

11209  
2 ej 45



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA  
Instituto Mexicano del Seguro Social  
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES  
CENTRO MEDICO "LA RAZA"



## TOMA DE DECISIONES CON AYUDA DE COMPUTADORA EN CIRUGIA DE URGENCIA

### T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
ESPECIALISTA EN  
CIRUGIA GENERAL  
PRESENTA EL MEDICO CIRUJANO

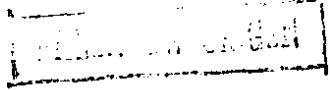
LUIS GALINDO MENDOZA



COORDINADOR: DR. ALBERTO LIFSHITZ GUINZBERG

MEXICO, D. F.

FEBRERO, 1988





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## CONTENIDO

DEDICATORIA	11
CONTENIDO	1v
PREFACIO	1
INTRODUCCION	3
ANTECEDENTES	6
MATERIAL Y METODO	19
REBULTADOS	29
CONCLUSIONES	35
APENDICE	38
REFERENCIAS	40
INDICE	48

## P R E F A C I O

Este trabajo fue elaborado en respuesta a una inquietud compartida de formalizar los criterios médicos y aprovechar esos hallazgos en la educación de los médicos jóvenes. Responde también al requerimiento de un trabajo de tesis para obtener el grado de Especialista en Cirugía General por parte de la Universidad Nacional Autónoma de México y del Instituto Mexicano del Seguro Social.

Se organizó con una INTRODUCCION, donde se podrá encontrar la justificación formal del trabajo y la definición del problema principal a resolver. En los ANTECEDENTES se expone un breve ensayo histórico de la evolución de la relación entre Medicina y ciencia de las computadoras. El abordaje del problema se plantea en el capítulo de MATERIAL Y METODOS, ilustrando los conceptos fundamentales para el lector médico no versado en computadoras, a quien se dirige principalmente el trabajo. Los RESULTADOS atestiguan la utilidad que pueden

llegar a tener los sistemas computarizados en la toma de decisiones en Cirugía de Urgencia y las CONCLUSIONES finalizan reafirmando las ideas propuestas.

Se concluye con una lista de las REFERENCIAS utilizadas para apoyar el trabajo. Se dispone de un índice de materias o CONTENIDO al principio y un INDICE analítico al final del texto, elaborados para facilitar la consulta posterior.

Como se insiste en varios puntos de la exposición, no es necesario que el lector sea experto en computadoras, ni para comprender esta ponencia ni para el eventual uso del sistema computarizado que se propone.

## INTRODUCCION

Admitir que uno tiene que ser sometido a una cirugía, aun a sabiendas de que será por propio beneficio, de ninguna manera es una conducta fácil de llevar [64, 75]. Para cualquier ser humano, una intervención quirúrgica será siempre una experiencia importante, y en ocasiones temible [4].

Todavía más difícil suele ser el tratar de justificar en palabras directas y claras las razones por las cuales un profesional está autorizado a recomendar un tratamiento, máxime cuando se trata de una operación quirúrgica [16, 17].

El médico puede estar tentado a tomar decisiones diagnósticas o terapéuticas con base en su experiencia personal, en ideas tomadas de publicaciones especiales o como consecuencia de conductas excéntricas [16], olvidando el método científico que normalmente se usa en otras disciplinas [28, 29, 46, 63].

Atendiendo a estos problemas, diversos investigadores se han preocupado por encontrar métodos matemáticos que formalicen las conductas recomendadas ante determinadas situaciones clínicas, tanto desde el punto de vista de los diagnósticos [29, 30, 33, 42, 53, 82, 102] como de los manejos médicos [54, 63, 74] y quirúrgicos [41, 77].

Estos métodos se han visto apoyados por el conjunto de procedimientos que la Lógica utiliza para elaborar razonamientos adecuados [20, 24, 27, 83], en los últimos tiempos, este apoyo ha sido enriquecido por las múltiples posibilidades que ofrece la tecnología de las computadoras contemporáneas [8, 14, 25, 49, 56, 59, 91].

El número de áreas en las que las computadoras son utilizadas en las sociedades modernas es sorprendente [11], pero quizás el hecho más significativo sea que lejos de ser la única innovación tecnológica de los años recientes, la computadora ha constituido el factor común que ha acelerado el desarrollo de casi todos los demás campos del quehacer humano [76]. El impacto de la ciencia de las computadoras en la Medicina, sin embargo, no se ha visto avanzar con el mismo empuje que en otras disciplinas [74, 78], probablemente por la complejidad de los razonamientos médicos [49].

Con respecto a la Cirugía, las computadoras han aportado también algunos servicios en renglones como la investigación

de complicaciones postoperatorias [89], el manejo de la Nutrición Artificial [6, 34, 50, 99], el análisis de los gases sanguíneos [12, 62] en los pacientes quirúrgicos críticos, y el diagnóstico de enfermedades hepato-bilio-pancreáticas [32] y del "abdomen agudo" [1, 31, 55, 100].

Finalmente, la propia naturaleza del ejercicio de la Cirugía con frecuencia determina un conjunto de condiciones especiales [16] como la urgencia misma de los casos, la expectativa que pacientes, familiares y médicos tienen sobre los resultados de los actos quirúrgicos, la indisponibilidad de datos clínicos y paraclínicos completos seriados y la necesidad de hacer un intento serio por llegar a un diagnóstico precoz y dar un manejo apropiado temprano [21], originándose un ambiente de tensión que puede llegar a obstaculizar la toma adecuada de decisiones o entorpecer la ejecución de procedimientos técnicos [48].

Es precisamente esta última inquietud la que se adopta como problema fundamental a resolver en el presente trabajo.

Se propone que el diseño de un sistema de identificación de esquemas clínicos y de toma de decisiones congruentes con éstos, con ayuda de computadora, puede auxiliar al cirujano a formalizar sus juicios y por lo tanto a que los pacientes comprometidos en este tipo de problemas reciban cada vez un mejor manejo.



## ANTECEDENTES

El interés por el estudio riguroso de los problemas de diagnóstico y manejo médicos es relativamente reciente y se remonta tan sólo a la década de los años cincuenta; tuvo como puntos de partida la revisión de la contraposición de los criterios estadístico y clínico en las predicciones clínicas, la entonces naciente inquietud en el estudio de los mecanismos de pensamiento humano dada por la emergencia de las primeras computadoras, el interés de los teóricos conductistas en identificar las estrategias de decisión humana y la colaboración interdisciplinaria, por vez primera, entre médicos, estadísticos y científicos entendidos en computadoras, para comprender la naturaleza del razonamiento médico [49].

Se observó (Ledley y Lusted, 1959) [10] que la mayoría de los errores de los clínicos son errores de omisión, es decir que cuando un médico considera un conjunto de posibilidades diagnósticas, sus propias limitantes hacen imposi-

ble que pueda considerar un número significativo de opciones en su esquema de diagnóstico diferencial, por un lado porque la cantidad de información a manejar sobrepasa sus límites de comprensión y por otro porque no es capaz de mantener el concepto de precisión cuando se trata de comparar magnitudes muy grandes o muy pequeñas [46] (por ejemplo: ¿qué período es mayor, 10,000 minutos o 1 semana?, o ¿cómo se pueden comparar las probabilidades de una enfermedad muy frecuente y de otra muy rara para que la comparación sea útil?).

Además (Elstein, 1978), el clínico trata de resolver sus problemas diagnósticos probando una serie finita de soluciones, no está acostumbrado a pensar en términos probabilísticos -y si lo hace suele dar un peso equivocado a sus datos- y, en último término, cree que colectando una gran cantidad de información mejorará sus decisiones, cuando en realidad puede estar rebasando su propia capacidad para interpretar esa información.

Uno de los productos de estas consideraciones fue desarrollado por Hathaway y Kenneth al principio de los años 50: el Minnesota Multiphasic Personality Inventory (MMPI), que identifica esquemas de personalidad mediante un conjunto de reglas de interpretación a las respuestas de varias preguntas de opción múltiple sobre conductas en diferentes situaciones y que hasta el inicio de los años 60 se incluyó por

un grupo de la Clínica Mayo en un "programa" de computadora que permitid estandarizar el cotejo y análisis de sus resultados con fines clínicos prácticos [37] (un programa de computadora es un conjunto completo de instrucciones que informan a una computadora cómo hacer algo [84]) y se usa todavía hoy como uno de los criterios de admisión en instituciones tales como el propio Instituto Mexicano del Seguro Social y con diferentes propósitos en la Universidad Nacional Autónoma de México [passim] .

Después de las consideraciones sobre los puntos de vista estadístico y clínico, la segunda influencia en el estudio del razonamiento médico fue dado por la llamada Inteligencia Artificial, campo de investigación de vanguardia que ha justificado su importancia no sólo conceptualmente sino porque ha conducido a la producción de aplicaciones prácticas como lo son los Sistemas Expertos (vid. infra, p. 13) [73].

La Inteligencia Artificial se ha definido como "la simulación del proceso de pensamiento, razonamiento y aprendizaje "experiencial" humanos" [84], "el estudio de las ideas que permiten a una computadora ser inteligente" [107], "... simplemente una manera de hacer que una computadora piense inteligentemente" [57] y hasta "... el estudio de cómo hacer que las computadoras hagan lo que, hasta el momento, la gente hace mejor" [88].

Sin embargo probablemente la insistencia en la imitación de los mecanismos de pensamiento humanos podría llegar a no ser más que un accidente histórico en la evolución de esta disciplina, y posteriormente los conceptos básicos en la estrategia de las computadoras se modificarían a tal grado que ya sería difícil seguirlos ligando a las actividades originalmente humanas. De cualquier manera, se trata por ahora de asignar a una máquina lo que conocemos como inteligencia, palabra que puede ser utilizada de diferentes maneras, pero que suele entenderse como "la habilidad de entender, recordar, movilizar e integrar constructivamente el aprendizaje previo al encontrar situaciones nuevas" [58, 45].

Pero ¿qué tipo de máquinas son las computadoras? Quizás en otro medio no se justificaría un paréntesis para explicar algunos conceptos básicos sobre las computadoras, sobre todo a menos de 15 años del cambio de siglo y a casi 45 de haberse desarrollado la primera computadora digital [39]. El médico, sin embargo, por las razones expuestas antes cuando se refirió el limitado impacto de la computación en la Medicina, aún se mantiene algo alejado de las computadoras. Con afán de complementar esta discusión, dirigida fundamentalmente a médicos, se explican a continuación algunos principios sobre computadoras. Recuérdese que ya desde hoy existen proyectos para utilizar computadoras desde la educación profe-

sional misma del médico [70, 72, 73], inclusive para crear una nueva especialidad: la de la Informática Médica [98].

Básicamente, una computadora consta de cuatro unidades principales conectadas por puentes de comunicación conocidos como "buses", que llevan la información entre una y otra de las unidades de la computadora (Figura 1.). Los "buses" llevan tres tipos de información: primero los Datos, que pueden ser listas de síntomas o niveles de glucosa sanguínea, por ejemplo; segundo, las Instrucciones, que dicen a la computa-

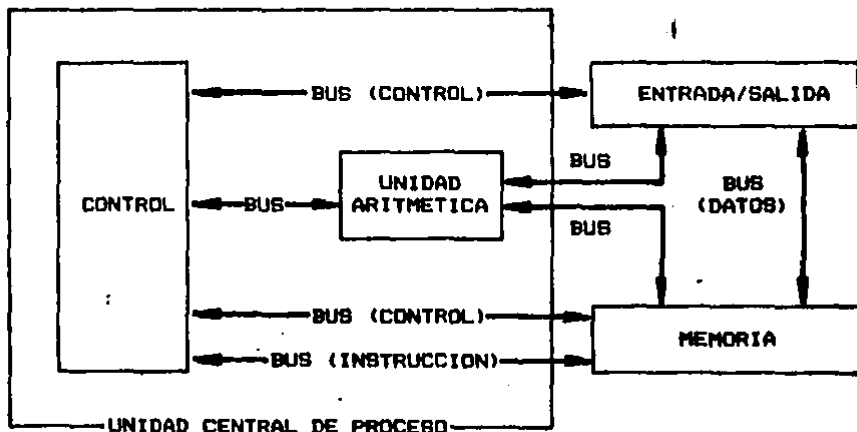


Figura 1. Organización de una computadora (Modificado de Sloan, ME. Introduction to Minicomputers and Microcomputers. U.S.A.: Addison-Wesley Publishing Company, 1980:3)

dora qué tiene que hacer con los datos, y que se codifican en alguno de los muchos lenguajes utilizados para este fin. Datos e Instrucciones se parecen en que ambos son proporcionados a la computadora por el usuario. El tercer tipo de información son las Señales de Control que se originan en la computadora misma y permiten, por ejemplo, corregir errores de programación o marcar intervalos de tiempo [92].

Los cuatro componentes de la computadora mencionados antes son la Unidad de Control, que interpreta y ejecuta instrucciones en la secuencia apropiada y emite Señales de Control para las otras unidades; la segunda es la Unidad Aritmética y Lógica, que ejecuta estas operaciones. Estas dos partes conforman la Unidad Central de Proceso. La tercera unidad es la Memoria, que almacena tanto las Instrucciones del programa como los Datos, y la cuarta parte es la Unidad de Entrada/Salida, que es la comunicación entre la computadora y el mundo exterior, y que puede ser un monitor, un teclado, una perforadora de tarjetas o una impresora y se conoce también como "periféricos". El equipo físico conformado por la Unidad Central de Proceso, la Memoria y los periféricos se conoce como "hardware" (no suele traducirse), y el conjunto formado por los programas y las rutinas que controlan las funciones de la computadora se llama "software"; la suma de hardware y software se conoce como sistema [92].

El método utilizado para la elaboración de los listados de instrucciones o programas para computadora dependerá del propósito del programa mismo, ya sea que se trate de un Editor de Texto o de un Sistema Experto para diagnóstico médico, y del tipo de programación empleado.

El método de programación utilizado hasta hoy en la Inteligencia Artificial ha sido el estudio de la forma en que la gente piensa y la fragmentación de este proceso en pasos básicos para después diseñar un programa de computación utilizando estos pasos [57]. Las ventajas y diferencias entre la programación habitual de computadoras y la programación con Inteligencia Artificial se pueden resumir señalando que un programa estándar de respuestas a problemas específicos y es difícil de modificar y un programa de Inteligencia Artificial puede alterarse sin cambiar su estructura básica original con el fin de responder a problemas diferentes [57].

Continuando con el bosquejo histórico propuesto, aproximadamente en 1954, L.J.Savage escribió sobre la teoría de decisiones estadísticas Bayesianas, misma que proporciona un método para combinar las estimaciones subjetivas con datos objetivos en forma de probabilidades subjetivas [109] y que fue utilizado hasta más tarde (Ledley y Lusted, 1959) para la explicación del diagnóstico médico.

De acuerdo con estas ideas, cuando un médico se enfrenta

En un caso, puede razonar, por ejemplo, que su paciente se encuentra en alguno de los estados patológicos mutuamente excluyentes A, B o C, con probabilidades  $p(A)$ ,  $p(B)$  y  $p(C)$ , que con fin de ejemplificar digamos que valen 0.01, 0.09 y 0.90 respectivamente, y que se está considerando un manejo quirúrgico; si no se opera urgentemente en el caso A, el paciente morirá, se recuperará con muchas dificultades en el caso B y podría curarse inmediatamente en el caso C. Sin embargo la operación ocasionará molestias y desembolsos al paciente.

Hay cuatro posibilidades: muerte, recuperación sin cirugía y sus costos, mejoría rápida, y recuperación con cirugía y sus costos. Pueden representarse como "utilidades":  $U_4$ ,  $U_3$ ,  $U_2$  y  $U_1$ . En estos términos, la operación se recomendaría si, y sólo si  $U_4 > U_1 p(A) + U_2 p(B) + U_3 p(C)$  [49].

Negrete da un excelente y didáctico ejemplo con esta misma idea [75], junto al llamado método Bayesiano que se ha utilizado en diversos programas de orientación diagnóstica [19, 31, 74, 94] empleando el concepto de estimaciones estadísticas subjetivas [55, 71].

El desarrollo subsecuente de la aplicación de la ciencia de las computadoras en Medicina se ilustrará con el análisis de algunos de los "Sistemas Expertos" más trascendentes. Un Sistema Experto es un sistema de Inteligencia Artificial



creado para resolver problemas en un dominio o área de interés especial mediante mecanismos heurísticos, es decir, aquellos que se fundamentan en el empleo de reglas formuladas con conocimientos que sólo un experto maneja [57].

El sistema MYCIN (Shortliffe, 1976) fue desarrollado como auxiliar en el diagnóstico y manejo de enfermedades infecciosas y nació ante el problema que enfrenta el clínico cuando necesita instalar una terapéutica antimicrobiana sin la evidencia cierta de un agente causal específico [91, 110]; su base de datos (colección de datos mutuamente relacionados y manipulados en un proceso de computación [96, 104]) se configura con reglas de producción, también llamadas reglas de "situación-acción" o reglas "si-entonces" porque indican que si una premisa o conjunto de premisas se satisface, entonces se cumple una conclusión. Por ejemplo, la regla "RULE 050" del sistema, escrita en el lenguaje de programación LISP dice que:

```
(AND (BAME CNTXT INFECT PRIMARY-BACTEREMIA)
      (MEMBF CNTXT SITE STERILESITES)
      (BAME CNTXT PORTAL GI))
(CONCLUDE CNTXT IDENT BACTEROIDES TALLY .7))
```

Traducido al lenguaje coloquial quiere decir que "SI la infección es una bacteremia primaria, el sitio de cultivo es un sitio estéril y la puerta de entrada que se sospecha es el tubo digestivo, ENTONCES hay evidencia sugestiva (70%) de

que el microorganismo causal es un bacteroides" [10].

El sistema MYCIN invoca sus reglas por medio de "concatenación retrógrada", es decir, ligando enunciados en los que se conoce primero lo que sucedió después (bacteremia primaria y sitio de cultivo estéril en el ejemplo) y luego se induce lo que ocurrió primero ("el agente causal puede ser un bacteroides") [57].

Otros programas dignos de mención son los siguientes: el sistema Causal Asociacional NETWORK o CASNET (Weiss, Kulikowski y Bafir, 1977), que ha sido implementado principalmente en el diagnóstico diferencial del glaucoma y que funciona definiendo a la enfermedad como una conjunción de estados fisiopatológicos relacionados causalmente, de manera que el trabajo diagnóstico consiste en encontrar el camino causal entre dos o más de estos estados; después de que todos los síntomas y hallazgos disponibles se han tecleado en la máquina, se utilizan tablas de clasificación para sugerir el diagnóstico y el tratamiento [10].

INTERNIST es un programa de consulta en el dominio de la Medicina Interna [67] desarrollado por H.Pople, especialista en computadoras, y J.Myers, especialista en Medicina Interna; desde el punto de vista de su programación, trabaja infiriendo un conjunto de hipótesis que expliquen a satisfacción las manifestaciones del paciente. El Diagnóstico en Me-

dicina Interna se complica porque los pacientes pueden sufrir varias enfermedades simultáneas, y aunque la probabilidad de que ciertas enfermedades se asocien es mayor que la de la asociación de otras, el número de combinaciones es demasiado grande como para presuponerlo con certeza. INTERNIST supera este problema estableciendo secuencialmente las enfermedades que justifican mejor los datos, es decir que primero se ocupa de la explicación de un grupo de manifestaciones para definir una enfermedad y continúa con los datos restantes para encontrar una segunda enfermedad, y así sucesivamente [10].

ONCOCIN es un sistema de protocolo de manejo en oncología que asiste al médico en la indicación de programas de quimioterapia en pacientes ambulatorios con cáncer [49] y es semejante a MYCIN (vid. supra, MYCIN). CADIAG-1 es un sistema experto médico basado en la representación lógica simbólica de las relaciones médicas y CADIAG-2 funciona con teorías de la lógica informal ("fuzzy logic"), con exactitud del 93.7% en la generación y confirmación de hipótesis en enfermedades reumáticas y del 91.5% en padecimientos pancreáticos [2]. CONTRAC o Computer-Based Case Tracing puede graficar datos clave en el manejo clínico con el propósito de objetivizarlos [79]. ADAMIS, A Database for Medical Information Systems es un dispositivo para manejo de datos hospita-

arios con ventajas tales como facilidades estadísticas y generación de informes, que lo hacen superior a otros sistemas convencionales de bases de datos no especializadas [81].

Hay además programas diseñados para manejo de expedientes e Historias Clínicas [7, 90], diagnóstico en gastroenterología [13, 44], elaboración de cálculos sobre variables hemodinámicas y respiratorias [51, 60, 62, 85, 86, 105], crítica de estrategias médicas [66], monitoreo de pacientes en Cuidados Intensivos [3, 22, 35, 36, 87, 106], y análisis de confiabilidad de exámenes de laboratorio [47, 95].

En México se han elaborado programas como EXPERI/MENTOR, donde el usuario aprende a buscar las reglas que rigen la naturaleza de un sistema de experimentos con variables dependientes y constantes que el estudiante manipula parcialmente [74], PENNY-CELINA, para manejo de antibióticos sobre el análisis de su valor terapéutico [74] y PROPEDEUTA, experto artificial para el diagnóstico cardiovascular [73], entre otros.

Uno de los aspectos que resalta del análisis del contenido y propósito de los programas mencionados es su limitada aplicación quirúrgica; de hecho ninguno la tiene directamente. Sin embargo, también hay programas diseñados especialmente para ayudar en la resolución de los problemas de la Cirugía, sobre todo en el abdomen agudo [26, 55, 100], que inclu

so han permitido (Adams y col., 1986) exactitudes diagnósticas iniciales de 65.3%, mejoradas al 74.2% después de investigaciones auxiliares y con tasas de error de manejo hasta del 0.2% [1] en un estudio con 16,737 pacientes.

Concluyendo, se puede ver claramente que uno de los catalizadores del interés en la formalización de los pensamientos médicos ha sido el desarrollo de las computadoras, desde el inicio de la década de los años 50. El estado actual de la solución de los problemas médicos todavía espera avances en la capacidad de los programas y de las máquinas mismas [49]; su progreso empieza a vislumbrarse en direcciones diversas.

## MATERIAL Y METODO

Continuando con la filosofía adoptada en los capítulos anteriores, se asesorará al lector médico en temas situados fuera de su dominio habitual, exponiendo los materiales y métodos utilizados en el trabajo a la par de explicar su significado con información pertinente.

Se elaboró un programa de computación para apoyar la toma de decisiones de diagnóstico y manejo en algunos problemas quirúrgicos de urgencia.

El lenguaje seleccionado para la elaboración del programa fue el llamado Common LISP (Golden Common LISP, Versión 1.01 de Gold Hill Computers).

El LISP es un lenguaje de programación que toma su nombre de LIST Programming [107], es decir, un algoritmo definible como lenguaje de computación, que facilita el procesamiento de datos agrupados en forma de lista [43], desarrollado inicialmente por John McCarthy y colaboradores a finales

de los años 50, Common LISP es una amalgama de versiones diferentes como MacLISP, ZetaLISP e Interlisp producida en el año de 1982 por expertos del Defense Advanced Research Projects Agency de los Estados Unidos de América [93].

En el ambiente del LISP ("ambiente" se entiende aquí como el conjunto de condiciones a la vez ofrecidas e impuestas por el "sistema" -vid. supra, ANTECEDENTES- [84]) todos los datos y procedimientos pueden ser consultados o alterados según se requiera, permite escribir programas complicados y grandes, está diseñado para manipulación de símbolos, y como datos y procedimientos tienen la misma forma, un programa en LISP puede utilizar a otro como dato y hasta crear otro programa y utilizarlo [108]. Como desventajas se encuentran su sintaxis extraña, la dificultad para aprenderse y cierta ineficiencia en cuanto a rapidez de cálculo [10].

El programa diseñado para este trabajo utiliza concatenación progresiva, identificación de patrones, reglas de producción e interacción amigable con el usuario.

"Concatenación progresiva" (o "forward chaining") quiere decir que el sistema presenta una o más condiciones iniciales (por ejemplo, un diagnóstico como HEMORRAGIA DE TUBO DIGESTIVO ALTO y alguna otra condición como HEMORRAGIA CALCULADA EN MAS DE 2,500 ml EN LAS PRIMERAS 24 hs); para cada condición, el programa busca entre las reglas que tiene al-

maceradas, aquella que se ajuste a la premisa o premisas combinadas (como "SI HAY HEMORRAGIA DE TUBO DIGESTIVO ALTO Y SI SE CALCULA UNA HEMORRAGIA DE MAS DE 2,500 ml EN LAS PRIMERAS 24 hs, ENTONCES ESTA INDICADO EL TRATAMIENTO QUIRURGICO") y genera una conclusi3n, que a su vez se puede tomar como una nueva condici3n y combinarse con otras condiciones m3s (por ejemplos: "SI ESTA INDICADO EL TRATAMIENTO QUIRURGICO, Y SI NO HAY ORIGEN IDENTIFICADO, ENTONCES SE DEBE PRACTICAR PI-LOROTOMIA"). Y asi sucesivamente, cada conclusi3n pasar3 a ser premisa de otra regla, hasta agotar las disponibles ("SI SE PRACTICA PILOROTOMIA Y SI EL SANGRADO ES PROXIMAL, ENTONCES SE DEBE PRACTICAR UNA GASTROTOMIA TRANSVERSA") terminando entonces la sesi3n [57] (vid. Figura 2.) .

"Identificaci3n de Patrones" (o "pattern matching") se refiere a la capacidad de un programa de identificar un conjunto de caracteristicas descriptivas de una condici3n (como HEMORRAGIA DE TUBO DIGESTIVO ALTO m3s HEMORRAGIA CALCULADA EN MENOS DE 2,500 ml EN LAS PRIMERAS 24 hs y m3s GRUPO SANGUINEO POCO FRECUENTE), tom3ndolas en cuenta como un todo antes de emitir una conclusi3n, y sin confundirse con situaciones o conjuntos de caracteristicas similares pero no id3nticas [108].

Las "Reglas de Producci3n" (vid. supra, ANTECEDENTES) ya fueron descritas anteriormente al describir el sistema MYCIN



y se refieren a la estructura SI-ENTONCES utilizada aquí.

La interacción "amigable con el usuario" (o "user-friendly") significa que su diseño permite ser usado por individuos no entrenados en computación [84], porque promueve un

REGLA-01

SI:

HAY HEMORRAGIA DE TUBO DIGESTIVO ALTO
--

Y:

SE CALCULA UNA HEMORRAGIA DE > 2,500 ml/ 128 24 hr
---

ENTONCES:

ESTA INDICADO EL TRATAMIENTO QUIRURGICO
--

REGLA-02

SI:

ESTA INDICADO EL TRATAMIENTO QUIRURGICO
--

Y:

NO HAY ORIGEN IDENTIFICADO
-------------------------------

ENTONCES:

SE DEBE PRACTICAR PILOROTOMIA
----------------------------------

Figura 2. En la concatenación progresiva la conclusión de una regla se transforma en la premisa de otra regla.

diálogo por medio de preguntas dirigidas y pertinentes que sirven para completar la información de las reglas del sistema, sin tener que proporcionar datos indiscriminadamente.

Antes de comenzar a describir algunos ejemplos de la interacción de la máquina con el usuario, se advierte al lector que tal vez se sentirá sorprendido por el hecho de que las preguntas y explicaciones están redactadas en el idioma inglés. Las razones que justifican esta decisión son: los lenguajes de computación pueden aparentar que corresponden a algún idioma en especial, cuando en realidad no son más que, precisamente, lenguajes de computadora [92]. Por ejemplo, en el lenguaje conocido como BASIC se puede pedir a la computadora que imprima la letra "M" escribiendo en el teclado la expresión PRINT "M". A pesar de que se puede recordar que la palabra PRINT proviene del inglés, no es muy difícil reconocer que la computadora no entiende inglés, sino BASIC; del mismo modo en LISP, lenguaje escogido para este trabajo y desarrollado en un país de habla inglesa, existen órdenes o "primitivos" que aunque pueden recordar el idioma que hablan los investigadores que lo idearon, en realidad ya no son sino una manera de comunicarse con la máquina. Así, se decidió aprovechar funciones como el "predicado" (YES-OR-NO-P), que en términos del propio LISP es "evaluado" como verdadero, asignándosele la literal T (de "True") si el usuario teclea

la palabra "yes" en respuesta al interrogatorio de la computadora (vid. infra, Figura 4.), y que forman parte medular de las reglas del sistema de decisiones [108]. Por ejemplo:

```
(DEFUN BLUNT-ABDOMINAL-TRAUMA ()
  (IF (AND (EQUAL (YES-OR-NO-P "IS THE PATIENT ALERT?") T)
    (EQUAL (YES-OR-NO-P "IS THE EXAM NEGATIVE?") T))
    (FORMAT T "REEVALUATE IN 1-2 HOURS")
    (FORMAT T "PERFORM DIAGNOSTIC PERITONEAL LAVAGE")))
```

Esta regla, escrita en LISPL, quiere decir que "en caso de trauma abdominal contuso, si es verdad que el paciente está alerta y que la exploración física fue negativa, entonces se recomienda revalorar al paciente en 1-2 horas, pero en caso contrario se recomienda efectuar un lavado peritoneal diagnóstico". Tratando de evadir la distracción de analizar en este momento la bondad o la certeza de la regla utilizada como ejemplo, tómese en cuenta que aparecerá en el monitor como:

IS THE PATIENT ALERT? (Yes or No)\_

El usuario teclea (el quidn al final de la línea se llama "cursor" e indica el sitio del monitor en el que está la información a tomar en cuenta en un momento dado) entonces:

yes\_

El sistema asigna T a la primera de las premisas de la

regla pero para tomar alguna de las conclusiones debe antes preguntar por la segunda premisa:

IS THE EXAM NEGATIVE? (Yes or No)\_

Si el usuario respondiera ahora "no", el sistema imprimiría en el monitor la segunda opción, puesto que la primera será cierta si, y sólo si las dos premisas son correctas; este tipo de planteamiento lógico se conoce como Booleano [45] por haber sido originalmente propuesto por Boole [15].

Volviendo a la explicación inicial acerca del idioma utilizado en el diseño del programa, puede verse que de haber insistido en no utilizar inglés, habrían resultado mensajes bilingües y de ortografía inexacta, como:

ESTA ALERTA EL PACIENTE? (Yes or No)\_

El programa comienza con un menú del que el usuario puede seleccionar la opción que le interesa y es guiado a través de una secuencia (vid. infra, Figura 3.) determinada por sus propias respuestas, y al que puede volver una vez terminada una sesión. Las reglas utilizadas se tomaron de los criterios identificados en textos habituales y especializados en decisiones quirúrgicas [41, 77, 103] y se tradujeron al LISP. Mediante la utilización de un editor adecuado, como el GHACB Editor que proporciona el mismo fabricante del paquete

Golden Common LISP utilizado aquí, el usuario puede tener acceso al programa y modificar las reglas de acuerdo a las sus impresiones o necesidades.

Al mismo tiempo que el sistema pregunta datos que completan sus reglas para poder continuar la concatenación pro-

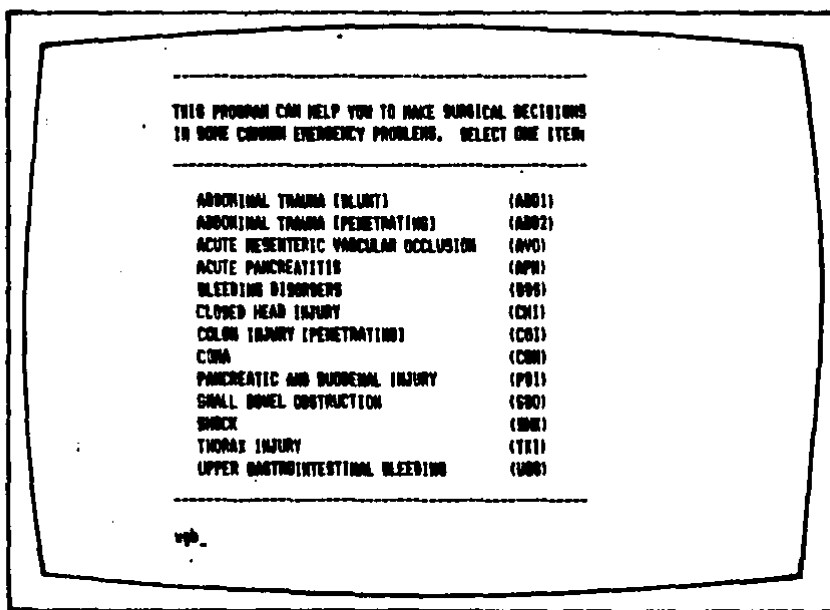


Figura 3. Menú que ofrece el sistema, tal y como aparece en el monitor; el usuario escogió UPPER GASTROINTESTINAL BLEEDING.

gresiva, aparecen en el monitor tanto sugerencias de diagnóstico y manejo como datos útiles como frecuencias, dosis, etcétera (vid. Figura 4.).

El programa se "corrid" en una computadora TeleVideo portátil modelo TPC-II D con microprocesador Intel 8088 de 16

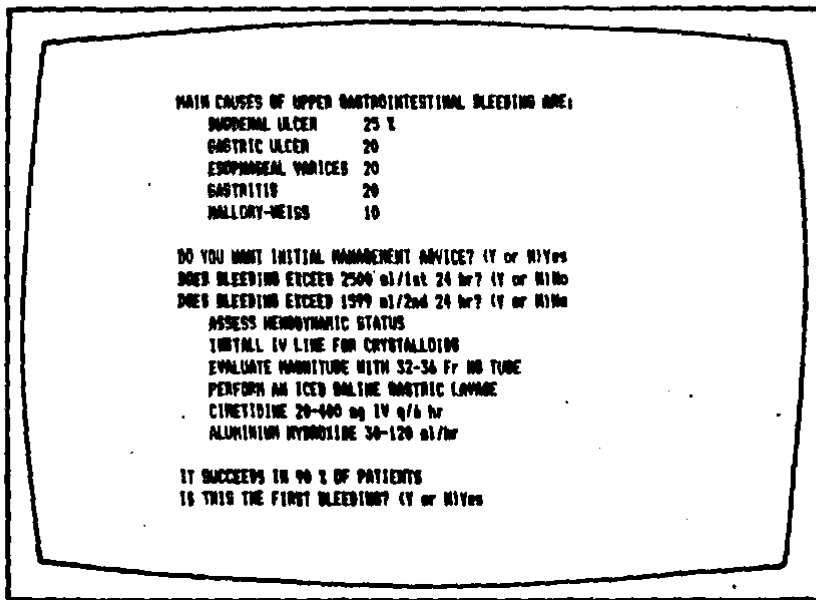


Figura 4. El diálogo del usuario con la máquina queda ilustrado con estadísticas y sugerencias.

bits y con 4.77 MegaHertz de rapidez de proceso, memoria base de 256 Kbyte de RAM dinámica, expandida a 512 Kbyte por medio de una tarjeta Mylex de multifunción. Se utilizó el Sistema Operativo TeleDOS basado en MS-DOS versión 2.11.

Se firmaron de conformidad la carta de licencia para la utilización del programa Golden Common Lisp con Gold Hill Computers, Inc., que limita el uso del software a una sola máquina, y la carta de reconocimiento del Acta de Exportación Tecnológica de los Estados Unidos de América, que permite el tránsito del programa a México.

Dado que uno de los objetivos del programa es la educación de médicos jóvenes, para conocer las ventajas que puede ofrecer el sistema se pidió la colaboración de varios Médicos Pasantes en Servicio Social; se escogió este nivel académico porque se trata de médicos casi titulados que todavía no definen su curso por alguna especialidad y se supuso que muchos de los criterios de manejo quirúrgico les eran desconocidos.

Fueron divididos en grupos: El A, de 6 Pasantes, resolvió un cuestionario de preguntas de opción múltiple (vid. ANEXO) sobre los mismos manejos quirúrgicos de que se ocupa el programa que se presenta, sin previo aviso y sin auxilio de instructores, textos o computadora. El grupo B, también de 6 Pasantes, resolvió el mismo cuestionario pero con ayuda

del programa de computadora solamente, y también sin previo aviso. El grupo C, de 5 Pasantes, resolvió el mismo cuestionario con ayuda de un texto escogido por ellos mismos.

Sólo uno de los Pasantes reconoció haber tenido alguna experiencia previa con computadoras y ninguno tenía disponibilidad habitual de una computadora en su domicilio ni en ningún otro sitio. Una semana después, 3 elementos del grupo A y 4 del grupo C volvieron a resolver el mismo cuestionario pero con auxilio del programa de computadora.

Aunque los voluntarios conocieron el programa ya "cargado" en la computadora, conviene mencionar que el usuario habitual deberá encender la máquina y cargar el Sistema Operativo MS-DOS o semejante, versión 2.0 o más reciente, luego Golden Common LIBP (aquí con la versión 1.01) hasta obtener el mensaje "Top-Level :\_" (4-5 minutos), y finalmente el archivo del programa con la orden (LOAD "TEBIB.LSP").



## RESULTADOS

De los Médicos Pasantes que utilizaron la computadora, 2 del grupo B y 3 del grupo combinado A y C solicitaron ayuda por dificultades con el idioma inglés con que se redactaron los mensajes del sistema y 2 por dificultades con el manejo del teclado.

Se fijó el límite arbitrario del 70 % de respuestas adecuadas con base en la observación de que las calificaciones se distribuyeron entre el 60 y el 80 %. En el grupo B, 83.3 % de los Pasantes obtuvieron calificaciones mayores del 70 % de respuestas correctas, contra el 33.3% de los Pasantes del grupo A, aunque la significancia alcanzó solamente un valor de  $p = 0.11$  con la llamada prueba exacta para tablas  $2 \times 2$  (vid. Tabla 1.) .

Sólo el 50 % de los Pasantes del grupo C logró obtener calificaciones mayores al 70 %, y las diferencias contra los grupos B y A llegó apenas a  $p = 0.24$  y a  $p = 0.37$  respectiva

mente, con la misma prueba exacta para tablas de contingencia con muestras pequeñas (vid. Tablas 2. y 3.) .

GRUPO	CALIFICACION		TOTAL
	< 70 %	> 70 %	
A	4	2	6
B	1	5	6
TOTAL	5	7	12

Tabla 1. Comparación de las calificaciones obtenidas sin ayuda y con computadora (ver texto para explicaciones).

Cuando algunos de los elementos de los grupos A y C volvieron a resolver el cuestionario una semana después, los Pasantes que no habían recibido ninguna clase de ayuda se compararon contra su propio grupo y se observó una leve mejoría ( $p = 0.11$ ); los que habían consultado un texto también mejoraron ( $p = 0.09$ ) (vid. Tablas 4. y 5.) .

La mayoría de los Pasantes del grupo C mencionaron que a pesar de contar con un texto, la resolución del cuestionario fue más difícil de lo que habían esperado, probablemente por

que esperaban preguntas sobre frecuencia y definici6n de padecimientos m6s que de criterios de manejo (sic).

CALIFICACION			
GRUPO	< 70 %	> 70 %	TOTAL
C	3	3	6
B	1	5	6
TOTAL	4	8	12

Tabla 2. Comparaci6n de las calificaciones obtenidas con ayuda de computadora y consultando un texto.

La mayoria de los sujetos que cooperaron para estas comparaciones (94 %) opinaron que son positivos los esfuerzos por llevar las computadoras a la resoluci6n de los problemas cl6nicos, "porque las computadoras pueden manejar mucha informaci6n" (sic). S6lo uno de los voluntarios (5.8 %) manifest6 su inter6s solicitando referencias bibliogr6ficas para adquirir conocimientos sobre el papel de las computadoras en la Medicina y la Cirujia y otro voluntario pregunt6 por el costo aproximado de un sistema de computaci6n utilizable en

CALIFICACION			
GRUPO	< 70 %	> 70 %	TOTAL
A	4	2	6
C	3	3	6
TOTAL	7	6	12

Tabla 3. Comparación de las calificaciones obtenidas sin ayuda y consultando textos.

un consultorio médico, pero manifestó no tener interés en adquirir un equipo próximamente.

CALIFICACION			
SEMANA	< 70 %	> 70 %	TOTAL
1	4	2	6
2	0	3	3
TOTAL	4	5	9

Tabla 4. Comparación de las calificaciones obtenidas sin ayuda y con computadora por elementos del grupo A.

SEMANA	CALIFICACION		TOTAL
	< 70 %	> 70 %	
1	3	3	6
2	0	4	4
TOTAL	3	7	10

Tabla 5. Comparación de las calificaciones obtenidas consultando textos y con ayuda de computadora por elementos del grupo C.

## CONCLUSIONES

Podría pensarse que tratar de diseñar y adecuar un modelo automatizado de asesoría lógica en manejo quirúrgico en un país de tecnología predominantemente importada y recursos limitados es una idea desubicada del contexto práctico que la sociedad solicita de la Ciencia y la Investigación.

En defensa, se invita a conocer las ideas de científicos mexicanos como Martínez-Palomo [61]: "... la exigencia de una rentabilidad inmediata de los productos de la ciencia, cada vez más frecuente, ha producido confusión y desaliento, cuando esa pronta rentabilidad es tal vez el menos importante de los atributos que la ciencia puede ofrecer a una sociedad en desarrollo. Los países pobres no deben abandonar la investigación, ni deben realizar un tipo diferente de ciencia; (...) la función social más importante de la ciencia en los países pobres (...) es la capacidad de desarrollar una actitud racional y optimista para influir en el futuro ...".

Tampoco se puede sostener que el empleo de un sistema computarizado requiere de experiencia larga o conocimientos profundos en la ciencia de las computadoras, pues ya se ha visto cómo es posible dialogar con la máquina en un lenguaje cotidiano.

Se fundamentó suficientemente la existencia de antecedentes útiles en la formalización del pensamiento médico desde hace ya casi 40 años, con lo que resulta imperdonable seguir ignorando las aportaciones de la Lógica y la ciencia de las computadoras en el pensamiento médico.

Se considera que la parte medular del presente trabajo no es el conjunto de experiencias de campo que se llevaron a cabo, sino la elaboración misma de un Sistema Experto capaz de auxiliar sobre todo a los cirujanos jóvenes "de poca experiencia" en la toma de decisiones de manejo sobre problemas comunes en la Cirugía de urgencia.

Es por ello que se admite la falta de significancia en la mayoría de las comparaciones con y sin utilización de auxiliares computarizados y se explica como consecuencia de la aceptable preparación académica de los sujetos voluntarios, que les permitió tomar conductas cercanas a las recomendadas por el Sistema Experto.

El objetivo central del trabajo, más allá de la elaboración y prueba de un Sistema Experto en Cirugía de urgencia,

ha sido despertar el interés de los nuevos cirujanos en los aspectos relacionados con el pensamiento médico formal, como un medio para otorgar atención adecuada a los enfermos, sin tener que esperar solamente por las bondades de lo que comúnmente se llama "experiencia".

Se propone, pues, que la "experiencia" no es otra cosa que la automatización humana del producto del aprendizaje.

Hoy resulta curioso el relato de algunos investigadores pioneros en la identificación de los mecanismos de pensamiento médico [49] cuando mencionan que al inicio de sus trabajos empleaban métodos que obligaban a sus colegas a "pensar en voz alta" mientras trabajaban en el "arte" del diagnóstico, para objetivizar el conjunto de reglas que utilizaban, con éxito, pero sin percatarse del proceso íntimo de sus inferencias.

Quiere decir que en el momento en que la enseñanza de la Medicina clínica obligue a los educandos a objetivizar el mecanismo de sus pensamientos, el proceso de toma de decisiones sobre diagnóstico y terapéutica dejará de tener el tinte añejo del empirismo.



## APENDICE

A continuación se presenta una muestra del cuestionario mencionado en MATERIAL Y METODOS (vid. supra) aplicado a los voluntarios que participaron en el estudio:

El siguiente cuestionario consta de varias preguntas ordenadas secuencialmente. Lea cuidadosamente cada reactivo y trate de imaginar que se encuentra usted en una situación clínica de Urgencia, es decir que tendrá que pensar bien y rápido.

A. Acaba de ingresar a la Sala de Urgencias un sujeto de sexo masculino de 38 años de edad conciente que refiere sufrir dolor abdominal gravativo del epigastrio y flanco derecho cada 6 meses desde hace 3 años y no ser alcohólico. Ha presentado hematemesis desde ayer, aproximadamente 100ml.

1. ¿Cuáles son las 5 causas más frecuentes de Hemorragia del tubo digestivo superior? Mencione el porcentaje a proximado de frecuencia.

1.	-----	----	%
2.	-----	----	%
3.	-----	----	%
4.	-----	----	%
5.	-----	----	%

2. Con los datos que conoce hasta este momento ¿qué tipo de manejo requiere el paciente, médico o quirúrgico?
- a) médico ( )
  - b) quirúrgico ( )
  - c) ambos ( )
  - d) ninguno ( )
3. Si contestó "médico" o "ambos", mencione 6 medidas importantes en el manejo médico inicial de la Hemorragia del tubo digestivo superior:
1. \_\_\_\_\_
  2. \_\_\_\_\_
  3. \_\_\_\_\_
  4. \_\_\_\_\_
  5. \_\_\_\_\_
  6. \_\_\_\_\_
4. Si contestó "quirúrgico", suponga que a pesar de que cuenta con los medios apropiados, no logró identificar el origen anatómico de la hemorragia.
- a) ¿Qué tan frecuentemente sucede esto? \_\_\_\_\_ %
  - b) ¿Cuál es el primer procedimiento quirúrgico recomendado en este caso? \_\_\_\_\_
5. Sin importar con qué inciso contestó la pregunta 2., mencione si está indicada la Endoscopia:
- a) sí ( )
  - b) no ( )
  - c) datos insuficientes ( )
6. Si contestó "sí", suponga que la impresión endoscópica es compatible con gastritis hemorrágica y vuelva a contestar la pregunta 2. en los siguientes incisos:
- a) médico ( )
  - b) quirúrgico ( )
  - c) ambos ( )
  - d) ninguno ( )

## REFERENCIAS

1. Adams ID, Chan M, Clifford PC, Cooke WM, Dallos V, DeDonal FT et al. Computer Aided Diagnosis of Acute Abdominal Pain: A Multicentre Study. *Br Med J* 1986 Sep 27; 293:800-4
2. Adlassnig KP, Kolarz G, Scheithauer W, Effenberger H and Grabner G. CADIAG: Approaches to Computer-Assisted Medical Diagnosis. *Comput Biol Med* 1985; 15(5):315-35
3. Alvarez-Cordero R. Diagnostico y Tratamiento del Enfermo en Estado Critico. México: Salvat Editores de México, S.A., 1982
4. Alvarez-Cordero R. La Reintervención Quirúrgica. México: Salvat Mexicana de Ediciones, S.A. de C.V., 1984:1
5. Angell JC. El Abdomen Agudo y el Galeno en Apuros. México: Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V., 1983
6. Ball PA, Candy DCA, Puntis JWI and McNeish AS. Portable Bedside Microcomputer System for Management of Parenteral Nutrition in all Age groups. *Arch Dis Child* 1985; 60:435-9
7. Barnett GO. The Application of Computer-Based Medical-Record Systems in Ambulatory Practice. *New Engl J Med* 1984 Jun 21; 310(25):1643-50
8. Barnett GO. The Computer and Clinical Judgment. *New Engl J Med* 1982 Aug 19; 307(8):493-4
9. Barr A and Feigenbaum EA. The Handbook of Artificial Intelligence. Vol. 1, U.S.A.: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1981
10. Barr A and Feigenbaum EA. The Handbook of Artificial Intelligence. Vol. 2, U.S.A.: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1982:177;189

11. Bartee T. Introduction to Computer Science. Tokyo: McGraw-Hill International Book Company, 1975:1
12. Benedetto B, Enrichens F, Festa T, Mao P, Manconi P, Focco A et al. EGAGE: Un Programma per l'esame combinato dell'emogasanalisi e dell'analisi dei gas espirati dedicato al paziente chirurgico critico. Min Med 1984; 75(28-29):2059-62
13. Bertuzzi A, Comin U, Ferrari D, Maggi CA, Ballarin E e Fertitta AM. Programma Computerizzato di Gastroenterologia. Min Med 1984; 75(28-29):2067-9
14. Blois MB. Clinical Judgment and Computers. New Engl J Med 1980 Jul 24; 303(4):192-7
15. Boole G. An Investigation of The Laws of Thought on which are founded the mathematical theories of logic and probabilities. U.S.A.: Dover Publications Inc., 1958
16. Bosk CL. Forgive and Remember: Managing Medical Failure. U.S.A.: The University of Chicago Press, 1979;11,61
17. Callan JP. The Physician: A Professional Under Stress. U.S.A.: Appleton-Century-Crofts, 1983;ixii
18. Cohen PR and Feigenbaum EA. The Handbook of Artificial Intelligence. Vol. 3, U.S.A.: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1982
19. Cooper BF. A Diagnostic Method that Uses Casual Knowledge and linear programming in the Application of Bayes'Formula. Comput Math Prog Biomed 1986; 22: 223-7
20. Copi IM. Introduccion a la Lógica. 15a ed. Argentina: Editorial Universitaria de Buenos Aires, 1974:5
21. Cope Z. Diagnostico Precoz del Abdomen Agudo. 7a ed. España: Editorial Marín, S.A., 1979
22. Cottrell JJ, Pennock BE, Grenvik A and Rogers RM. Critical Care Computing. JAMA 1982 Nov 12; 248(18):2289-91
23. Currie DJ. Dolor Abdominal: Etiopatogenia, Fisiopatología, Diagnostico y tratamiento. España: Ediciones Doyma, S.A., 1982
24. Deaño A. Introduccion a la Lógica Formal. España: Alianza Editorial, S.A., 1978:55
25. De Dombal FT. Computer Based Assistance for Medical Decision Making. Gastroenterol Clin Biol 1984; 8:135-7
26. De Dombal FT. Diagnostico del dolor abdominal agudo. España: Salvat Editores, S.A., 1984
27. De Bortari, E. Conclusiones y Pruebas en la Ciencia. España: Ediciones Océano, S.A., 1983:13
28. De la Sierra T. El Método Científico Aplicado a la Clínica. México: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, 1982

29. Doubilet P and McNeil BJ. Clinical Decisionmaking. *Med Care* 1985 May; 23(5):648-62
30. Eddy DM and Clanton CH. The Art of Diagnosis: Solving the Clinicopathological Exercise. *New Engl J Med* 1982 May 27; 306(21):1263-8
31. Edwards NH. The Accuracy of a Bayesian Computer Program for Diagnosis and Teaching in Acute Abdominal Pain of Childhood. *Comput Meth Prog Biomed* 1986; 23:155-60
32. Festa T, Foco A, Garbarini A, Enrichens F, Caponi R, Mao P et al. L'uso clinico di un minicomputer per la valutazione di alcuni parametri chimico-clinici nella diagnostica delle malattie epato-bilio-pancreatiche di interesse chirurgico: Tre metodi a confronto. *Min Med* 1983; 74:539-46
33. Friedman MH. *Problem-Oriented Medical Diagnosis*. 2nd ed. U.S.A.: Little, Brown and Company, 1979
34. Galindo L, Fenig Rodriguez y Rodriguez M. Empleo de Microcomputadora para el Cálculo Cotidiano de Balances Hídrico, Calórico y de Solutos en Nutrición Artificial. *Rev Gastroenterol Mex* 1987; 52(4):217-20
35. Gardner RM. [Aplicación de datos computarizados en la toma de decisiones en situaciones de cuidado crítico]. *Surg Clin North Am* 1985 *Critical Care*; 65(4):1073-84
36. Gardner RM, West BJ, Pryor TA, Larsen KG, Warner HR, Cigmer TP et al. Computer-based ICU Data Acquisition as an Aid to Clinical Decision-Making. *Crit Care Med* 1982; 10(12):823-30
37. Blueck BC and Stroebel CF. Computers and Clinical Psychiatry. in Freedman AM Kaplan HI and Sadock BJ. --- *Comprehensive Textbook of Psychiatry-II*. 2nd ed. --- U.S.A.: The Williams and Wilkins Company, 1975; 413
38. Gorry GA, Pauker SG and Schwartz WB. The Diagnostic Importance of the Normal Finding. *New Engl J Med* 1978 Mar 2; 298(9):486-9
39. Gottfried BB. *Teoría y Problemas de Programación BÁSIC*. 2a ed. México: Libros McGraw-Hill de México, S.A. de C.V., 1982:3
40. Hempel CG. *La Explicación Científica: Estudios sobre la Filosofía de la Ciencia*. Argentina: Editorial Paidós, S.A.I.C.F., 1979
41. Hobsley M. *Pathways in Surgical Management*. London: Edward Arnold (Publishers) Ltd., 1979
42. Hodgkin K. *Towards Earlier Diagnosis: A guide to primary care*. Hong Kong: Churchill Livingstone, 1985
43. Holtz F. *LISP: The Language of Artificial Intelligence*. U.S.A.: TAB Books Inc., 1985

44. Inzaghi A, Raffaglio E, Marconato R, Pignoli P and Longo T. Algoritmi diagnostici: Analisi dei fattori condizionanti la loro definizione. Caso esemplificativo: (Patologia bilio-pancreatica). Min Med 1984 Lug 14; 73(28-29):1695-700
45. James M. BASIC Artificial Intelligence. England: Butterworths and Co., 1986
46. Jones JM. Introduccion a la Teoria de Decisiones. Mexico: Representaciones y Servicios de Ingenieria, S.A., 1979; 2
47. Katz MA. A Probability Graph Describing The Predictive Value of a Highly Sensitive Diagnostic Test. New Engl J Med 1974 Nov 21; 291(21):1115-6
48. Keenan H and Shainberg D. 9.2-Karen Horney. in Freedman AM Kaplan HI and Sadock BJ. Comprehensive Textbook of Psychiatry-II. 2nd ed. U.S.A.: The Williams and Wilkins Company, 1975:592
49. Kleinmuntz B. Diagnostic Problem Solving by Computers: A Historical Review and the Current State of the Science, Comput Biol Med 1984; 14(3):255-70
50. Krasner JB. A Technique for Optimization of Enteral Feeding Regimens: Implementation on a Microcomputer. JPEN 1986 Mar/Apr; 10(2):208-12
51. Krasner J and Marino PL. The use of a Pocket Computer for Hemodynamic Profiles. Crit Care Med 1983; 11(10):1826-7
52. Krayman M. The Complete Patient History. U.S.A.: McGraw-Hill Book Company, 1979
53. Koran LM. The Reliability of Clinical Methods, Data and Judgments. New Engl J Med 1975 Sep 25; 293(13):642-6
54. Landau TP and Ledley RB. Decision Theory Model of the Emergency Medical Process. Comput Biol Med 1982; 12(1):27-42
55. Leaper DJ, Horrocks JC, Stainland JR and DeDonbal FT. Computer-Assisted Diagnosis of Abdominal Pain Using "Estimates" Provided by Clinicians. Br Med J 1972 Nov 11; 350-4
56. Ledley RB. Computer Aids to Medical Diagnosis. JAMA 1966 Jun 13; 1969(11):933-43
57. Levine RI, Drang DE and Edelson B. A Comprehensive Guide to AI and Expert Systems. U.S.A.: McGraw-Hill Book Company, 1986:3-7:56
58. Linn L. Diagnosis and Psychiatry: Symptoms of Psychiatric Disorders. in Freedman AM Kaplan HI and Sadock BJ. Comprehensive Textbook of Psychiatry-II. 2nd ed. U.S.A.: The Williams and Wilkins Company, 1975: 824

59. Lipkin M, Engle RL, Davis BJ, Zworykin VK, Ebold R, Bendrow M et al. Digital Computer as Aid to Differential Diagnosis: Use in Hematologic Diseases. Arch Intern Med 1961 Jul; 108:124-40
60. Lynn LA and Sunderrajan EV. Bedside Respiratory Analysis by Pocket Computer. Crit Care Med 1986; 14(1):62-4
61. Martínez-Palomo A. Ciencia y Subdesarrollo. en Reflexiones. Ciencia y Desarrollo 1985 Jul/Ago; (63)XI:86-93
62. Manconi P, Enrichens F, Festa T, Mao P, Benedetto G, Rozzio et al. Uso dell'elaboratore per il Controllo dell'equilibrio Acido-Base nel Paziente Ricoverato in Unità di Terapia Intensiva Chirurgica. Min Med 1984; 75:20636
63. McNeil BJ, Keeler E and Adelstein SJ. Primer on Certain Elements of Medical Decision Making. New Engl J Med 1975 Jul 31; 293(5):211-5
64. Melluzzo PJ and Nealon E. Living with Surgery: Before and After. U.S.A.: N.B.Saunders Company, 1979; vii
65. Miller PL. The Evaluation of Artificial Intelligence Systems in Medicine. Comput Meth Prog Biomed 1986; 22: 5-11
66. Miller PL. Medical Plan-Analysis by Computer. Comput Prog Biomed 1984; 18:15-20
67. Miller RA, Pople HE and Myers JD. INTERNIST-I, An Experimental Computer-Based Diagnostic Consultant for General Internal Medicine. New Engl J Med 1982 Aug 19; 468-76
68. Miller RA, Schaffner KF and Meisel A. Ethical and Legal Issues Related to the Use of Computer Programs in Clinical Medicine. Ann Intern Med 1985 Apr; 102(4): 529-36
69. Nagel E. La Estructura de la Ciencia: Problemas de la lógica de la investigación científica. España: Ediciones Paidós Ibérica, S.A., 1981
70. Nardone DA, Schriener CL, Guyer-Kelly P and Kositch LP. Use of Computer Simulations to Teach History-Taking to First-Year Medical Students. J Med Education 1987 Mar; 62:191-3
71. Negrete Martínez J, Olivares L y Solís-Cámara P. El Uso de Estadísticos Subjetivos en la Simulación del Diagnóstico Clínico por medio de Computadoras. Bol Inst Estud Méd Biol Méx 1966; 24:87-108
72. Negrete Martínez J y Gutiérrez López A. Análisis Formal del Divorcio Entre la Enseñanza y la Práctica de una Profesión. Boletín SOC 1984; México 1(3)3-8 de Lecturas Selectas en Informática Médica. Fundación Arturo Rosenblueth Para el Avance de la Ciencia, A.C. e/f

73. Negrete Martínez J y Gutiérrez López A. La Aplicación en Educación de las Ideas Empleadas para Dotar de Inteligencia a un Sistema de Diagnóstico. Bol Soc Mex Ciencias Fisiol 1985 Mar; 7(3):9-14
74. Negrete J. Popper vs. Bayes vs. Hempel: un diálogo entre robots. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1981;11:15:103-23
75. Negrete J. Un paciente difícil: Invitación a la investigación de la práctica médica. México: La Prensa Médica Mexicana, 1974:47-
76. Nora S and Minc A. The Computerization of Society: A Report to the President of France. U.S.A.: The MIT Press, 1980:3
77. Norton LW and Eisenman B. Surgical Decision Making. 2nd ed. U.S.A.: W.B.Saunders Company, 1986
78. Osborn JJ. Computers in Critical Care Medicine: Promises and Pitfalls. Crit Care Med 1982; 10(12):B07-10
79. Osserman EF, Katz L, Sherman WH and Putney FB. Computer-Based Case Tracing (COMTRAC). JAMA 1978 Apr 28; 239(17):1772-6
80. Pankhurst RJ. Medical Diagnosis in Developing Countries. Comput Biol Med 1980; 10:69-82
81. Patnaik LM and Hariharan PS. ADAMIS: A Database for Medical Information Systems. Comput Prog Biomed 1983; 16:139-48
82. Pérez Muñoz HA, López Bárcena J y Lifshitz Guinzberg A. El Método Científico y el Razonamiento Lógico en el Diagnóstico Clínico. Rev Med IMSS (Méx) 1985; 23(3): 179-86
83. Popper KR. Conjeturas y Refutaciones: El desarrollo del conocimiento científico. España: Ediciones Paidós Ibérica, S.A., 1983:13
84. Porter K. The New American Computer Dictionary. U.S.A.: Signet, 1983:20:227
85. Powles ACP, Harshler R and Rigg JRA. A Pocket Calculator Program for Non-Invasive Bedside Assessment of Cardiorespiratory Function. Comput Biol Med 1980; 10: 143-51
86. Powles ACP and Jones NL. A Pocket Calculator Program for Noninvasive Assessment of Cardiorespiratory Function. Comput Biol Med 1982 12(2):163-73
87. Prakash D, Meij S, Zeelenberg C and VanDerBorden B. Computer-Based Patient Monitoring. Crit Care Med 1982 Dec; 10(12):B11-22
88. Rich E. Artificial Intelligence. Singapore: McGraw-Hill International Book Company, 1983:1



89. Ross LL, Cageorge SM, Austen E and Lohr KN. Using Compy ters to Identify Complications After Surgery. *AJPH* 1985 Nov; 75(11):1288-95
90. Sager N, Bross IDJ, Story G, Bastedo P, Marsh E and Sh- edd D. Automatic Encoding of Clinical Narrative. *Com put Biol Med* 1982; 12(1):43-56
91. Shortliffe E. Reasoning Methods in Medical Consultation Systems: Artificial Intelligence Approaches. *Comput Prog Biomed* 1984; 18:5-14
92. Sloan, ME. Introduction to Minicomputers and Microcompu ters. U.S.A.: Addison-Wesley Publishing Company, --- 1980
93. Steele GL Jr et al. Common LISP: The Language. U.S.A.: Digital Press, 1984
94. Sonnenberg A. Sequential Iteration of Bayesian Formula by Pocket Calculator and its Use in Clinical Routine. *Comput Biol Med* 1982; 12(4):357-61
95. Sox HC. Probability Theory in the Use of Diagnostic Tes ts: An Introduction to Critical Study of the Litera- ture. *Ann Intern Med* 1986 Jan; 104(1):60-6
96. Tremblay JP and Sorenson PG. An Introduction to Data Structures with Applications. 2nd ed. Singapore: - McGraw-Hill International Book Company, 1984
97. Tumulty PA. What is a Clinician and what does he do ? *New Engl J Med* 1970 Jul 2; 283(1):20-4
98. Van Bessel JH, Brackes J, Gelsema E, Hasman A and Smith J. Education of Professionals in Medical Informa- tics: Curricula in M.I. in the Amsterdam Universiti- es. *MEDINFO-83* 1983; 1043-6 en *Lecturas Selectas en Informatica Medica. Fundacion Arturo Rosenblueth Pa- ra el Avance de la Ciencia, A.C. s/f*
99. Vanderveen TW and Groves W. Computerized System for a Nutritional Support Service. *Comput Meth Prog Biomed* 1986; 22:189-97
100. VanWayIII CW, Murphy JR, Dunn EL and Elerding BC. Feasi- bility Study of Computer Aided Diagnosis in Appendi- citis. *Surg Gynecol Obstet* 1982 Nov; 155:685-8
101. Von Bertalanffy L. General System Theory: Foundations, Development, Applications. U.S.A.: George Braziller, 1984
102. Warner HR, Toronto A, Veasey LB and Stephenson R. A Ma- thematical Approach to Medical Diagnosis: Applica- tion to Congenital Heart Disease. *JAMA* 1961 Jul 22; 177(3):177-83
103. Wallach J. Interpretation of Diagnostic Tests: A Hand- book Synopsis of Laboratory Medicine. 3rd ed. U.S.A.: Little, Brown and Company, 1979

104. Wiederhold G. Diseño de Bases de Datos. 2a ed. México: Libros McGraw-Hill de México, S.A. de C.V., 1983.
105. Wiener F, Fayman M, Teitelman U and Bursztein S. Computerized Medical Reasoning in Diagnosis and Treatment of Acid-Base Disorders. Crit Care Med 1983 Jun; 11 (6):470-5
106. Wiener F, Harry M and Carlson RW. Computer Systems for Facilitating Management of the Critically Ill. Comput Biol Med 1982; 12(1):11-15
107. Winston PH. Artificial Intelligence. 2nd ed. U.S.A.: Addison-Wesley Publishing Company, 1984:1
108. Winston PH and Horn BKP. LISP. 2nd ed. U.S.A.: Addison-Wesley Publishing Company, 1984
109. Yamane T. Estadística. 3ra ed. México: Harla S.A. de C.V., 1979:329
110. Yu VL, Fagan LM, Wraith SM, Clancey WJ, Scott A, Hannigan J et al. Antimicrobial Selection by a Computer: A Blinded Evaluation by Infectious Diseases Experts. JAMA 1979 Sep 21; 242(12):1279-82

## I N D I C E

- ADAMIS, 16
- Abdomen agudo, 5, 17
- Amigable,
  - con el usuario, 22
- Aritmética,
  - ver Unidad Aritmética
- Artificial, ver Inteligencia,
- BASIC, 23
- Bayesiana, ver Estadística
- Buses, 10
- CADIAG, 16
- CABNET, 13
- Científico, método, 3
- Cirugía, 4, 5
- Clínico,
  - criterio, 6
- Common LISP, ver LISP
- Complicaciones
- Computadoras, 9
  - ciencia de las, 4
  - TeleVideo, 28
- CONTRAC, 16
- Concatenación
  - progresiva, 20
  - retrograda, 15
- Conductistas, 6
- Control,
  - señales de, 11
  - Unidad de, ver Unidad
- Criterio, 25, 28
- Críticos,
  - pacientes quirúrgicos, 5
- Cuidados Intensivos, 17
- Datos, 10
- Decisión, 3, 5, 7
- Diagnóstico, 12
- Digital, 9
- Editor, 11, 25
- Educación, 9, 27, 36
- Entrada/Balida, 11
- Estadística, 17
  - Bayesiana, 12, 13
- Estadístico,
  - criterio, 6
- Errores, 6
- EXPERI/MENTOR, 17
- Expertos, ver Sistemas,
- Forward chaining,
  - ver Concatenación
- Friendly, user-,
  - ver Amigable,
- Bases sanguíneas, 5
- GNACS Editor, 23
- Golden Common LISP,
  - ver LISP,
- Hemorragia, 20-28
- Hardware, 11
- Heurísticos, 13
- Identificación
  - ver Patrones
- Impresora, 11
- Inglés, 23, 25, 30
- Instituto Mexicano del Seguro Social, 8

Informacón, 7  
 Informática médica, 10  
 Instrucciones, 7, 10  
 Inteligencia, 9  
     Artificial, 7  
 INTERNIST, 13  
 Lenguajes, 11  
 LISP, 13, 19, 23  
 Lógica, 4, 11, 36  
     Booleana, 25  
 Matemáticos, métodos  
 Menú, 25  
 Memoria, 11  
     Acceso aleatorio, 29  
 Minnesita Multiphasic  
     Personality Inventory, 7  
 Monitor, 11, 23  
 MYCIN, 13  
 Nutrición Artificial, 5  
 ONCOCIN, 16  
 Operación quirúrgica, 3  
 Patrones,  
     Identificación de, 21  
 Pattern matching,  
     ver Patrones,  
 PENNY-CELINA, 17  
 Periféricos, 11  
 Personalidad, 7  
 Postoperatorias,  
     complicaciones, 5  
 Precisión, 7  
 Predicado, 23  
 Primitivo, 23  
 Probabilidades, 7, 13  
     Bayesianas, 12, 13  
     subjetivas, 12  
 Programa, 7, 19  
 Programación, 11  
 PROPEDEUTA, 17  
 Razonamientos médicos, 4  
     formales, 37  
 Reglas, 13, 21, 25  
 Síntomas, 10  
 Sistemas, 11, 20, 23  
     Expertos, 8, 12, 13, 36  
 Software, 11, 29  
 Teclado, 11  
 Técnicos, procedimientos, 5  
 Tecnología, 4  
 Unidad  
     Aritmética y Lógica, 11  
     Central de Proceso, 11  
     de Control, 11  
     de Entrada/Salida, 11  
     de Memoria, 11  
     Perforadora, 11  
     Universidad Nacional  
         Autónoma de México, 8  
     Urgencia, 5, 36  
     Usuario, 22, 23

ESTA TESIS NO DEBE  
 SALIR DE LA BIBLIOTECA