

La investigación propuesta tiene un carácter cuasi experimental debido a que se manejan conceptos establecidos en las variables independientes para mostrar como el modelo de sistema experto proporciona un diagnostico adecuado en un dominio restringido de manera eficiente en relación con sus pares humanos que utilizan elementos heurísticos variados para la toma de decisiones.

Al interior del prototipo, se indagará la incidencia y los valores en que se manifiestan una o más variables y se describirá las relaciones entre las variables de uno y otro dominio en un momento determinado [Hernandez et al., 1998]. El procedimiento consistirá en medir las características asociadas a las reglas, conceptos y atributos asociados a la variable sistema experto para la medicina tradicional boliviana.

3.4.3. Unidad de estudio

La unidad de estudio se refiere a quienes van a ser medidos, hace referencia directa a la unidad de análisis. La unidad de estudio en la presente propuesta es un sistema experto prototipo para la medicina tradicional boliviana. Este sistema utiliza un modelo de sistema basado en conocimiento que a su vez hace uso de un modelo de procesos y la clásica ingeniería del software. La población muestral está compuesta por dos medicos tradicionales siguiendo la técnica estadística conocida como inclusión forzosa. El análisis de los dos médicos es posteriormente utilizado

3.5. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

El método a utilizar en esta investigación es el hipotético deductivo, en el que se parte de la observación de la medicina tradicional, el paradigma de los sistemas basados en conocimiento, la ingeniería del software y el lenguaje para el manejo de sistemas expertos denominado CLIPS; se particularizan las plantas medicinales utiles para la medicina tradicional que se encuentran en el territorio boliviano.

Esta problemática conduce a la teoría necesaria para construir un marco de conceptos y principios adecuados a los dominios propuestos: medicina tradicional, sistemas expertos, ingeniería del software y shell CLIPS. Posteriormente se realiza la construcción de la aplicación practica sobre el modelo propuesto, en este caso se utiliza situaciones de carácter general para llegar a la evaluación de la aplicación relacionada con un sistema experto para la medicina tradicional boliviana.

Se utiliza la observación de las diferentes plataformas, técnicas y herramientas existentes alrededor de las tres variables independientes: medicina tradicional, ingeniería del software y sistemas expertos. Esta observación es minuciosa y requiere un registro documental. En este registro se anotan las características de las diferentes herramientas, técnicas y métodos de los dominios propuestos para efectuar un análisis que conducirá a la selección de las mejores características que ingresaran en el

modelo que se propondrá como solución para la construcción del prototipo de sistema experto para la medicina tradicional boliviana.

Los casos de prueba a ser considerados forman parte del sistema experto, estos se obtienen a partir del análisis que se efectúa al diseño procedimental que plantea la ingeniería del software, se utiliza posteriormente las métricas de calidad para determinar la utilidad de la aplicación desarrollada.

CAPITULO 4

MARCO DE INGENIERIA

*Que tu alimento sea tu medicina y tu medicina sea tu alimento. **Hipócrates.***

Resumen

En este capítulo se presentan las bases para la construcción del sistema experto para la medicina tradicional boliviana, el diseño del sistema experto y los pasos de la ingeniería del conocimiento para su implantación.

4.1. INTRODUCCION

La visión tradicional terapéutica y convergente del mundo natural y espiritual del kallawaya, tal como se ve en la figura 15, sirve de inspiración para el planteamiento de un modelo de sistema experto que intente emular la cosmovisión de salud natural que poseen estos curanderos naturales asentados en varios departamentos de Bolivia.

Como se ha mencionado un sistema experto es un sistema basado en conocimiento que tiene su dominio en la inteligencia artificial, es importante mencionar que para la construcción de un modelo basado en conocimiento se necesita mecanismos para la adquisición de conocimiento, considerada la tarea mas complicada en la ingeniería del conocimiento y, posteriormente la representación del conocimiento en atención a lo descrito en el punto 2.1.7.1.

Los pasos que sigue la ingeniería del conocimiento están sujetos a los modelos tradicionales: análisis, diseño, código, pruebas y mantenimiento [Giarratano y Riley, 2001].

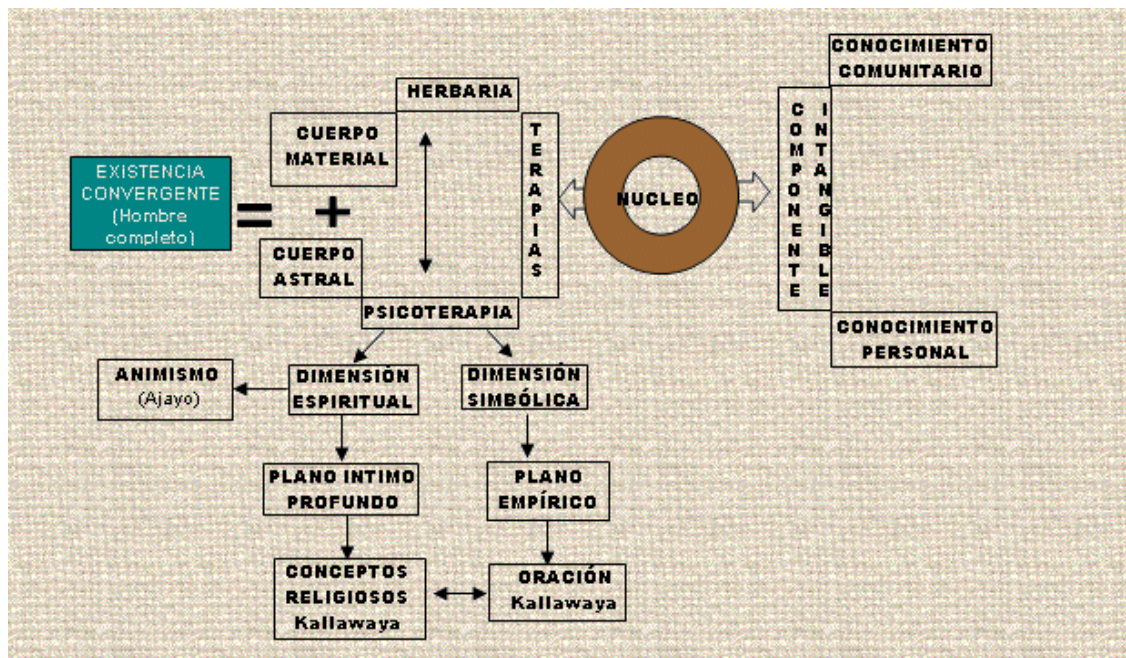


Figura 15. Mundo espiritual y natural del kallaway.
Fuente: modificado de [Fernández, 1999]

4.2. CICLO DE VIDA DEL SISTEMA EXPERTO

Uno de los métodos clave de la ingeniería del software es el denominado ciclo de vida o modelo de proceso, que es el periodo que comienza con el concepto inicial del software y termina con su retiro del uso. Más que pensar en el desarrollo y mantenimiento por separado, el concepto de ciclo de vida proporciona una continuidad que conecta todas las etapas. La planificación para el mantenimiento y la evolución en las primeras etapas de ciclo de vida reduce el costo de estas etapas más adelante [Giarratano & Riley, 2001]

4.2.1. Modelo en espiral

Una forma de visualizar el modelo progresivo es una adaptación del “modelo en espiral” convencional, como se muestra en la figura . Cada circuito de la espiral agrega alguna capacidad funcional al sistema. El rótulo de punto final, “sistema distribuido”, en realidad no es el fin de la espiral, sino que se iniciara una nueva

espiral con el mantenimiento y la evolución del sistema. La espiral puede refinarse aún más para especificar con mayor precisión las etapas generales de adquisición de conocimiento, codificación, evaluación y planificación.

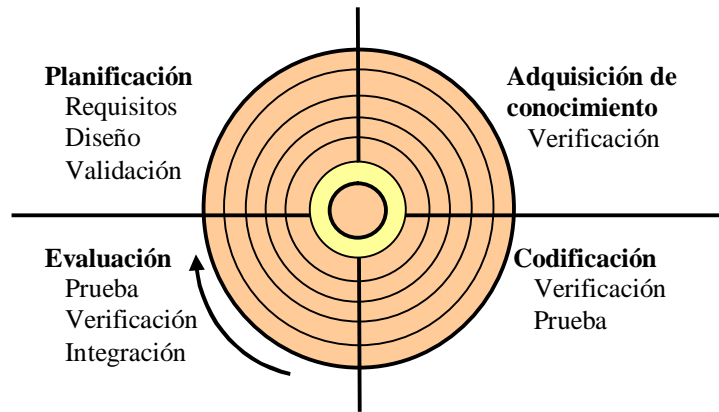


Figura 16. Modelo espiral para desarrollo de sistemas expertos
Fuente: [Giarratano & Riley, 2001]

4.3. COMPONENTES DEL SISTEMA EXPERTO

El sistema experto propuesto tiene la arquitectura mostrada en la figura 17, los componentes principales que se pueden observar en la misma son: la base de hechos, la base de conocimiento, la memoria de trabajo, la maquina de inferencia y la interfaz de usuario.

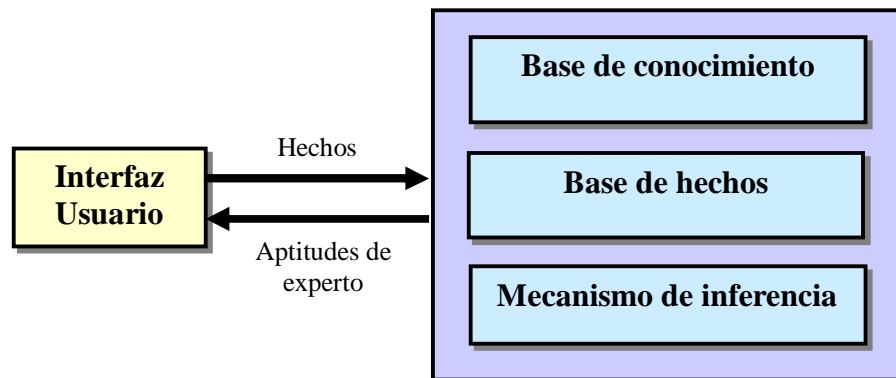


Figura 17. Componentes del sistema experto
Fuente: [Giarratano y Riley, 2001]

Estos componentes son proporcionados de manera sencilla y eficiente a través del uso de la herramienta de construcción de sistemas expertos denominada CLIPS y presentada en el Anexo C.

4.4. DISEÑO DEL SISTEMA EXPERTO

El diseño del sistema experto se encuentra sujeto a los lineamientos proporcionados en los estudios realizados por los autores Giarratano y Riley (2001) en el capítulo 6 denominado “diseño de sistemas expertos”.

4.4.1. Planificación

El propósito de la etapa de planificación es producir un plan de trabajo formal para desarrollar el sistema experto. El plan de trabajo es un conjunto de documentos que se utilizarán para guiar y evaluar el desarrollo del sistema. Las tareas que complementan esta etapa son las siguientes:

1. **Valoración de la factibilidad.** En principio vale la pena construir el sistema experto para la medicina natural boliviana en el entendido que se cuenta con bastante conocimiento sobre la temática y el respectivo experto en medicina natural que hace posible la transformación de las experiencias y el conocimiento a una base de hechos y conocimiento para su inserción como un elemento de consulta en zonas rurales a las cuales difícilmente puede ingresar un médico conocedor de la medicina occidental.
2. **Administración de recursos.** El sistema experto está dirigido fundamentalmente a su utilización en computadoras personales, el costo del sistema experto es proporcional a la cantidad de conocimiento y la capacidad de aprendizaje del sistema. Los recursos humanos contarán con el suficiente material de apoyo didáctico para su capacitación en el manejo del sistema.

3. **Calendarización.** El proyecto de construcción del sistema experto tiene como fecha de inicio el 1 de noviembre de 2004, se espera contar con el prototipo funcionando en fecha 30 de mayo de 2005, siendo el tiempo total de 5 meses para el análisis, diseño, desarrollo y pruebas del sistema.
4. **Disposición funcional preliminar.** El propósito central del sistema experto consiste en proporcionar asistencia inteligente a las personas que requieran de medicina natural preventiva a través de un dialogo interactivo con una computadora.
5. **Requerimientos de alto nivel.** Los requerimientos principales del sistema experto son: (a) base de hechos de medicina natural consistente, (b) base de conocimiento de medicina natural asociada al experto. (c) reglas de inferencia elaboradas con encadenamiento hacia las mejores opciones (d) Interfaz de usuario eficiente.

4.4.2. Definición del conocimiento

El objeto de esta etapa es definir el conocimiento requerido por el sistema experto, la misma está conformada por las siguientes dos tareas:

1. **Identificación y selección del origen del conocimiento.** El conocimiento tiene su origen en el estudio denominado “El verde de la salud”, manual de medicina tradicional autóctona para uso de los agentes de atención primaria de salud. Elaborado por Jaime Zalles Asin y Manuel De Lucca. Este texto es fundamentalmente una descripción y uso de 100 plantas medicinales de dos departamentos de Bolivia: Cochabamba y Potosí.
2. **Adquisición, análisis y extracción del conocimiento.** El conocimiento se adquiere del texto mencionado en el párrafo anterior, además de entrevistas personales con kallawayas que desarrollan sus actividades en las laderas de la Ciudad de La Paz, específicamente con el kallawayaya Hermógenes Surco que accedio gentilmente a colaborar con sus conocimientos y sapiencia como

naturista. La tarea que se realizó fue la verificación y validación del conocimiento existente en el texto. La forma textual del conocimiento adquirido es la siguiente: *“ABSCESO (Chupu) Pequeña cavidad llena de pus (materia). Los abscesos pueden surgir debido a desordenes locales de la circulación de la sangre o por efecto de las materias nocivas. Pero en su mayor parte son debidos a la penetración de bacterias u otros microorganismos peligrosos en un tejido o en un órgano. Los abscesos no pueden curarse sin que antes el pus y sus restos hayan encontrado un lugar de salida. Andrés waylla, Borraja, Cebolla, Choqach’api, Higuera, Linaza, L’oqo L’oqo, Maiz, Mankap’aki, Oqhoruru, Orégano, Orqo itapallu, Palta, Perejil, Casi rosas, Reloj reloj, Soltaki, Soltakisola, Tarwi, Trigo, Warjía”*.

Como se observa en el texto plano existen los siguientes atributos: primero se encuentra el nombre de la enfermedad en mayúsculas (ABSCESO), segundo esta la descripción de la enfermedad (Pequeña cavidad ...) y tercero se encuentra los medicamentos en orden alfabético (Andres waylla, Borraja, ...). El experto verificó que los medicamentos naturales sean los correctos y orientó sobre los principales remedios a aplicar a la enfermedad además de su preparación.

4.4.3. Diseño del conocimiento

El objetivo de esta etapa es producir el diseño detallado para un sistema experto. Las tareas principales que conforman esta etapa son las siguientes:

1. **Definición del conocimiento.** El conocimiento asociado al sistema experto propuesto está representado en forma de reglas de producción, descritos en el punto 3.5.2., que se adecua de manera equilibrada al shell CLIPS propuesto descrito en el punto 3.7. Las reglas de producción realizan procesos de representación e inferencia de acuerdo a la arquitectura de las mismas presentada en la figura 18.

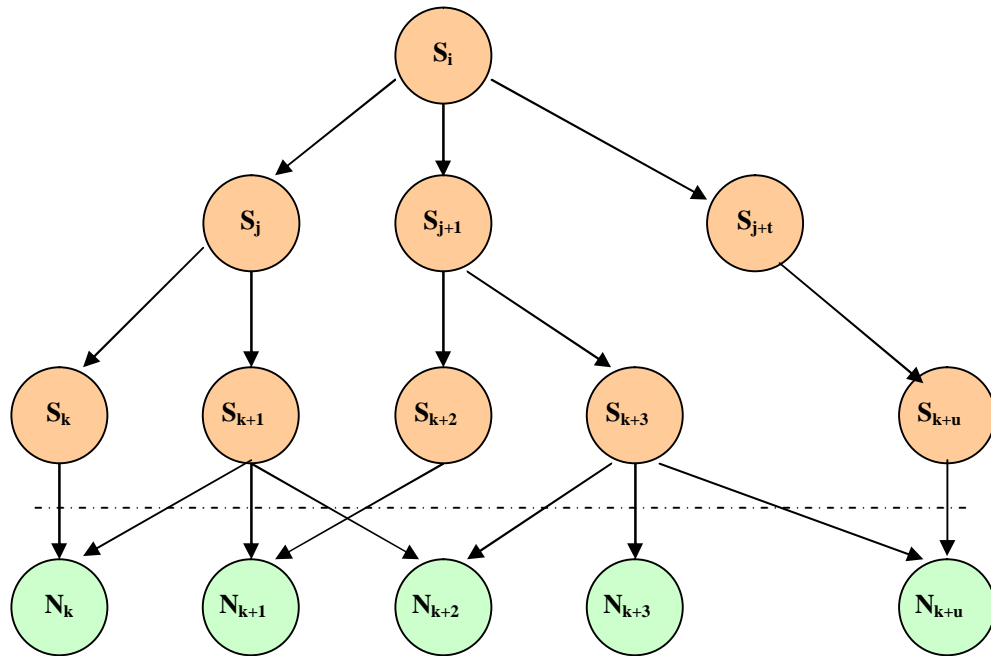


Figura 18. Estructura de reglas del sistema experto (S_i síntomas, N_j medicina natural)
Fuente: modificado de [Giarratano y Riley, 2001]

2. **Diseño detallado.** En el diseño detallado se visualizan las reglas utilizadas para la operación del sistema experto. Por ejemplo, una regla para la introducción de síntomas es:

```
(defrule sint1
  (medicina-identificada no)
  (not(sint1 ?sint1-definido))
  =>
  (printout t crlf "¿Cuál es el primer sintoma del
    paciente?" crlf
    "materia-en-la-piel/erupcion-
    cutanea/perdida-de-sangre/trastorno-nervioso" crlf)
  (assert (sint1 (read)))
)
```

Una regla para la validación de la regla de introducción de síntomas es la siguiente:

```
(defrule verifica-sint1
  ?sint1<-(sint1 ?sint1-ingresado)
  (not(sint1 materia-en-la-piel|erupcion-cutanea|perdida-
    de-sangre|trastorno-nervioso))
  =>
```

```

    (retract ?sint1)
    (printout t crlf "Usted ingresó un sintoma incorrecto,
vuelva a intentar" crlf)
)

```

Una regla para la selección de medicamentos es la siguiente:

```

(defrule cebolla
  ?id-cebolla<-(medicina "Cebolla")
  (or
    (not(sint1 materia-en-la-piel|trastorno-nervioso))
    (not(sint2 mala-circulacion-sanguinea|fuerte-dolor-
de-cabeza))
    (not(sint3 materias-nocivas|vomitos))
    (not(sint4 bacterias|zumbido-en-oidos))
    (not(sint5 microorganismos|debilidad))
  )
  =>
  (retract ?id-cebolla)
)

```

Finalmente una regla para la interfaz de usuario, que muestra los resultados producidos por el sistema experto es la siguiente:

```

(defrule resultado
  (medicina-identificada si)
  =>
  (printout t crlf "De acuerdo a los sintomas
suministrados," crlf
              "los posibles medicamentos naturales
son:" crlf)
  (assert(imprime-lista lista))
)

```

4.4.4. Verificación del conocimiento

El objetivo de esta etapa consiste en determinar que el sistema sea correcto, esté completo y sea congruente. Esta etapa se divide en dos tareas principales:

1. **Pruebas formales.** El proceso de pruebas formales se divide en dos escenarios definidos al interior del sistema experto, el primero esta relacionado con las pruebas de caja blanca o pruebas de caja de cristal, que consisten en la verificación del código asociado al sistema experto (ver Anexo

C). El segundo escenario es el que componen las denominadas pruebas de caja negra, que son pruebas de funcionalidad del sistema experto, estas fueron subdivididas en dos partes: la primera relacionada con la especificación de síntomas y la obtención de los medicamentos naturales sugeridos por el sistema y la segunda relacionada con la especificación de síntomas aleatorios que no producen ningún medicamento para los síntomas analizados.

2. **Análisis de las pruebas.** La prueba de caja blanca se cumple al cargar el programa denominado *SEmedtra.clp* con el comando *LOAD* de CLIPS V.6.21, ejecutando dicho comando el resultado del interprete asociado a CLIPS es verdadero (TRUE).

```
CLIPS (V6.21 06/15/03)
CLIPS> (load "E:/CLIPS/SEmedtra.clp")
Defining deffacts: lista-medicinas
Defining defrule: inicio +j
Defining defrule: sint1 +j+j
Defining defrule: verifica-sint1 +j+j
Defining defrule: sint2 =j+j
Defining defrule: verifica-sint2 +j+j
Defining defrule: sint3 =j+j
Defining defrule: verifica-sint3 +j+j
Defining defrule: sint4 =j+j
Defining defrule: verifica-sint4 +j+j
Defining defrule: sint5 =j+j
Defining defrule: verifica-sint5 +j+j
Defining defrule: andreswaylla +j+j
=j+j
=j+j
=j+j
=j+j
Defining defrule: borraja +j+j
=j+j
=j+j
=j+j
=j+j
Defining defrule: cebolla +j+j
=j+j
=j+j
=j+j
=j+j
Defining defrule: choqachapi +j+j
=j+j
```

```

=j+j
=j+j
=j+j
Defining defrule: soltaki +j+j
=j+j
=j+j
=j+j
=j+j
Defining defrule: afrecho +j+j
=j+j
=j+j
=j+j
=j+j
Defining defrule: albahaca +j+j
=j+j
=j+j
=j+j
=j+j
Defining defrule: alcachofa +j+j
=j+j
=j+j
=j+j
=j+j
Defining defrule: ajo +j+j
=j+j
=j+j
=j+j
=j+j
Defining defrule: apio +j+j
=j+j
=j+j
=j+j
=j+j
Defining defrule: medicina-identificada =j+j
Defining defrule: resultado +j
Defining defrule: imprime-lista +j+j
Defining defrule: medicina-no-identificada =j
TRUE
CLIPS>

```

Para las pruebas de caja negra se tiene como resultado de la primera subdivisión:

```

CLIPS> (reset)
CLIPS> (run)
SISTEMA EXPERTO PARA LA MEDICINA TRADICIONAL BOLIVIANA
(c) Guillermo Choque Aspiazu
La Paz-Bolivia, Junio de 2005

```

¿Cuál es el primer sintoma del paciente?

materia-en-la-piel/erupcion-cutanea/perdida-de-sangre/trastorno-nervioso
materia-en-la-piel

¿Cuál es el segundo sintoma del paciente?
mala-circulacion-sanguinea/conjuntivitis/fatiga/fuerte-dolor-de-cabeza
mala-circulacion-sanguinea

¿Cuál es el tercer sintoma del paciente?
materias-nocivas/tos/dolores-articulares/vomititos
materias-nocivas

¿Cuál es el cuarto sintoma del paciente?
bacterias/fiebre/mareos/zumbido-en-oidos
bacterias

¿Cuál es el quinto sintoma del paciente?
microorganismos/debilidad
microorganismos

De acuerdo a los sintomas suministrados,
los posibles medicamentos naturales son:

medicina natural: Andres waylla

medicina natural: Borraja

medicina natural: Cebolla

CLIPS>

Para las pruebas de caja negra se tiene como resultado de la segunda subdivisión:

CLIPS> (reset)

CLIPS> (run)

SISTEMA EXPERTO PARA LA MEDICINA TRADICIONAL BOLIVIANA

(c) Guillermo Choque Aspiazu

La Paz-Bolivia, Junio de 2005

¿Cuál es el primer sintoma del paciente?
materia-en-la-piel/erupcion-cutanea/perdida-de-sangre/trastorno-nervioso
erupcion-cutanea

¿Cuál es el segundo sintoma del paciente?
mala-circulacion-sanguinea/conjuntivitis/fatiga/fuerte-dolor-de-cabeza
fatiga

¿Cuál es el tercer sintoma del paciente?
materias-nocivas/tos/dolores-articulares/vomititos
tos

¿Cuál es el cuarto sintoma del paciente?
bacterias/fiebre/mareos/zumbido-en-oidos
mareos

¿Cuál es el quinto sintoma del paciente?
microorganismos/debilidad
debilidad

Lo siento ...
No es posible identificar el medicamento con la
información suministrada
CLIPS>

4.5. METRICAS DE CALIDAD

Tradicionalmente se emplean medidas para entender mejor los atributos de los modelos que se crean, pero fundamentalmente se emplean las medidas para valorar la *calidad* de los productos de ingeniería o los sistemas que se construyen. Las métricas técnicas del software proporcionan una manera sistemática de valorar la calidad basándose en un conjunto de “reglas claramente definidas”. Proporcionan al ingeniero del software una visión interna en el acto en lugar de una visión a posteriori, permitiéndole descubrir y corregir problemas potenciales antes que se convierta en defectos catastróficos [Pressman, 2002]

4.5.1. Métricas para sistemas expertos

Se propone algunas métricas que examinan el dominio del problema en el contexto del desarrollo de los sistemas expertos [García-Martínez & Britos, 2004]. Se proporciona interpretaciones de esas métricas y se describen las expectativas de desarrollo de las mismas a través de su aplicación al sistema experto para la medicina tradicional boliviana. Una métrica tiene ciertas cualidades como la simplicidad de ser aplicada. En la representación del conocimiento existen muchas cosas que presentan esas cualidades. Las reglas, los conceptos, los atributos y los niveles de descomposición son relativamente fáciles de cuantificar, son objetivos y fáciles de encontrar [Hauge et al., 2006].

El conteo del número de conceptos, número de reglas o el número de atributos, es una métrica bastante simple. Consiste en contar el número de conceptos, reglas y atributos, la simplicidad es bastante buena y estas métricas pueden decir mucho acerca de la complejidad del dominio. Se espera que estas métricas sean incrementales a través del proyecto y converjan a un número desconocido al final del mismo. Dado que se espera el incremento de sus valores en el desarrollo del proyecto, es difícil considerar las mismas como métricas de madurez del proyecto, sin embargo pueden constituir una indicación de la madurez cuando sus valores resultado convergen hacia un número. La tabla 6 muestra la interpretación de estas métricas.

Tabla 6. Interpretación de resultados de “métricas de conteo”

Fuente: Tomado de [Hauge et al., 2006]

Resultado	Causa
Bajo. Pocos conceptos conocidos, reglas o atributos.	El area del problema es simple. No se conoce acerca de los conceptos en el dominio.
Alto Muchos conceptos conocidos, reglas o atributos.	El area del problema es compleja. Se conoce lo suficiente acerca de los conceptos en el dominio.

Esas métricas pueden ser más útiles si los resultados son comparados con la historia de proyectos similares en las mismas etapas. Cuando se compara con datos históricos estas métricas proporcionan una indicación de la complejidad del proyecto [Hauge et al., 2006].

Otra métrica útil es la referida al número de conceptos en una regla dividido entre el número total de conceptos. El número de conceptos en una regla hace referencia a los conceptos que se encuentran incluidos en una regla. Si se tiene 10 conceptos y 7 de los mismos están incluidos en una o más reglas, la razón será de 0.7. Se estima que esta métrica puede converger a 1 cuando el proyecto tiende a la madurez. Este valor, por supuesto, varía a medida que se descubren nuevos conceptos. El valor de esta métrica decrementa cuando se descubren nuevos conceptos y se incrementa cuando se incluye un nuevo concepto en una regla. Si el valor de esta métrica no converge a 1 puede ser porque se tiene poco conocimiento acerca de las relaciones entre conceptos del dominio o porque se tiene conceptos en la

base de conocimiento que no están siendo utilizados y muchos son absolutamente descartables. Esos conceptos por consiguiente deben ser removidos. La interpretación de esta métrica se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Interpretación de resultados de “conceptos en una regla/conceptos”

Fuente: Tomado de [Hauge et al., 2006]

Resultado	Causa
Bajo	Se tiene poco conocimiento acerca de los conceptos y las relaciones entre conceptos.
Muchos conceptos no incluidos en una regla	Se tiene muchos conceptos que no son interesantes en la base de conocimiento.
Alto	Se tiene buen conocimiento acerca de los conceptos.
	Se tiene pocos conceptos no interesantes en la base de conocimiento.
Muchos conceptos incluidos en una regla	Existen muchas relaciones en el dominio.

Esta métrica proporciona una medida de la madurez de la base del conocimiento. Si el valor es cercano a 1 constituye una indicación de que la base de conocimiento es madura. Se debe prestar atención a los casos donde existen muchas relaciones en el dominio. Si existe un equilibrio de relaciones esta métrica puede proporcionar un valor alto sin una base de conocimiento madura. Por consiguiente se puede decir que esta métrica es bastante buena para proyectos simples [Hauge et al., 2006].

4.5.2. Métricas del sistema experto desarrollado

Para la aplicación de las métricas señaladas en el anterior párrafo se procede al conteo, como se muestra en la tabla, de los conceptos, reglas y atributos utilizados en el diseño del sistema experto para la medicina tradicional boliviana.

Tabla 8. Conteo de los elementos del diseño

Elementos del diseño	Número
Conceptos	
Reglas	
Atributos	

Como se observa aplicando las métricas definidas en la tabla 6, se puede decir que como el área del problema es compleja la métrica de conteo es alta y debido a que se conocen los conceptos del dominio de acción es posible mencionar que el resultado involucra a muchos conceptos, reglas y atributos conocidos.

Por otra parte aplicando la relación descrita en la tabla 7, se puede decir que debido a que se tiene buen conocimiento acerca de los conceptos y que se tienen pocos conceptos no interesantes en la base de conocimiento, el resultado de aplicación de la métrica es alto. Además, debido a que existen muchas relaciones en el dominio el resultado es que muchos conceptos son susceptibles de ser incluidos en una regla.

Como conclusión de la aplicación de las métricas definidas es posible mencionar que el sistema experto para la medicina tradicional boliviana cuenta con una calidad aceptable que tiende a una calidad alta en términos cualitativos.

4.6. EVALUACION DEL SISTEMA

El propósito de esta etapa es resumir lo que se ha aprendido con las mejoras y correcciones recomendadas. De acuerdo al trabajo de ingeniería realizado y la consiguiente obtención de un producto software basado en conocimiento, es menester resaltar los siguientes resultados:

1. se cuenta con un prototipo software construido para el diagnóstico y medicación de enfermedades comunes y de alta incidencia en poblaciones carentes de médicos universitarios y arraigadas culturalmente a la naturaleza y los remedios que la misma proporciona y que han sido transmitidos por generaciones desde los ancestros que habitaron el actual territorio boliviano,
2. el sistema experto recoge experiencia de kallawayas y neo-kallawayas, de los primeros conocimiento para verificar y validar el texto de consulta producido por los segundos,
3. el shell elegido CLIPS versión 6.21 constituye una herramienta eficiente tanto para la representación del conocimiento como para la portabilidad de la aplicación,

4. la base de conocimiento y la base de hechos son representados de manera sencilla al interior de CLIPS,
5. la interfaz de usuario es textual y quizá constituye uno de los elementos más débiles de todo el sistema, esto es posible de corregir utilizando interfaces con Microsoft Foundation Classes y el lenguaje C.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES

El éxito en medicina es algo que no siempre tiene que ver con los estudios ni con el saber teórico, y que resulta difícil de explicar. Maxence Van der Meersch

RESUMEN

En este capítulo se realiza el cierre del trabajo efectuado, se presentan las conclusiones generales y particulares realizadas con base en el análisis de los objetivos y la hipótesis propuestos.

5.1. CONCLUSIONES GENERALES

A la finalización del trabajo de investigación emprendido, se puede mencionar como conclusiones generales las siguientes:

1. La tarea esencial de los médicos es la del diagnóstico y el tratamiento. La medicina individual existió en todas las épocas. El método de diagnóstico médico surge posteriormente. El médico primitivo debió tener una interpretación causal o localizadora de la dolencia. Históricamente todas las actividades de los médicos, tales como: diagnosticar la enfermedad, tratarla, participar en el progreso de la medicina científica, se han establecido alrededor del diagnóstico médico.
2. El médico formula un área de búsqueda o investigación, a partir de quejas de sus pacientes, reformula la información en forma histórica, hace un juicio clínico acerca de la naturaleza del problema, orienta el examen clínico, prescribe exámenes complementarios con el mismo criterio y utiliza un método para devolver al paciente el estado de salud o el equilibrio en las enfermedades crónicas.
3. La medicina tradicional comprende diversas prácticas, enfoques, conocimientos y creencias sanitarias que incluyen plantas, animales y/o

medicinas basadas en minerales, terapias espirituales, técnicas manuales y ejercicios, aplicados en singular o en combinación para mantener el bienestar, además de tratar, diagnosticar y prevenir las enfermedades.

4. La medicina natural es de gran importancia en los países subdesarrollados, especialmente en los lugares donde no se cuenta con médicos occidentales formados en las universidades.
5. En muchos países en vías de desarrollo, como lo indican con frecuencia los informes gubernamentales, la mayoría de la población sigue utilizando la medicina tradicional para satisfacer sus necesidades sanitarias primarias.
6. En Bolivia la población recurre a tres tipos de servicios de salud: el formal (basado en el enfoque científico de la medicina), el tradicional (enraizado en la visión cultural de la salud) y el informal (que resulta más bien como una estrategia de sobre vivencia). Se estima que de 25 a 30% de los pacientes recurren al autotratamiento, ya sea con remedios caseros o mediante la compra de medicamentos. Además aproximadamente de 10 a 15% utiliza la medicina tradicional, cuya expresión varía según el medio cultural.
7. La medicina tradicional sigue siendo la única fuente de atención para una vasta proporción de la población del mundo”...”Puesto que la medicina tradicional se sigue ejerciendo con efectos positivos, ¿no debería ser oficialmente reconocida, estimulada perfeccionada e integrada (articulada) en los sistemas nacionales contemporáneos de atención de salud.
8. La inteligencia artificial en la medicina se ha fundamentado en los problemas observados en la denominada Biomedicina, pero sus verdaderos problemas eran a nivel de representación de la información, adquisición y manejo de la misma.
9. Los sistemas expertos son la primera gran aplicación práctica de los sistemas inteligentes liberada de los laboratorios de investigación en inteligencia artificial.
10. CLIPS es un shell de sistema experto que permite desarrollar una serie de sistemas especializados como también sistemas aplicativos o genéricos. Una

de sus grandes ventajas es su gran portabilidad, debido a que fue desarrollado en el lenguaje C y es posible compilarlo en varias plataformas, incluido los sistemas operativos más utilizados en este momento que son UNIX, LINUX y Windows.

5.2. ESTADO DE LA HIPOTESIS

En el punto 3.1. quedó establecida la hipótesis del presente trabajo a través de la siguiente proposición: *“El sistema experto para la medicina tradicional boliviana “SEMEDTRABOL” proporciona un diagnostico adecuado para el tratamiento preventivo al paciente, utilizando medicamentos naturales del territorio boliviano, en función a las dolencias que presente el paciente, con una administración eficiente de la estructura de costos y la ampliación de la cobertura en relación con la clásica medicina hipocrática.”*. Esta hipótesis se analiza considerando los siguientes puntos:

1. Se logró desarrollar un sistema experto para la medicina tradicional boliviana, utilizando el método proporcionado por la ingeniería del conocimiento y la ingeniería del software descritas en el capítulo 3.
2. Se consiguió implementar un prototipo de sistema experto para la medicina tradicional boliviana utilizando la herramienta CLIPS. Este sistema experto se encarga de prescribir medicamentos naturales en función a los síntomas que reflejan las dolencias del paciente.
3. El manejo eficiente de la estructura de costos se asocia de manera directa a la herramienta desarrollada y a la posesión de conocimiento experto de los kallawayas y pseudos-kallawayas bolivianos. En relación con la herramienta desarrollada, la misma es de uso libre e irrestricto, pudiendo descargarse de manera gratuita del sitio Internet: <http://www.ghg.net/clips/download/> . Por otra parte la portabilidad y el tamaño de la herramienta son destacables, la misma tiene base del lenguaje C y específicamente el código fuente del prototipo desarrollado ocupa un espacio de 7.73 KB.

4. Con las características del prototipo desarrollado, es fácil instalar el mismo en computadoras personales con sistema operativo Windows en casi todas las versiones, algunos sectores rurales cuentan con al menos una computadora personal con Windows 98 o Windows 2000 en las unidades educativas, estas deberían ser posibles de utilizar para la recomendación de medicina preventiva. Los sectores rurales sin computadora y sin medico general pueden recurrir a una computadora portátil para la recomendación de la medicina natural preventiva. Para reforzar este análisis es necesario observar los puntos 2.4. y 2.5. del capítulo 2.

Por consiguiente se puede decir que: el sistema experto para la medicina tradicional, desarrollado en CLIPS, proporciona un diagnostico adecuado para el tratamiento con el uso de medicamentos naturales en función a la dolencia del paciente, con un manejo eficiente de la estructura de costos, que permite su inserción en lugares en los cuales es difícil la presencia física del medico para recomendar medicina preventiva.

5.3. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

En el punto 1.3.1. se estableció el objetivo general del presente trabajo de la siguiente forma: *“construir un modelo de sistema experto de diagnóstico para la identificación y tratamiento de dolencias susceptibles de ser curadas utilizando la medicina tradicional, cuyos insumos esenciales se encuentran en la rica naturaleza que comprende el territorio boliviano”*. El capítulo 4 presenta el proceso de ingeniería para la construcción del sistema experto, en el punto 4.3.4. se efectuó la verificación del conocimiento a través de las pruebas de calidad efectuadas al prototipo de sistema experto, cuyo resultado es adecuado para los fines perseguidos, además en el apéndice D se presenta el código fuente del sistema experto como prueba de la tarea realizada. Por consiguiente se construyó un modelo de sistema experto de diagnóstico para la identificación y tratamiento de dolencias susceptibles

de ser curadas utilizando la medicina tradicional, cuyos insumos esenciales se encuentran en el territorio boliviano.

Con relación a los objetivos específicos se puede decir lo siguiente: el inciso (a) plantea la revisión del estado del arte de la investigación en sistemas expertos, aspecto que se cumple en el capítulo 3, de modo destacada a través del punto 3.3. El inciso (b) menciona la necesidad de comprender la medicina tradicional a través de la interacción con el experto, para cumplir este objetivo se recurrió al estudio denominado “El verde de la salud”, manual de medicina tradicional autóctona para uso de los agentes de atención primaria de salud, elaborado por Jaime Zalles Asin y Manuel De Lucca. El conocimiento contenido en este texto se validó y complementó con las entrevistas sostenidas con el kallawayá naturista Hermógenes Surco. El inciso (c) menciona que se debe desarrollar un modelo teórico de solución al problema, este punto se cumple con el desarrollo de los capítulos 2 y 3, el modelo propiamente dicho se muestra en el capítulo 4 punto 4.2. El inciso (d) está relacionado con el diseño del prototipo asociado al modelo teórico, este aspecto se cumple con el desarrollo del proceso de ingeniería en el capítulo 4, de modo específico a partir del punto 4.3. El inciso (e) establece implementar el prototipo, este punto se cumple con la construcción e implementación del prototipo de sistema experto cuyo código se encuentra en el anexo D. Finalmente el inciso (f) requiere evaluar el modelo propuesto, este objetivo se cumple en el punto 4.3.5. donde se realiza la evaluación del sistema experto.

5.4. TRABAJOS FUTUROS

Como trabajos complementarios que se pueden emprender empleando el presente estudio se pueden sugerir los siguientes:

1. Cambiar la base de hechos para incluir cualquier otro tipo de medicina tradicional o alternativa como la medicina china, la ayurveda, el unami, la neuroterapia, la osteopatía, etc.

2. Utilizar la plataforma WebCLIPS para conseguir un sistema experto distribuido para la medicina tradicional boliviana.
3. Ampliar el estudio adicionando manejo de incertidumbre en las reglas, para el efecto se puede utilizar los estudios realizados por Lofti Zadeh sobre la lógica difusa.
4. Utilizar un entorno robusto como el que proporciona JAVA a través de la herramienta JESS que es el equivalente de CLIPS, para el desarrollo del código asociado al sistema experto.
5. Incorporar un agente Microsoft para que el sistema experto pase de ser textual a un sistema experto de comunicación oral ente el paciente y la computadora.

CAPITULO 6

RECOMENDACIONES

*El éxito en medicina es algo que no siempre tiene que ver con los estudios ni con el saber teórico, y que resulta difícil de explicar. **Maxence Van der Meersch***

RESUMEN

En este capítulo se presentan las recomendaciones resultado del trabajo desarrollado, en el mismo se incluyen las recomendaciones en el dominio teórico y las recomendaciones en el plano práctico.

6.1. AMBITO TEORICO

El estudio de los sistemas expertos constituye uno de los temas teóricos más interesantes del dominio perteneciente a la inteligencia artificial, la irrupción del aprendizaje automático a través de las técnicas de redes neuronales y minería de datos, constituye una recomendación adecuada para los investigadores que desean ampliar el dominio de acción de los sistemas expertos al adicionar en los mismos las capacidades de aprendizaje automático.

Por otra parte el estudio teórico de los agentes inteligentes proporciona elementos interesantes que muestran las técnicas adecuadas para prescindir del experto humano a través de la especialización de las tareas que realiza el mismo, cada una de esas tareas es asignada a un ente denominado agente inteligente que se conjunciona en un sistema multiagente para proporcionar elementos interesantes de toma de decisiones sin la presencia obligada de un experto humano, las tareas de los agentes se reducen a ser altamente especialistas en una sola acción o procedimiento restringido.

6.2. AMBITO PRÁCTICO

La programación orientada a las redes neuronales y al análisis de datos para la minería de datos, son elementos prácticos para la consecución de diseños procedimentales interesantes que podrían colaborar bastante al desarrollo de sistemas expertos con capacidades de aprendizaje automático.

Por otra parte la programación orientada a agentes que se desprende del paradigma emergente de la ingeniería del software orientada a agentes, constituye un elemento interesante para la programación de sistemas multiagente, aquellos que podrían sustituir a los expertos humanos y a sus heurísticas mediante la especialización particular de los agentes individuales que se encargan de percibir su medio ambiente a través de sensores y actuar en consecuencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Aikins J.S.. A representation scheme using both frames and rules. In: B.G. Buchanan and E. H. Shortliffe (eds.), *Rule-based expert systems: The MYCIN experiments of the Stanford Heuristic Programming Project*, chap. 23, pp. 424-452. Addison-Wesley, Reading, MA, 1984.
- Altman, Russ B. MD, PhD. 1998. *AI in Medicine: The Spectrum of Challenges from Managed Care to Molecular Medicine*. Stanford University – http://www-smi.stanford.edu/pubs/SMI_Reports/SMI-1999-0770.pdf
- Bannerman R.H. La medicina tradicional en la moderna atención de salud. Mesa redonda. *Foro Mundial de la Salud, Revista de desarrollo sanitario de la OMS*. Ginebra 1982, Vol. 3, N° I. pp. 8-28.
- Ben-Aaron, Diana. 1985 “Weizenbaum examines computers and society”. <http://www-tech.mit.edu/V105/N16/weisen.16n.html>
- Bennet J.S. and R.S. Englemore. Experience using EMYCIN. In: B. G. Buchanan y E.H. Shortliffe (eds.), *Rule-based expert systems: The MYCIN experiments of the Stanford Heuristic Programming Project*, chap. 16, pp. 314-328. Addison-Wesley, Reading, MA, 1984.
- Birnbaum L. Rigor mortis: A response to Nilson's "Logic and artificial intelligence". *Artificial Intelligence*, 47: 57-177, 1991.
- Brachman R.J. and H.J. Levesque (eds.). *Readings in Knowledge Representation*. Morgan Kaufmann, San Mateo (CA), 1985.
- Buchanan B.G. and E.A. Feigenbaum. DENDRAL and Meta-DENDRAL: Their applications dimension. *Artificial Intelligence*, 11: 5-24, 1978.
- Buchanan B.G. and E.H. Shortliffe (eds.). *Rule-based expert systems: The MYCIN experiments of the Stanford Heuristic Programming Project*. Addison-Wesley, Reading, MA, 1984.
- Cámara de los Lores, Gran Bretaña. Comité Selecto sobre Ciencia y Tecnología. Sesión 1999–2000. *6th Report. Complementary and Alternative Medicine*. Londres, Stationery Office, 2000 (HL Paper 123).
- Carbonell J.R. AI in CAI: An artificial-intelligence approach to computer-assisted instruction. *IEEE Transactions on Man-Machine Systems*, 11: 190-202, 1970.
- Castillo, E., Gutiérrez, J.M. and Hadi, A.S. (1997) *Expert Systems and Probabilistic Network Models*. Springer Verlag, New York. Versión castellana publicada por la Academia de Ingeniería (1998).
- Clancey W.J.. Dialogue management for rule-based tutorials. In: *Proceedings of the 6th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'79)*, pp. 155-161, Tokyo, 1979.
- Coiera, Enrico. 1994. *Artificial Intelligence in Medicine*. <http://www.s2.chalmers.se/iths/pdf/AIM.pdf>
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. *Systems and National Experiences for Protecting Traditional Knowledge, Innovations and Practices. Background Note by the UNCTAD Secretariat*. Ginebra, Conferencias de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, 2000 (documento de referencia TD/B/COM.1/EM.13/2).

- Costa Arduz Rolando. *Compilación de Estudios sobre Medicina Kallawaya*. Instituto Internacional de Integración. La Paz. 1998.
- Chabat, François; Hansell, David M.; Yang, Guang-Zhong. 2000. *Computerized Decision Support in Medical Imaging*. Imperial College of Science, Technology and Medicine. <http://www.doc.ic.ac.uk/~gzy/pub/chabat-decision-support.pdf>
- Charniak E. and D. McDermott. *Introduction to Artificial Intelligence*. Addison-Wesley, Reading, MA, 1985.
- Choque Aspiazu, G. *Inteligencia Artificial: Perspectivas y Realizaciones*, Texto de la materia MAT420. Disponible: www.umsanet.edu.bo/docentes/gchoque/textoIA.htm. 1999.
- Datos de Recursos de Información, Inc. Scanner Data, citado en *Herbal Gram, Journal of the American Botanical Council and the Herb Research Association*, 1998, 43:61.
- Davis R. Meta-rules: Reasoning about control. *Artificial Intelligence*, 15: 179-222, 1980.
- De La Cruz Martín y Juan Badía OFM (Códice Badiano nahuatl y latín): “Libellus de medicinalibus indorum herbis”, Francisco Hernández: “Historia de las plantas de Nueva España”; Francisco del Paso y Troncoso: “Nomenclatura de los vegetales”; Agustín Farfán OSA.: “Tratado breve de Medicina”; Gonzalo Fernández de Oviedo y Valdés: “Historia General y Natural de las Indias” (Nicaragua y Centroamérica); Hernando Ruiz de Alarcón se refiere a los aspectos mágicos en su : “Libro de los Conjuros”. José de Acosta SJ. “Historia Natural y Moral de las Indias” (Perú); El Italiano Nardo Antonio, el jesuita Cobo y el Dr. Nicolás Monardes también escriben.
- Domenighetti G. et al. Usage personnel de pratiques relevant des médecines douces ou alternatives parme les médecins suisses. *Médecine & Hygiène*, 2000, 58:2291.
- Duda R.O, P.E. Hart y N. Nilsson. Subjective Bayesian methods for rule-based inference systems. *Proceedings of the 1976 National Computer Conference (AFIPS)*, 45: 1075-1082, 1976.
- Duda R.O., J. Gaschnig and P.E. Hart. Model design in the PROSPECTOR consultant program for mineral exploration. In: D. Michie (ed.), *Expert Systems in the Microelectronic Age*, pages 153-167. Edinburgh University Press, Edinburgh, 1979.
- Eisenberg D.M. et al. Trends in alternative medicine use in the United States, 1990–1997: results of a follow-up national survey. *Journal of the American Medical Association*, 1998, 280(18): 1569–75.
- Elstein A.S. and Jason H. Estudio del proceso de diagnóstico médico: métodos y resultados preliminares. *Educ Méd Salud* 1970; 40(4).
- Elstein AS, Kagan N, Shulman LS, Jason H, Joupe MJ. Methods and theory in the study of medical inquiry. *J Med Edu* 1972;47.
- Engel G.L. Biomedicine’s failure to archive flexnerian standards of education. *CMAJ* 1986; 135.
- Entralgo Lain P. *El diagnóstico médico: Historia y teoría*. Barcelona: Salvat, 1982.
- Fagan L.M., Shortliffe E.H, Buchanan B.G. Computer-based Medical Decision Making: from MYCIN to VM. *Stanford Heuristic Programming Project*. 1979.

- Federación Mundial de Acupuntura y Sociedades de Moxibustión. *The Distribution of WFAS Member Societies and Executive Members in Each Continent*. Beijing, Federación Mundial de Acupuntura-Sociedades de Moxibustión, 2000.
- Feigenbaum E.A. The art of artificial intelligence: Themes and case studies of knowledge engineering. En: *Proceedings of the 5th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-77)*, pages 1014-1029, Cambridge, MA, 1977.
- Feinstein A.R. Analysis of diagnostic reasoning. *Yale Jou Biol Med* 1973;46:212-20.
- Fernández G. Panorama de los sistemas expertos. En: J. Cuenca (ed.), *Inteligencia Artificial: Sistemas Expertos*, paginas 23-52. Alianza Editorial, Madrid, 1986.
- Fernández Juárez Gerardo. *Médicos y Yatiris: Salud e Interculturalidad en el Altiplano Aymara*. pp. 229. CIPCA, OPS/OMS, La Paz 1999.
- Fieschi, M. *Inteligencia Artificial en medicina. Sistemas Expertos*. Barcelona: Masson S.A., Barcelona, 1987.
- Fisher P and Ward A. Medicine in Europe: complementary medicine in Europe. *British Medical Journal*, 1994, 309:107-111.
- García Martínez, R. & Britos, P. 2004 *Expert System Engineering*, Nueva Librería Ed. Buenos Aires.
- Giarratano J. y Riley G. *Sistemas Expertos: Principios y Programación*. Tercera Edición. Thomson Editores. Mexico. 2001.
- Girault Louis. *Kallawaya, curanderos itinerantes de los Andes*. Passim. Quipus. La Paz, 1987.
- Gorry G.A. Computer-assisted clinical decision making. *Methods of Information in Medicine*, 12: 45-51, 1973.
- Hanson I.I., C. William. MD. *History of Computing in Medicine*. Princeton University
<http://www.cs.princeton.edu/courses/archive/spr02/cs495/History%20of%20Computing%20in%20Medicine.pdf>
- Harvey A.M, Bordley J., Barondess J. *Differential diagnosis*. London:WB. Saunders, 1979.
- Haton, J.P. & Haton M.C. *La Inteligencia Artificial: una aproximación*, Ediciones Paidós, Barcelona España. 1991.
- Hauge, O., Britos, P., García-Martínez, R., 2006, in IFIP International Federation for Information Processing, Volume 217, *Artificial Intelligence in Theory and Practice*, ed. M. Bramer, (Boston: Springer), pp. 435-444.
- Health Canada. *Perspectives on Complementary and Alternative Health Care. A collection of papers Prepared for Health Canada*. Ottawa, Health Canada, 2001.
- Heckerman D. Probabilistic interpretations for MYCIN's certainty factors. En: L. N. Kanal y J. F. Lemmer (eds.), *Uncertainty in Artificial Intelligence*, pages 167-196. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1986.
- Hickam D.H., Shortliff E.H, Bishchoff M.B, Scott A.C, Jacobs C.D. Evaluations of the ONCOCIN System. *Memo HPP 84-9 Stanford University*, 1984.
- Horvitz E. and D. Heckerman. The inconsistent use of measures of certainty in Artificial Intelligence research. En: L. N. Kanal y J. F. Lemmer (eds.),

- Uncertainty in Artificial Intelligence*, pages 137-151. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1986.
- Iglesias Fernández Carlos Ángel. *Sistemas Basados en Conocimiento. Introducción a CLIPS*. <http://www.gsi.dit.upm.es/~cif/cursos/ssii/html/clips99.html> Noviembre 1999.
- Ilizástigui D.F. El método clínico: muerte y resurrección. *Revista Cubana de Educación Medica Superior* 2000;14(2):109-27. Instituto Superior de Ciencias Médicas de La Habana. http://www.bvs.sld.cu/revistas/ems/vol14_2_00/ems01200.htm
- Kulikowski C.A. and S.M. Weiss. Representation of expert knowledge for consultation: The CASNET and EXPERT projects. In: P. Szolovits (ed.), *Artificial Intelligence in Medicine*, pp. 21-55. Westview Press, Boulder, CO, 1982.
- Ledley R.S. and L.B. Lusted. The Use of Electronic Computers to Aid in Medical Diagnosis. *Proceedings of the IRE*, Vol. 47, No. 4, Pages 1970-1977. November, 1959. <http://www.neonatology.org/biblio/bib243.html>.
- Levinson D. Teaching the diagnostic process. *Jornadas Medicas de Educación* 1968; 43(9).
- Luger, G.F. and W.A. Stubblefield. *Artificial Intelligence and the Design of Expert System*. California: Benjamin/Cummings Pub., 1989.
- Magdaleno Mora Raquel. *La Farmacia del Campo*. Cuernavaca, Morelos, México 1981.
- Marthiessen P. Rosslenbroich B & Schmidt St. *Unkonventionelle Medizinische Richtungen -Bestandaufnahme zur Froschungssituation*. Bonn, Wirtschaftsverlag, NW, 1992. (Materialen zur Gesundheitsforschung, Band 21).
- McCulloch W. S. and W. H. Pitts. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5: 115-133, 1943.
- McDermott J. R1: A rule-base configurer of computer systems. *Artificial Intelligence*, 19: 39-88, 1982.
- McWhinney I.R. Are on the brink of a mayor transformation of clinical method?. *CMAJ* 1986;135.
- Medicina, Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online 2005 <http://mx.encarta.msn.com> © 1997-2005. Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
- Medicinal and Aromatic Plants for Human Use, Mendoza. Argentina. <http://www.geocities.com/capecanaveral/4409> [Acceso: Enero 2005].
- Michie D. Turing's Test and conscious thought. *Artificial Intelligence*, 60: 1-22, 1993.
- Minsky M. A framework for representing knowledge. In: P. H. Winston (ed.), *The Psychology of Computer Vision*, pages 211-277. McGraw-Hill, New York, 1975.
- Moura M.F. e S.A. Braga da Cruz. *Estudo de Expert System Shells para o Ambiente de Diagnose Remota*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Campinas, SP. Documentos 7. ISSN 1677-9274. 2001. <http://www.cnptia.embrapa.br>

- Natureduca, España, http://natureduca.iespana.es/biog_hipocrates.htm [Acceso: mayo 2005].
- Newell A. and H. A. Simon. GPS, a program that simulates human thought. In: E. A. Feigenbaum y J. Feldman (eds.), *Computers and Thought*, pp. 279-293. McGraw-Hill, New York, 1963.
- Newell A., J. C. Shaw and H. A. Simon. Empirical explorations with the Logic Theory Machine. In: E. A. Feigenbaum and J. Feldman (eds.), *Computers and Thought*, pp. 109-133. McGraw-Hill, New York, 1963.
- Nig K.C. and B. Abramson. Uncertainty management in expert systems. *IEEE Expert*, pages 29-48, April 1990.
- Nilsson N.J. Logic and artificial intelligence. *Artificial intelligence*, 47: 31-56, 1991.
- OMS: Medicina Tradicional – Necesidades Crecientes y Potencial. *WHO Policy Perspectives on Medicines*. World Health Organization. Geneva. No.2 May 2002.
- Organización Mundial de la Salud. *Consultation Meeting on Traditional Medicine and Modern Medicine: Harmonizing the Two Approaches*. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1999. (Documento de referencia (WPTM/ICP/TM/001/RB/98-RS/99/GE/32(CHN))).
- Organización Mundial de la Salud. *Estrategia de la OMS sobre medicina tradicional 2002-2005*. Diseño y disposición Renata Kerr Design. Ginebra 2002.
- Organización Mundial de la Salud. *Promoting the Role of Traditional Medicine in Health Systems: a Strategy for the African Region 2001–2010*. Harare, Organización Mundial de la Salud, 2000 (documento de referencia AFR/RC50/Doc.9/R).
- Organización Mundial de la Salud. *Report: Technical Briefing on Traditional Medicine. Forty-ninth Regional Committee Meeting, Manila, Filipinas, 18 de septiembre de 1998*. Manila, Oficina Regional de la OMS para el Pacífico Occidental, 1998.
- Organización Mundial de la Salud. *Traditional, Complementary and Alternative Medicines and Therapies*. Washington DC, Oficina Regional de la OMS para las Américas/Organización Panamericana de la Salud (grupo de trabajo OPS/OMS), 1999.
- Poma de Ayala Felipe Waman. *Primera Nueva Crónica y Buen Gobierno*, Cusco, 1617.
- Pressman, R. *Software Engineering: A Practitioners Approach*, 5th edition. McGraw-Hill. 2002.
- Quillian M.R.. Semantic memory. In: M. Minsky (ed.), *Semantic information processing*, pages 227-270. MIT Press, Cambridge, MA, 1968.
- RAEC (Red Andina de Enfermería Comunitaria). *Información general de la Republica de Bolivia*. 2004. <http://members.tripod.com/~RAEC/bolivia.html>
- Ringland G.A. and D.A. Duce. *Approaches to Knowledge Representation: An Introduction*. John Wiley & Sons, New York, 1986.
- Rosenblueth A., N. Wiener y J. Bigelow. Behavior, purpose and teleology. *Philosophy of Science*, 10: 18-24, 1943.

- Russell S. & Peter Norvig. *Inteligencia Artificial: Un Enfoque Moderno*. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. 1996.
- Segovia De Arana J.M. *Medicina Preventiva y Predictiva*. Cátedra de Patología Médica. Universidad Autónoma de Madrid. 2003. www.farmaindustria.es
- Sermeus G. Alternative health care in Belgium: an explanation of various social aspects. In: Lewith G. and Aldridge D. eds. *Complementary Medicine and the European Community*. Saffron Walden, CW Daniel, 1991.
- Shank R.C. Conceptual Dependency: A theory of natural language understanding. *Cognitive Psychology*, 3: 552-631, 1972.
- Shannon C. E. Automatic chess player. *Scientific American*, 182, 1950.
- Shapiro S.C. (ed.). *Encyclopedia of Artificial Intelligence*. John Wiley & Sons, New York, second edition, 1992.
- Shapiro S.C. Artificial intelligence. *Encyclopedia of computer science*. 3rd. ed. Van Nostrand Reinhold; 1993.
- Shortliffe E.H. and B. G. Buchanan. A model of inexact reasoning in medicine. En: B. G. Buchanan y E. H. Shortliffe (eds.), *Rule-based expert systems: The MYCIN experiments of the Stanford Heuristic Programming Project*, cap. 11, pages 233-262. Addison-Wesley, Reading, MA, 1984.
- Shortliffe, Edward H. 1992. *The Adolescence of AI in Medicine*. Stanford University - http://smi-web.stanford.edu/pubs/SMI_Reports/SMI-92-0449.pdf
- Simon, H. *The Science of the Artificial*. Cambridge, MA: MIT Press. 1996.
- Sowa J.F. *Conceptual Structures: Information Processing in Minds and Machines*. Addison-Wesley, Reading, MA, 1984.
- Sowa J.F. Semantic networks. En: S.C. Shapiro (ed.), *Encyclopedia of Artificial Intelligence*, pages 1493-1511. John Wiley & Sons, New York, second edition, 1992.
- Stefik M., J. Aikins, R. Balzer, J. Benoit, L. Birnbaum, F. Hayes-Roth y E. Sacerdoti. Basic concepts for building expert systems. En: F. Hayes-Roth, D. A. Waterman y D. B. Lenat (eds.), *Building Expert Systems*, cap. 3, pp. 59-86. Addison-Wesley, Reading, MA, 1983.
- Swartout W.R. XPLAIN: A system for creating and explaining expert consulting programs. *Artificial Intelligence*, 21: 285-325, 1983.
- Szolovits P. and S.G. Pauker. Categorical and probabilistic reasoning in medicine. *Artificial Intelligence*, 11: 115-144, 1978.
- Turing A. M. Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59: 433-460, 1950.
- Van Melle W. A domain-independent production-rule system for consultation programs. In: *Proceedings of the 11th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-89)*, pp. 923-925, Detroit, MI, 1989.
- Van Melle W. The structure of the MYCIN system. In: B.G. Buchanan and E.H. Shortliffe (eds.), *Rule-based expert systems: The MYCIN experiments of the Stanford Heuristic Programming Project*, cap. 4, pages 67-77. Addison-Wesley, Reading, MA, 1984.
- Van Melle W., E.H. Shortliffe and B.G. Buchanan. EMYCIN: A knowledge engineer's tool for constructing rule-based expert systems. In: B.G. Buchanan y E.H. Shortliffe (eds.), *Rule-based expert systems: The MYCIN experiments of the*

- Stanford Heuristic Programming Project*, chap. 15, pp. 302-313. Addison-Wesley, Reading, MA, 1984.
- Vásquez Luna F. y M.A. Vásquez V. La Medicina en el siglo XX Trabajo publicado en la *Revista del Instituto Médico "Sucre"* Año LXIV Enero - Junio 2000 N° 116. http://www.indexmedico.com/publicaciones/journals/revistas/bolivia/instituto_sucre/edicion1/luna_historia.htm
- Viesca Treviño Carlos, *Medicina prehispánica de México: El conocimiento médico de los nahuas*. pp. 116. Editorial Panorama, México 1996.
- Von Neumann J. The general and logical theory of automata. In L.A. Jeffress (ed.) *Cerebral Mechanisms in Behavior*, pp. 1-41, Wiley, New York, 1951.[245]
- Warner H.R., A.F. Toronto and L.G. Veasy. Experience with Bayes' theorem for computer diagnosis of congenital heart disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 115: 558-567, 1964.
- Waterman D.A. *A Guide to Expert Systems*. Addison Wesley, Reading MA, 1986.
- Wechsler H. *Computational Vision*. Academic Press, Inc. 1990.
- Winston P.H. Learning structural descriptions from examples. Technical Report MAC-TR-76. Department of Electrical Engineering and Computer Science, MIT, Cambridge, Massachusetts PhD dissertation, 1970.
- Zalles A.J. y M. De Lucca. *El verde de la salud: manual de medicina tradicional autóctona para uso de los agentes de atención primaria de salud*. Cooperación Técnica Alemana-Servicio Integrado de Salud-Programa de las Naciones Unidas para la Infancia-Ministerio de Previsión Social y Salud Pública. Punata-Cochabamba-Bolivia. 1991.
- Zalles Asín Jaime R. *Historia de la medicina natural boliviana*. Tarija-Bolivia, diciembre de 2000. <http://www.revistamedica.8m.com/histomed130.htm>
- Zollman C. and Vickers A.J. *ABC of Complementary Medicine*. Londres, BMJ Books, 2000 (reimpreso de una serie de artículos publicados en el *British Medical Journal* durante 1999).

ANEXO A

GLOSARIO DE TERMINOS

Glosario A-D

abortivo(a). Que provoca la expulsión del feto o la interrupción del embarazo

aborto. Interrupción del embarazo.

absceso. Inflamación sensible y dolorosa a la presión, caracterizada por acumulación de pus en un tejido orgánico.

acaule. Planta cuyo tallo es tan corto que parece no existir, de forma que las hojas nacen a ras del suelo como ocurre en el llantén y el diente de león, entre otras.

aclamídea. Flor desprovista de periantio.

acné. Enfermedad bacteriana de la piel, caracterizada por la formación de pústulas, pápulas, nódulos y quistes. Generalmente se originan al retenerse la secreción de las glándulas sebáceas por trastornos en el equilibrio hormonal, alimentación inadecuada, nerviosismo y factores emocionales.

acuminado(a). Que, disminuyendo gradualmente, termina en punta.

adelgazador (a). Que pone delgado. Que rebaja o disminuye de peso.

adobo. Salsa con que se sazona un manjar o alimento.

aerofagia. Deglución involuntaria de aire, seguida de eructos ruidosos. Puede ser consecuencia de gastritis, úlcera gástrica o inflamación de la vesícula biliar.

afección. Enfermedad.

afección cutánea. Enfermedad de la piel.

afección epidérmica. Afección cutánea.

afección hepática. Enfermedad del hígado.

afección renal. Enfermedad causada por los cálculos renales o piedrecillas, los cuales se originan por la acumulación de sales en la pelvis renal. Las piedrecillas lesionan las paredes internas de los riñones provocando cólicos intensos cuando llegan a los conductos urinarios. Algunas veces se presenta con escalofríos, fiebre y vómitos.

afonía. Pérdida de la voz causada por lesiones orgánicas o funcionales de las cuerdas vocales.

afrodisíaco. Sustancia o medicamento que excita el deseo sexual.

aftas. Úlcera pequeña que se forma en la boca, en el tubo digestivo o en la mucosa genital.

agente dilatador. Que ensancha, extiende o aumenta el volumen de un cuerpo.

agotamiento. Desgaste gradual de las funciones del organismo causado por un esfuerzo prolongado, excesivo y que impide una adecuada recuperación.

albúmina. Proteína soluble en agua. Forma casi la totalidad de la clara de huevo y del suero de la sangre; también se encuentra en la leche y en los tejidos musculares, entre otros.

albuminuria. Presencia de albúmina en la urina; suele ser síntoma de enfermedad renal.

alcoholismo. Enfermedad causada por el abuso de bebidas alcohólicas.

alergeno(a). Que facilita la aparición de la alergia.

alergia. Modificación producida en un organismo por la introducción de un virus o la absorción de alguna sustancia. Se manifiesta como rinitis, asma, urticaria, eczema, conjuntivitis, migraña, estornudo, edema, etcétera.

almorranas. Hemorroides.

amargo. Se aplica a algunas sustancias o plantas de este sabor y que actúan como aperitivos o depurativos. Son drogas vegetales con influencia sobre la función gástrica, especialmente en caso de inapetencia.

amebiasis. Enfermedad parasitaria, tropical, causada por infestación de amebas. Disentería provocada por las amebas.

amenorrea. Ausencia anormal del flujo menstrual, debido a causas orgánicas endocrinas, nutricionales, psicológicas o emocionales.

amento. Espiga o racimo denso, la mayoría de las veces pendular; compuesto de flores inconspicuas, aclamídeas, generalmente de un mismo sexo; como en el sauce, castaño, roble.

amígdalas. Glándulas rojas, en forma de almendra, situadas a cada lado de la garganta.

amigdalitis. Inflamación de las amígdalas, acompañada de dolor de faringe, dificultad al deglutir, fiebre, dolor de cabeza.

amnesia. Debilidad o pérdida total de la memoria retentiva. Se distingue del olvido, el cual se considera normal.

amplexicaulo(a). Órganos que abrazan el tallo de una planta. Amplexicaule.

anafiláctico(a). Aumento de la sensibilidad del organismo respecto a una sustancia determinada por la penetración en el cuerpo (inyección o ingestión), por segunda vez, de una dosis de ésta, cuando la primera aplicación causó reacción nula.

anafrodisíaco(a). Sustancia que disminuye el deseo o el placer sexual.

analéptico. Que restablece las fuerzas perdidas por una larga enfermedad.

analgésico(a). Que alivia o calma el dolor, al actuar sobre los centros nerviosos.

anemia. Disminución del número normal de glóbulos rojos en la sangre. Se caracteriza por palidez de la piel; labios, párpados, pies y manos fríos; mareos y fatiga general

anestésico. Que produce privación temporal o total de la sensibilidad general o de un órgano en particular.

aneurisma. Tumor sanguíneo causado por la dilatación de una arteria. Dilatación anormal del corazón.

angina. Nombre dado a todas las afecciones inflamatorias de la faringe.

angina de pecho. Afección del corazón que se manifiesta en crisis dolorosas y sensaciones de angustia.

anguloso. Que tiene ángulos.

antiabortivo. Que previene o evita el aborto.

antiácido. Que neutraliza la acidez anormal en ciertas partes del organismo.

antianémico(a). Que contrarresta la anemia mediante la aportación de hierro, minerales y vitaminas. Que fomenta la formación de globulina y enriquece la sangre.

anticoagulante. Que retrasa o impide la coagulación de la sangre.

anticolesterol. Que disminuye el índice de colesterol en la sangre.

anticonceptivo. Que impide la fecundación.

antidiabético. Que disminuye el nivel de glucosa en la sangre. Medicamento empleado para tratar la diabetes. Hipoglucemiante.

antidiaforético. Que reduce la transpiración excesiva.

antidiarreico. Que controla la diarrea, mediante acción astringente, absorbente, desinfectante o moderadora del tránsito intestinal.

antídoto. Contraveneno o antitóxico. Agente que evita o contrarresta los efectos nocivos de otro.

antiemético(a). Que detiene o evita las náuseas y el vómito.

antiescorbútico. Que sirve para tratar el escorbuto.

antiespasmódico. Que sirve para calmar o evitar los espasmos o convulsiones.

antiflatulento. Que evita la flatulencia.

antiflogístico. Que reduce las inflamaciones. Acelera la renovación de los tejidos dañados, actuando sobre los epitelios.

antihelmíntico(a). Que elimina o expulsa parásitos intestinales. Vermicida, vermífugo.

antiherpético. Que se opone al desarrollo del herpes al cicatrizar las erupciones de la piel, por lo regular crónicas, producidas por éste.

antihipercolesterolémico. Que reduce los niveles de colesterol en la sangre.

antiinflamatorio. Que reduce las inflamaciones, oponiéndose a las reacciones orgánicas productoras de edemas.

antineurálgico. Que cura la neuralgia.

antipalúdico. Que sirve para tratar personas afectadas de paludismo.

antiperiódico. De utilidad para contrarrestar las enfermedades que se producen periódicamente, sobre todo la fiebre.

antipirético. Que disminuye la fiebre.

antirreumático. Que previene o cura las personas con reumatismo.

antiséptico. Sustancia que previene o detiene la putrefacción o la infección.

antisililítico. Que sirve para curar la sífilis.

antitóxico. Que ayuda al organismo a neutralizar o destruir ciertas sustancias venenosas.

antivenéreo. Que previene o contrarresta las enfermedades venéreas.

antiviral. Que se opone al desarrollo de los virus.

anual. Planta cuyo ciclo de vida es de un año; fructifica durante un solo período vegetativo.

aovada. Que tiene figura de huevo. Ovoide.

apendicitis. Proceso inflamatorio asentado en el apéndice cecal. Se manifiesta como un fuerte dolor en el lado derecho del abdomen, fiebre, náuseas, vómito y estreñimiento.

aperitivo. Que sirve para estimular o aumentar el apetito y para controlar las obstrucciones. Amargo.

apoplejía. Acumulación mórbida de sangre en el cerebro con pérdida de la sensibilidad y el movimiento.

aquenio. Fruto seco, indehiscente, con una sola semilla que no está soldada al pericarpio.

aromático(a). Que contiene aroma, perfume y fragancia más o menos agradables. Planta rica en aceites esenciales y otros principios olorosos que confieren a la madera, hojas y flores un olor característico, distinto en cada especie.

arrosetado. Que se dispone en forma de roseta.

arteriosclerosis. Endurecimiento, pérdida de elasticidad y engrosamiento anormales, a veces obstructivos, de los tejidos arteriales, causados por la inflamación crónica de los mismos, en especial de la túnica íntima.

articulado. Que tiene articulaciones o nudos prominentes.

artritis. Inflamación de las articulaciones.

áscaris. Lombriz intestinal.

aséptico. Que impide la infección de las heridas y úlceras. Desinfectante.

asma. Enfermedad de los pulmones que se manifiesta por sofocaciones intermitentes, dificultad en la respiración con disnea, tos, sibilancias, tumefacción de la mucosa bronquial y producción de moco espeso.

asmático. Drogas o fármacos que se utilizan para tratar la afección bronquial, facilitando la respiración.

astenia. Decaimiento considerable de fuerzas, debilidad.

astrigente. Sustancia que constriñe, seca y limpia. Disminuye la acción laxa de los intestinos. Contrae los tejidos y las mucosas con lo cual modera las secreciones, frena los flujos patológicos y acelera la cicatrización de las heridas. Antidiarreico.

atemperante. Que templar o modera la actividad circulatoria y el ardor de la fiebre.

arteriosclerosis. Endurecimiento y engrosamiento anormales, a veces obstructivos, de los tejidos arteriales, causados por la inflamación crónica de los mismos, en especial de la túnica íntima.

ateroesclerosis. Es la variedad más común de arteriosclerosis; causada por la acumulación de materia fibroadiposa en la túnica íntima.

atonía. Pérdida del tono muscular.

aurícula. En botánica, es el lóbulo o apéndice lateral foliáceo, generalmente pequeño, situado en el pecíolo o en la base del limbo de la hoja, con forma como de una orejita.

avitaminosis. Carencia o deficiencia de vitaminas.

axilar. Que se origina en el ángulo que forma una parte de la planta con el tallo o la rama.

bacciforme. En forma de baya.

balsámica. Producto resinoso natural que contiene ácido benzoico o cinámico; aplicable a las llagas, úlceras y heridas.

baño. Inmersión del cuerpo o una parte de él en un medio líquido o gaseoso para la conservación o restablecimiento de la salud.

baños de asiento. Baño de nalgas y caderas.

barro. Grano en la cara.

basal. Situado en la base de una formación orgánica o relativo a ella.

baya. Fruto carnoso, jugoso, con epicarpo (cáscara) muy delgado; mesocarpo y endocarpo carnosos.

bazo. Viscera del cuerpo situada en el hipocentro izquierdo, entre el colon y las falsas costillas. Constituye un órgano de depósito de sangre, y tiene un importante papel fisiológico en la destrucción de los glóbulos rojos envejecidos.

béquico. Que calma la tos y el catarro bronquial.

bilis. Secreción digestiva del hígado. Líquido viscoso, amarillo o verdoso, amargo; compuesto de agua, sales y pigmentos biliares, ácidos grasos, colesterol y lecitina.

biocatalizador. Sustancia que acelera las reacciones químicas en los organismos vivos, por ejemplo enzimas, fermentos, vitaminas y oligoelementos.

bipinnada. Dos veces pinnada; hoja cuyos folíolos, en vez de simples, son pinnados, es decir que se articulan en un tallo central formando ángulo recto y en numerosas ramificaciones.

blefaritis. Inflamación leve de los párpados; se caracteriza por la formación de costras húmedas y amarillas en los márgenes ciliares, lo cual hace que se peguen los párpados.

blenorragia. Inflamación de la mucosa de los órganos genitales, debida al gonococo de Neisser. Se caracteriza por dolor y abundante exudado purulento. Gonorrea.

bocio. Tumor en el cuello producido por la hipertrofia de la glándula tiroides.

bráctea. Hoja pequeña que nace en el pedúnculo de algunas flores.

bronconeumonía. Inflamación de los bronquios y de los alvéolos pulmonares.

bronquio. Cada uno de los conductos en que se divide la tráquea y las subdivisiones de los mismos.

bronquitis. Inflamación de la membrana mucosa de los bronquios.

bubón. Tumefacción inflamatoria de un ganglio linfático, frecuentemente el de la ingle.

bulbo. Tallo subterráneo, tierno y carnososo de algunas plantas.

bulbosa. Que tiene bulbos.

cabezuela o capítulo. Inflorescencia compuesta de muchas flores organizadas en forma espiralada en el extremo del pedúnculo.

caduco(a). Órganos poco durables y que se desprenden periódicamente de la planta.

cálculo. Piedrecilla o concreción pétreo que se forma en la vejiga, los riñones, el hígado, la vesícula biliar. Mal de piedra.

cálculos nefríticos o renales. Cálculo urinario en el riñón.

calmante. Que alivia o calma el dolor de una herida, golpe o enfermedad.

calvicie. Carencia de pelo en la cabeza. Caída del cabello causada por herencia, trastornos metabólicos, infección bacteriana, estrés, etcétera.

callo (callosidad). Dureza de la piel producida por el roce con un cuerpo duro.

cáncer. Tumor maligno formado por una proliferación anormal y desordenada de células cancerosas que invaden los tejidos vecinos. Por vía sanguínea o linfática puede ser arrastrado hasta otros órganos y colonizarlos formando nuevos tumores.

capítulo. Inflorescencia en la que las flores sésiles se asientan sobre un receptáculo o dilatación del eje, rodeado a su vez por un involucro de brácteas. Cabezuela.

cápsula. Fruto sincárpico seco y dehiscente y que encierra numerosas semillas.

capullo. Botón de la flor a punto de abrirse.

cardiotónico. Fortifica y despierta la actividad del corazón. Tonifica el corazón y regulariza su ritmo.

cariópside. Fruto de una sola semilla, seco, indehiscente, con el pericarpio delgado soldado a la semilla, como el fruto o grano de maíz.

carminativo. Medicamento que previene la formación de gases en el tubo digestivo o contribuye a su eliminación. Disminuye la aerofagia y la hinchazón del estómago y excita los movimientos intestinales.

cataplasma. Aplicación externa caliente de consistencia de papilla por ejemplo hojas comprimidas que se aplica sobre cualquier parte del cuerpo y contiene sustancias medicinales; se utiliza más particularmente como calmante y emoliente.

catarata. Opacidad del cristalino o de su membrana que puede producir ceguera.

catarro. Inflamación de las membranas mucosas, con abundante secreción. Resfriado.

catártico. Purgante fuerte de acción rápida.

cáustico(a). Que quema y desorganiza, corrosivo; destruye el tejido sobre el cual se aplica.

ceguera. Pérdida del sentido de la visión.

celulitis. Inflamación del tejido adiposo subcutáneo que simula obesidad.

chancro. Úlcera de origen venéreo, generalmente genital.

ciático(a). Dolor violento y crónico del nervio ciático (nervio de la cadera).

cicatrizante. Que cierra una herida; promueve o produce la cicatrización.

cima escorpioide. Inflorescencia cuyo eje remata en una flor, lo mismo que los ejes secundarios que van surgiendo a los lados, echa las ramitas por debajo de cada flor de tal manera que toma la forma del extremo posterior de un escorpión.

circulación. Movimiento continuo de la sangre que va del corazón a las extremidades y de éstas al corazón.

circulatorio. Relativo a la circulación de la sangre.

cirrosis hepática. Enfermedad del hígado caracterizada por granulaciones de color amarillo.

cistitis. Inflamación dolorosa, aguda o crónica de la vejiga urinaria o de las vías urinarias. Casi siempre es de origen infeccioso, acompañada de sensación de ardor, frecuentes deseos de orinar y orina de color intenso.

cistocarpo o esporocarpo. Órgano donde se originan las esporas de las algas.

clorosis. Enfermedad propia de las adolescentes caracterizada por el empobrecimiento de la sangre y la palidez amarillenta del rostro.

coadyuvante. Que ayuda a sanar o curar. Refuerza la acción de un medicamento o principio activo.

coágulos. Masa semisólida de sangre cuajada.

colagogo(a). Que obliga a la vejiga biliar a excretar bilis. Que aumenta y estimula la secreción de la bilis.

colar. Pasar un líquido por un colador o por otro líquido filtrante.

cólera. Enfermedad epidemiológica caracterizada por violentos dolores intestinales, vómitos y deposiciones numerosas, que llevan a una grave deshidratación.

colerético. Que estimula la secreción biliar por parte del hígado.

colesterol. Sustancia similar a la grasa que se encuentra en todas las células de los vertebrados, especialmente en el tejido nervioso, la sangre y la bilis.

cólico. Dolor abdominal intenso debido a contracciones de la musculatura lisa de los órganos huecos, obstrucción o torcimiento.

cólicos hepáticos. Cólicos del hígado.

cólicos nefríticos. Cólicos causados por calculos renales los cuales producen dolor al pasar por el uréter.

colírica. Que reduce la inflamación de los ojos.

colirio. Medicamento que se aplica generalmente en forma de gotas, sobre la conjuntiva del ojo para combatir afecciones oculares.

colitis. Inflamación del colon.

colon. Porción intermedia del intestino grueso situada entre el ciego y el recto.

colopatía. Término general para referirse a las afecciones del colon, por ejemplo, enterocolitis, colitis mucomembranosa.

compresa. Lienzo con varios dobleces que se emplea para usos médicos, colocado entre una herida y la venda.

congestión cerebral. Acumulación mórbida de sangre en el cerebro.

conjuntivitis. Inflamación de la conjuntiva, con lagrimeo frecuente, ojos enrojecidos, escozor y fotofobia.

constipación. Estreñimiento.

contagio. Transmisión de una enfermedad infecciosa por contacto directo o indirecto.

contraveneno. Remedio que neutraliza algún veneno. Antídoto.

contusión. Magulladura o moretón producido por un cuerpo contundente, sin rompimiento de la piel, aunque provoca hemorragia capilar.

convalecencia. Fortificación. Período que sigue a la enfermedad, cuando se recupera gradualmente la salud o la fuerza.

convulsión. Contracción violenta e involuntaria de parte o de todos los músculos esqueléticos del cuerpo.

cordial. Remedio, bebida o poción confortante que reanima y fortalece el corazón. Activa la circulación sanguínea y estimula las funciones digestivas.

cordiforme. Que tiene forma de corazón.

coriácea(o). Semejante al cuero en su aspecto y consistencia.

corimbo. Inflorescencia indefinida en que los pedúnculos, de longitud desigual, arrancan a distintas alturas y terminan todos casi en el mismo plano, de tal forma que todas las flores alcanzan el mismo nivel.

coriza. Inflamación de la mucosa nasal, llamada también romadizo.

correctivo(a). Que corrige o atenúa.

costilla. Protuberancia lineal más o menos pronunciada en la superficie de los órganos vegetales, y especialmente en los frutos de las umbelíferas.

coto. Bocio, papera.

crystaloide. Cuerpos de morfología y propiedades parecidas a las de un cristal. Sustancia no coloidal, cuya disolución pasa por los tabiques porosos.

culebrilla. Enfermedad viral aguda cutánea de los países tropicales, caracterizada por inflamación unilateral segmentaria de los ganglios de las raíces posteriores, o de los ganglios sensitivos de los pares craneales y erupción vesicular dolorosa en la piel o en las mucosas en la distribución periférica del nervio.

debilidad. Falta de vigor, energía o fuerza física.

debilidad muscular. Pérdida del vigor muscular.

debilidad sexual. Disminución del vigor sexual en la edad madura.

decantar. Eliminar las impurezas de una sustancia. Un método sencillo para decantar un líquido consiste en inclinar ligeramente un recipiente para pasar el líquido que contiene sin que se pase el precipitado del fondo, o el sedimento.

decocción. Acción de cocer en un líquido drogas o plantas. Producto líquido que resulta de esta operación.

dehiscente. Órgano reproductor vegetal (esporangio, antera, fruto, etcétera.) que se abre naturalmente cuando llega a la madurez.

delirio. Disturbio mental en el que se confunde realidad y fantasía. Se caracteriza por alucinaciones, excitación, incoherencias y desasosiego.

depresión. Estado de ánimo que se manifiesta con tristeza, ansiedad, disminución de las fuerzas físicas y psíquicas y de la actividad intelectual.

depresor. Droga o fármaco que produce depresión, o sea que disminuye la actividad funcional y produce desaliento emocional.

depurativo. Medicamento que limpia o purifica la sangre de sustancias nocivas e inútiles, a través de los riñones y de la sudoración. Desintoxicante.

dermatitis. Inflamación de la piel producida por sustancias irritantes.

dermatosis. Término general para las afecciones de la piel.

descongestionante. Que atenúa o hace desaparecer la congestión.

desinfectante. Sustancia que destruye o neutraliza los microorganismos y los parásitos. Evita las infecciones en las heridas, llagas y úlceras.

desinflamatorio. Que disminuye o quita la inflamación o irritación.

desintoxicante. Medicamento que elimina las sustancias tóxicas. Depurativo.

desmayo. Pérdida transitoria o disminución del sentido y movimiento.

desodorizado. Que le ha sido quitado el olor.

diabetes. Alteración del metabolismo de los carbohidratos caracterizada por abundante secreción de orina cargada de glucosa, hiperglucemia, alteraciones del metabolismo de las grasas y de las proteínas, sed continua, pérdida de peso y curación difícil de heridas.

diaforético. Sustancia que aumenta la transpiración o sudor. Sudorífico.

diarrea. Enfermedad gastrointestinal caracterizada por la defecación frecuente y acuosa, acompañada de cólicos, dolores de vientre y abatimiento.

difteria. Enfermedad infecciosa aguda caracterizada por la aparición de falsas membranas en las mucosas del cuerpo humano, principalmente en las superficies mucosas de las vías respiratorias y digestivas superiores, en las que producen los síntomas locales de tumefacción.

digestivo. Agente o remedio que ayuda a la digestión.

digitopalmado. Que se divide en lóbulos semejantes a los dedos de la mano.

dilatador. Agente o medicamento utilizado para aumentar el volumen de un cuerpo, ensacharlo o extenderlo.

dioica. Plantas unisexuales que tienen las flores masculinas y femeninas en individuos separados.

discoidal. Con forma de disco o similar a él.

disentería. Diarrea dolorosa con mezcla de sangre, pus y moco, debida a la inflamación del intestino, especialmente del colon, acompañada de dolor abdominal y tenesmo. Causada generalmente por amibiasis o infección bacteriana.

dislocación. Desplazamiento de uno o más huesos de una articulación o de cualquier órgano de su posición original. Luxación.

dismenorrea. Irregularidad de la función menstrual; causada generalmente por congestión intensa de las vísceras pélvicas. Se puede presentar con neuralgia, jaqueca e irritabilidad, entre otros.

dispepsia. Digestión difícil y dolorosa, caracterizada por pesadez gástrica, eructos, acidez, inflamación, retortijones y, algunas veces, diarrea y vómito. Indigestión.

diuresis. Función del riñón por la que éste elabora la orina. Secreción de la orina.

diurético. Medicamento o sustancia que actúa favorablemente sobre los riñones, ya que tiene la virtud de aumentar la secreción y excreción de la orina para eliminar los productos nocivos que se producen en el organismo.

dolencias venéreas. Afección, enfermedad, cuya transmisión está relacionada con el acto sexual.

dolor de cabeza. Dolor intermitente o permanente en la zona de la frente, las sienes o la región occipital.

droga. En farmacognosia se considera como droga cualquier parte mineral, vegetal o animal de efecto medicinal, estimulante, deprimente o narcótico o que ha de elaborarse para obtener un medicamento más purificado. Droga es también el producto ya elaborado, listo para ser suministrado al enfermo.

Glosario E - L

eczema. Nombre de diversas enfermedades de la piel caracterizadas por vesículas, secreción seropurulenta y descamación epidérmica.

edema. Retención de líquido en los espacios intersticiales de un órgano o de un tejido subcutáneo o submucoso; se caracteriza por tumefacción, inelasticidad, palidez y retención de la huella de la presión del dedo.

edulcorante. Sustancia que es capaz de endulzar.

embolia. Obstrucción vascular causada por un cuerpo extraño; generalmente por coágulos que circulan en la sangre.

emenagogo. Agente o fármaco que promueve, ayuda, estimula o restablece la menstruación.

emético. Se aconseja para vaciar el estómago que está en peligro de indigestión o cuando se va a administrar un antídoto contra veneno o intoxicación; su uso debe ser supervisado por el médico. Vomitivo.

emoliente. Medicamento de uso externo que tiene la propiedad de ablandar una parte inflamada. Ablandativo, que ablanda los tumores y furúnculos. Facilita el reblandecimiento de las materias acumuladas en los intestinos. Suavizan y protegen la piel o las mucosas.

emplasto. Preparación terapéutica producida al triturar una planta medicinal hasta formar una masa glutinosa y extenderla en un lienzo para aplicarla en la parte afectada.

endocarditis. Inflamación de la membrana interior del corazón.

endocarpio. Parte interna del pericarpo de un fruto, de naturaleza leñosa o blanda. Endocarpo.

eneuresis. Micción involuntaria, diurna o nocturna, en una persona que se espera tenga control vesical.

enfisema. Tumefacción producida por la presencia de aire o gas en el tejido celular, especialmente el subcutáneo.

enfisema pulmonar. Dilatación anormal de las ramificaciones bronquiales.

enfriamiento. Catarro ligero.

enteritis. Inflamación del intestino, especialmente del delgado. Se manifiesta por dolores abdominales como los del cólico, diarreas y vómitos.

enterocolitis. Inflamación del intestino delgado, el ciego y el colon.

envainada. Que envuelve al tallo como una vaina.

envés. Superficie inferior de la hoja. Revés.

epilepsia. Alteración cerebral caracterizada por descargas neuronales recurrentes excesivas, se manifiesta por disfunción motriz, sensorial o síquica, movimientos convulsivos, con o sin pérdida del sentido.

epistaxis. Hemorragia nasal.

erisipela. Enfermedad producida por el *Streptococcus erysipelatis*, aparece en forma súbita y se desarrolla rápidamente; se caracteriza por fiebre e inflamaciones cutáneas superficiales. Estas últimas se presentan en un área de la piel definida, enrojecida, tensa, brillante, ligeramente elevada y con bordes infiltrantes.

escamas. Laminilla formada de células epidérmicas adheridas que se desprenden espontáneamente de la piel. Cualquier órgano foliáceo de forma y consistencia parecida a las escamas de los peces o de otros animales.

escapo. Tallo que parte de un rizoma o bulbo, está desprovisto de hojas y trae las flores en el ápice.

esclerosis. Endurecimiento patológico de un tejido, producido generalmente por inflamación crónica.

escorbuto. Enfermedad producida por la carencia de vitamina C en la alimentación y por las malas condiciones higiénicas. Se manifiesta con hemorragias, diarrea, ulceraciones en las encías, caída de los dientes y alteraciones de las articulaciones. Se trata por medio de la administración de ácido ascórbico o vitamina C.

escoriación. Lesión de la piel causada por fricción violenta o intensa.

escozor. Sensación dolorosa como la de una quemadura.

escrófula. Tumor frío causado por la hinchazón y supuración de los ganglios linfáticos del cuello. Infección linfática de la garganta y la piel.

esguince. Torcedura o distensión violenta de una coyuntura que provoca una lesión articular dolorosa, y a veces, la rotura de un ligamento o de fibras musculares.

espasmo. Persistencia de la contracción brusca e involuntaria de un grupo muscular o de la fibra lisa de un órgano hueco. Puede producirse en las vísceras (esófago, estómago, intestino, bronquios, útero).

espasmolítico. Que sirve para aliviar los espasmos

espatulada. Con forma de espátula.

espiguilla. Inflorescencia racemosa, simple, de flores sésiles, típica de las gramíneas.

estambre. Órgano Sexual masculino de una planta fanerógama, donde se forman los granos de polen.

esterilidad femenina. Imposibilidad de procrear o concebir.

estimulante. Agente que, temporalmente, produce un aumento en la actividad de las funciones orgánicas.

estomacal. Medicamento que estimula las funciones secretoras del estómago y favorece la digestión. Tonifica y fortalece al estómago.

estomáquico. Que facilita una función gástrica o la estimula.

estomático. Relativo al estómago humano. estreñimiento. Retraso o dificultad de evacuación de las materias fecales, con fermentación y gases expulsados con dificultad, dolores de vientre y de cabeza.

estupefaciente. Sustancia narcótica y analgésica que produce la pérdida parcial de la conciencia, ausencia de movimientos, nula reacción a los estímulos y un estado especial de euforia.

euforia. Sensación de bienestar, de confianza o de satisfacción. Júbilo.

excipiente. Sustancia usada en la elaboración de un medicamento para darle la consistencia y forma precisa. Generalmente se trata de sustancias inactivas como agua, azúcar, almidón o talco.

excitación nerviosa. Estado de notable tensión psíquica, generalmente por causas emocionales que determinan exaltación y agitación psicomotriz del sujeto.

excitante. Que excita y estimula los movimientos y pasiones.

expectorante. Medicamento que posee la propiedad de favorecer la expulsión de secreciones, mucosidades y flemas que se depositan en la garganta o en el aparato respiratorio, controlando así la tos.

faringitis. Inflamación de la faringe, con deglución difícil, amígdalas inflamadas y fiebre más o menos elevada.

fármaco. Es toda sustancia de origen natural o sintético susceptible de ser transformada en medicamento. Puede tener o no propiedades terapéuticas por sí misma. Droga.

febrífugo. Remedio que quita o disminuye la fiebre, y regula la frecuencia del pulso. Antifebril, antipirético.

fiebre. Elevación de la temperatura por encima de los 37 °C normales, aceleración del pulso y algunas veces presencia de escalofríos. Es síntoma de infecciones, intoxicaciones, insolación y otras causas.

filiforme. En forma de hilo.

filtrar. Separar un líquido de sustancias sólidas mezcladas con él, mediante filtros.

filtro. Utensilio con poros o agujeros para filtrar. Aparato para separar líquidos, merced a la retención de las partes sólidas que éstos contienen.

fístulas. Conducto patológico congénito o adquirido que comunica con una glándula o seno natural y sirve de emuntorio a sus secreciones en lugar del conducto natural.

fitoterapia o medicina herbaria. Práctica medicinal en la que se utilizan las plantas como ayuda terapéutica. Puede utilizarse como tratamiento complementario o como refuerzo de otras terapias.

flatulencia. Acumulación de gases en el tubo digestivo como consecuencia de fermentaciones y putrefacciones, o por una digestión incompleta.

flemón. Proceso inflamatorio supurativo que afecta al tejido subcutáneo o al conjuntivo situado entre otros órganos o tejidos.

flujo. Secreción originada en la vagina y cuello del útero, sin lesión apreciable.

foliado. Provisto de hojas.

folículo. Fruto seco, monocarpelar, dehiscente, membranoso, polispermo, con una valva o ventana que se abre por la sutura ventral.

folíolo. Cada uno de los elementos foliares (hojitas) que forman una hoja compuesta.

fortificante. Reconstituyente.

fotosensibilización. Sensible a la luz. Hiperreactividad cutánea a las radiaciones luminosas que se observa en ciertas personas expuestas a la acción de factores sensibilizantes externos o internos.

frigidez. Carencia, en la mujer, del deseo, placer sexual imposibilidad de experimentar el orgasmo. Frialidad.

fungicida. Que destruye los hongos o sus esporas.

fungistático. Que inhibe el desarrollo de los hongos patógenos o dañinos. Que combate la micosis.

furúnculo. Inflamación del folículo piloso y de sus glándulas sebáceas acompañada de pus. Popularmente se conoce como nado. Forúnculo.

galactógeno. Que estimula o aumenta la producción de leche. Galactagogo.

gastritis. Inflamación de la membrana interior del estómago, es acompañada de inapetencia, sensación de llenura, vómito, náusea, entre Otros.

gastroenteritis. Inflamación de la mucosa del estómago y de los intestinos, caracterizada por diarrea, náuseas y vómito, entre otros síntomas

gingivitis. Inflamación de las encías caracterizada por una orla rojiza que bordea la dentadura, con fiebre y sangramiento a la menor presión.

glandular. Que tiene glándulas de secreción o excreción.

glauca. De color verde claro y matiz azulado.

glicósidos. Nombre genérico dado a los compuestos de la glucosa existentes en los vegetales.

gluma. En la flor de las gramíneas, cada una de las dos brácteas situadas a distinto nivel en la base y que protegen la inflorescencia.

glumoso. Que tiene glumas.

gluten. Mezcla de sustancias proteicas, contenida en la semilla de cereales y algunas leguminosas de alto poder nutritivo. Sustancia pegajosa que se encuentra en las harinas.

gonorrea. Enfermedad venérea consistente en la inflamación de la mucosa de la uretra o de la vagina con emisión de flujo purulento y contagioso. Blenorragia.

gota. Enfermedad caracterizada por desórdenes viscerales y articulares, con deposición de sales de ácido úrico (uratos) en las articulaciones; causa fuertes dolores que comienzan por el dedo gordo del pie.

granos. Tumorillos pequeños.

gripe. Afección viral manifestada por malestar general, dolor de cabeza y de las extremidades, fiebre, inflamación de las mucosas del tracto respiratorio, tos y ronquera.

halitosis. Mal olor del aliento.

haz. Cara o superficie superior de la hoja.

helmíntico. Medicina usada para eliminar los helmintos o lombrices internas.

hematoma. Tumor producido por una contusión, caracterizado por acumulación de sangre coagulada extravascular circunscrita.

hematuria. Emisión de orina que contiene sangre.

hemoptisis. Hemorragia pulmonar caracterizada por la expectoración de sangre.

hemorragia. Escape de sangre de los vasos sanguíneos por rotura accidental o espontánea de éstos.

hemorroides. Tumorcillo que se forma por dilatación de las venas en el ano o recto, al inflamarse son dolorosas y pueden sangrar.

hemostático. Agente mecánico, físico o químico que sirve para el estancamiento de la sangre o que detiene la hemorragia en cualquier parte del cuerpo.

hepático. Que ayuda a las funciones del hígado y de la vesiculabiliar.

herbáceo. Que tiene la misma naturaleza que la hierba.

heridas. Destrucción del tejido cutáneo u orgánico y de los vasos sanguíneos debido a cirugía o traumatismo (golpe, cortada, punzada, escoriación, etcétera).

hermético. Perfectamente cerrado. Impenetrable para el aire y las sustancias más volátiles.

herpes. Erupción cutánea de origen viral, que consiste en la aparición de granitos o vejiguillas muy apiñadas generalmente en la cara, órganos genitales, nalgas, manos y faringe.

Herpes zoster. Culebrilla.

hidrólisis. Descomposición de ciertos compuestos por la acción del agua.

hidropesía. Acumulación anómala de líquidos serosos en el cuerpo.

hipercolesterolemia. Aumento en el índice de colesterol en la sangre, lo cual lleva a alteraciones en las paredes de las arterias, hipertensión, arteriosclerosis y complicaciones cardíacas. Se manifiesta como dolores de cabeza y nuca, zumbido de oídos, puntitos móviles en la visión y hormigueo en los miembros.

hiperglucemia. Exceso de azúcar en la sangre. Diabetes.

hipertensión. Aumento de la presión arterial como consecuencia de trastornos de origen metabólico, circulatorio, renal, hormonal, emocional o hereditario. Se manifiesta por mareos, zumbido de oídos, palpitaciones, trastornos visuales, etcétera.

hipertensor. Que aumenta la tensión o presión arterial.

hipertrofia. Aumento anormal del volumen de un órgano, sin alteración de la estructura del mismo.

hipnótico. Medicamento soporífero o narcótico, que induce al sueño.

hipo. Movimiento convulsivo del diafragma que causa inspiración, seguida del cierre parcial y súbito de la glotis, lo cual determina la producción de un ruido característico.

hipocolesterolemia. Que disminuye el índice de colesterol en la sangre y disminuye el riesgo de una aterosclerosis.

hipoglucemia. Que disminuye la cantidad de azúcar en la sangre.

hipoglucemia. Disminución de la cantidad normal de azúcar en la sangre. Hipoglicemia.

hipotensión. Presión arterial baja, acompañada de sensación de debilidad, algunas veces con enfriamiento de las extremidades.

hipotensor. Que reduce o normaliza la tensión o presión arterial.

hipotermia. Disminución de la temperatura normal del cuerpo.

hirsuto. Órgano vegetal cubierto de pelo rígido y áspero al tacto; también se aplica a lo que está cubierto abundantemente de esta clase de pelo.

hormigueo. Sensación de picor, semejante al que producirían las hormigas corriendo por el cuerpo. Comezón.

ictericia. Enfermedad producida por la mala eliminación de la bilis y que se presenta acompañada de bilirrubinemia, caracterizada por coloración amarilla de la piel, mucosas y secreciones. Otros síntomas son la fiebre y la falta de apetito.

imbricado. Conjunto de costras, láminas o escamas que, al superponerse en forma parcial una a otra, cubren sus bordes como las tejas en un tejado o las escamas de los peces.

impétigo. Erupción cutánea que forma unas costras espesas al secarse.

impotencia. Incapacidad del hombre para realizar el coito, debido a falta de vigor sexual o de fuerza.

inapetencia. Falta de apetito o de deseos.

inconspicuo. Órgano o conjunto de órganos poco notorios.

incontinencia. Emisión involuntaria de la orina o de las materias fecales.

inflamación. Reacción de los tejidos a una lesión, caracterizada por calor, enrojecimiento de la piel, hinchazón, dolor y pérdida de la función.

inflorescencia. Agrupación de flores en un pedúnculo común.

infundibuliforme. Que tiene la forma de un embudo.

infusión. Acción de extraer de una sustancia sus partes solubles, vertiendo sobre ésta agua hirviendo. Producto líquido resultante de esta acción.

insecticida. Sustancia química, de origen orgánico o inorgánico, empleada para destruir insectos nocivos.

insolación. Quemaduras causadas por la excesiva exposición a los rayos del sol; se presenta con dolor de cabeza y otras manifestaciones sintomáticas.

insomnio. Privación del sueño, desvelo. Dificultad para conciliar el sueño, causado por agotamiento físico o mental, angustia, preocupación, dolor o sobre-dosis de estimulantes.

intubación. Colocación de un tubo o sonda en una cavidad del cuerpo, especialmente el acto de introducir un tubo adecuado en la laringe para dar paso al aire en las intervenciones quirúrgicas.

irritante. Agente que excita o estimula de forma morbosa una parte del cuerpo.

jaqueca. Dolor de cabeza intermitente que generalmente afecta un lado de ella.

jugo. Líquido que se obtiene al exprimir frutos o partes de un vegetal.

labiada. Familia de plantas con flores de corola en forma de labio.

lanceolada. En forma de lanza.

laringitis. Inflamación de la laringe, especialmente de la mucosa de la misma; caracterizada por la tumefacción de la mucosa y acompañada de tos, afonía, disnea y fiebre.

látex. Líquido generalmente lechoso, de color amarillo, anaranjado o rojo, que mana de algunos vegetales al cortarles una parte o hacerles incisiones. Está formado por una emulsión acuosa de diversas sustancias (resinas, alcaloides, gomas, azúcares, etcétera).

lavado gástrico. Vaciado del contenido del estómago mediante un sondaje. Generalmente se practica para eliminar un tóxico.

laxante. Que laxa o ablanda. Purgante de acción suave. Facilita las evacuaciones diarias normales al estimular los movimientos intestinales; corrige y evita el estreñimiento sin irritar el tubo intestinal.

leucorrea. Flujo blanquecino y mucoso que proviene de la irritación de la membrana de las vías genitales de la mujer, particularmente del útero y de la vagina.

libido. Instinto, deseo sexual. En psicoanálisis es la energía psíquica de la pulsión sexual.

licor. Sustancia líquida. Bebida alcohólica que contiene alguna sustancia aromática, generalmente hierbas en maceración.

lígula. Estípula en la parte superior de la hoja de las gramíneas. O en los capítulos de las compuestas en las flores de la periferia o de toda la inflorescencia.

linfocito. Tipo de glóbulo blanco de la sangre, la linfa y los tejidos linfoides. Sus funciones están relacionadas con el sistema inmunitario.

lobuloso. Dividido en lóbulos.

lumbago. Dolor reumático que se padece en la espalda, la región lumbar o los lomos.

luxación. Dislocación de un hueso.

llaga. Herida que no cierra fácilmente. ulcera.

Glosario M - Z

malaria. Paludismo.

mareo. Malestar causado por el movimiento de un barco en el mar, el de un carruaje o por una enfermedad; es caracterizado por náuseas, vértigos, vómitos, palidez, sudoración y, a veces, desmayo.

medicamento. Es toda sustancia o mezcla de sustancias que, preparada bajo una forma farmacéutica determinada con dosificación apropiada, se administra a un organismo para curar una afección o trastorno, o para prevenir enfermedades.

medicina popular o folklórica. Es el saber popular, colectivo, que goza de vigencia social; es anónimo, eficaz, practicado en todas partes y utilizado por todas las clases sociales.

medicina tradicional. Es la suma de todos los conocimientos teóricos y prácticos, explicables o no utilizados para el diagnóstico, prevención y supresión de trastornos físicos, mentales o sociales, basados exclusivamente en la experiencia y la observación y transmitidos verbalmente o por escrito de una generación a otra.

melancolía. Pérdida del equilibrio mental con manifestación de tristeza que puede degenerar en delirio.

menopausia. Cesación fisiológica de la menstruación que ocurre en un periodo de la vida de la mujer conocido con el mismo nombre o como climaterio, entre los cuarenta y cinco y los cincuenta y cinco años de edad, y que va acompañado de manifestaciones físicas y psíquicas.

menorragia. Menstruación excesiva y prolongada.

mesocarpo. Parte carnosa y filamentosos contenida entre la epidermis y la película interna de ciertos frutos. Mesocarpio.

meteorismo. Hinchazón del abdomen causado por la acumulación de gases en el tubo digestivo.

micosis. Enfermedad causada por hongos.

midriasis. Dilatación excesiva de la pupila con inmovilidad del iris.

midriático. Que dilata las pupilas.

migraña. Cefalea vascular intensa y recurrente; por lo general localizada en un lado de la cabeza; a menudo asociada con desarreglos sensoriales y digestivos. Jaqueca.

miótico. Medicamento que produce la miosis o contracción de la pupila.

monoico. Planta con flores masculinas y femeninas en un mismo organismo.

monospermo. Fruto con una sola semilla.

nabiforme. Raíz muy gruesa semejante a la de los nabos.

narcótico. Sustancia que produce somnolencia o que, por lo menos, tiene efectos sobre el sistema nervioso central causando alucinaciones y trastornos en la percepción.

náuseas. Sensación de malestar con tendencia al vómito.

nefritis. Inflamación de los riñones. Se caracteriza por dolores en la cintura, ojeras, cansancio general, orina ligeramente turbia, dolor de cabeza. Puede ser causada por una infección local permanente como amigdalitis, caries dental, gripe o al consumo rutinario de bebidas alcohólicas.

nervino. Que fortifica los nervios y estimula su acción o que reduce la excitabilidad nerviosa.

nerviosidad. Excitabilidad excesiva del sistema nervioso, caracterizada por inquietud, actividad impulsiva, fatiga, debilidad, angustia, insomnio, temblores, mareos, tendencia a la depresión, pérdida de peso.

neuralgia. Dolor intenso a lo largo de un nervio y sus ramificaciones, en ciertos casos, por ejemplo, en sienes, mejillas, costillas, brazos y cadera.

neurastenia. Debilitación de la fuerza nerviosa acompañada de tristeza, turbaciones mentales, falta de voluntad, cansancio, temor y difícil coordinación de ideas.

nutritiva. Que nutre de manera directa o indirecta.

obesidad. Aumento en el peso corporal causado por la acumulación de grasa en cantidades superiores a los límites normales según estatura, edad y sexo. Frecuentemente se debe a un exceso de ingestión de calorías en la alimentación, falta de ejercicio, modo de vida desorganizada o trastornos endocrinos o de los centros hipotalámicos reguladores del apetito.

ocre. De color amarillo pardo.

ocrea. Conjunto de dos estípulas axilares membranosas, concrescentes totalmente por ambos bordes en una sola pieza que rodea y envuelve al ápice o al nudo del tallo.

oftalmias. Inflamación de los ojos o de las partes adyacentes.

oftálmico. Útil para ciertas afecciones del ojo, como oftalmia, blefaritis simple, orzuelo y conjuntivitis, entre otros.

orzuelo. Granillo que nace en el borde externo de los párpados, producido por infección estafilocócica, micosis, eczema, polvo, humo, etcétera.

oval. En forma de huevo o elipse poco concéntrica.

ovalada. Oval.

paliativo. Medicamento que mitiga o calma una enfermedad, pero no la cura.

palmada. Que tiene la forma de la palma de la mano. Palmeada.

palmatilobada. Hoja dividida en lóbulos semejando la palma de la mano.

palpitación. Movimiento violento y desordenado de alguna parte del cuerpo, sobre todo del corazón.

paludismo. Enfermedad infecciosa febril, causada por varias especies de protozoarios del género *Plasmodium*, transmitida por la picadura de la hembra del mosquito anopheles infectado. Se presenta con fiebre, escalofríos graves, sudoración, anemia, esplenomegalia.

pancreatitis. Inflamación del páncreas.

panícula. Inflorescencia compuesta, de tipo racemoso, en que las ramitas van disminuyendo en tamaño de la base al ápice por lo que toma aspecto piramidal; tal es el caso de la inflorescencia de la vid (uva).

papera. Parotiditis.

papila. Prominencia más o menos saliente que se levanta en ciertos casos en la piel y en las membranas mucosas.

parálisis. Pérdida de la sensibilidad y movimiento del cuerpo o parte de él.

parásito. Organismo animal o vegetal que habita en el interior de o sobre otro y toma de éste su sustento. Diversas especies de gusanos presentes principalmente en el intestino u otras partes del cuerpo como nemátodos, áscaris, tricocéfalos, oxiurus y otros son ejemplos de parásitos.

paresia. Parálisis parcial, no completa.

parotiditis. Inflamación de la parótida. Enfermedad viral, transmisible, caracterizada por el crecimiento doloroso de las glándulas salivares, aunque con frecuencia invade testículos, páncreas y meninges. Hay pérdida del apetito, fiebre, escalofrío, sudores nocturnos, dolor de oídos e hinchazón en la región de la parótida. Papera.

patógeno. Productor o causante de enfermedades.

pectoral. Medicamento que calma y cura las afecciones del pecho, bronquios, catarras y tos.

pedúnculo. **Caballo** de una flor solitaria, o de una inflorescencia que la une al tallo.

perenne. Vegetal que dura más de tres años.

perianto. Envoltura protectora de la flor, formada generalmente por cáliz y corola.

pericarditis. Inflamación del pericardio o tejido membranoso que envuelve al corazón.

pericarpio. Parte del fruto que rodea la semilla y la protege de los animales y de las inclemencias del ambiente. Está formado por tres capas: epicarpio, mesocarpio y endocarpio.

peristaltismo. Movimiento de contracción del esófago y de los intestinos, para favorecer la deglución y la digestión. Peristalsis.

peritonitis. Inflamación del peritoneo o membrana serosa que cubre el interior del vientre y sirve de envoltura y sostén a la mayor parte de las vísceras abdominales.

piloso. Peludo.

pinnada. Hoja que posee numerosos folíolos a lado y lado del raquis, como una pluma.

pinnatipartida. Hoja partida cuya división pasa de la mitad del limbo sin llegar al nervio medio.

pinnatífida. Pinnatipartida.

pinnulado. Bipinnada, pinnada dos o tres veces.

piorrea. Afección de las encías que afecta principalmente a las estructuras que sujetan el diente. Se manifiesta por supuración, hemorragia y movilidad dentaria.

pivotante. Raíz central que se introduce perpendicularmente en la tierra.

plaqueta. Elemento corpuscular de la sangre que realiza una función de gran importancia en la coagulación y hemostasia.

pleura. Membrana serosa que cubre el tórax y envuelve los pulmones.

pleuresía. Inflamación de la pleura.

polispermo. Fruto que contiene muchas semillas.

posología. Dosis en que debe administrarse un medicamento.

próstata. Glándula del aparato genital masculino. Se halla situada debajo de la vejiga y su secreción contribuye a formar el semen, proporcionando el medio líquido al esperma. La inflamación de la próstata provoca una sensación de pesadez en el bajo vientre, escozor al orinar y frecuentes deseos de hacerlo.

prurito. Picor, comezon.

psoriasis. Enfermedad de la piel del cuerpo y cuero cabelludo que se manifiesta por escamas blanquecinas o nacaradas, secas, adherentes, placas rojas, pápulas planas y descamaciones.

pubescencia. Aparición de vellosidad en un órgano, específicamente en el pubis.

pubescente. Cubierto de vellos o pelos finos y suaves.

pulpa. Carne de los frutos, parte vegetal deshuesada y triturada. Restos de una parte vegetal tras extraer su jugo.

purgante. Que actúa como laxante o purgativo sin causar irritaciones.

quemadura. Lesión o destrucción del tejido cutáneo por acción de diversos agentes como fuego, calor, objetos muy calientes o corriente eléctrica.

racimo. Inflorescencia con ramificación monopódica. Compuesto de un eje indefinido de cuyos flancos van brotando flores pediceladas más o menos distantes.

raquitismo. Enfermedad propia de la infancia, generalmente debida a un déficit de vitamina D. Provoca retraso en el desarrollo óseo, que se traduce en distintas deformidades, acompañadas de decaimiento dolores musculares, enflaquecimiento y otros síntomas.

receptáculo. Parte de la flor donde se asientan sus diferentes elementos o las flores de una cabezuela o capítulo.

reconstituyente. Medicamento que tiene la virtud de recuperar el vigor perdido. Tónico.

refrescante. Agente o sustancia que atempera, modera, disminuye o rebaja el calor febril y calma la sed excesiva. Refrigerante.

relajante. Reduce la tensión física y emocional y el estrés.

reminerante. Por su aportación de sales minerales y oligoelementos permite restaurar el equilibrio mineral del organismo.

resolutivo. Agente o fármaco que hace desaparecer poco a poco los tumores; atenúa las inflamaciones y las hace desaparecer por supuración.

retoño. Vástago nuevo que brota de un vegetal.

reumatismo. Término con que se designan enfermedades de las articulaciones, tendones, huesos o músculos, cuyos síntomas destacados son el dolor y rigidez del sistema musculoesquelético. Generalmente es causada por acumulación de ácido úrico.

revulsivo. Agente o sustancia que produce irritación local para hacer cesar la congestión o inflamación de una parte del cuerpo.

rinitis. Inflamación de la mucosa de las fosas nasales; caracterizada por estornudos, secreción de moco acuoso y congestión de las vías nasales.

rizoma. Tallo subterráneo que tienen ciertas plantas.

rizomatoso. Que tiene rizomas.

roseta. Hojas que se disponen muy juntas a causa de la brevedad del tallo o de los entrenudos, con forma similar a una rosa.

rubefaciente. Medicamento irritante que origina un color rojizo en la piel por dilatación capilar.

sabañón. Inflamación acompañada de comezón causada por el frío, principalmente en los pies, manos y orejas.

sagitada. Hoja que tiene una figura parecida a la punta de una saeta o flecha.

sarampión. Enfermedad viral aguda, infecciosa, muy contagiosa, caracterizada por una erupción rojo-rosada, maculopapular, precedida de una inflamación catarral de la conjuntiva y de las vías aéreas.

sarna. Enfermedad contagiosa de la piel causada por el ácaro *Sarcoptes hominis*. Caracterizada por lesiones multiformes con comezón intensa.

sedante. Medicamento que calma o alivia dolores, excitaciones nerviosas e hiperactividad o irritabilidad. Calmante.

semiamplexicaule. Órgano que semirrodea el tallo de la planta.

seroso. Membrana que segrega suero o serosidad.

sésil. Sentado, sin pie o soporte. Por ejemplo, la hoja sésil no tiene pecíolo; la flor sésil carece de pedicelo.

sialagogo. Agente o medicamento que aumenta la salivación.

sífilis. Enfermedad venérea causada por el *Treponema palidum*.

silicua. Fruto seco, dehiscente, formado por dos carpelos que forman una especie de vaina; se abre en dos valvas y deja en el centro un eje con las semillas.

sinonimia. En taxonomía vegetal, se refiere al nombre inválido de un grupo cuando existe otro nombre que se considera legítimo por haber sido el primero en darse al grupo, porque el inválido fue dado erróneamente o sin las reglas de nomenclatura taxonómica.

sinusitis. Inflamación de la mucosa de los senos (frontal, esfenoidal o maxilar).

suculento. Carnoso y grueso, con abundante jugo.

sudorífico. Que provoca la transpiración o sudor.

sumidad florida o sumidad floral. Rama con flores o botones florales de las plantas.

surco. Cavidad superficial angosta y prolongada.

suspensor. En el embrión de la semilla es un breve filamento que empuja al embrión hacia el endosperma o tejido nutricional.

talo. Cuerpo vegetativo de ciertas criptógamas en las que no se puede diferenciar la raíz, el tallo o las hojas. Corresponde a algas, hongos, líquenes y bacterias.

tenesmo. Sensación penosa que consiste en una gana frecuente y dolorosa de orinar o defecar. Pujo.

tenia. Gusano platelminto de forma aplanada o acintada. En la fase adulta son parásitos del intestino de los vertebrados.

teniasis. Infestación de tenias en el intestino. Se manifiesta por medio de afecciones gastrointestinales, anorexia, eructos, vómitos, trastornos hepáticos, anemia y enflaquecimiento.

tenifugo. Sustancia o agente que sirve para la expulsión o eliminación de la tenia o solitana en todas sus formas de desarrollo.

terapéutico. Que sirve para tratar las enfermedades.

tetrágono. Cuadrado, espacio cuadrangular. Que tiene cuatro lados.

tetraquenio. Fruto seco e indehisciente formado por cuatro aquenios.

timpanitis. Hinchazón del vientre por acumulación de gases.

tónico. Remedio que fortifica o vigoriza y despierta la actividad de los órganos. Reconstituyente en los casos de agotamiento y debilidad general.

tópico. Medicamento de uso externo y local.

torcicolis. Torción molesta y dolorosa del cuello, causada por la contracción de los músculos o de las aponeurosis cervicales.

tos. Expulsión violenta del aire de los pulmones tras la inspiración profunda, y el cierre de la glotis. Movimiento convulsivo del aparato respiratorio para expulsar cualquier molestia.

tos convulsa. Tos ferina.

tos ferina. Enfermedad infecciosa, contagiosa y epidémica que aqueja a los niños, caracterizada por el catarro de las vías respiratorias, paroxismos peculiares de tos, rostro congestionado, vómitos y respiración silbante.

tóxico. Sustancia que, incorporada al organismo, es capaz de producir alteraciones orgánicas o funcionales e incluso la muerte.

tricoma. Cualquier proyección de la epidermis de los órganos vegetales. Los tricomas más comunes son los pelos.

tripinnada. Tres veces pinnada.

trombosis. Obstrucción de un vaso sanguíneo a causa de la formación de coágulos de sangre.

úlceras. Lesión de la piel, las mucosas o las capas que cubren las superficies internas del cuerpo, acompañada generalmente de producción de pus y de escasa o nula tendencia a la cicatrización espontánea.

úlceras varicosas. Llaga formada en las várices de las piernas.

umbela. Inflorescencia en que los pedúnculos salen todos del mismo plano para elevarse al mismo nivel, como los radios de una sombrilla.

ungüento. Cualquier sustancia usada para untar o ungir. Pomada.

unisexual. Flor que tiene un solo sexo.

urticante. Que produce una picadura análoga a la de la ortiga o la urticaria al contacto con la piel.

várice. Dilatación permanente de una vena, generalmente de las piernas, muslos y recto.

vasoconstrictor. Causante de la constricción o disminución del volumen de los vasos sanguíneos.

venenosa. Sustancia que por su excesiva toxicidad puede causar la muerte.

vermicida. Destructor de los parásitos intestinales.

vermífugo. Que expulsa los vermes, parásitos y lombrices intestinales.

verruca. Excrecencia o pápula pequeña de carne en el rostro o en las manos, de superficie rugosa, constituida por una hipertrofia o generalmente causada por un virus infeccioso.

verticilada. Hojas, ramitas, flores, etcétera, dispuestas en un mismo nivel del tallo.

vértigo. Vahído, mareo, desmayo, sensación de que los objetos se mueven o que hay movimiento de rotación del cuerpo.

vesicante. Agente o fármaco que irrita y produce ampollas o vesículas en la piel.

vilano. Apéndice de filamentos, bien sean pelos simples o plumosos, cerdas suaves o rígidas, o escamas, que corona el fruto de algunas plantas compuestas y le sirve para ser transportado por el aire.

virus. Es la variedad de agentes infecciosos de menor tamaño; requieren de células vivas para multiplicarse y depender de ellas como parásitos.

vomitivo. Que provoca el vómito.

vómito. Descarga del estómago con vaciado de su contenido por el esófago y la boca. Puede ser síntoma de enfermedad grave.

vulnerario. Medicina alcohólica; obtenida de órganos vegetales; usada para curar y cicatrizar llagas, úlceras y heridas externas.

yema. Brote en desarrollo de las plantas, que generalmente se dispone en la axila de las hojas.

yema apical. Son las yemas formadas por la zona vegetativa del tallo y por las hojas modificadas que la protegen.

zum. Jugo vegetal, extraído por trituración o presión.

ANEXO B

CRONOLOGÍA DE LA MEDICINA TRADICIONAL BOLIVIANA

1100 a.C. - 800 a.C. edad aproximada del “Esqueleto Kallawayá” encontrado en Niño Korin por Stieg Ryden en 1970.

INCARIO: Los kallawayas son probablemente los médicos de los Incas // Bolivia es el QULLASUYO incaico(región de médicos y medicinas)..

1542: Pedro Leyva es curado de unas fiebres con la Quina. .

1617: Guamán Poma de Ayala, en su Libro “Crónica de Buen Gobierno” pinta a los kallawayá llevando en Andas a Tupac Inca Yupanqui y a su esposa..

1627: Gregorio de Loza Ávila y Palomares escribe su manuscrito sobre “Cosas Medicinales”..

1760: “Terapéutica indígena boliviana” de Delgar..

1766: Informe de Martín Landaeta acerca de los Kallawayas..

1767: Primera vez que la literatura designa a los Kallawayas como médicos..

1793: Pedro Nolasco: “Memoria de la Coca”.

1795: Pedro Nolasco: “Carta apologética de la Quina o Cascarilla”.La Paz..

1796: Hipólito Ruiz y Pavón: “Disertación sobre la raíz de la Ratanía y de la Canchalagua, de la ...” Madrid.

1798-99 y 1802: “Flora peruviana et chilensis..secundum sustema Linneanum” 3 Vol. Madrid..

1817: Otto Buchtien: “Contribuciones a la Flora de Bolivia”. La Paz..

1822: Bennet José María: “El Naturismo Positivo en la Medicina. Santa Cruz.

1825: John Miller informa acerca de los kallawayá..

1879: Anónimo: “Relación de las costumbres antiguas de los naturales del Perú”..

1889: Nicanor Iturralde y Eugenio Guinault publican su “Farmacopea Kallawayá”....

1904: Belisario Díaz Romero: “Farmacopea Callaguaya”..

1920: En la India la medicina tradicional Ayurvédica pasa a formar parte de la enseñanza oficial..

1925: En Kenya la Ley condena la brujería sólo cuando fue practicada con la intención expresa de hacer un mal..

1935: Guatemala comienza a capacitar parteras tradicionales en forma oficial..

1936: En Thailandia la medicina entra en el sistema de Salud Pública..

1937: David Capriles: La alimentación como factor social del indio”. La Paz..

1940: El gobierno brasilero inicia la ocupación de parteras empíricas..

1941: En Sri Lanka las instancias oficiales comienzan a incluir la medicina tradicional..

1945: En Cochabamba se inauguran el primer restaurante vegetariano y la primera clínica naturista del país, fundados por C. Maldonado y J. P. Bustillo. En esta época se quitan la Botánica Medicinal y la Farmacia Galénica del Pensum y los Curricula de las Carreras de Medicina y Farmacia. .

Años 50: En china comienza la integración oficial de las dos medicinas..

1950: El P. Villarroel publica su “Manual de Plantas Alimenticias, Medicinales e Industriales de Bolivia” Varios tomos. Sucre..

1951: Gustavo Adolfo Otero: “La Piedra Mágica: vida y costumbres de los indios..

1953: Juicio criminal y prisión sufre Cupertino Maldonado, por “ejercicio ilegal de la medicina”..

1956: Comienza a publicar Cupertino Maldonado..

1957: Juan Comas “Principales contribuciones indígenas precolombinas a la cultura occidental”. América Indígena. Vol. XVII, N° 1..

1958: Martín Cárdenas publica “Los Callaguayas”. Cochabamba..

1962: En Pakistán, los médicos nativos registrados pueden utilizar el título de Doctor..

1963: Comienza a publicar Oblitas Poblete: “Cultura Kallawayá”. La Paz..

1964: Martín Cárdenas: “Manual de plantas económicas de Bolivia”. Cochabamba..

1965: Louis Girault llega a Bolivia e inicia su investigación sobre los Kallawayá..

1966: Se inicia la meritoria labor del Laboratorio de Bioquímica Nutricional que elaboró la Tabla de Composición de los alimentos bolivianos..

1969: Se funda ESA (Equipo de Salud Altiplano) y a partir de una de sus reuniones Rufino P'axsi, Jaime Zalles, Gabino Quispe, Policarpio Flores y otros se inician en medicina Natural , promoviendo el estudio y la difusión de la medicina nativa. // en Perú se prohíbe cualquier práctica de medicina tradicional..

1970: Monica Van Der Wijngaard organiza en Lawachaca un Centro de producción de medicinas naturales // INDICEP publica el poema "Farmacia del Pueblo"..

1971: El golpe de Banzer dificulta el trabajo en zona rural..

1972: Charlas y cursillos en la zona de Tiwanaku que se continuarán en el tiempo..

1973: El Antropólogo Joseph Bastien comienza a publicar sobre Etnofarmacología y Rituales de los Kallawayas. Cerca a 15 libros. (la mayoría en inglés) El principal: "La Montaña del Cóndor". .

1973: I Congreso de Medicina Natural en el que se funda INMNCA siendo P'axsi su Presidente // Gabino Quispe publica un libro sobre Medicina Natural // Presentación del Informe sobre Salud Mundial en el Consejo Ejecutivo de la OMS, que abre el debate en busca de un nuevo método respecta a la Salud Pública.

1974: II y III Congresos de M.N. // I Congreso Indigenista Interamericano // INDICEP publica sus Hipótesis Metodológicas para conseguir una Medicina Popular // el CEFA comienza un programa de Reforestación con Árboles Nativos // I Convención de los Curanderos de Guatemala..

1975: IV Congreso de M.N. // Donación de la Embajada de Yugoslavia para un Instituto de Medicina Tradicional, que nunca llegó a su destino.. (Dictadura de Banzer)

1976: V y VI Congresos de M.N. // Reunión Internacional de la OMS en Nueva Delhi para la Promoción y el Desarrollo de la Medicina Tradicional..

1977: El Hospital de Ancoraimas tiene gran éxito en el trabajo médico intercultural. (Cuando se va la antropóloga todo vuelve a cero)..

1977: VII Congreso de M.N. // Cursillos de medicina nativa de ASEC y elaboración de Anteproyecto de Larecacha // filmación de la película "Los Hijos del Cóndor" por Bruno de Roissart con la colaboración de Florentino Álvarez, prestigioso médico Kallawayas // Resolución "SALUD PARA TODOS EN EL AÑO 2000" de la OMS..

VIII Congreso de M.N. // se inicia la construcción del Hospital de Medicina Nativa de Wangollo.

1978: Comienza a publicar Rufino P'axsi. // La Iglesia metodista organiza cursillos de Salud con las dos medicinas.

1979: SEMTA se inicia en M.N. // Radio Progreso, que venía difundiendo desde 1972 consejos de M.N. comienza a grabar programas completos sobre ella // ECORA difunde algo de M.N. // comienza a publicar Felix Patzi // IX Congreso de M.N. primero en el que participan tanto médicos kallawayas como representantes y autoridades de la medicina oficial (Ministerio de Salud Pública y OMS); repercusiones en los medios de comunicación y viaje a Charazani para la organización de Escuelas de Medicina Kallawayas..

1977: Bethzabé Íñiguez de Barrios: "Mil Delicias de la Quinua" Oruro..

1977: Comienza a publicar Gregorio Loza Balsa sus libros sobre la Medicina Aymara: "Esbozo de Medicina Aymara". La Paz..

1978: Alma Ata: // la OMS publica las "Estrategias" donde se reafirma la voluntad de retomar las medicinas nativas // se contabilizan 33 países en desarrollo que tienen registradas oficialmente a sus parteras tradicionales..

1980: Varios de los proyectos para articular oficialmente las dos medicinas quedan trancos por el golpe de García Meza // SEMTA pone en marcha el Proyecto de Medicina Kallawayas conducido por Jaime Mondaca. Publica: "Plantas y tratamientos Kallawayas" // el IPTK introduce la medicina nativa en sus cursillos por las comunidades del país // la CSUTCB funda CONASCA y por medio de los secretarios de Salud difunde espontáneamente (sin capacitación previa en M.N.) la medicina nativa // el Proyecto de Salud Tiwanacu introduce la M.N. en sus programas // Rufino P'axsi pone en marcha su Proyecto de Medicina Natural Waraya-Tiwanaku el iniciar la construcción del Centro..

1980: Federico Aguiló comienza a publicar sus libros, entre otros: Enfermedad y salud según la concepción Aymaro-Quechua".

01981: La OMS sigue sacando directivas de proporcionar la Medicina Tradicional en sus publicaciones de la serie "Salud para Todos"..

1982: KHANA se inicia en M.N. Gabino Quispe publica la serie: "Kollasiñ koranaka // COINCOCA elabora el video "La leyenda de la Coca" // Asamblea de M.N. y varias reuniones del mismo tema en pro de la consecución de un Instituto Nacional de Medicina Natural // Proyecto de Salud Rural Andina // Reunión de Ocurí..

1983: Tres inauguraciones de Medicina Articulada con la presencia del ministro de Salud Pública Dr. Javier Torres Goitia: el Hospital Kallawayaya de Amarete (primera piedra); el Hospital Kallawayaya de Villa Esteban Arce y el Consultorio Integrado de La Paz (medicinas nativa, naturista y convencional) // CHITAKOLLA se inicia en M.N. // el CETHA de Corpa introduce la M.N. en sus programas de salud // la OMS publica un libro sobre la Medicina Tradicional en el mundo..

1983: Rufino P'ajsi Limachi publica: "Medicina Andina y Popular. Medicina Natural Cultura Aymara e Incaica". La Paz. 1984: Se consigue la Personería Jurídica para la SOCIEDAD BOLIVIANA DE MEDICINA TRADICIONAL (SOBOMETRA) en Enero. Bolivia se constituye en el primer país de América en aceptar oficialmente la vigencia de la Medicina Ancestral. A partir de entonces muchas iniciativas se ponen en marcha: Convenios Ministerio de Salud, UMSA, etc.); SEMTA; CENTRO DE PRODUCCION DE M. N.; Centro de Salud Don Bosco de medicina natural en El alto; Consultorios de medicinas complementarias; coordinación con CEBIAE, SENALEP, SENPAS- SEAPAS. (Puerto Pérez, Dr. Víctor Morales y años después Franz Trujillo), ESA (Machaca Dr. Edgar Tarquino), CARITAS, CETHA, KHANA, CONASCA, Radio Chuquisaca, R. Continental, Comunidades Campesinas (Chivisivi, Cohoni, Achocalla...), Clubes de Madres, Federación Departamental de Educadores Populares de Base, etc, así como con organismos de otros Departamentos. // CHITAKOLLA promueve cursillos e investigaciones sobre la medicina tradicional // CONASCA organiza un cursillo de Capacitación de M.N. y lanza la convocatoria a un Congreso de M.N. auspiciado por la CSUTCB y CORACA // pre-inauguración del Centro Naturológico de Wanqollo e integración del mismo a SOBOMETRA // publicaciones de medicina nativa o en relación con ella: SEMTA, KNANA, De Lucca, Gisbert, Aguiló,... // aumenta la conexión interdepartamental entre grupos y personas que promueven la Medicina Tradicional..

1984: Mario B. Salcedo publica. "Un Herbolario de Chajaya devela sus secretos". La Paz..

1984: Gisbert, Shoop, Lauer, Manke, Saignes, Arze Cajías: "Espacio y Tiempo en el Mundo Kallawayaya". La Paz..

1984: Blanca Luengo sistematiza la Mesa redonda para la Memoria de las experiencias de Educación Popular de la Medicina Tradicional..

1985: Hay gran demanda de cursos y cursillos de Medicina Tradicional. SENPAS - SEAPAS - SOBOMETRA Y ESA llegan a dar 80 cursillos. Se forman las filiales de SOBOMETRA de Santa Cruz, Sucre, Tarija, Oruro..

1985: Se publica en francés el libro de Louis Girault KALLAWAYA, GUERISSEURS ITINERANTS DES ANDES..

1986: En conversaciones con el Colegio Médico, el Ministerio de Salud, la Unidad Sanitaria de La Paz y Sobometra se consigue oficializar la Reglamentación de la Práctica de las medicinas nativas. Se realiza en La Paz un Congreso de Medicina Tradicional con 525 inscritos. En Charazani se continúa el Congreso con mucha participación. En Congreso Mundial de Medicinas Naturales y Alternativas (Madrid) se designa a Bolivia como Sede de un Congreso Latinoamericano para 1987, porque nuestro país era el único en América en que las Medicinas Tradicionales habían sido reconocidas y reglamentadas..Se inician diversas y valiosas experiencias de interculturalidad en la medicina: El Proyecto CONCERN en Oruro con el Dr. Oscar Velasco; La Cruz Roja Suiza en Redención Pampa Dr. Miguel Isola). Por Ley de la Nación se crea el Instituto para el Estudio de los Recursos Medicinales de Bolivia. (Nunca llega a ser realidad...) La confusión entre Medicina Tradicional y Política partidista daña el movimiento y éste se desprestigia..

1986: En el "Plan Global de Salud" del Ministro Dr. Rodríguez Serrano aparece la Medicina Tradicional en 4 capítulos: Investigación, Acción Primaria, Materno Infantil y Educación para la Salud." Después no se la volverá nombrar en ningún plan de Salud oficial. Muchos se convierten en comerciantes de la Medicina Tradicional - que siempre había sido un servicio comunitario y la desvirtúan. Por el contrario, las Universidades vuelven a investigar plantas medicinales bolivianas.

Meritoria la labor del SELADIS (Servicio de Laboratorio y Diagnóstico en Salud. Dr. Roger Carvajal, la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UMSA Dr. Alberto Jiménez Turba y la UMSS de Cochabamba.).

1986: Claudia Ranaboldo: "Los Campesinos Herbolarios Kallawayas" SEMTA. La Paz..

1987: Se tiene un Congreso Interamericano de Medicina Tradicional en la Universidad Mayor de San Andrés de La Paz. 225 participantes. (UMSA)..

1987: Louis Girault y Lucas Ortiz: "Kallawayas, Curanderos Itinerantes de los Andes" ORSTOM - Edit. Quipus, 670 Págs. La Paz.

1987: Juan José Alba inicia. sus publicaciones acerca de la Feria de Huari, el Jampi qhatu de Cochabamba, Llallagua, Arque y Campero....

1987: Ina Rösing inicia una serie de 7 ó más publicaciones acerca de las Curaciones rituales del Mundo Kallawayas. .

1988: Rolando Costa Arduz: "Compilación de Estudios sobre Medicina Kallawayas". La Paz..

1988: Martha Cajías y Lidia Girón: "Manual de Plantas y Preparados medicinales"..

1989: Xavier Albó: "Nuevas pistas para la lengua machaj juyay de los Kallawayas". Cusco..

1989: Julia Elena Fortún: "Reeducación Alimentaria para el Área Rural" La Paz..

1991: En Punata la GTZ (Dres. Kasische y Titizano trabajan en un proyecto intercultural interesante..

1992: Manuel De Lucca y Jaime Zalles publican: "La Flora Medicinal Boliviana" Edit. Los Amigos del Libro La Paz, Cochabamba. "El Verde de la Salud".Prida Publicidad. La Paz, 1992.. "Utasan utjir Qollanaka".(Las medicinas de nuestro jardín). La Paz, 1993. "Ñana mua ñanderëta Rupigua".Enfermedades principales del chaco Tomo I. (100 Págs.) Editorial Salamandra. La Paz, 1996

1993: Hans van den Berg, de la Universidad Católica de Cochabamba, elabora un listado bibliográfico de 37 páginas de publicaciones sobre la Medicina Tradicional Boliviana..

1993: Edgar Valdez Carrizo "Autopsia de la enfermedad. La automedicación y el itinerario terapéutico en el sistema de salud de Vallegrande-Bolivia"..

1993: Orlando Erazo, G.Thomas Hart, Rubén Cuba: "Flora Medicinal Tarijeña sus propiedades medicinales y aplicación". Tarija.

1996. Los mismos con Andrew Turner.: "Plantas útiles de la zona del Itika Guasu". CERDET. Tarija..

1994: María Eugenia Muñoz: video " De Papas, Chicha y Aji". ANTARA. Documental 29. La Paz..

1996: Juan L. Sagaseta de Ilurdoz: "Jampi makikunanchejpi kasan. La medicina está en nuestras manos". Tiraque, Cochabamba..

1996: Víctor Gallo Toro: "Plantas Medicinales de los Guaraníes". La Paz..

1997: Alba Inés Herrera: "Salud y Paz para todos. Medicina Tradicional". Reyes..

1999: Fernando Montes, Elizabeth Andia y Fernando Huanacuni: "El Hombre que volvió a nacer. Vida, saberes y reflexiones de un amawt'a de Tiwanaku, Policarpio Flores Apaza". La Paz.

1999: Gerardo Fernández Juárez: "Médicos y Yatiris. Salud e Interculturalidad en el Altiplano Aymara" CIPCA 51. La Paz.

2000: Se inicia con ayuda de la Cooperación Italiana el Proyecto Intercultural WILLAQKUNA en Potosí..

2001: La Universidad Tomás Frías de Potosí, en colaboración con la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de México (UNAM)y SEDES Potosí, con OPS y la Cooperación Italiana inician el Curso de Medicina Intercultural (Maestría)..

Comentario: Cada cultura tiene su propia medicina que pervive, sobre todo cuando las condiciones sociales son de exclusión y supervivencia, como en Bolivia. Los resultados exitosos se deben siempre a la constancia de personas o Instituciones que, siguiendo las estrategias de la OMS en este tema, han desarrollado un trabajo coherente. Muchas veces al cambiar de sitio dichas personas todo se viene abajo. .

Cabe destacar el trabajo de muchas personas que como el Dr. Walter Julio Fortún, médico salubrista, empeñado siempre en que las Universidades incorporen a la Medicina Tradicional en sus Currícula y Pensum. Lastimosamente la Antropología Médica, la Medicina Tradicional de cada región; así como la Botánica Medicinal, la Farmacia Galénica y Las Estrategias de Atención primaria de Salud, siguen siendo las grandes ausentes de las Facultades de Medicina en Bolivia, donde los médicos son

preparados para el trabajar en el hospital y la clínica pero no para hacerlo entre las mayorías de la Bolivia Pluriétnica y Pluricultural.

En cuanto a la Investigación hay que señalar que grupos como los kallawaya han sido estudiados hasta la saciedad; pero, por ejemplo, todos conocemos el baile de la kullawada y hasta lo bailamos, pero los “kullawa” (farmacéuticos itinerantes), vendedores de plantas secas en casi todas las ciudades de Bolivia) no figuran ni siquiera en la lista de Etnias de Bolivia.

Ante ese desconocimiento e ignorancia colectiva ellos mismos niegan ser kullawa. (Como lo decía Louis Girault de los kallawaya en 1991 que preferían ser joyeros y que estaban hartos de que los llamaran “brujos”).

Nota: Este trabajo de sistematización lo inicia Blanca Luengo en 1984. Luego es completado por Jaime Zalles Asin.

Tomado del sitio: <http://members.tripod.com.mx/jimzall/CRONOLOGIA-2>

ANEXO C

CLIPS

D.1. Arquitectura

La arquitectura de CLIPS está constituida por los siguientes elementos:

1. Base de conocimiento: contiene el conocimiento heurístico acumulado en la base de reglas y el conocimiento de control, incorporado en los módulos y las reglas.
2. Base de hechos: se refiere al conocimiento de las estructuras de los datos y los procedimientos asociados, específicamente en CLIPS se trata del lenguaje orientado a objetos COOL. Además la base de hechos contiene el conocimiento de patrones acumulado en las listas de hechos.
3. Motor de inferencias: la máquina de inferencia posee encadenamiento hacia adelante por defecto, con variaciones en el algoritmo puede también conseguirse en encadenamiento hacia atrás
4. Memoria de trabajo: se refiere al lugar de trabajo propiamente dicho.
5. Interfaz: contiene las interfaces con el usuario, con el ingeniero de conocimiento y el entorno informático, a través del denominado intérprete en lugar de un compilador.
6. Generador de explicaciones: encargado de generar las explicaciones acerca del razonamiento provocado por la máquina de inferencia.

D.2. Hechos (*facts*)

Son patrones que pueden tener un campo o varios. Si tienen varios campos, el primero suele representar una relación entre los restantes.

```
(hola)
(alumnos Juan Luís Pedro)
```

Los componentes de un patrón pueden ser de diferentes tipos: numéricos, cadenas, símbolos.

```
(nombre "Juan")
(edad 14)
```

Es posible añadir los hechos a la memoria de trabajo con la instrucción ***assert*** y quitarlos con ***retract***. Todos los hechos se almacenan en la lista de hechos: ***fact-list***. A cada hecho se le asigna un ***identificador*** único (ej. f-1).

D.3. Órdenes básicas de la memoria de trabajo

Las ordenes o instrucciones fundamentales asociadas con la administración de la memoria de trabajo son las siguientes:

1. (***facts***): se encarga de generar una lista de los hechos que se encuentran en la memoria de trabajo.
2. (***assert <hecho>***): cuya función consiste en añadir hechos a la memoria de trabajo.
3. (***retract <índice-hecho>***): se encarga de eliminar los hechos de la memoria de trabajo.
4. (***clear***): tiene como finalidad eliminar todos los hechos y construcciones de la memoria de trabajo.

5. (**reset**): se encarga de eliminar todos los hechos de la memoria de trabajo, elimina las activaciones de la agenda y restaura las condiciones iniciales. Añade el hecho **initial-fact** y el objeto **initial-object**, elementos que se utilizarán posteriormente por las reglas de inicialización. Se añaden los hechos y ejemplos iniciales, además de conocimiento a priori definido con **deffacts** y **definstances**. También se añaden las variables globales con su valor inicial. Finalmente fija como módulo actual el módulo **MAIN**.

Ejemplo de manejo de la memoria de trabajo.

En este ejemplo se añaden y quitan hechos de la memoria de trabajo:

```
CLIPS> (reset)
CLIPS> (facts)
f-0 (initial-fact)
For a total of 1 fact.
CLIPS> (assert (hola))
<Fact-1>
CLIPS> (facts)
f-0 (initial-fact)
f-1 (hola)
For a total of 2 facts.
CLIPS> (retract 1)
CLIPS> (assert (hola))
<Fact-2>
CLIPS> (facts)
f-0 (initial-fact)
f-2 (hola)
For a total of 2 facts.
CLIPS> (clear)
CLIPS> (facts)
```

D.4. Reglas

Las reglas en CLIPS presentan la siguiente sintaxis:

```
(defrule <nombre-regla>
[<documentación opcional>]
[(declare (salience <num>))]
(patrón 1)
(patrón 2)
...
(patrón N)
=>
(acción 1)
(acción 2)
...
(acción N)
)
```

Ejemplo:

```
(defrule marca-del-600
"Marca del modelo 600"
```

```
(modelo 600)
=>
(assert (marca-es SEAT)))
```

D.5. Máquina o motor de inferencia

La máquina o motor de inferencia se encarga de emparejar la lista de hechos con los patrones de las reglas. Si todos los patrones de una regla están emparejados se dice que dicha regla está **activada**. Normalmente las activaciones se mantienen en la **agenda**, en la que se disponen por orden de prioridad. Para insertar una activación en la agenda, se siguen las **estrategias de resolución de conflictos**.

En las estrategias de resolución de conflictos en CLIPS, cuando una regla es activada, se coloca en la agenda según los siguientes criterios:

1. Las reglas más recientemente activadas se colocan encima de las reglas con menor prioridad, y debajo de las de mayor prioridad.
2. Entre reglas de la misma prioridad, se emplea la estrategia de resolución de conflictos fijada.
3. Si varias reglas son activadas por la aserción de los mismos hechos, y no se puede determinar su orden en la agenda según los criterios anteriores, se insertan de forma arbitraria (no aleatoria).

Para comprender el manejo de las estrategias de resolución de conflictos, a continuación se presentan tres estrategias que comúnmente sigue CLIPS para la resolución de conflictos.

Estrategia 1 de CLIPS. Suponga que se tiene los siguientes hechos: hecho-a activa r1 y r2, hecho-b activa r3 y r4. Se añade a la memoria de trabajo el hecho-a y el hecho-b en este orden. La **estrategia en profundidad (Depth)** es la estrategia por defecto; en la agenda se colocan las reglas en el siguiente orden: r3, r4, r1, r2. La **estrategia en amplitud (Breadth)** es la estrategia complementaria; en la agenda se colocan las reglas en el siguiente orden: r1, r2, r3, r4.

Estrategia 2 de CLIPS. Es la denominada **estrategia de simplicidad/complejidad**. En esta estrategia el criterio de orden es la **especificidad** de la regla, esto es, el número de comparaciones que deben realizarse en el antecedente.

```
(defrule ejemplo
  (item ?x ?y ?x)
  (test (and (numberp ?x)
    (> ?x (+ 10 ?y))
    (< ?x 100)))
=>)
```

Complementaria a la anterior estrategia se encuentra la denominada **estrategia aleatoria**, en la cual a cada activación se le asigna un número aleatorio para determinar su orden en la agenda. Siempre se le asigna el mismo número en diferentes ejecuciones.

Estrategia 3 de CLIPS. Es la denominada **estrategia LEX (OPS5)**, en esta se asocia a cada hecho y ejemplar el tiempo en que fueron creados, y se da mayor prioridad a las reglas con un

hecho más reciente, comparando los patrones en orden descendente. Conjuntamente se encuentra la *estrategia MEA(OPS5)*, en la que se aplica la misma estrategia de LEX mirando sólo el primer patrón, si coincide se aplica efectivamente LEX.

3.7.6. Almacenamiento, carga y ejecución

Es posible almacenar las reglas con la instrucción *save*.

```
(save "ej.clp")
```

También se puede editar las reglas/hechos utilizando un editor de textos.

```
;*****  
;* Programa Ejemplo *  
;*****  
(defrule marca-del-600  
  "Marca del modelo 600" ;Comentario  
  (modelo 600)  
=>  
  (assert (marca-es SEAT))  
)
```

Los archivos y programas CLIPS se pueden cargar con *load*.

```
(load "ej.clp")
```

Para ejecutar las reglas/hechos se utiliza la instrucción: *run*. Normalmente se tiene que hacer un *reset* previo.

D.7. Definición de hechos

Para no tener que teclear los hechos iniciales, es posible introducir los mismos utilizando la estructura *deffacts*.

Ejemplo:

```
(deffacts hechos-600  
  "información del 600"  
  (modelo 600)  
  (puertas 2)  
)
```

Estos hechos se añadirán a la memoria de trabajo al hacer *reset*.

D.8. Variables locales y comodines

Se pueden colocar variables en los patrones de la parte izquierda de una regla. El identificador de una variable comenzará por ?. Por ejemplo:

```
(defrule num-puertas  
  (marca ?x)  
=>  
  (printout t "El coche es un "  
    ?x crlf)
```



```

;observar el retorno de carro
(assert (coche-es ?x))
)

```

En esta regla se ha utilizado la función *printout*, que permite mostrar un mensaje visible a través del dispositivo que se establece (t = salida estándar). Se pueden especificar en un patrón un comodín para sustituir un campo (?) o para sustituir más de un campo (\$?).

Ejemplo:

```

;;*****
;;* EJEMPLO DE VARIABLES/COMODINES *
;;*****
(deffacts profesores
(profesor Gregorio Fernandez Fernandez)
(profesor Mercedes Garijo Ayestaran)
(profesor Jose Carlos Gonzalez Cristobal)
(profesor Juan Ramon Velasco Perez)
)
(defrule apellidos-iguales
(profesor ?x ?y ?y)
=>
(printout t "D." ?x
" tiene los apellidos iguales"
crlf)
); no poner retorno en cadenas

(defrule buenos-dias
(profesor ? ?x ?)
=>
(printout t
"Buenos días, Sr./Sra." ?x
crlf)
)

(defrule buenas-tardes
(profesor $? ?x ?)
=>
(printout t
"Buenas tardes, Sr./Sra." ?x
crlf)
)

```

D.9. Variables globales

Permiten almacenar valores accesibles en reglas y funciones. Son útiles para obtener resultados.

Ejemplo:

```

(defglobal

```

```
?*num* = 3
?*suma* = (+ ?*num* 2)
?*cadena* = "hola"
?*lista* = (create$ a b c))
```

Pueden estar en la parte izquierda de las reglas si no son utilizadas para asignar un valor, y su cambio no activa las reglas. No pueden utilizarse como parámetros de funciones ni métodos.

```
(defrule regla-ilegal
  (hecho ?*x*)
=>)
(defrule regla-legal
  (hecho ?y:(> ?y ?*x*))
=>)
```

D.10. Direcciones de hechos

Se pueden almacenar las direcciones de los hechos en una variable con el operador ←

```
(defrule matrimonio
  ?soltero ← (soltero ?nombre)
=>
  (retract ?soltero)
  (assert (casado ?nombre))
  (printout t ?nombre
    " está casado" crlf)
  )
```

D.11. Patrones avanzados

Es posible colocar restricciones al comparar un patrón:

```
negación (~): (color ~rojo)
conjunción (&): (color rojo&amarillo)
disyunción (/): (color rojo|amarillo)
```

También se pueden unir patrones con las relaciones lógicas *or*, *and* y *not* (por defecto, los patrones se unen con *and*).

Ejemplo 1:

```
(defrule no-cruzar
  (luz ~verde)
=>
  (printout t "No cruce" crlf)
  )
(defrule precaucion
  (luz amarilla|intermitente)
=>
  (printout t
    "Cruce con precaución" crlf)
```

)

Ejemplo 2:

```
(defrule regla-imposible
(luz verde&roja)
=>
(printout t "¡¡MILAGRO!!" crlf)
)
(defrule regla-tonta
(luz verde&~roja)
=>
(printout t "Luz verde" crlf)
) ; Se dispara con (luz verde)
(defrule precaucion
(luz
?color&amarillo|intermitente)
=>
(printout t "Cuidado luz "
?color crlf))
(defrule no-cruzar
(estado caminando)
(or (luz roja)
(policia dice no cruzar)
(not (luz ?))) ; sin luz
=>(printout t "No cruzar" crlf)
)
```

D.12. Comprobación de valores de los patrones

Se tiene dos posibilidades:

```
(test <función-booleana> <arg>)
?variable &: (<función-booleana> <arg>)
```

También existen funciones booleanas predefinidas por el usuario:

1. lógicas: **or**, **not**, **and**
2. comparación:
 - numérica: =, <>, >=, >, <=, <
 - cualquier tipo: **eq**, **neq**
3. funciones predicado: **lexemep**, **stringp**, **numberp**, **evenp**, **symbolp**, ...

Ejemplo comprobación patrones:

```
(defrule mes-valido
(entrada ?numero)
(test (and (>= ?numero 1)
(<= ?numero 12)))
=>
(printout t "Mes válido" crlf)
)
(defrule mes-valido-equiv
```

```
(entrada ?numero&:(and
(>= numero 1)(<= ?numero 12)))
=>
(printout t "Mes válido" crlf)
)
```

Cuando hay más de una variable que se quiere comprobar en el patrón o patrones, se debe utilizar *test*.

D.13. Asignación de valores a una variable

La sintaxis para asignar valores a una variable es la siguiente:

```
(bind <variable> <valor>)
```

Ejemplo:

```
(defrule suma
(numeros ?x ?y)
=>
(bind ?r (+ ?x ?y))
(assert (suma-es ?r))
(printout t ?x " + " ?y " = " ?r
crlf)
)
```

D.14. Funciones para campos multivalor

Para crear listas se utiliza la función: *create\$*

```
CLIPS> (create$ a b c)
(a b c)
```

Para encontrar la longitud de una lista se emplea: *length\$*. En cambio para recorrer una lista se utiliza la función: *progn\$* (<índice> <lista>)

```
CLIPS> (progn$ (?c (create$ a b c))
(printout t "--> " ?c " "
?c-index " <--" crlf))
--> a 1 <--
--> b 2 <--
--> c 3 <--
```

Si se quiere insertar o borrar un elemento se utilizan las funciones: *insert\$* / *delete\$*.

```
CLIPS> (insert$ (create$ a b c) 1 x)
(x a b c)
CLIPS> (delete$ (create$ a b c d e)
2 4)
(a e)
```

D.15. Funciones

La sintaxis asociada a la definición de funciones es la siguiente:

```
(deffunction <nombre-fun>
[comentario]
(?arg1 ?arg2 ...?argM [?argN])
;el último argumento puede ser campo
; mul tivalor opcional/si no, ()
(<acción 1>
...
<acción K>)
)
```

Las funciones devuelven el resultado de la última acción.

Ejemplo:

```
CLIPS> (deffunction suma(?a ?b)
(bind ?suma (+ ?a ?b))
(printout t "Suma =" ?suma crlf)
(+ ?a ?b))
CLIPS> (suma 3 4)
Suma =7
7
```

D.16. Estructuras de control

Las estructuras de control son dos: la condición simple y el bucle condicional. La condición simple tiene la siguiente sintaxis:

```
(if (<condición>)
then (<acciones>)
[else (<acciones>)])
```

En cambio el bucle condicional presenta la siguiente sintaxis:

```
(while (<condición>)
(<acciones>))
```

Ejemplo:

```
(defrule continua-bucle
?bucle <- (bucle)
=>
(printout t "¿Continuar?" crlf)
(bind ?resp (read))
(if (or (eq ?resp si)(eq ?resp s))
then
(retract ?bucle)
(assert (bucle))
else (retract ?bucle)
(halt)))
```

D.17. Entrada de datos

Para la entrada de datos se pueden utilizar las funciones *read* y *readline*

```
CLIPS> (read)
una entrada
una
CLIPS> (readline)
una entrada
"una entrada"
```

Ejemplo:

```
(deffunction pide-numero (?pregunta)
  (printout t ?pregunta)
  (bind ?respuesta (read))
  (while (not (numberp ?respuesta)) do
    (printout t ?pregunta)
    (bind ?respuesta (read)))
  ?respuesta) ;devuelve ?respuesta
(defrule pregunta
  => ; se añade initial-fact con reset
  (bind ?num (pide-numero "Numero :"))
  (assert (numero ?num))
  ))
```

D.18. Características de la programación orientada a objetos

Las características sobresalientes de la programación orientada a objetos se circunscriben a los siguientes elementos:

1. **Abstracción:** la definición de una nueva clase crea un nuevo tipo abstracto de datos.
2. **Encapsulación:** los ejemplares de las clases definidas por el usuario deben ser accedidos con mensajes (excepto en la parte izquierda de las reglas y en las preguntas de conjunción de ejemplares).
3. **Herencia:** una clase se puede definir a partir de una o varias (herencia múltiple) por especificación.
4. **Polimorfismo:** la implementación de los mensajes puede diferir entre clases
5. **Enlace dinámico:** las variables y referencias a ejemplares se pueden referir dinámicamente a diferentes objetos.

D.19. Principales desviaciones de COOL

Las principales desviaciones del lenguaje CLIPS orientado a objetos con relación a la programación orientada a objetos pura son las siguientes:

1. No soporta herencia por generalización (*objetos contenidos*). Es una de las mejoras previstas para las versiones siguientes.
2. No *todo* en CLIPS son objetos: sólo los tipos primitivos (symbol, integer,...) y los ejemplares de las clases definidas por el usuario son objetos. Otras estructuras de datos como las construcciones (hechos, reglas, clases,...) deben ser manipulados de forma tradicional (i.e. (ppdefrule pide-num) vs (send [print] pide-num)).
3. Los ejemplares pueden ser manipulados en la parte izquierda de las reglas y con preguntas de conjunción de ejemplares (ej. find-all), esto es, sin paso de mensajes. Se establece un compromiso entre encapsulado y eficiencia.

D.20. Estructura de los objetos

En la estructura de los objetos que constituyen la base de COOL, la construcción *defclass* especifica las *ranuras* (atributos) de una nueva clase de objetos. Las *facetas* especifican propiedades de una ranura, por ejemplo el tipo de valor. La construcción *defmessage-handler* crea los elementos procedimentales (métodos) de una clase de objetos. La herencia múltiple puede ser utilizada para especializar una clase existente, es decir, la nueva clase hereda las ranuras y los métodos de sus superclases.

D.21. Definición de clases

La clase es una agrupación de objetos, para definirla se tiene la siguiente sintaxis:

```
(defclass <nombre> [<comentario>]
  (is-a <nombre-superclase>+)
  [<role>]
  [<pattern-match-role>]
  <ranura>*
  <manejador-documentación>*)
<role> ::= (role concrete|
abstract )
<pattern-match-role> ::=
(pattern-match reactive| non-reactive )
<ranura> ::= (slot|single-slot|
multislot <nombre> <faceta>*)
```

donde

role: representa si se pueden tener ejemplares o no.

pattern-match: si los objetos de la clases se pueden comprobar en una regla.

D.22. Facetas interesantes

Las facetas interesantes en COOL son las siguientes:

1. **default / default-dynamic:** fija valores iniciales para las ranuras. *Default-dynamic* evalúa la expresión de la faceta cada vez que se crea un ejemplar, y *default* sólo la evalúa cuando la clase es creada. Los valores son: *?DERIVE* | *?NONE* | *expr*
2. **access:** *read-write*, *read-only*, *initialize-only*.
3. **storage:** *local* o *shared* (lo comparten todos los ejemplares).
4. **propagation:** *inherit*, *no-inherit*.
5. **source:** *exclusive*, *composite*. Sólo se obtiene valores para una ranura de la clase más específica si se redefine.
6. **create-accessor:** *?NONE*, *read*, *write*, *read-write*. Crea los manejadores *get-*, *put-*.
7. **visibility:** *private*, *public*.
8. **pattern-match:** *reactive*, *non-reactive*.

D.23. Facetas de restricciones

Entre las facetas de restricciones figuran las siguientes:

2. **type:** *SYMBOL*, *STRING*, *LEXEME*, *INTEGER*, *FLOAT*, *NUMBER*, *INSTANCE-NAME*, *INSTANCE-ADDRESS*, *INSTANCE*, *EXTERNAL-ADDRESS*, *FACT-ADDRESS*

3. *allowed-symbols* , *allowed-strings* , *allowed-lexemes* , *allowed-integers* , *allowed-floats* , *allowed-numbers* , *allowed-instance-names* , *allowed-values*
4. *range*: ej. (range 1 ?VARIABLE)
5. *cardinality*: número máximo y mínimo de campos multislot.

Ejemplos de clases:

```
(defclass perro
  (is-a USER)
  (role concrete)
  (pattern-match reactive)
  (slot patas (type INTEGER)
    (default 4)(range 0 4)
    (create-accessor read-write))
  (slot raza (type SYMBOL)
    (allowed-symbols
      caniche dogo)
    (default caniche)
    (create-accessor read-write))
  (multislot dueño (type STRING)
    (cardinality 1 2)
    (default "Juan")
    (create-accessor read-write))
  (slot ident(type SYMBOL)
    (default-dynamic (gensym)))
)
```

Ejemplo de creación de ejemplares:

make-instance

```
CLIPS> (make-instance Lulu of perro)
[Lulu]
CLIPS> (send [Lulu] print)
[Lulu] of perro
(patas 4)
(raza caniche)
(dueño "Juan")
(ident gen1)
```

definstances

```
CLIPS> (definstances perros
  (Milu of perro (dueño "Tintin"))
  (Laika of perro (dueño "URSS"
    "Pedro")))
)
CLIPS> (instances)
[Lulu] of perro
For a total of 1 instance.
CLIPS> (reset)
CLIPS> (instances)[initial-object] of INITIAL-OBJECT
[Milu] of perro
```



```
[Laika] of perro
For a total of 3 instances.
```

Ejemplo de creación de ejemplares:

```
CLIPS> (send [Milu] get-patas)
4
CLIPS> (send [Milu] put-patas 3)
3
CLIPS> (send [Milu] print)
[Milu] of perro
(patas 3)
(raza caniche)
(dueno "Tintin")
(ident gen2)
CLIPS> (send [Laika] print)
[Laika] of perro
(patas 4)
(raza caniche)
(dueno "URSS" "Pedro")
(ident gen3)
```

Con cada reset, se generan nuevos identificadores. Al inicializar, se llama a los métodos `get-`, `put-`

D.24. Objetos y reglas

Los patrones de objetos son como los de hechos, excepto que las reglas sólo se pueden emparejar con clases de objetos definidas antes de la regla, y tanto la clase como las ranuras deben ser *reactivas*. En COOL se emplea mucha información estática (existencia de ranuras, restricciones), por lo que es menos eficiente que los patrones/ *templates*.

Frente a los hechos, los cambios en una ranura sólo activarán a las reglas que comprueben dicha esa ranura → eficiencia

Ejemplo:

```
(defrule muestra-dueno-Milu
  (object (is-a perro)
    (name [Milu])(dueno ?d))
  =>
  (printout t "Dueno : " ?d crlf))
```

D.25. Plantillas (templates)

La sintaxis de las plantillas es la siguiente:

```
(deftemplate <nombre> [<comentario>]
  <ranura>*
  )
<ranura> ::= (slot|multislot
  <nombre> <faceta>*)
```

```
<faceta> ::= (default|allowed-...|type|range <value>)
```

Se puede decir que las plantillas son como clases sin herencia. Permiten representar hechos no ordenados. Se definen como hechos (assert/deffacts)

Para el emparejamiento se emplea:

```
(<plantilla> (<atributo> <patrón1>)
(<atrib2> <patrón2>)
...)
```

El orden modify tiene el mismo efecto que retract/assert:

```
(modify <dir-hecho> (<atrib.> <valor>)+)
```

Ejemplo 1 plantillas:

```
(deftemplate persona
(slot nombre (type SYMBOL))
(slot edad (type NUMBER)
(range 0 99)(default 20))
(slot estado (type SYMBOL)
(allowed-symbols soltero casado viudo)
(default soltero))
)
(deffacts personas
(persona (nombre Pepe))
(persona (nombre Juan)(edad 25))
)
```

Ejemplo 2 plantillas:

```
(defrule casa-mayores-25
?p <-(persona
(nombre ?nombre)
(edad ?edad)
(estado soltero))
(test (>= ?edad 25))
=>
(modify ?p (estado casado))
(printout t ?nombre " tiene "
?edad " años"crLf)
)
CLIPS> (reset)
CLIPS> (run)
Juan tiene 25 años
CLIPS> (facts)
f-0 (initial-fact) CF 1.00
f-1 (persona (nombre Pepe) (edad 20) (estado soltero))
CF 1.00
f-3 (persona (nombre Juan) (edad 25) (estado casado))
CF 1.00
For a total of 3 facts.
```

D.26. Módulos

Los módulos representan diferentes estados en la resolución del problema, y aíslan las clases y reglas. Cada módulo tiene su propia agenda. Cada módulo debe indicar que construcciones importa y exporta.

El hecho *initial-fact* debe ser importado del módulo *MAIN* (módulo inicial). Se debe especificar a qué módulo pertenecen las construcciones con <módulo> :: .

Los módulos se fijan con *focus*. Ej. (focus A B C). Se pasa de un módulo a otro cuando la agenda de un módulo está vacía. También se puede cambiar de módulo con reglas, definiendo (declare (autofocus TRUE)).

Ejemplo 1 de módulos:

```
(defmodule MAIN
  (export ?ALL))
(defrule MAIN::r1
=>
  (focus MAIN A B)
  (printout t "MAIN --- r1" crlf)
)
(defmodule A
  (import MAIN deftemplate initial-fact)
  (export defclass clase)
  (export defglobal v-num v-mul)
)
(defglobal A ?*v-num* = 4
?*v-mul* = (create$ antes))
(defclass A::clase
  (is-a USER)
  (pattern-match reactive)
  (role concrete)
  (slot ranura
  (create-accessor read-write)))
(definstances A::ejemplares
  (ejemplar of clase (ranura 4)))
```

Ejemplo 2 de módulos:

```
(defrule A::r1
=>
  (printout t "r1 - Modulo A" crlf)
  (send [A::ejemplar] print) ;o sin A::
  (bind ?*v-num* 7)
  (bind ?*v-mul* (insert$ ?*v-mul* 1 hoy)))
(defmodule B
  (import MAIN deftemplate initial-fact)
  (import A defclass clase)
  (import A defglobal v-num v-mul))
```

```

(defrule B::r2
(object (is-a clase)(ranura ?a)(name [ejemplar]))
=>
(printout t "r2 - modulo B" crlf)
(printout t "v-num: " ?*v-num* " v-mul: " ?*v-mul* crlf)
;sin A::
(send [A::ejemplar] print) ;con A::
)

```

Ejemplo 3 de módulos:

```

CLIPS> (reset)
CLIPS> (run)
MAIN --- r1
r1 - Modulo A
[ejemplar] of A::clase || (ranura 4)
r2 - modulo B
v-num: 7 v-mul:(hoy antes)
[ejemplar] of A::clase || (ranura 4)

```

ANEXO D

CODIGO FUENTE SISTEMA EXPERTO

```
;;;=====
;;;  Sistema Experto Medicina Tradicional
;;;
;;;  Autor: Guillermo Choque Aspiazu
;;;  Versión: 1.0
;;;  Shell: CLIPS 6.21
;;;  La Paz-Bolivia, Junio 2005
;;;
;;;  Desarrollado como prototipo de la propuesta:
;;;  "Sistema Experto para la Medicina Tradicional Boliviana"
;;;  Programa de Doctorado
;;;  Tecana University
;;;
;;;  Para ejecutar:
;;;  1. Cargar el programa mediante el comando (load <nombre-
archivo>
;;;  2. Escribir el comando (reset)
;;;  3. Escribir el comando (run)
;;;  4. Responder las preguntas, utilizando las opciones
disponibles
;;;  {ENTER} para que ingrese la respuesta
;;;=====

;;;*****
;;;* DEFINE BASE DE CONOCIMIENTO *
;;;*****

(deffacts lista-medicinas
  (medicina "Andres waylla")
  (medicina "Choqachapi")
  (medicina "Afrecho")
  (medicina "Ajo")
  (medicina "Apio")
  (medicina "Borraja")
  (medicina "Cebolla")
  (medicina "Soltaki")
  (medicina "Albahaca")
  (medicina "Alcachofa")
)

;;;*****
;;;* INICIO E INTERFASE *
;;;*****

(defrule inicio
  (declare (salience 500))
  (initial-fact)
  =>
  (printout t "SISTEMA EXPERTO PARA LA MEDICINA TRADICIONAL
BOLIVIANA" crlf
```

```

        "(c) Guillermo Choque Aspiazu" crlf
        "La Paz-Bolivia, Junio de 2005" crlf)
(assert (medicina-identificada no))
)

(defrule sint1
  (medicina-identificada no)
  (not(sint1 ?sint1-definido))
  =>
  (printout t crlf "¿Cuál es el primer sintoma del paciente?" crlf
    "materia-en-la-piel/erupcion-cutanea/perdida-de-
sangre/trastorno-nervioso" crlf)
  (assert (sint1 (read))))
)

(defrule verifica-sint1
  ?sint1<-(sint1 ?sint1-ingresado)
  (not(sint1 materia-en-la-piel|erupcion-cutanea|perdida-de-
sangre|trastorno-nervioso))
  =>
  (retract ?sint1)
  (printout t crlf "Usted ingresó un sintoma incorrecto, vuelva a
intentar" crlf)
)

(defrule sint2
  (medicina-identificada no)
  (not(sint2 ?sint2-definido))
  =>
  (printout t crlf "¿Cuál es el segundo sintoma del paciente?" crlf
    "mala-circulacion-
sanguinea/conjuntivitis/fatiga/fuerte-dolor-de-cabeza" crlf)
  (assert (sint2 (read))))
)

(defrule verifica-sint2
  ?sint2<-(sint2 ?sint2-ingresado)
  (not(sint2 mala-circulacion-sanguinea|conjuntivitis|fatiga|fuerte-
dolor-de-cabeza))
  =>
  (retract ?sint2)
  (printout t crlf "Usted ingresó un sintoma incorrecto, vuelva a
intentar" crlf)
)

(defrule sint3
  (medicina-identificada no)
  (not(sint3 ?sint3-definido))
  =>
  (printout t crlf "¿Cuál es el tercer sintoma del paciente?" crlf
    "materias-nocivas/tos/dolores-articulares/vomitos"
crlf)
  (assert (sint3 (read))))
)

```

```

(defrule verifica-sint3
  ?sint3<-(sint3 ?sint3-ingresado)
  (not(sint3 materias-nocivas|tos|dolores-articulares|vomitos))
  =>
  (retract ?sint3)
  (printout t crlf "Usted ingresó un sintoma incorrecto, vuelva a
intentar" crlf)
)

(defrule sint4
  (medicina-identificada no)
  (not(sint4 ?sint4-definido))
  =>
  (printout t crlf "¿Cuál es el cuarto sintoma del paciente?" crlf
    "bacterias/fiebre/mareos/zumbido-en-oidos" crlf)
  (assert (sint4 (read)))
)

(defrule verifica-sint4
  ?sint4<-(sint4 ?sint4-ingresado)
  (not(sint4 bacterias|fiebre|mareos|zumbido-en-oidos))
  =>
  (retract ?sint4)
  (printout t crlf "Usted ingresó un sintoma incorrecto, vuelva a
intentar" crlf)
)

(defrule sint5
  (medicina-identificada no)
  (not(sint5 ?sint5-definido))
  =>
  (printout t crlf "¿Cuál es el quinto sintoma del paciente?" crlf
    "microorganismos/debilidad" crlf)
  (assert (sint5 (read)))
)

(defrule verifica-sint5
  ?sint5<-(sint5 ?sint5-ingresado)
  (not(sint5 microorganismos|debilidad))
  =>
  (retract ?sint5)
  (printout t crlf "Usted ingresó un sintoma incorrecto, vuelva a
intentar" crlf)
)

;;;*****
;;;* REGLAS DE MAQUINA DE INFERENCIA *
;;;*****

(defrule andreswaylla
  ?id-andreswaylla<-(medicina "Andres waylla")
  (or
    (not(sint1 materia-en-la-piel))

```

```

        (not(sint2 mala-circulacion-sanguinea))
        (not(sint3 materias-nocivas))
        (not(sint4 bacterias))
        (not(sint5 microorganismos))
    )
    =>
    (retract ?id-andreswaylla)
)

(defrule borraja
  ?id-borraja<-(medicina "Borraja")
  (or
    (not(sint1 materia-en-la-piel))
    (not(sint2 mala-circulacion-sanguinea))
    (not(sint3 materias-nocivas))
    (not(sint4 bacterias))
    (not(sint5 microorganismos))
  )
  =>
  (retract ?id-borraja)
)

(defrule cebolla
  ?id-cebolla<-(medicina "Cebolla")
  (or
    (not(sint1 materia-en-la-piel|trastorno-nervioso))
    (not(sint2 mala-circulacion-sanguinea|fuerte-dolor-de-cabeza))
    (not(sint3 materias-nocivas|vomitos))
    (not(sint4 bacterias|zumbido-en-oidos))
    (not(sint5 microorganismos|debilidad))
  )
  =>
  (retract ?id-cebolla)
)

(defrule choqachapi
  ?id-choqachapi<-(medicina "Choqachapi")
  (or
    (not(sint1 erupcion-cutanea))
    (not(sint2 conjuntivitis))
    (not(sint3 tos))
    (not(sint4 fiebre))
    (not(sint5 debilidad))
  )
  =>
  (retract ?id-choqachapi)
)

(defrule soltaki
  ?id-soltaki<-(medicina "Soltaki")
  (or
    (not(sint1 erupcion-cutanea))
    (not(sint2 conjuntivitis))
    (not(sint3 tos))
  )

```



```

        (not(sint4 fiebre))
        (not(sint5 debilidad))
    )
    =>
    (retract ?id-soltaki)
)

(defrule afrecho
  ?id-afrecho<-(medicina "Afrecho")
  (or
    (not(sint1 perdida-de-sangre))
    (not(sint2 fatiga))
    (not(sint3 dolores-articulares))
    (not(sint4 mareos))
    (not(sint5 debilidad))
  )
  =>
  (retract ?id-afrecho)
)

(defrule albahaca
  ?id-albahaca<-(medicina "Albahaca")
  (or
    (not(sint1 perdida-de-sangre))
    (not(sint2 fatiga))
    (not(sint3 dolores-articulares))
    (not(sint4 mareos))
    (not(sint5 debilidad))
  )
  =>
  (retract ?id-albahaca)
)

(defrule alcachofa
  ?id-alcachofa<-(medicina "Alcachofa")
  (or
    (not(sint1 perdida-de-sangre))
    (not(sint2 fatiga))
    (not(sint3 dolores-articulares))
    (not(sint4 mareos))
    (not(sint5 debilidad))
  )
  =>
  (retract ?id-alcachofa)
)

(defrule ajo
  ?id-ajo<-(medicina "Ajo")
  (or
    (not(sint1 trastorno-nervioso))
    (not(sint2 fuerte-dolor-de-cabeza))
    (not(sint3 vomitos))
    (not(sint4 zumbido-en-oidos))
    (not(sint5 debilidad))
  )

```

```

)
=>
(retract ?id-ajo)
)

(defrule apio
  ?id-apio<-(medicina "Apio")
  (or
    (not(sint1 trastorno-nervioso))
    (not(sint2 fuerte-dolor-de-cabeza))
    (not(sint3 vomitos))
    (not(sint4 zumbido-en-oidos))
    (not(sint5 debilidad))
  )
  =>
  (retract ?id-apio)
)

;;;*****
;;;* VERIFICACIÓN Y VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS *
;;;*****

(defrule medicina-identificada
  (declare(salience -100))
  ?id-medicina-identificada<-(medicina-identificada no)
  (medicina ?nombre-medicina)
  =>
  (retract ?id-medicina-identificada)
  (assert (medicina-identificada si))
)

(defrule resultado
  (medicina-identificada si)
  =>
  (printout t crlf "De acuerdo a los sintomas suministrados," crlf
    "los posibles medicamentos naturales son:" crlf)
  (assert(imprime-lista lista))
)

(defrule imprime-lista
  ?medicina-nombre<-(medicina ?nombre)
  (imprime-lista lista)
  =>
  (printout t " medicina natural: " ?nombre crlf)
)

(defrule medicina-no-identificada
  (declare(salience -200))
  (medicina-identificada no)
  =>
  (printout t crlf "Lo siento ..." crlf
    "No es posible identificar el medicamento con la
información suministrada" crlf)
)

```