



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**MANUAL DE
INFORMATICA VETERINARIA**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A :
GERARDO LOPEZ BUENDIA

ASESORES: DR. JOSE NEGRETE MARTINEZ

M.V.Z. HECTOR S. SUMANO LOPEZ

MVZ LUIS OCAMPO CAMBEROS

MEXICO, D. F.

1993



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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 está 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

Resumen	1
Objetivo	2
Introducción	3
Procedimiento	5
I. Aproximación Histórica al desarrollo de la computación y sus aplicaciones en veterinaria.	6
II. Funcionamiento y componentes básicos de la computadora.	25
III. Uso de las computadoras en la oficina y el consultorio veterinario.	36
IV. Los sistemas de informática: aplicación a los hospitales veterinarios (HIS).	47
V. Sistemas de Bases de Datos y Bancos de Información para Veterinaria.	71
VI. Procesamiento de textos por computadora.	112
VII. Procesamiento de señales eléctricas médicas mediante computadoras.	130
VIII. Procesamiento digital de imágenes de interés veterinario.	147
IX. Uso de las computadoras en la educación veterinaria.	166
X. Introducción a la ingeniería del software veterinario.	186
XI. Uso de las computadoras en la economía, administración y finanzas veterinarias.	204
XII. Decisiones Médicas y Computación.	223
XIII. Inteligencia Artificial en Veterinaria.	233
Discusión	239
Conclusión	240
Literatura Citada.	241

RESUMEN

López Buendía Gerardo. **Manual de Informática Veterinaria.**
(Bajo la dirección de José Negrete Martínez y Héctor S. Sumano López).

El presente trabajo corresponde a un estudio recapitulativo considerando los últimos 25 años sobre las aplicaciones de la computación en la medicina veterinaria y la zootecnia. El material compilado se ha organizado en 13 grandes rubros que abarcan las principales líneas de aplicación e investigación de la Informática Veterinaria, presentándose de una manera sencilla para que el estudioso pueda introducirse con facilidad. Dentro de los aspectos relevantes sobresalen el reconocimiento de la Informática Veterinaria como una especialidad más de la medicina veterinaria, los conocimientos básicos sobre la arquitectura y funcionamiento de las computadoras, la importante irrupción de las microcomputadoras en las oficinas y consultorios veterinarios, el concepto de los sistemas de informática y su aplicación a los hospitales veterinarios, el aprovechamiento de los grandes Bancos de Información, las técnicas avanzadas para el procesamiento de textos médicos, los fundamentos del procesamiento digital de señales eléctricas de aparatos médicos, las aplicaciones del procesamiento digital de imágenes en la medicina veterinaria, las experiencias tenidas en el uso de las computadoras en la educación veterinaria, los fundamentos de la Ingeniería de sistemas, los tipos de sistemas usados en economía y administración de empresas pecuarias, la introducción al análisis de decisiones médicas apoyadas en sistemas de cómputo y una breve introducción a los paradigmas para la representación del conocimiento médico utilizados en la construcción de sistemas expertos en Inteligencia Artificial.

OBJETIVO

Presentar de una manera didáctica los conceptos básicos de la Informática aplicada a las Ciencias Veterinarias y a la Zootecnia, mediante la elaboración de un manual.

INTRODUCCION

Los avances tecnológicos logrados en la Informática han puesto a disposición de los Médicos Veterinarios una poderosa herramienta que poco a poco está ocasionando importantes cambios en todas las áreas de la práctica veterinaria^{12,32,164}. Son muchos los hechos que demuestran la importancia de las computadoras en la práctica veterinaria; así por ejemplo, se cuenta con los sistemas de registros y expedientes tanto para consultorios como para granjas^{144,153,175}, los sistemas de planeación, control y análisis de granjas^{44,79}, los sistemas de nutrición y de balanceo de raciones de costo mínimo^{70,80}, bancos de información bibliográficos¹⁸¹, diagnóstico asistido por computadoras^{178,179,184,188,175}, aplicaciones en la enseñanza e investigación de la medicina veterinaria^{32,130,173}, control de inventarios como alimentos, medicinas, semen³, sistemas de asesoramiento y control del manejo genético de las granjas²⁴, sistemas de ayuda en el establecimiento de estrategias terapéuticas para diversos estados patológicos como: control de mastitis¹⁰² o prescripción de antimicrobianos e interpretación de patrones de susceptibilidad¹¹⁰, estudio de casos

patológicos¹³, sistemas para manejo de hospitales veterinarios¹⁰⁰, uso en el manejo e interpretación de estudios estadísticos y epidemiológicos^{29,31}, administración, contabilidad y muchas otras.

Una visión general de las aplicaciones de las computadoras en la práctica de la medicina veterinaria ayudará a comprender mejor la importancia de la informática veterinaria¹⁷.

La importancia del tema también se ve reflejada en la existencia de revistas científicas especializadas, como por ejemplo: *Veterinary Computing* publicada desde septiembre de 1983 por la *American Veterinary Publications, Inc.* y la cada vez más frecuente realización de simposios, congresos, seminarios y cursos sobre uso de las computadoras en veterinaria, tal es el caso del *Symposium on Computer Applications in Veterinary Medicine* realizado anualmente en los Estados Unidos de Norteamérica desde 1982²⁹. Más aún, otro suceso que confirma la importancia económica del desarrollo de la Informática Veterinaria en el país, tiene lugar en 1986 cuando surge en México la primer compañía que inicialmente se avocó a desarrollar

sistemas de cómputo para la industria porcícola, contemplando a futuro la idea de hacerlo para el ganado bovino, avícola y agricultura⁴².

A mediados de 1986 una tercera parte de las clínicas de pequeños y medianos animales, de los Estados Unidos, tenían computadoras y se calcula que para 1990 todos los profesionales veterinarios utilizarán sistemas computarizados^{43,44}.

No sólo en el área de la medicina las computadoras están haciendo importantes aportaciones, también en el área de la zootecnia la informática ha tenido un fuerte e importante desarrollo, como lo demuestra el hecho la exposición de computación aplicada a la agricultura y a la zootecnia: AGROEXPO MEXICO 90, que se llevó a cabo en Guadalajara, Jalisco.

Dado que resulta evidente que un mayor control de la información mejora la eficiencia productiva, financiera y económica de una empresa^{45,46}.

Se toma como un hecho que la computación impulsa la producción pecuaria del país, a través de tres aspectos claves de la informática: la eficiencia en la captura de la información, la forma de guardarla y la manera de utilizarla⁴⁷.

Pese a todos los beneficios mencionados, es importante hacer énfasis en que; por otro lado, una mala orientación en el uso de las

computadoras puede ocasionar pérdidas mayores de tiempo y dinero, resultando en un esfuerzo paradójicamente caótico⁴⁸.

Por esto, se ha postulado que resulta crítico considerar que dentro de la formación de los médicos veterinarios debe incluirse la capacitación en el uso de las computadoras o por lo menos inculcarse una cultura general que le permita orientar sus esfuerzos para poder apropiarse de esta tecnología lo suficiente para poder resolver sus problemas eficientemente⁴⁹.

Es en este contexto en donde surge la creación de un manual que ayude al médico veterinario a integrarse al aprovechamiento de las computadoras en su práctica diaria. Cabe aclarar que se menciona que a la fecha no existe publicado en México un texto sobre el uso de las computadoras en la veterinaria.⁵⁰

⁴² Dr. José Negrete M. Jefe del Departamento de Biomatemáticas del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la U.N.A.M.

PROCEDIMIENTO

Se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica retrospectiva a 25 años (1968-1993), utilizando el acervo bibliográfico de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y el servicio de búsqueda computarizada que ofrece el Centro de Información Científica y Humanística (CICH) de la UNAM. Para esta búsqueda se utilizaron las siguientes palabras claves (*Keywords*):

- Veterinary Computing
- Computers in medicine
- Veterinary Informatics
- Medical Informatics
- Artificial Intelligence
- Computerised Record System
- Data Bases Systems
- Computer-assisted decision-making
- Laboratory Computers
- Clinical Laboratory Systems
- Signal Processing Systems
- Image Processing Systems
- Text Processing Systems
- Administrative and financial Veterinary Systems
- Veterinary Networks

En cada capítulo se señala el objetivo particular de este, se da una pequeña introducción para que se comprenda la importancia de su estudio y se desarrolla el tema ilustrándolo con sistemas de aplicación veterinaria, presentando al final de cada capítulo una pequeña conclusión que retome las ideas más relevantes.

CAPITULO I

APROXIMACION HISTORICA AL DESARROLLO DE LA COMPUTACION Y SUS APLICACIONES EN VETERINARIA

El objetivo de este capítulo es presentar una breve reseña histórica de los hechos que dan origen a la Informática Veterinaria y que permite ubicar el resto del trabajo en el tiempo.

La Informática Veterinaria ha sido considerada ya como una nueva especialidad de la medicina veterinaria y zootecnia¹². El conocimiento del origen y desarrollo de esta permite comprender su importancia y las posibles aplicaciones de la computación en la medicina veterinaria y la zootecnia.

El desarrollo de la Informática Veterinaria ha sido conjunto y paralelo al de la Informática Médica, y ambos, a su vez, han dependido del desarrollo de las máquinas computadoras. Es por esto que este capítulo se ha subdividido en tres grandes apartados: Historia de las Computadoras, Antecedentes Históricos de la Informática Médica e Inicios de la Informática Veterinaria.

El apartado "Historia de las Computadoras" permite al lector ubicar en el tiempo el desarrollo tecnológico de las máquinas que están revolucionando la práctica veterinaria: las microcomputadoras. A su vez, permite introducir algunos conceptos importantes de la Ciencia de la Computación así como algunas características de estas máquinas.

En el tema "Antecedentes Históricos de la Informática Médica" se presentan algunos hechos relevantes de la automatización médica. La Informática Médica ha tenido un gran desarrollo, particularmente en los últimos años, su continuo estudio e investigación ha permitido el desarrollo de importantes técnicas y experiencias, la mayoría de

ellas transpolables al campo de la medicina veterinaria y la zootecnia. De ahí, la importancia de su estudio.

La Informática Veterinaria todavía se encuentra en sus inicios, la escasa literatura sobre el tema demuestra este hecho. Sin embargo, es de particular importancia el que se revisen las experiencias que se han tenido en la aplicación de las computadoras en la solución de problemas del área de la veterinaria. Esto permitirá dar una idea general de la situación actual. De esto versa el tercer apartado.

HISTORIA DE LAS COMPUTADORAS

Las máquinas computadoras actuales son las descendientes de una gran familia de máquinas. Quizá la mejor forma de describir el origen y evolución de éstas, sea remontándose a la primera máquina creada para manejar información, hace unos 200 años aproximadamente, como lo proponen los dos hermanos C. y R. Eames¹³.

Los hermanos Eames ven a las modernas computadoras como el resultado de la conjunción de las máquinas desarrolladas en tres áreas completamente distintas; las máquinas estadísticas, los autómatas lógicos, y las máquinas de cálculo¹⁴.

Las máquinas estadísticas:

La necesidad de clasificar y ordenar grandes volúmenes de datos por

categorías y poder comparar estas categorías, provocó que desde hace tiempo se buscara crear una máquina que permitiera hacerlo fácilmente. El ejemplo mejor conocido de este tipo es la máquina de tarjetas perforadas de Herman Hollerith desarrollada en la década de 1880. Hollerith inventó un sistema para representar el nombre, la edad, el sexo, la dirección y otros datos esenciales de cada ciudadano norteamericano, bajo la forma de agujeros hechos en una tarjeta de cartón que podía ser contada (procesada) por una máquina. Con esta idea el gobierno de los Estados Unidos procesó la información del censo de 1880 en sólo dos años y medio. Motivados por el éxito del censo norteamericano y usando máquinas de Hollerith, se efectuó el primer censo ruso en 1896^{18,19}. En realidad, la aportación más importante de Hollerith fue la idea de codificar cualquier tipo de información mediante el sistema de tarjetas de Jacquard²⁰.

De 1890 a 1940, estas máquinas fueron desarrolladas y dotadas de otras funciones que las hicieron más veloces, su uso se difundió a las empresas y a las industrias de mayores dimensiones, para resolver problemas contables y administrativos.

Las máquinas de registro unitario, a base de tarjeta perforada, están en condiciones de reproducir los datos, de clasificarlos, subdividirlos, sumarlos, restarlos, multiplicarlos o dividirlos. Pueden efectuar comparaciones y

búsquedas, preparar resúmenes y prospectos, perforar sobre una tarjeta los resultados de sus propias operaciones e incluso imprimirlos.

Los datos son aceptados y emitidos por la máquina no solamente bajo la forma de números, sino también de letras, permitiendo así al personal no especializado una comprensión más fácil de los resultados y de la información.

El valor de la máquina a base de tarjeta perforada para resolver los problemas del mundo comercial y productivo, está en su capacidad de reducir los archivos y la correspondencia, ya de por sí demasiado voluminosos, y obtener en tiempos más cortos resultados más precisos y la disminución de costos para conocer, en cada momento, la situación exacta en que se encuentra la empresa^{18,20}.

Los Automatas Lógicos:

Estas máquinas usaban información acerca de sus pasadas experiencias para determinar sus acciones. El telar de Jacquard es quizá el mejor conocido y primario ejemplo de tales máquinas que pueden hacer decisiones lógicas^{18,21}.

El desarrollo de los autómatas lógicos inicialmente siguió dos grandes ramas; por un lado se desarrollaron las máquinas que contaban con mecanismos de retroalimentación y por el otro, se desarrollaron las

máquinas que podían tomar o hacer decisiones lógicas en su proceso^{10,11,12}.

Por el lado de las máquinas que pueden realizar algunas decisiones lógicas esta la rama filial de las modernas computadoras. Es así como encontramos en 1800 el telar de Jacquard controlado por tarjetas o cartones perforados.

En el año de 1804, el francés Joseph Marie Jacquard perfecciona la idea del mecánico Falcón, que un siglo antes había descubierto un nuevo sistema para automatizar algunas fases del trabajo de las máquinas tejedoras. El telar estaba guiado automáticamente en su movimiento por una serie de agujeros practicados sobre algunas tarjetas de cartón. Nace así la "tarjeta perforada" para transmitir a una máquina las instrucciones necesarias para su funcionamiento.

En 1854 sucede un hecho muy importante, aparece un álgebra para la lógica o una lógica algebraica, desarrollada por el matemático inglés George Boole, que servirá como sustentación para el desarrollo de los mecanismos lógicos de las máquinas futuras. Boole creó una lógica totalmente simbólica como es el álgebra en matemáticas; las proposiciones se denotaban por simples letras y estaban conectadas por símbolos algebraicos. Boole fijó su atención en el aspecto conectivo del lenguaje: lo indicado por las palabras "y", "o" y "no".

Para 1880 Alan Marquand desarrolla su máquina lógica.

El proceso evolutivo de los mecanismos de retroalimentación puede ser ilustrado con la máquina de vapor regulada por válvulas de James Watt creada en 1787; el giroscopio desarrollado por Leon Foucault en 1852; y el estabilizador giroscópico de Elmer Sperry en 1909.

Los avances obtenidos en los mecanismos de retroalimentación y en la toma de decisiones lógicas permiten que en 1934 H. Hazen postule la teoría del servomecanismo, base de la Cibernética^{12,10,11}.

Las Máquinas Calculadoras:

Estas máquinas fueron diseñadas para ayudar a los matemáticos en la evaluaciones numéricas. Quizá el ejemplo más antiguo sea el ábaco, introducido en China hacia los siglos III o IV a. de C.¹³.

Otro ejemplo de un instrumento de cálculo antiguo es el Nepohualtzintzin desarrollado por los Aztecas y que aún en la actualidad esta considerado como único por su impresionante capacidad y exactitud como lo demuestran las investigaciones del eminente ingeniero David Esparza Hidalgo¹⁰.

En 1614, John Napier publicó sus tablas de logaritmos y, después, William Oughtred construyó la primera

regla de cálculo basada en los logaritmos. En 1642, Blaise Pascal, a los 19 años de edad, construyó el primer calculador mecánico conocido, formado por ruedas dentadas, numeradas cada una del 0 al 9, que al dar una vuelta hacían avanzar en una unidad la rueda izquierda contigua. Este proceso de "arrastré automático" constituye la principal aportación pero no la única, pues también contaba con un dispositivo de "memoria" que acumulaba los resultados. La máquina fue llamada "Pascalina" y únicamente sumaba y restaba.

Posteriormente, en 1671, el filósofo y matemático alemán Gottfried W. Leibnitz, basándose en la máquina de Pascal, construyó un aparato que ejecutaba automáticamente las cuatro operaciones aritméticas que, más tarde, en 1694, perfeccionó para que pudiera extraer raíces. Con el fin de poder realizar automáticamente los cálculos de las tablas trigonométricas y astronómicas. Su máquina calculadora utiliza piñones dentados de varias longitudes; de esta manera, se efectúan mecánicamente multiplicaciones y divisiones bajo la forma de sumas y restas repetidas.

En el año de 1820, el financiero francés Charles Xavier Thomas de Colmar, idea la primera máquina calculadora producida en serie. Utiliza piñones dentados basándose en el mismo principio de la calculadora de Leibnitz. Por ser tan práctica esta máquina alcanza un gran éxito: desde

1820 hasta 1890 se producen algunos millares de estos ejemplares^{42,43}.

En 1822, el matemático inglés Charles Babbage inventa una "máquina diferencial" que está en condiciones de realizar automáticamente cálculos científicos y astronómicos. Diez años más tarde ideó su "máquina analítica", combinando la idea de la tarjeta perforada con la de las ruedas de acarreo automático; esta máquina en sí misma era ya una computadora, por lo que puede considerarse como el primero que estableció los principios de las modernas computadoras. Consistía esta, aunque diseñada solamente en papel, en una memoria formada por ruedas dentadas de diez posiciones que almacenaba cada una un dígito decimal, una unidad aritmética, un programa de tarjetas perforadas, una unidad de entrada y una unidad de salida que mostraba los resultados del cálculo⁴⁴.

La Máquina Analítica no fue puesta en práctica por problemas técnicos y económicos, estaba en condiciones de realizar sola todas las operaciones aritméticas con números introducidos, a ejecutar en secuencias diferentes, para resolver problemas diversos. El aspecto más revolucionario es, sin duda, el esquema general de la máquina, parecido a lo que sería identificado, un siglo más tarde, con lo que se ha llamado "procesadores electrónicos modernos" o simplemente, "computadoras".

A un joven inventor francés de 18 años de edad, León Bolée, se debe la construcción en el año de 1887 de la primera máquina capaz de efectuar la multiplicación directa y no a través de sumas repetidas.

El suizo Otto Steiger, en 1892, proyecta la "millonaria", que es una máquina calculadora con multiplicación directa basada en el principio de Bolée. La multiplicación de cada cifra se realiza mediante una vuelta de una manivela. La "millonaria" tuvo un gran éxito comercial hasta 1935, vendiéndose más de 4500 unidades para usos contables, estadísticos y científicos.

En 1899 el americano William S. Burroughs inventa una máquina calculadora de multiplicación directa que se vuelve muy popular en todo el mundo, introduciéndose en las oficinas como un instrumento eficaz para acelerar la contabilidad²².

A principios de 1900 el enorme progreso de la técnica permite llevar a cabo, en gran escala, los proyectos que se habían acumulado en los siglos anteriores, formando un importante patrimonio de ideas. Las máquinas calculadoras mecánicas también llamadas "computómetros", que posteriormente se transformaron en eléctricas, se producen en serie por importantes sociedades y se difunden rápidamente, sobre todo en el mundo de los negocios. A pesar de tener todavía posibilidades limitadas de

aplicación y de necesitar de la continua intervención manual del hombre.

En 1919, Eccles y Jordan desarrollan los principios del *flip-flop* o multivibrador para enlazar las compuertas de los circuitos lógicos, conservando una salida indefinidamente; en 1936 Alan Turing idea la máquina abstracta que lleva su nombre recalcando la idea de una máquina programable para uso universal; finalmente en 1937, Claude Shannon desarrolla una lógica simbólica para circuitos digitales²³. La conjunción de ideas derivadas de esta lógica simbólica, la teoría del servomecanismo y las máquinas de tarjetas perforadas confluyen hacia la creación de la primera computadora²⁴.

A finales de la década de 1930 - 1940 distintas tecnologías habían avanzado lo suficiente como para desarrollar la primera computadora de propósito general. Los primeros trabajos fueron realizados por un ingeniero electrónico alemán, a sus escasos 26 años, Konrad Zuse, construye, en 1936, en la sala de su casa, con medios simples y rudimentarios, la primera máquina calculadora electromecánica: la Z1. A esta le siguieron otros modelos más perfeccionados: la Z2, Z3 y Z4. Estas máquinas introdujeron dos principios fundamentales: la representación binaria de la información y el control programado por medio de cinta perforada, además de dejar de ser

estas primeras máquinas calculadoras 100% mecánicas^{18, 22, 31}.

Sobre el mismo período los laboratorios Bell y la Universidad de Pennsylvania en los Estados Unidos, realizaron trabajos similares que culminaron con la creación de ASCC (*Automatic Sequence Controlled Calculator*). El Calculador Automático de Secuencia Controlada consistía en una verdadera máquina monstruosa de 2 toneladas de peso extremadamente complicada, que requirió más de 530 millas de cable y 1210 bolas de alambre conector para su construcción. El ASCC o, como es mejor conocido posteriormente, la Harvard Mark 1 fue diseñada y construida más como una aventura compartida entre Howard Aiken, profesor asociado de matemáticas de la Universidad de Harvard, y cuatro ingenieros de la IBM. Dicha aventura materializó parte de las intuiciones de Babbage y la idea de la tarjeta perforada de Jacquard. La creación de esta máquina marca el fin de un importante capítulo en la historia: del cálculo aritmético mecanizado iniciado por Pascal, y el nacimiento de la era de las modernas computadoras^{18, 22, 31}.

El primer calculador verdaderamente electrónico fue el ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Calculator*), desarrollado entre 1942 y 1946 por Eckert y Mauchly, y constituye el siguiente eslabón en la cadena. En esta máquina se eliminaron todas las partes mecánicas en movimiento que

representaban los números sustituyéndolos por bulbos activados mediante impulsos electrónicos. La ENIAC tenía una velocidad de procesamiento aproximadamente 3000 veces más rápido que la Mark 1, aunque usaba aproximadamente 18000 bulbos³¹.

En Inglaterra, la Universidad de Cambridge construyó el primer programa almacenable en una computadora, el EDSAC (*Electronic Delay Storage Automatic Calculator*). En 1949, se hicieron realidad muchas de las ideas de Von Neumann (tales como la de mantener las instrucciones de un programa en la memoria de la máquina), que finalmente se vieron reflejadas en la construcción de EDVAC, una máquina con capacidad de almacenar programas. Las ideas de Von Neumann llevan a transformar a las "calculadoras electrónicas" en "cerebros electrónicos", las verdaderas computadoras, gracias al concepto de programa almacenado en la memoria de la computadora. Von Newman propuso además que la estructura lógica de la computadora debiera semejarse más a la del sistema nervioso central de los humanos, es decir al cerebro. Con el fin de hacerse entender, Von Neumann escribió un programa llamado "Escoger y Colocar" el cual ordena alfabéticamente una lista de nombres, marcando claramente que las tareas de las computadoras no tienen que ser necesariamente cálculos matemáticos^{18, 22, 32}.

EDVAC no fue completada totalmente sino hasta 1951 en la Universidad de Pennsylvania. El Ferranti Mark 1, también disponible en 1951, vino a ser el primer sistema comercial. A esto siguió rápidamente la liberación de las máquinas 701 y 702 de la IBM. La Rand Corporation también produjo la UNIVAC 1. Para 1956, las compañías "americanas" gastaban 100 millones de dólares anualmente en computación, y la mayoría de estos contratos fueron con la IBM^{92, 91, 131}.

Esta primera generación de computadoras comerciales se caracterizaron por el uso de tubos al vacío (bulbos) como componentes básicos de sus circuitos internos; esto las hacía demasiado voluminosas, consumían mucha energía: producían tanto calor que fue preciso establecer rígidos controles en cuanto al aire acondicionado y la temperatura para su buen funcionamiento. No eran tan confiables como se había esperado, eran rápidas pero no lo suficiente, y su capacidad de almacenamiento interno era muy limitado^{92, 91, 131}.

En 1957 DEC (*Digital Equipment Corporation*) se constituyó con solo tres empleados, en Maynard, Massachusetts. En los años siguientes el crecimiento de la DEC vino a ser tan notable como lo fue el de la IBM. DEC emergió como el líder mundial en la manufactura de las minicomputadoras con su grupo de máquinas PDP y VAX^{92, 91, 131}.

En 1960, los transistores sustituyen a los bulbos, reduciéndose las deficiencias de las máquinas que los usaban, surgieron las memorias de ferrita que permitieron reducir el tamaño de las computadoras, formando así la segunda generación de ellas⁹¹.

En 1964 aparece en el mercado la tercera generación de computadoras, construidas con circuitos integrados monolíticos en sustitución de los transistores, gracias a lo cual aumentan considerablemente su velocidad de operación, su confiabilidad y disminuye aún más su tamaño y costo. Se empiezan a vender en gran escala una gran cantidad de programas disponibles para ellas.

Aproximadamente por el año de 1970, la manufactura de circuitos integrados llega a ser tan avanzada que se logran incorporar miles de componente electrónicos en espacios de una fracción de pulgada, a esto se le llama integración a gran escala (LSI). Junto a esto se sustituyen las memorias de ferrita por circuitos integrados dando lugar con ello a la cuarta generación^{92, 91, 131}.

El desarrollo posterior fue iniciado en 1971 por INTEL quien libera el primer microprocesador, un "circuito" llamado el 4004, que manejaba "palabras" de 4 bits. Esto fue rápidamente seguido por la liberación de "circuitos" similares por otras distintas compañías trayendo la

primera generación de micro-computadoras^{SM 82 91 116 131}.

En 1973, André Truong inventa el primer microordenador anunciado oficialmente como MICRAL. Lanza la fabricación de una primera serie de mil ejemplares. Ofrece en versión estándar 256 bytes de memoria activa, extensible a un máximo de 2 Kb. Las salvaguardas se realizan en cintas de papel perforada. Habrá que esperar hasta 1974 para que aparezca el primer lector de discos blandos de 8 pulgadas: Memorex, y a 1975 para el primer lector de 5 pulgadas 1/4: SeagateSM.

En 1975, Ed Roberts anuncia el ALTAIR que fue la primera microcomputadora a base de un procesador 8080 de Intel. Tuvo un verdadero éxito, aunque efímero. ALTAIR no tiene teclado ni pantalla, su unidad central solo disponía de 256 bytes de memoria. Para programarlo había que accionar conmutadoresSM.

No es sino hasta 1976 en que, tras seis meses de trabajo en un garaje, Seteve Jobs y Steve Wozniak terminan por realizar un prototipo: el Apple I. La máquina, contruida sobre un procesador 6502 de *Mos Technology*, contiene 4 Kb de memoria RAM ampliable a 8 Kb. Un terminal video permite conectarla a una pantalla y en la tarjeta madre se encuentra una interfase-teclado. Las salvaguardas se realizan en cassette. Venderán cerca

de doscientos ejemplares, el verdadero éxito llega en 1977 con la Apple IISM.

En octubre de 1981, IBM entra en la microinformática lanzando su primer *Personal Computer*. A ejemplo de Apple II, cinco conectores de extensión abren al PC el mundo exterior. El sistema operativo firmado por Microsoft, MS-DOS, ofrece comandos heredados de los grandes sistemas. La microinformática profesional comienza a existirSM. Algunas semanas más tarde, IBM confirma su opción PC al lanzar el XT (por *extended*) que además de tres conectores de extensión suplementarios, recibe un disco duro de 10 Mb, verdadero pasaporte para partir a la conquista de las empresasSM. El PC original contiene un procesador 8/16 bits, el 8088 de Intel, su memoria activa se extiende de 16 a 256 Kb (un *record*), y puede recibir hasta dos lectores de discos blandos con formato 5"1/4 y capacidad de 360 Kb.

El 2 de septiembre de 1986 se inicia lo que se conoce como la democratización de las PC's, la compañía Amstrad devota la PC 1512 a un precio mucho más bajo que las PC de la IBMSM.

En 1986 se habra una grieta en el mundo de la informática. Intel ha creado una versión "pesada": el microprocesador iAPX 286. Es un microprocesador de 32 bits, capaz de regir un desmesurado espacio direccionable. Esta bocanada de potencia da origen a una nueva

categoría de ordenadores de masa: las supermicro o AT's¹⁰.

Si se comparan los avances logrados desde la aparición de la primera computadora hasta las actuales "micros" no queda más que asombrarse del avance tan enorme que se ha realizado. En sólo 40 años, el precio de una computadora se ha reducido 10 000 veces, se ha ganado 20 veces más velocidad y se ha reducido el tamaño y el peso en unas 10 000 veces¹¹. Sin embargo, la insatisfacción de los usuarios no deja de crecer. Hoy día 640 Kb de memoria y un disco duro de poca capacidad representan un decepcionante equipo de gama baja¹².

La quinta generación de computadoras se está desarrollando actualmente, se caracteriza por la creación de computadoras inteligentes con capacidad de procesamiento en paralelo¹³. El Ministerio de Comercio Internacional y de Industria de Japón en abril de 1982 puso en marcha un gran e impresionante plan nacional llamado "Sistemas de Ordenador de la Quinta Generación"; entre cuyos objetivos está el que para la segunda mitad de la década de 1990 hayan saturado el mercado mundial con sus computadoras de la quinta generación y sean los número uno en la "Industria del Saber". Para lo cual han creado el Instituto de Tecnología de los Ordenadores de la Nueva Generación y el Programa de Investigación y

Desarrollo de Sistemas de Tratamiento Informático del Saber¹⁴.

Actualmente se desarrollan nuevos modelos de computadoras, algunos con mira a reducir el tamaño para hacerlas portátiles y aumentar su capacidad, pero conservando esencialmente la misma arquitectura que las actuales microcomputadoras (p.e. las microcomputadoras LAP-TOP)^{15,16}, algunos otros modelos abandonan la arquitectura típica de las actuales micro-computadoras (llamado modelo secuencial): que se caracteriza por tener un solo microprocesador y una memoria central, para desarrollar una nueva arquitectura basada en microprocesadores masivamente paralelos y memoria distribuida¹⁷. Por otro lado, se desarrollan circuitos lógicos de tamaño molecular y circuitos basados en proteínas sintéticas que quizá encaminarán la tecnología hacia la creación de computadoras con biomateriales^{18,19,20}.

ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA INFORMATICA MEDICA

El conocimiento del origen y desarrollo de la Informática Médica puede ser un buen comienzo para comprender la importancia y perspectivas de la computación en la medicina veterinaria.

Desafortunadamente, cada vez que se habla de la historia de la informática moderna, los expositores se limitan al desarrollo tecnológico de las máquinas computadoras. Esta visión, generalmente a cargo de ingenieros, hace que se vean a las modernas computadoras como unas calculadoras muy grandes y potentes (una especie de ábaco grande y sofisticado). Esta forma de presentar los orígenes de la informática puede no ser la mejor, sobre todo para un público como el médico quien utiliza las computadoras principalmente para resolver problemas no numéricos. Es posible que para el médico resulte más claro el concebir el desarrollo de la computación como el resultado lógico de la evolución de la informática y no al revés, como se ha pretendido presentar. Tan real es esto, que la mayoría de los avances recientes en esta área se enfocan más al manejo de la información y del conocimiento que al de los cálculos numéricos^{13,14}.

Podemos encontrar los orígenes de la informática médica en los primitivos métodos manuales para registrar la información de interés médico, como fueron los primeros cuadernos de notas médicas o los primeros intentos de expedientes e historias clínicas. En este aspecto, sobresalen los trabajos de Florence Nightingale quien en 1873 escribió el libro *Hints on Hospital*, siendo la pionera no solamente en la enfermería y en la reforma de la práctica hospitalaria, sino también en reconocer que la comunicación de la

información clínica es un factor crítico en la buena práctica médica¹⁵.

Conforme fueron avanzando los conocimientos médicos se fue requiriendo una mayor cantidad de información que debía ser registrada para su posterior consulta. La tendencia a la automatización y estandarización de la información médica siguió los mismos caminos que para otras ciencias; así, inicialmente se usaron cuadernos y hojas sueltas que fueron seguidos de fichas (con tendencia a tener un formato fijo). La necesidad de almacenar y poder recuperar esta información dió origen a los archivos físicos, los cuales fueron cada vez más sofisticados creandose toda una tecnología para su manejo: la archivonomía. Durante este período se desarrollan las ideas de índices y directorios, a manera de palabras claves y número de registro, para poder recuperar fácilmente la información^{16,17,18}.

Al parecer, el archivo de expedientes e historias clínicas, sobre todo cuando aparecen los grandes centros hospitalarios para asistencia pública, poco a poco rebasa las capacidades humanas de manejo, sumergiéndose a los hospitales en un "mundo de papel" que demanda una gran cantidad de personal llegando hasta ocupar entre el 10 y el 20 % de los costos totales de operación de un hospital, con resultados no muy satisfactorios^{12,19}.

La posibilidad de tener almacenada la información hizo factible la realización de estudios estadísticos que pudieron utilizarse para la evaluación de la efectividad de los tratamientos aplicados en un hospital o para la realización y evaluación de las campañas de salud pública. Sin embargo, la gran cantidad de información almacenada y su inherente dificultad para manejarla ha hecho muy difícil la realización de dichos estudios¹¹. Es en estos momentos críticos cuando las computadoras hacen su aparición en respuesta a la necesidad de manejar toda esa información.

Es difícil establecer quien es el primero en hablar de "informática", pero se pueden correlacionar dos cosas; la primera es que esta palabra esta muy relacionada con el inicio de la utilización de las computadoras en el manejo de la información o mejor dicho, con la adquisición automatizada de datos a través de las computadoras; la segunda es que esta palabra parece ser la concatenación de los términos "información" y "automática".

Cuando se utilizan por primera vez las computadoras en el manejo de la información se dice que nace la informática, y cuando la información es de interés médico o aplicada al área médica entonces se llama Informática Médica.

Como se aprecia en el apartado anterior, las primeras máquinas (p.e.

ENIAC 1946) eran muy grandes y se usaban casi en secreto, manejadas exclusivamente por ingenieros. Durante este período no hubo aplicaciones en medicina.

En 1951 aparece la UNIVAC I que es la primera computadora fabricada en serie y en 1953 la IBM fabrica su primer computadora para aplicaciones científicas, seguida esta de algunas otras compañías¹². Aunque con estos sucesos se empiezan a popularizar un poco las computadoras, siguen siendo máquinas muy grandes, que requerían de mucho espacio para su instalación, además de necesitar clima controlado y las pocas personas que tenían acceso a ellas sólo lo podían hacer con sus batas blancas, en una fría sala donde todo esta perfectamente limpio de polvo. Por esto, aunque ya se empieza a pensar en la posibilidad de utilizar estas grandes máquinas para resolver algunos problemas médicos de tipo financiero-administrativo (principalmente cobros de servicios sobre todo para los grandes centros hospitalarios), siguen estando los avances, muy alejados del campo de acción de la medicina y de la mayoría de los negocios¹³. Debido a su elevado costo, gran volumen y grandes necesidades de mantenimiento, estas máquinas quedaron limitadas a los grandes institutos o centros de investigación, por lo que es entendible que las principales aplicaciones estuvieran enfocadas a resolver complejos problemas numéricos o una gran cantidad de operaciones

matemáticas. Pesa a lo prematuro que pudiera parecer, el visionario L. B. Lusted, en 1959, plantea la posibilidad de utilizar las computadoras como ayuda en el diagnóstico^{17,18,19}, constituyendo esta la referencia más antigua sobre el uso de las computadoras en medicina.

No va a ser sino hasta 1965 en que, usando este tipo de máquinas, se crea el primer lenguaje de computación especialmente dirigido al campo médico: el MUMPS (*Massachusetts General Hospital Utility Multi-Programming System*). Esto se constituye en todo un sistema cuyas principales aplicaciones estaban enfocadas a los siguientes puntos¹⁹:

- Automatización de la Historia Clínica.
- Censos y visitas de pacientes en Consultas externas.
- Cuidados intensivos.
- Datos de Laboratorios clínicos.

En 1965, en el Departamento de Biobermética del Centro de Cálculo Electrónico (CCE) de la Universidad Nacional Autónoma de México, se lleva a cabo un proyecto de diagnóstico médico automatizado con matrices automodificables según fórmulas probabilísticas de Bayes; en este programa se utilizaron datos del Hospital de Neumología de la Secretaría de Salubridad y Asistencia mediante los cuales se crearon las matrices de probabilidades. Este sistema funcionaba con más del 90 % de aciertos; desafortunadamente, la Facultad de Medicina no lo tomó en

cuenta e incluso los estudiantes lo despreciaron pues creían que, de aceptarse, el médico general tendería a desaparecer. Diez años más tarde, los hospitales estadounidenses empezaron a utilizar este tipo de sistemas, mientras que en México los médicos siguen oponiéndose a este avance¹⁸.

Previamente, en 1960 se funda la IFIP (*International Federation for Information Processing*); "Federación Internacional para el Procesamiento de la Información", con base en Ginebra, Suiza. Es una organización de cooperación internacional para el procesamiento de datos. Para lograr esta tarea formó 10 comités técnicos, cada uno con un área de interés específica. El cuarto de estos comités está encargado del procesamiento de datos en el campo de la salud y de las investigaciones biomédicas, constituyendo uno de los más grandes y más atractivos de los comités técnicos*.

Después de 10 años tal comité logró el estatus de un grupo de interés especial, y en mayo de 1979 se consolida como el IMIA (*International Medical Informatics Association*): "Asociación Internacional de Informática Médica".

* Toda la información sobre la historia de la IFIP-IMIA fue aportada por IMIA headquarters, Enschedespad 41-43, 1324 GB Almere, The Netherlands, tel: (0)3240-31341.

IMIA tiene como función principal la educación en el uso de las computadoras en medicina, para lo cual organiza:

- a) Congresos trienales MEDINFO, en donde se revisan todos los trabajos en Informática Médica, que posteriormente publica.
- b) Grupos de trabajos en temas especiales tales como la educación, Informática de la salud en países en desarrollo, sistemas de información hospitalarios, seguridad en sistemas de información médica, etc.
- c) Conferencias de trabajo de las cuales aproximadamente 20 se han llevado a cabo en los últimos 10 años, la última en Washington (1986).

Representa la IFIP en el campo del procesamiento de la información de la salud, a organizaciones como WHO (*World Health Organization*), "Organización Mundial de la Salud", y la WMA (*World Medical Association*), "Asociación Médica Mundial".

Para finales de la década de 1970, fueron tan rápidos los avances tecnológicos en las computadoras que es difícil seguir detalladamente los avances en las aplicaciones de las computadoras en la medicina⁶⁴.

Estos avances en una máquina de reducido costo y tamaño, la "micro", aumentaron el poder para manejar información no numérica además de

facilitar su uso, ocasionaron que poco a poco un número cada vez mayor de médicos tuvieran acceso a las computadoras e intentaran utilizarlas para resolver algunas de sus labores como las referidas a los archivos locales de expedientes, la elaboración de reportes, los cálculos estadísticos, etcétera. A la par del desarrollo de la máquina computadora se desarrollaron sus penfencos, lo cual permitió empezar a usar la computadora en el monitoreo continuo de pacientes en las Unidades de Terapia Intensiva (UTI), o el procesamiento de imágenes médicas como en la Tomografía Axial Computarizada (TAC) y muchas otras aplicaciones que han contribuido al nacimiento formal de la Informática Médica, en respuesta a la necesidad de optimizar la oferta de servicios en función de la demanda y la racionalización de costos^{65, 66}.

Tanto se ha desarrollado la informática médica en los últimos años y tanto ha cobrado interés mundial, sobre todo con el advenimiento de las microcomputadoras personales, que ya algunas universidades en países como Estados Unido y Holanda han decidido incluir en su curriculum la enseñanza de la Informática médica, justificando tal decisión en términos de una demanda real cuantificada⁶⁴.

A partir de 1981 dos universidades de Amsterdam unen esfuerzos en el campo de la Informática en general y la Informática médica en particular, para

crear un programa de estudios tanto para estudiantes de informática como para los de medicina. Las razones principales por las que se desarrolla este plan de estudios son:

1. La demanda social en el campo de la salud para entrenar profesionales en el campo de la informática médica.
2. La experiencia que en educación e investigación de este tipo se concentra en Amsterdam.
3. La infraestructura en Informática Médica instalada en Amsterdam.

En México, aunque no se pueda todavía aspirar a la cuantificación referida, el desarrollo informático mundial aunado a la necesidad de presentar soluciones que nos permitan superar el subdesarrollo, hace de la informática médica un evento real y contundente. Por tal motivo, investigadores de la UNAM, así como de otras instituciones públicas y privadas han iniciado ya la tarea de diseñar sistemas y proyectos educativos para apoyar el crecimiento y futuro desarrollo de la informática médica en nuestro país*.

Para 1985 el Dr. José Negrete M., jefe del departamento de Biomatemáticas del Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIBM-UNAM), pone en marcha un proyecto para la implantación de una especialidad en informática médica en la Fundación A. Rosenblueth, S.A.. Para 1987, el proyecto de la especialidad se modifica

creandose la especialidad en Inteligencia Artificial en Medicina, dirigida por el Dr. Alberto Gutiérrez investigador del departamento de biomatemáticas del IIBM-UNAM**. Por otro lado, hasta 1990 el Dr. Ramón Boom Anglade, apoyado por la Sociedad Mexicana de Decisiones Médicas, ha realizado en México siete cursos de "Análisis de Decisiones y Computación en Medicina****".

En los últimos años, el interés mundial por la informática médica produce un volumen de información colosal. Existen por lo menos 14 revistas, catalogadas en la base de datos bibliográfica Excerpta Médica, especialmente dedicadas a la informática médica. La Organización Mundial de la Salud patrocina la "International Medical Informatics Association" (IMIA) que agrupa actualmente a más de 34 países. Existen innumerables asociaciones científicas dedicadas a distintos aspectos de la medicina y la informática, y, asimismo, innumerables firmas comerciales especializadas en el tema**.

Se sucedieron, de manera tempestuosa, las muchas aplicaciones de las computadoras en las distintas áreas médicas pero poco a poco, en los últimos años, se ha centrado el mayor

* Comunicación personal con el Dr. José Negrete, jefe del depto. de Biomatemáticas, IIBM-UNAM.

** Comunicación personal con el Dr. Enrique Calderón A., director académico de la FAR.

*** Comunicación personal con el Dr. Ramón Boom, jefe del CLIDA del ISSSTE.

interés en el aspecto del diagnóstico asistido por computadora, monitoreo intensivo de pacientes en estado crítico y uso de las computadoras para la enseñanza médica a través de la simulación. Tan importante ha sido la participación de la medicina en la informática que las necesidades particulares de ella han estimulado el desarrollo de nuevas áreas de la informática, tal es el caso del procesamiento de imágenes y desarrollo de gráficas interactivas, ésta última como una de las áreas más novedosas de la informática médica junto al desarrollo de las aplicaciones de la Inteligencia Artificial en medicina^{34,35}.

Los desarrollos de la informática médica en el área de la Inteligencia Artificial³⁶, hacen prever, por el momento, que los próximos avances de la informática médica serán en esta dirección.

INICIOS DE LA INFORMÁTICA VETERINARIA

Los primeros trabajos de computación en veterinaria, al igual que en la informática médica, son inciertos. Sin embargo, gracias al Dr. Farber, fundador de la compañía norteamericana Vetrack Systems Inc., podemos tener una idea de como fueron esos inicios³⁷.

Uno de los ejemplos de los pioneros de la computación en veterinaria es el Dr. Furamoto, del antiguo Care Animal Hospital, en Honolulu, Hawaii. Quien, a principios de la década de 1970, trabajó en una computadora WANG de 6 K de memoria, haciendo programas para recordatorio, cuentas por cobrar y otros procedimientos auxiliares. No es posible saber cuantos veterinarios, como el Dr. Furamoto, fueron entre los primeros usuarios de computadoras, gente que iluminó estos primeros años y que muchas veces fueron tratados como soñadores ridículos³⁸.

El Dr. Farber señala que el interés de los veterinarios norteamericanos en la computación, es paralelo e influenciado por el desarrollo de nuevos conceptos para la administración de las clínicas veterinarias. Esta nueva administración práctica, orientada a la eficiencia y optimización de recursos, es provocada por la recesión sufrida en los primeros años de la década de 1970. El mismo Farber narra: "Recuerdo lo exitante de aquellos días, observábamos el desarrollo de nuevas técnicas de administración y la importancia de desarrollar gente capacitada en la recolección de datos y análisis de la práctica". El interés por mejorar el manejo de la información y de agilizar algunos trabajos rutinarios llevó a muchas personas a la automatización justo cuando aparecía las primeras micros³⁹.

³⁴ MEDINFO 86, *Proceeding of the fifth Conference on Medical Informatics*, Washington, October 28-30, 1986.

Esta visión del Dr. Farber explica de alguna manera el hecho de que en 1971 el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de Inglaterra publique el libro "*Farm Planning by Computer MAFF Technical Bulletin 19*" escrito por J. B. Hardaker. En el que se desarrolla el tema sobre el aprovechamiento de las computadoras y de una técnica matemática llamada "programación lineal" para la resolución de algunos problemas de gestión agropecuaria⁷⁰.

El Dr. Farber continúa narrando: "Nuevas revistas empezaron a llegar a las manos de los veterinarios, revistas de naturaleza no médica, hablando de la administración: cómo contruir una práctica médica más exitosa y próspera. Desafortunadamente estas revistas fueron escritas por médicos y odontólogos, sin embargo, eran leídas por los veterinarios quienes buscaban como aplicarlas a sus problemas de administración práctica. Finalmente, una revista llamada "*Veterinary Economics*" fue publicada por dos pensadores progresistas, John Velardo y Allan Kischer. Esta estuvo enfocada a la administración de la práctica veterinaria y fue escrita por y para veterinarios⁷¹.

Ante esta situación, se dirigió la atención a las pequeñas computadoras o "micros". Estas eran unas "semi-serias" computadoras que, aunque muy limitada en sus capacidades podría ser una respuesta para el dilema de recolección,

almacenamiento y aprovechamiento de la información generada cada día. Durante esta época (1975), las únicas micros disponibles eran la Altair 8800, las primeras computadoras Apple, la Tandy Radio Shack (TRS) 80 modelo I, y la Commodore PET⁷².

Usando este tipo de computadoras los veterinarios tienen que hacer sus propios programas, en muchas ocasiones los resultados son frustrantes. Las aplicaciones principalmente están orientadas a auxiliar la administración práctica. Los sistemas diseñados todavía son muy rudimentarios, algunos veterinarios empiezan a escribir artículos sobre como usar las computadoras más eficientemente en la práctica. Surge una importante pregunta: Qué partes de la práctica veterinaria deberían computarizarse. Finalmente, la IBM introduce su "*Personal Computer*"⁷³.

Es en los primeros años de la década de 1980 cuando el diseño y creación de software veterinario comienza en serio y junto con esto los debates. ¿Qué partes del trabajo veterinario pueden computarizarse? ¿Qué computadora se podría utilizar y qué lenguaje de programación es el mejor? ¿Qué datos son verdaderamente importantes?. Palabras tales como "bit", "byte", "basic" y "cobol" empezaron a hacerse comunes al mismo tiempo que mielograma, laminectomía descompresiva, etc.⁷⁴.

El primer gran seminario sobre computación en veterinaria tuvo lugar en Denver, Colorado, patrocinado por la revista *Veterinary Economics*. Los tres principales vendedores de sistemas de cómputo para veterinarios se presentaron en este encuentro. Meses más tarde, el segundo gran encuentro fue patrocinado por la American Animal Hospital Association. En este segundo encuentro el número de vendedores se incrementó a 17²².

Para 1982, la Universidad de Mississippi (EUA) organiza su primer *Symposium on Computer Applications in Veterinary Medicine*²³.

En septiembre de 1983, la *American Veterinary Publication, Inc.*, empieza a publicar la revista *Veterinary Computing* en Santa Barbara, California²⁴.

Un logro importante se tiene en Atlanta, Georgia, en 1984 cuando se desarrolla el sistema AAHA (*American Animal Hospital Association's Computer Programs*) y la formación de varios grupos de trabajo y comités diseñados para promover la computación en la medicina veterinaria y coordinar los esfuerzos en el desarrollo de software veterinario²⁵.

Por otro lado, en México hay un sensible atraso en este campo que puede poner en peligro el desarrollo de

la medicina veterinaria del país. No es sino hasta 1986 en que el Dr. José Miguel Doperto y algunas compañías dedicadas a la computación en México empiezan a explorar la computación en veterinaria²⁶.

Un esfuerzo por tratar de mantener el acelerado paso de la informática veterinaria tiene lugar en junio de 1987, cuando se inaugura el Banco de Información en Medicina Veterinaria y Zootecnia (BIVE) instalado en la biblioteca de la Fac. de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM²⁷.

El 4 de julio de 1987 se inaugura el Centro de Cómputo de la FMVZ UNAM²⁸. El 20 de mayo de 1988 la IBM de México dona, al Centro de Investigación, Enseñanza y Extensión en Ganadería Tropical (CIEEGT) de la FMVZ de la UNAM, una microcomputadora PS2/50 y un Sistema de simulación de producción pecuaria, el cual fue desarrollado conjuntamente por la mencionada compañía y el propio centro como parte del proyecto "Sistema Integral de Análisis y Modelación Pecuaria en el Trópico"²⁹.

En julio de 1989 la biblioteca de la FMVZ-UNAM recibe dos importantes donaciones. Por parte del CONACYT

²² Gaceta UNAM, 11 de junio de 1987, p.15.

²³ Gaceta UNAM, 43:2, 1987. Confirmado por comunicación personal con el MVZ Ricardo Navarro F.

²⁴ Boletín Informativo de la FMVZ-UNAM, 20:3, 1988).

²⁵ Información otorgada por: *Veterinary Computing*, P.O. Drawer KK, Santa Barbara, CA 93102, en 1985.

se dió un donativo de cuatro millones de pesos para continuar implementado el banco de información BIVE. CIBA-GEIGY laboratorios farmacéuticos a través de su división veterinaria, donó ocho millones de pesos para la adquisición de equipo de cómputo para la automatización del acervo bibliográfico*.

Durante este año, es muy escaso el software comercial para veterinarios en México. Los veterinarios que utilizan las computadoras se limitan, en su mayoría, a usar los paquetes comerciales para uso general, sobresaliendo los Sistemas Procesadores de Palabras, las Hojas de Cálculo Electrónicas, los Sistemas de Bases de Datos Personales y los Programas Estadísticos**. Sin embargo, aunque desconocidos para la mayoría de los médicos veterinarios del país, suceden dos hechos de importancia: en este año, el Q.F.B. Gabriel Garduño Soto crea el primer Sistema Experto Veterinario Mexicano, un programa experto que facilita el diagnóstico de enfermedades diarreicas en cerdos¹⁰; a finales de este año, el MVZ Arturo Munguía Everardo presenta el segundo Sistema Experto Veterinario Mexicano, un sistema experto consultor para el diagnóstico de las enfermedades de las aves.

CONCLUSION:

En sus primeras versiones, la computadora es vista como un gigantesco procesador numérico y por la época en que surge, sus aplicaciones son exclusivamente científicas y militares.

Conforme evoluciona y se difunde el uso de esta herramienta, la computadora pasa a ser un eficiente procesador de datos utilizado en todos los campos relacionados con el almacenamiento, procesamiento y recuperación de datos, siendo éste el uso más difundido de la computación en nuestros días.

Sin embargo, las tendencias actuales van encaminadas a que la computadora se convierta en un procesador del conocimiento, es decir, una extensión del cerebro humano. Sus aplicaciones se están enfocando al campo de la Inteligencia artificial, las bases de conocimientos y la llamada Quinta Generación de Computadoras¹¹.

* Boletín Informativo de la FMVZ-UNAM, 31:3, 1989).

** Reporte de Actividades del Centro de Computo de la FMVZ para 1989, Archivo del Centro de Computo.

CAPITULO II

FUNCIONAMIENTO Y COMPONENTES BASICOS DE LA COMPUTADORA

El objetivo de este segundo capítulo es presentar una visión sencilla y clara de la estructura y funcionamiento de las computadoras. Además, se señalan los cuidados básicos en el manejo del equipo.

Este tema resulta particularmente interesante para las personas que se inician en el uso de las computadoras, ya que analiza los aspectos más relevantes de los equipos y permite introducir algunos términos propios de la informática e ingeniería en computación.

A sabiendas de que todavía son incompletas todas las definiciones, una computadora se puede definir como una máquina electrónica en sus componentes, automática en su trabajo y secuencial en su operación, que se utiliza para realizar cálculos y tratar grandes cantidades de información^{13, 14, 12, 157}.

Aunque no existe una definición absoluta, de acuerdo a sus aplicaciones y dimensiones las computadoras se pueden clasificar de la siguiente manera^{13, 14, 15, 12, 174}:

A) Supercomputadoras: Son las más grandes y poderosas computadoras, apenas en 1991 se instala en la Universidad Nacional Autónoma de México la primera de América Latina. Estas máquinas son llamadas por algunos como los "mounstruos" de la computación por sus capacidades y aplicaciones. Son equipos utilizados en el proceso de investigación científica y tecnológica del más alto nivel. Su capacidad para simular fenómenos físicos proporciona una nueva metodología que reúne teoría y experimentación. Equipos utilizados en grandes centros de

investigación e institutos públicos aunque su uso se va extendiendo hacia las grandes corporaciones. Sus principales características son:

- Realizan procesamiento en paralelo utilizando de 4 a 16 procesadores, aunque pronto se esperan las de 64 procesadores.
 - Actualmente trabajan entre los 2 y los 4 gigaflops (billones de operaciones de punto flotante por segundo) y se espera que lleguen hasta los 22 gigaflops.
 - Para apreciar la capacidad de proceso de estas supercomputadoras, considerese el tiempo relativo que se necesita para realizar un cálculo científico en los distintos equipos: Supercomputadora 1 minuto, minisupercomputadora 30 minutos, Mainframe 3 horas, Workstation 15 horas y Computadora Personal 96 horas.
 - Algunos ejemplos de supercomputadoras son: los modelos Y-MP/B e Y-MP/16 de la Compañía Cray Research; el modelo SX-3 de la compañía NEC; el modelo VP 2600 de Fujitsu y la S-820 de Hitachi.
 - Un ejemplo de las minisupercomputadoras es la C-2 de Convex.
 - Los precios de las supercomputadoras van, en términos generales, de 1 millón de dólares a 10 millones de dólares.
- B) Macrocomputadoras o computadoras tipo *Mainframe*: Son grandes computadoras cuyas características primordiales son:

- Venta a Gobierno, Instituciones Educativas y Compañías muy grandes.
- Operaciones y estudios de aplicación que duran por lo menos un año.
- Requieren de instalaciones muy costosas como aire acondicionado, piso falso, cableado especial, etc.
- El costo de este tipo de computadoras es alto, desde los 500 millones de pesos.
- Físicamente son grandes en volumen.
- Atiende por lo menos a 200 usuarios simultáneamente.
- Algunos ejemplos de estas computadoras son la IBM 4341, 4371 y 4381, la Serie A de UNISYS, la CYBER-CDC, etc.

C) Minicomputadoras: Este tipo de computadoras más pequeñas tienen las siguientes características:

- Equipos para grandes empresas de 20 a 300 terminales.
- Operaciones de compra-venta.
- Requieren de instalaciones especiales como aire acondicionado, piso falso, cableado especial, etc.
- El costo de este tipo de computadoras es de 40 a 700 millones de pesos.
- Algunos ejemplos de estas computadoras son las IBM Sistema/36, S/38 y AS/400, la HP 3000, las Burroughs A3 y A9, las PDP 1130 y 1180, etc.

D) Las Workstations: Este tipo de computadoras están orientadas al manejo de las interfaces gráficas debido a su alta velocidad de

proceso. Sus principales características son:

- La venta de estos equipos se realiza directamente en una tienda o con un distribuidor.
- La entrega de estos equipos es rápida.
- No requieren instalaciones especiales.
- Excelentes máquinas para el manejo de gráficos y diseño asistido por computadora (CAD).
- Gran velocidad de proceso y gran capacidad de memoria.
- Su costo varía de los 9 millones de pesos a los 50 millones de pesos.
- Ejemplos de estos equipos son: la serie Apollo de HP, la SUN de Microsystems, la PWT 120 de UNISYS, etc.

E) Microcomputadoras: Este tipo de computadoras las podemos subdividir en dos grupos:

Multiusuarios. Sus principales características son:

- La venta de estas computadoras se hace directamente en una tienda (o distribuidor).
- La entrega de este tipo de equipos es rápida.
- La mejor relación Costo-Beneficio aunque en algunos casos falta "marca".
- El costo de este tipo de computadoras es de 3 millones y medio hasta 40 millones de pesos.
- Su construcción es nacional.
- Algunos ejemplos de este tipo de computadoras son Altos, Alpha-Micro, NCR-TOWER, Micro-A de UNISYS, Micro-Vax, etc.

Personales. Se caracterizan por:

- La venta de estas computadoras se hace directamente en una tienda (o distribuidor).
- La entrega de este tipo de equipo es prácticamente inmediata.
- El costo de este tipo de computadoras varía desde 1 hasta 15 millones de pesos.
- Algunos ejemplos de este tipo de computadoras son las HP Vectra, Apple Macintosh, Corona, Televideo, Printaform, IBM PS/2, Amiga, etc.
- Físicamente son las más pequeñas de volumen.

La primer decisión que debe hacer un coordinador de proyecto es determinar el tipo de computadora que requiere para solucionar su problema. Lo primero que debe determinar es el número de usuarios que necesitan utilizar la máquina simultáneamente. El segundo aspecto que debe considerar es el poder de procesamiento de la computadora, esto es: complejidad de operaciones y velocidad de realización. Un tercer aspecto es el referente al volumen de datos que pueden ser manejados satisfactoriamente. Finalmente, deben considerarse algunas características especiales de cada uno de los tipos, tales como: programas disponibles, capacidad de configuración del hardware (para la conexión de interfaces que permitan el uso de instrumentos analógicos), capacidad de producir gráficos complejos, etc.²⁷.

ANATOMIA DE UNA MICROCOMPUTADORA

A grandes rasgos los elementos básicos de una microcomputadora son: una pantalla o monitor, un teclado y la unidad central de proceso (CPU)^{28,29,31}.

La pantalla o monitor.

Una de las partes sobresalientes es la pantalla, la cual funciona de manera similar a una televisión. Cuenta con sus propios controles; uno para el encendido, otros para el contraste y otro para la brillantes. Las letras o figuras que aparecen en la pantalla están formadas por una serie de puntitos luminosos, los cuales son conocidos como PIXELS y entre más fino (pequeño) es este grano, mayor poder de resolución tiene el monitor y por lo tanto una mayor claridad^{30,31}.

La mayoría de los monitores utilizan un tubo de rayos catódicos cuyo rayo incide sobre una pantalla compuesta por una película de fósforo que con el tiempo tiende a desgastarse. Existen también las pantallas de cristal líquido^{32,33}.

El teclado.

Otra de las partes que rápidamente llama la atención es el teclado. Este es muy parecido al de una máquina de escribir eléctrica. A este teclado, en términos de Informática, también se le llama consola.

Existen algunas pequeñas diferencias con los teclados de las máquinas de escribir estándares; existe un grupo de 10 teclas numeradas de la F1 a la F12, estas teclas conocidas como "teclas de funciones" y en términos generales sirven para el manejo rápido de los programas; otra tecla interesante llamada "tecla de control" (normalmente abreviada como "Ctrl") se utiliza pulsándose de manera simultánea con otras teclas para indicarle a la computadora que realice algún proceso previamente programado; una tecla muy importante es la tecla de regreso del carro, que en realidad lo que hace es mandar la información a la computadora, esta tecla es también conocida como ENTER, RETURN o simplemente como una flecha angulada; finalmente están las teclas que contienen flechas en distintas direcciones, estas teclas normalmente son utilizadas para desplazar el "cursor" a cualquier parte de la pantalla^{36,37}.

La Unidad Central de Proceso (CPU) y las Unidades Lectoras de Discos.

El CPU o Unidad Central de Proceso corresponde en realidad, al "cerebro" de la computadora, en él se encuentra la unidad de cómputo de su sistema y la memoria principal¹⁴.

Generalmente unido al CPU se suelen ver una o dos ranuras negras que corresponden a las "Unidades Lectoras de Discos Flexibles".

Los discos blandos o flexibles ("floppys") han sido una de las cosas que más han favorecido el desarrollo de las computadoras ya que son muy económicos y fáciles de manejar, relativamente pueden almacenar una gran cantidad de información, permiten hallar rápidamente la información contenida dentro de ellos y, lo que es muy importante, permiten portar fácilmente la información^{14,37}.

Los discos duros son una tecnología más avanzada que los discos blandos, tienen sus ventajas pero también algunos inconvenientes. Por un lado, los discos duros son discos metálicos que están fijos a la máquina, permiten almacenar una cantidad de información mucho mayor que los discos blandos, y como trabajan al vacío la velocidad de lectura-escritura es también mucho mayor, además facilitan el manejo de sistemas sobre todos si estos son grandes, que de otra manera tendrían que estar contenidos en varios discos blandos, requieren de pocos cuidados y facilitan una mejor administración del software (si se manejan adecuadamente) mediante directorios ramificados; sin embargo, por el otro lado, son relativamente caros y necesitan ser bien administrados para que no se vuelvan un gran basurero de programas¹⁴.

Una vez que se han reconocido las partes exteriores más importantes de una microcomputadora, es conveniente que se tenga también una imagen del interior. A pesar de que las

computadoras pudieran parecer aparatos sofisticados y delicados, en realidad son relativamente sencillas y salvo algunos detalles no son muy delicadas.

La primera estructura que se puede identificar es una tabla donde se encuentran fijos todos los componentes. Esta tabla, denominada "Lámina Madre" (*Mother Board*) sirve de base a todo, de manera similar a la base del cráneo. Esta lámina presenta muchas líneas, estas líneas corresponde a circuitos impresos que permiten conectar entre sí a todos los componentes llevando por estas vías la energía eléctrica que usaran. La función de esta lámina con sus circuitos impresos es análoga al de la médula espinal. Una lámina de circuitos impresos es un recurso moderno que permite poner en un solo plano todas las conexiones de un circuito electrónico evitando con ello la profusión de un cableado caótico¹²⁸.

Casi en el centro de la tabla madre se encuentra una "ficha negra", de un tamaño y aspecto similar al de una ficha de dominó, aunque del doble de largo. De ella que salen 40 "patas" o conectores que lo fijan a la lámina de circuitos impresos¹²⁹.

Como los componentes electrónicos de cada ficha utilizan corriente directa (continua) de muy bajo voltaje, la corriente alterna de la calle debe transformarse en directa mediante una fuente de poder. No sólo los "chips"

reciben esta corriente directa sino también los dispositivos externos conectados a ella mediante las llamadas ranuras o slots (conectores "hembra")¹³⁰.

En el espacio libre que dejan los slots y el microprocesador se instalan las fichas del banco de "memoria residente". Se llama memoria residente aquella que está disponible para el uso inmediato del microprocesador, por vías directamente conectadas a él (*BUS*). Se distinguen dos grupos de fichas en esta clase de memoria:

- a) Las que están "vacías" de información y que por poder ser consultadas y anotadas aleatoriamente, como se hace con las páginas de un cuaderno se les llama "memorias de acceso aleatorio" o RAM (*Random Access Memory*).
- b) Unas fichas que contienen información que no se puede borrar o modificar, solo leer, como el caso de un libro. Esta memoria se llama "memorias de solo lectura" o ROM (*Read Only Memory*). En esta memoria se encuentran almacenados una gran cantidad de instrucciones para poder realizar los diversos procesos y es consultada por el microprocesador como si fuera un diccionario o manual de procedimientos¹³¹.

El microprocesador se conecta directamente al RAM y ROM, mientras que para comunicarse con los

dispositivos periféricos conectados a los slots lo hace a través del RAMTM.

El teclado se puede considerar como un dispositivo periférico conectado unidireccionalmente al RAM por un conector especializado, lo mismo que con la pantalla.

Un tipo de memoria no-residente extraordinariamente útil, es la de discos blandos. Las "Unidades lectoras de discos" es otro periférico que generalmente se conecta a la lámina madre por medio de una tarjeta colocada en alguna de las hendiduras o SLOTS de expansión. Se trata en este caso de una memoria magnética, como la de una grabadora de cassette en la que la cinta del cassette se ha dispuesto en forma delgada como si fuera una "tortilla de maíz", misma que se hace girar, dentro de un "sobre" cuadrado, por un motor. Una cabeza magnética lee sus distintas "pistas" a gran velocidadTM.

La consistencia de la tortilla y el "sobre" que la contiene, ambos blandos, originó el nombre de disco blando o flexibleTM.

El sistema nervioso central de la micro esta formado por nucleos nerviosos de "sustancia gris" o chips, formados a su vez de microtransistores tan densamente empacados que un microprocesador puede contener miles de ellos, arreglados en circuitos equivalentes a los formados por
m a c r o - r e s i s t e n c i a s ,

macro-capacitancias y macrotransistores. Esta alta densidad característica de la micro ha recibido el nombre de tecnología LSI: *Large Scale Integration*.

La mayor parte del Chip esta formado por Silicio cristalino "contaminado", que es un material semiconductor de electronesTM.

La zona donde se ha difundido el elemento Boro (como contaminante) constituye la parte con característica de semiconductor positivo del transistor. El óxido de silicio actúa como el aislador adecuado y el metal (aluminio) se usa para establecer los micro-circuitos que transforman conjunto de transistores en: compuertas lógicas; resistencias, y capacitores adecuados para las operaciones que a este nivel se ejecutanTM.

Es posible formar los óxidos, removerlos, difundir los elementos contaminantes (BORO) y depositar los conductores en dimensiones muy pequeñas. En principio la técnica es simple, es esencialmente una técnica fotográfica de superposición multiple en la que la "exposición" puede significar ya sea difusión, deposito, o remoción de sustancias sobre una matriz de silicio o "placa fotográfica". En la práctica la técnica es difícil ya que requiere, entre otras cosas, de instrumentos ópticos de muy alta definición que proyectan las distintas "mascasillas" que la configuración del

microcircuito requiere, sobre la matriz de silicio¹²⁸.

Finalmente, cuando se ve un chip a menor se puede comprobar que la parte de circuitos del chip están localizados solo en el centro: la mayor parte de la estructura es de soporte¹²⁸.

El silicio de que está constituido un chip es un cristal. Se usa una estructura cristalina como esta para hacer un chip porque se trata de un cristal no-conductor que puede transformarse en semiconductor de electrones cuando se contamina con un elemento pentavalente (As), y un semiconductor (de "Agujeros") cuando se le contamina con un elemento trivalente (B). El secreto es el de equilibrar las cuatro valencias del silicio por exceso de electrones, en el caso de arsénico, y por deficiencia en el caso del boro¹²⁸.

Zonas de depósitos de átomos de boro alternadas con zonas de depósito de arsénico, logran en un solo bloque, constituirse en "microtransistores". El conjunto de los patrones de conexiones interzonas (microcircuitos) determina el funcionamiento específico del chip¹²⁸.

El CPU completo está constituido además del microprocesador y las memorias residentes, por la "PIA", la "ACIA" y el RELOJ¹²⁸.

La PIA (*Peripheral Interface Adapter*) es un conjunto de registros integrados en un sólo chip que permite las

funciones de atención a las distintas máquinas periféricas y el control motor de las mismas (Unidades lectoras de Discos, Monitor)¹²⁸.

El ACIA (*Asynchronous Communications Interface Adapter*) podría equivaler al "área de Broca de la corteza cerebral" de la "Micro". Los mensajes que el MP produce son un conjunto sincrónico de impulsos que deben ser traducidos hacia afuera en forma secuencial (escritura), lo mismo en una impresora que en la pantalla del monitor¹²⁸.

A la manera de los relojes biológicos que sincronizan algunas funciones fisiológicas en tiempos largos, del orden de días, las microcomputadoras cuentan con un reloj que sincroniza el funcionamiento de sus componentes en tiempos de nanosegundos. Esto es una necesidad en una máquina secuencial, como lo es una computadora¹²⁸.

Las cuarenta patas del microprocesador se pueden clasificar por el tipo de información que conducen en: *BUS* de direcciones, *BUS* de datos, líneas de control, reloj y entrada de la fuente de poder^{24,128}.

El microprocesador es realmente una sola neurona polifacética, es decir, que su operación depende de sus entradas. Esto es explicable en vista de la "Filosofía" de trabajo en serie de la computadora. Ya que no se va a ejecutar más de una sola operación a

la vez, se puede hacer cada operación con una sola neurona no especializada que se especializa cuando se le ordena que así lo haga¹⁸.

Un programa de computadora es solamente la especialización en serie (instrucciones) es decir, el tipo de especialización que el micro-procesador debe adoptar secuencialmente para la solución de un problema¹⁹.

En su forma más simple, una computadora digital puede ser vista como una caja negra cuyo funcionamiento consiste en recibir una serie de insumos y después de un tratamiento realizado sobre éstos, emitirá resultados¹⁸.

Las funciones de la unidad central de proceso son análogas, en cierto sentido, a las de un cerebro. Esta se encarga de coordinar y organizar cada una de las funciones de las demás partes de la computadora¹⁸.

También se encarga de ejecutar cada una de las instrucciones que el usuario le proporciona.

Para tales acciones el CPU cuenta con dos elementos fundamentales:

- La Unidad de Control (UC).
- La Unidad de Aritmética y Lógica (UAL).

Unidad de Control (UC).

Sus funciones consisten en leer y escribir contenidos en sus celdillas de

la memoria; llevar y traer datos entre celdillas de memoria y celdillas especiales y, decodificar y ejecutar las instrucciones de un programa. El CPU a través de la Unidad de Control, ejecuta cuatro pasos a gran velocidad: lectura de memoria, decodificación, ejecución y ajuste del contador del programa (CP). Este último paso se refiere precisamente al hecho de "ir a la siguiente celdilla de memoria", lo cual se realiza mediante un apuntador que señala la instrucción en turno, este apuntador recibe el nombre de Contador de Programa (CP)¹⁸.

Para lograr un trabajo coordinado, la unidad de control cuenta con un "reloj" que indica en que momento se debe iniciar una operación. El "reloj" es un circuito que emite impulsos electrónicos a través de los cuales se sincroniza el funcionamiento de todos los circuitos electrónicos que integran a la computadora. La frecuencia del reloj de las computadoras determina su velocidad de operación, esta se mide generalmente en mega hertz (MHz) refiriéndose a millones de ciclos por segundo¹⁸.

Unidad de aritmética y Lógica (UAL).

Es la encargada de realizar todas las operaciones aritméticas y lógicas aplicables a los datos almacenados. Esta unidad puede realizar un número reducido de operaciones elementales a gran velocidad. Las operaciones que puede efectuar son¹⁸:

- Suma y resta de dos números.

- Multiplicación y división de dos números.
- Operaciones lógicas AND, OR y NOT.
- Comparación entre dos valores.

El CPU además cuenta con un conjunto de celdillas especiales, con las mismas características de las de la memoria, sólo que las utiliza tan frecuentemente que es necesario que no formen parte de la memoria. A estas celdillas especiales se les conoce con el nombre de Registros Especiales. El de mayor uso se le llama acumulador y es ahí donde se depositan temporalmente los resultados parciales y finales de las operaciones de la unidad aritmética y lógica¹⁴.

En el interior de la computadora, los circuitos integrados sólo son capaces de reconocer dos tipos de señales eléctricas: una alta y una baja (bit 1 y bit 0 respectivamente), así, todas las transacciones internas se realizan en código binario. Para representar una información (un número, una letra, etc.) son suficientes estos dos estados utilizando combinaciones de activo y no activo o 1 y 0. Bit es la contractura de las palabras inglesas *binary digit* (cifra binaria). Al conjunto de bits que el CPU puede atender simultáneamente y tratar como entidad única para representar un número, una letra o un símbolo, se le conoce con el nombre de "palabra de computadora" o *byte*^{15,26,77,81}.

Al lenguaje interno de la máquina compuesto por 0 y 1 se le ha denominado lenguaje de máquina⁸⁴.

Estos conceptos son importantes ya que se utilizan como unidades de medida en informática. La unidad más pequeña de información direccionable es el byte. 1024 bytes corresponden a un kilobyte (1 Kb) y 1048576 bytes corresponden a un megabyte (1 Mb)¹⁷.

Finalmente, resulta conveniente señalar algunos de los cuidados básicos que se deben tener con el equipo.

LA HIGIENE DE UNA "MICRO"

Una microcomputadora es un organismo poiquilotermo, esto es, no controla su temperatura. Por lo tanto, no se debe someter a temperaturas ambientales elevadas¹²⁶.

El peor enemigo de las microcomputadoras es el polvo: mantenga su atmosfera libre de este "agente infectivo"¹²⁶.

Cuidado con los ratones! les gusta el sonido, inaudible para nosotros, que hacen los chips¹²⁶.

Los chips se electrocutan muy facilmente con la electricidad estática de nuestras manos. Si se ha de tocar un chip, se debe descargar previamente tocando la armadura de la fuente de poder¹²⁶.

Si se toca directamente la superficie expuesta de los discos puede borrarse

la información de alguna pista. ¡Cuidado eso puede producir una amnesia permanente!TM.

Las computadoras, cuando no se usan, deben permanecer cubiertas del polvo con una funda de algún material que no genere estáticaTM.

Soporte Técnico:

Todos pasamos por una experiencia desastrosa con una computadora de vez en cuando, y las catástrofes ocurren en el momento menos oportuno.

CONCLUSION

Las computadoras se pueden clasificar de acuerdo a su capacidad en: Supercomputadoras, Macrocomputadoras, Minicomputadoras, Estaciones de Trabajo y Microcomputadoras Personales. A grandes pasos, los componentes de una computadora son: monitor o pantalla, teclado, Unidad Central de Proceso (CPU) y las unidades de lectura y escritura de discos. Los principales elementos del CPU son: la lámina madre, el procesador, la memoria RAM, la memoria ROM, la fuente de poder, los slots y el reloj.

CAPITULO III

USO DE LAS COMPUTADORAS EN LA OFICINA Y EL CONSULTORIO VETERINARIO

En este capítulo se presentan y analizan las aplicaciones más importantes de las microcomputadoras en la oficina y el consultorio veterinario.

Las primeras aplicaciones de las microcomputadoras en los consultorios veterinarios se enfocaron a las tareas que generalmente se realizan en una oficina^{12,26}. Así, se usaron para la generación de reportes, certificados, archivo de expedientes e historias clínicas, control de citas, recordatorios de consulta o de vacunación, inventario de farmacia, y algunas otras referidas a los cobros de servicios y cuestiones de contabilidad y administración^{17,22}. Estos aparatos se están empleando de forma intensiva para tratar de resolver el problema del constante incremento de papeleo que invade las oficinas de las granjas y los consultorios^{20,27}.

En realidad, actualmente resulta sencillo resolver todas esas cuestiones en la computadora ya que se cuenta con programas comerciales, llamados de uso general, que sirven para cualquier persona, son muy sencillos de usar y fáciles de conseguir. Estos programas han recibido el título de "Herramientas Básicas" o "Medios Emancipatorios" porque son los primeros en aprender a usarse y casi pueden resolver cualquier problema típico de las oficinas y el consultorio^{17,28}.

Para poder desarrollar esta introducción acerca del uso de las computadoras en las labores de la oficina y el consultorio veterinario, dividiremos a los programas de uso general dentro de los siguientes tipos^{17,27,29}:

1. Programas que ayudan en la elaboración de documentos médicos, como: recetas, reportes, certificados, recordatorios de citas, artículos de investigación, informes, resúmenes para congresos, tesis, libros, órdenes para exámenes de laboratorio y de gabinete, etc. Los programas que ayudan a esto generalmente reciben el nombre de "Procesadores de Palabras"^{17,131}.
2. Programas que auxilian en el manejo de archivos y expedientes, son conocidos como programas manejadores de bases de datos. Se han usado para crear directorios de pacientes, control de citas, elaboración de historias y archivos clínicos, directorio de servicios médicos, diccionario de medicamentos, hojas de progreso, agendas médicas, etc.^{17,28,131}
3. Programas que facilitan los cálculos numérico y de contabilidad, útil para la realización de: nóminas, inventarios, cálculo estadístico, administración de farmacia, etc. Aquí se encuentran la "Hojas Electrónicas de Cálculo" y los programas estadísticos. Generalmente asociados a éstos se encuentran los programas que permiten la graficación de valores^{17,28}.
4. Programas que ayudan en la elaboración de material de apoyo para pláticas, conferencias, sesiones y seminarios médicos¹³².

5. Programas que auxilian en el control administrativo y financiero. Facilitan el cálculo y control de: cuentas de pacientes, reportes fiscales, gastos de oficina, etc.¹¹

6. Programas para redes, correo electrónico y telecomunicaciones. Estos programas han venido cobrando interés en el ambiente médico ya que permiten mantener un dinámico intercambio de información entre especialistas o personal que tiene que interaccionar en la solución de un trabajo conjunto pero que tienen que estar separados físicamente. Además, estos programas permiten al veterinario aprovechar la información concentrada en los grandes bancos de información y hospitales, así como el acceso a mercados electrónicos y servicios bancarios^{17,40,47}.

Todas estas aplicaciones deben ser vistas como un conjunto completo de herramientas de productividad, resultado de satisfacer las necesidades de los veterinarios en su trabajo de oficina, laboratorio y consultorio médico⁴.

1. PROGRAMAS QUE AYUDAN EN LA GENERACION DE DOCUMENTOS MEDICOS.

Los programas procesadores de palabras son programas que permiten utilizar a la computadora como una máquina de escribir pero muy superior en sus funciones a las más modernas

máquinas eléctricas de escribir. La computadora permite arreglar el texto sin necesidad de teclearlo varias veces, además de aumentar considerablemente la velocidad de escritura. Lo que se escribe aparece en la pantalla pudiéndose guardar posteriormente en un disco de computadora, siendo posible recuperarlo cuantas veces se desee para imprimirlo, duplicarlo o modificarlo¹¹.

Los procesadores de palabras han sido la aplicación más prolífica de la computación personal, son los sistemas que ofrecen más opciones y niveles de refinamiento que ninguna otra categoría de "software". Destacan el desempeño elegante y la flexibilidad en el formato del texto, cada vez incorporan más características para la edición de texto, pudiendo incorporar gráficas en los escritos y la utilización de diferentes tipos, tamaños y formas de letras. Logrando textos de excelente calidad^{11,13}.

La principal ventaja es la obtención de documentos de una gran calidad tanto es su redacción como en su presentación, con un mínimo de esfuerzo y tiempo.

Otras de las ventajas sobresalientes de los procesadores de palabras es que permiten hacer un uso mucho más eficiente del tiempo de la secretaria ya que reduce considerablemente el trabajo repetitivo tales como: la corrección de documentos sin tener

que volver a teclearlo, la realización de cartas personalizadas, sustitución rápida de una palabra que se encuentra escrita varias veces en un documento, obtención inmediata de varias copias de un mismo documento, etc.¹¹

El aumento en la velocidad de escritura de las secretarías es un hecho muy importante. Grainger y Hover, en 1981, estimaron que una mecanógrafa con una velocidad de 50 palabras por minuto era capaz de aumentar hasta tres veces más el volumen total de escritos producido simplemente usando un procesador de palabras¹¹.

Otra de las ventajas es que la computadora puede tener un diccionario con la forma correcta de escribir las palabras que revise la ortografía y que la corrija en caso necesario. Existen programas actuales que permiten hacer una revisión sencilla de la sintaxis. Cabe aclarar que se puede usar diccionarios especializados en palabras medicas y de medicamentos para la revisión de los escritos médicos¹¹.

Los procesadores de palabras presentan la capacidad de buscar y hallar información dentro de un documento, ya sea una letra, una palabra, una oración o todo un párrafo¹¹.

Otra facilidad que permiten es utilizar partes o fragmentos de un documento para la creación de otro¹¹.

Los procesadores de palabras también han permitido reducir el espacio destinado a almacenar documentos terminando con los voluminosos archivos y con la gran cantidad de papeles que suelen saturar el espacio de los escritorios. La capacidad de almacenar los documentos en discos de computadora no sólo tiene la ventaja de reducir considerablemente el espacio destinados a los documentos sino que además aumenta la seguridad de la información. Esta seguridad se da en dos niveles; primero, se acaba la situación de la pérdida de expedientes, situación clásicas de las clínicas y granjas, ya que si varias personas necesitan, por ejemplo, el expediente de un paciente se pueden obtener todas las copias necesarias con gran facilidad permaneciendo el original en el disco, esta misma capacidad nos permite obtener copias de seguridad o resguardo por si se llegase a dañar el disco, siendo aún así mínimo el espacio ocupado, en comparación a las tradicionales formas de almacenar la información en las clínicas y granjas; segundo, al estar la información almacenada en medios magnéticos es imposible que personas no autorizadas tengan acceso a la información a menos de que utilicen una computadora y aún así, la información suele tener claves de entrada o códigos de acceso que protegen la información para que no sea revelada a personas no autorizadas^{11,12}.

Resulta evidente que la computadora con un simple procesador de palabras en una oficina o un consultorio permite además de la fácil creación y actualización de escritos, un ahorro en el tiempo y dinero, ya que permite la optimización del personal además de hacer la labor más agradable^{77,131}.

2. PROGRAMAS QUE AUXILIAN EN EL MANEJO DE ARCHIVOS Y EXPEDIENTES.

Los programas manejadores o administradores de bases de datos automatizadas permiten utilizar a la computadora como un archivero muy eficiente que ofrece muchas ventajas sobre los archiveros convencionales. Gracias a estos sistemas, la computadora es capaz de realizar alguna funciones que muchas veces sería imposible realizar los sistemas convencionales de almacenamiento de información. Una de las características más sobresalientes de las bases de datos automatizadas es la capacidad de búsqueda y recuperación, fácil y rápida, de información aunque el banco de información sea muy grande. Estos sistemas también facilitan la captura de información y su análisis, principalmente de tipo estadístico^{88,87,81}.

Debido a la importancia que han adquirido los sistemas de bases de datos en medicina veterinaria y zootecnia, en este apartado sólo se tratan los Sistemas de Bases de Datos para uso personal y su implementación en la oficina y el consultorio veterinario.

En un capítulo posterior se tratará el tema de las grandes bases de datos veterinarias.

En esencia, un sistema manejador de una base de datos automatizadas es un sistema que permite la manipulación fácil y rápida de la información contenida en un banco de información, generalmente residente en discos o en cualquier otro tipo de medio de almacenamiento de información para computadora^{88,87}.

Para poder comprender mejor la utilización de estos sistemas en la práctica veterinaria, es necesario que se revisen algunos conceptos importantes.

Tanto el zootecnista como el médico clínico normalmente utilizan diferentes tipos de información en su práctica diaria. En el caso del clínico, por ejemplo, por un lado requiere de la información referente a sus pacientes, reflejada en los expedientes médicos como: historias clínicas, hojas de progreso, resultados de laboratorio, etc. Maneja también información referentes a cuestiones administrativas tales como: adeudos por los servicios médicos, control de jaulas y pensión, costos de las pruebas de laboratorio, control de citas y agendas médicas, etc. Otro tipo de información que suele manejar es la referida a cuestiones bibliográficas sobre todo lo referente a artículos de actualización sobre diagnóstico y tratamiento de las enfermedades. Finalmente, una

información que tiene que consultar continuamente es la contenida en los diccionarios de especialidades farmacéuticas o diccionarios de medicamentos. La posibilidad de tener un rápido acceso a la información más actualizada, sobre todo si es de una manera fácil y rápida, es de gran beneficio para el clínico, traduciendo en un mejor servicio⁷⁷.

Considerese por el momento el caso del diccionario de medicamentos. Si se analiza por un momento, se podrá apreciar que se trata de un gran conjunto de información, que para facilitar su acceso se encuentra organizada: por un lado, los medicamentos se encuentran ordenados alfabéticamente por su nombre comercial, de tal forma que si no se recuerda la concentración del principio activo del medicamento, basta con que se busque por su nombre. Por otro lado, si lo que se desconoce es el nombre comercial del medicamento, pero se tiene el principio activo a utilizar, entonces el diccionario presenta un índice partiendo del principio químico permitiendo hallar los medicamentos que lo contienen. Finalmente, el diccionario también tiene un índice terapéutico de tal manera que permita hallar los medicamentos (con toda su información) más adecuados para las diversas patologías⁷⁸.

Cuando un conjunto de información, como el de los medicamentos, se encuentra organizada y relacionada,

recibe el nombre de "Banco de Información" o "Banco de Datos", y tiene la característica de facilitar el acceso a la información a través de diferentes caminos o vías⁷⁹.

Todo banco de datos se encuentra constituido de una información organizada y un soporte o medio físico que la contiene. Imagínese todas las historias clínicas de los pacientes de un consultorio, organizadas por número de expediente o por nombre del dueño, además se encuentran acomodadas "en orden" en un gran archivero. Así, se tiene, en este ejemplo, que el soporte físico del banco de información de historias clínicas del consultorio corresponde al archivero, mientras que la información (historias clínicas) se encuentra contenida en folders que facilitan la organización (estos folders corresponderán a lo que más tarde se llamará "Registros"). De igual manera en el diccionario de especialidades farmacéuticas el soporte físico corresponde al libro o a las hojas de papel⁸⁰.

Si se mira con atención, un banco de información contiene información que está estructurada u ordenada bajo un mismo patrón o forma. Es decir, todas las historias clínicas de los pacientes (en términos generales), tienen la misma estructura aunque distinto contenido: Datos del dueño, Nombre del Paciente, Reseña, Dirección, Teléfono, Antecedentes Patológicos, Antecedentes Familiares Patológicos, Examen Físico, Motivo de la Consulta,

etc. De igual forma, todos los medicamentos responden a la misma estructura de la información aunque también con distinto contenido: Nombre del medicamento, Registro de comercio, Indicaciones, Descripción, Posología, Efectos Secundarios, Presentación, Laboratorio, etc.⁴⁷⁻⁴⁹

Si el médico veterinario quiere tener acceso, rápido y fácil, a toda la información que rutinariamente maneja en su práctica, entonces tiene que utilizar una computadora con un Sistema Manejador de Bases de Datos⁵⁰.

Si se tuviera el diccionario de medicamentos dentro del computadora se podría usar un programa manejador de bases de datos que permitiera: 1) poder actualizar el diccionario simplemente añadiendo los nuevos medicamentos que aparecen en el mercado o quitando aquellos que ya están descontinuados, evitando así el error de prescribir medicamentos que ya no se producen ocasionando una visita imprevista del paciente, 2) localizar medicamentos que cumplan las características deseadas en un determinado momento, tales como: indicado contra X pero que no tenga la contraindicación Z, que sea del laboratorio W, que venga en solución inyectable y que sea el más barato; dame el nombre del medicamento y la dosis para adulto⁵¹.

En síntesis, las bases de datos automatizadas son un gran auxiliar ya

que ahorran mucho tiempo en búsquedas y permiten manejar una información actualizada y completa de una manera fácil. Estos sistemas han demostrado tener grandes beneficios económicos en la mayoría de las oficinas y consultorios que los han utilizado⁵²⁻⁵⁴.

A este tipo de programas se le han hallado muchas más aplicaciones que el procesador de palabras y de hecho, son los que probablemente más se utilicen en las oficinas y consultorios médicos, resultan indispensables en los sistemas para: hospitales, escuelas, consultorios, granjas y laboratorios.

El conocimiento rápido de lo que esta sucediendo en la escuela, el consultorio, la granja o el laboratorio, facilita las labores de administración y planeación. Ya que, gracias a los Sistemas de Bases de Datos, se puede analizar fácilmente la información almacenada por ejemplo de los registros de producción. Información que permite un mejor aprovechamiento de los recursos y ayuda a detectar las necesidades futuras⁵⁵⁻⁵⁷.

Al quitar el personal de las tareas tediosas y repetitivas este puede ser encausado a actividades más creativas y agradables beneficiando con esto también al personal.

Todo esto se traduce en mayores beneficios económicos y de tiempo a favor del médico y su personal.

Ya que uno de los usos más frecuentes que se les dan a las bases de datos automatizadas es el control de citas y el reporte de actividades diarias por persona (agenda), esto facilita una mayor organización de las actividades del consultorio, la granja o el laboratorio.

Otras ventajas reconocidas son la reducción del espacio destinado a la información, acabándose los grandes archivos repletos de papeles, así como una mayor seguridad de la información, considerando los mismos aspectos mencionados en los procesadores de palabras.

3. PROGRAMAS QUE FACILITAN LA REALIZACIÓN DE CÁLCULOS NUMÉRICOS.

Así como los procesadores de palabras y los sistemas de bases de datos fueron creados para resolver algunas de las tareas más tediosas de las oficinas, también se crearon las "Hojas Electrónicas de Cálculo" que recuerden aquellas grandes hojas verdes u hojas de anotaciones universalmente utilizadas por los contadores, analistas, gestores, planificadores y administradores, en las que organizaban su información en filas y columnas en donde iban poniendo los ingresos y los egresos, el costo y la cantidad de cada producto, y que finalmente sumaban grandes hileras de números, sacaban promedios, veían cuantos productos había de cada uno, etc. Estas grandes

hojas aportan información muy valiosa para la planeación y evaluación de las empresas, por lo cual tenían que estar continuamente actualizando.

Las Hojas Electrónicas de Cálculo convierten a la computadora en una de estas grandes hojas verdes para contadores, pero con la ventaja de que simplemente se le tiene que indicar a la computadora cuales son los datos y que operaciones debe realizar con ellos, de tal manera que cuando se cambia uno o más datos automáticamente la computadora produce una nueva hoja totalmente actualizada, en un tiempo muy corto (fracciones de segundo).

De igual manera que los programas anteriores, las Hojas Electrónicas de Cálculo son muy fáciles de utilizar lo cual ha ocasionado que cada vez sean más los médicos que las utilicen tanto en los consultorios para llevar los estados de contabilidad, como en las granjas y laboratorios, para el manejo de las nóminas de personal, inventarios de material, animales y alimento; control de presupuestos, investigación clínica y epidemiológica, evaluación de proyectos de investigación, etc.

Las Hojas Electrónicas de Cálculo permiten resolver con gran facilidad todas aquellas tareas que normalmente se resuelven con un papel, un lápiz y una calculadora.

La principal característica de las Hojas Electrónicas de Cálculo, es que permiten poner los datos en forma de una matriz (matemática) es decir arreglándolos en columnas y filas, a cada dato o a cada conjunto de datos (filas o columnas) se le puede asociar una etiqueta que permita saber a que corresponden esos datos.

A la confluencia o intersacción de una fila con una columna, se le conoce como "CELDA" y corresponde al concepto de una cajita donde se va a guardar un dato numérico, una etiqueta (es decir, una palabra) o una fórmula.

Comunmente las filas se designan con un número, mientras que las columnas son designadas con letras, así, siguiendo la imagen de las coordenadas cartesianas, cada celda o cajita tiene una dirección que corresponde al nombre de la columna y fila donde esta localizado.

Después de introducir los datos de una manera ordenada que permita una fácil visión, en la celda donde se desea que aparezcan los resultados de los cálculos, simplemente se escribe la fórmula u operación deseada y las celdas o rango de celdas que debieran de ser consideradas para el cálculo. De esta manera automáticamente aparecerá el resultado, si se varía en este momento algunos de los datos iniciales también variará el resultado del cálculo inmediatamente, ya que en realidad lo que guarda es la fórmula y

no un número y lo esta recalculando continuamente.

Generalmente las Hojas Electrónicas de Cálculo presentan, ya sea en la parte superior o inferior de la pantalla, una serie de indicaciones a manera de menú que facilitan el manejo del programa.

De la misma manera en que se acomodaron los datos en la pantalla de la computadora, pueden salir impresos, dando la posibilidad de presentar reportes con una gran claridad, que se pueden actualizar facilmente.

Son muchas las ventajas que ofrecen estos sistemas; facilita la estructuración de datos para cálculos numéricos, permite actualizarse sin necesidad de volver a teclear toda la información, permite buscar facilmente información en un conjunto grande de datos, facilita la generación de reportes, así como la planeación al poder apreciar el influjo de un dato sobre todos los demás datos relacionados con este, lo que puede llevar incluso a la simulación de situaciones de la granja en la planeación de alternativas financieras y económicas, facilita la realización de cálculos estadísticos, debido a que la mayoría de las Hojas Electrónicas de Cálculo, tienen asociado otro programa que permite la graficación de los datos, permiten la visualización en forma gráfica del conjunto de datos, etc.

4. PROGRAMAS PARA APOYO DE SESIONES Y SEMINARIOS ACADEMICOS.

Una actividad importante del médico veterinario, consiste en la presentación de pláticas, conferencias, cursos y seminarios científicos en escuelas y reuniones especializadas. Existe un grupo de programas que permiten usar la computadora con una herramienta para diseñar gráficas, textos, cartas, esquemas, tablas, figuras, etc., permitiendo resumir e ilustrar gran cantidad de información en una forma clara y con un grado de calidad similar a un dibujante profesional. Esta información puede ser utilizada para la realización de diapositivas, acetados, o presentaciones a través de la pantalla de la computadora¹⁵³.

5. PAQUETES ADMINISTRATIVOS.

Una de las aplicaciones más evidentes de la computación en veterinaria son los paquetes administrativos. Estos programas permiten llevar la contabilidad y la administración en general, permiten llevar el libro mayor, cuentas por cobrar, cuentas a pagar, inventarios, informes para el gobierno, liquidaciones de impuestos, funciones de compra, vigilar el flujo de caja, registrar y facturar, elaborar informes en general y balances, etc. Existen una gran cantidad de paquetes especialmente diseñados para veterinarios, que permiten realizar rápidamente un análisis financiero del

estado de la granja, la oficina, el consultorio y el laboratorio^{17,172}.

6. REDES, CORREO ELECTRONICO Y TELECOMUNICACIONES.

El término "Correo Electrónico" generalmente se presenta ligado a las promesas de productividad. En realidad, el correo electrónico no es un invento nuevo ni reciente, ni mucho menos pertenece al futuro. Algunos sistemas de correo electrónico tienen ya más de quince años de operación con una gran cantidad de usuarios⁴⁶.

El software paratelecomunicaciones está siendo cada vez más popular entre los veterinarios. Gracias a que la computadora puede comunicarse por vía telefónica e intercambiar información, o simplemente poner anuncios abiertos como si se tratara de un pizarrón para anuncios. Gracias a esta tecnología grupos de especialistas veterinarios pueden intercambiar comentarios y experiencias continuamente pese a estar distantes uno de otros^{17,23,173}.

En algunas ocasiones una microcomputadora puede ser insuficiente para resolver un problema o cubrir una necesidad, una solución a estos problemas ha sido la interconexión de varias microcomputadoras formando una red de trabajo local (*local area networks*). De esta manera, varios usuarios pueden estar consultando simultáneamente para la solución de un problema

teniendo acceso a archivos comunes e intercambiando de información". La ventaja de la red es su eficacia. Las tareas menores pueden dejarse a cargo de las máquinas pequeñas incluidas en la red, reservando los grandes sistemas de trabajo para tareas de mayor envergadura. Puede ocurrir también que cada una de las máquinas conectadas a la red se especialice en una función".

CONCLUSIONES.

El desarrollo de la informática moderna pone a disposición del médico veterinario una gran cantidad de recursos que facilitan las pequeñas, y a veces tediosas labores que normalmente desempeña en un consultorio u oficinas. Los programas o sistemas que facilitan el trabajo de escritorio han recibido el nombre de medios emancipatorios y se pueden clasificar en:

a) Programas que ayudan en la elaboración de documentos médicos.

b) Programas que auxilian en el manejo de archivos y expedientes médicos.

c) Programas que facilitan los cálculos numéricos y de contabilidad.

d) Programas que ayudan en la elaboración de materiales de apoyo para pláticas y conferencias (presentaciones).

e) Programas que facilitan el control administrativo y financiero.

f) Programas que permiten las telecomunicaciones.

Este conjunto de sistemas y programas liberan al veterinario de una gran cantidad de trabajo tedioso y pesado, permitiéndole optimizar su tiempo y recursos. Debido a esto, este nivel de usuario de la microinformática es el primero que se debe enseñar o aprender.

CAPITULO IV

DESARROLLO DE SISTEMAS DE INFORMATICA APLICADOS A LOS HOSPITALES VETERINARIOS

En este capítulo se introduce al concepto de SISTEMAS, lo que permite comprender lo que son los Sistemas de Información Veterinarios, en general. Para lograr lo primero, se analizará uno de los ejemplos más interesantes existentes en el medio: los Sistemas de Información Hospitalarios (HIS).

En el capítulo anterior se vió el aprovechamiento de la microinformática a nivel personal como auxiliar en la realización de algunas tareas cotidianas. En este capítulo se presenta el aprovechamiento de la Informática, no en la solución de problemas pequeños y cotidianos, sino enfrentándose a problemas complejos como el manejo global de un hospital, de una granja, de un consultorio o de una escuela de Veterinaria, por ejemplo. Para lograrlo, será necesario que se revisen algunos conceptos.

La Informática Veterinaria, como señala el Dr. Farber, evolucionó paralelo al desarrollo de nuevas técnicas y prácticas de la administración²¹. La situación actual obliga a que tanto las granjas como los consultorios veterinarios sean vistos como negocios modernos a los que la dinámica de los mercados los obliga a tener las mejores habilidades de los administradores, para identificar y solucionar adecuadamente los problemas²⁰.

Los Médicos Veterinarios tienen un papel importante en la administración de la producción, durante los últimos 10 años han habido grandes cambios en las técnicas de producción animal. Tradicionalmente, los servicios del médico veterinario se habían limitado a atender a los animales enfermos y otras tareas rutinarias como: castración, pruebas de tuberculosis, vacunación, etc. Sin embargo, ahora el médico veterinario se ha convertido en una parte fundamental del equipo de

producción y administración²¹. Es función del médico veterinario el diseñar, vigilar y administrar tanto los sistemas de producción animal como los sistemas de salud animal. Sin embargo, tanto el Dr. Farber como el Dr. Muirhead, señalan que se hace necesaria una mayor educación en los veterinarios en el área de la administración²¹.

En esencia, solucionar adecuadamente los problemas de la empresa pecuaria, de un consultorio o de una escuela de veterinaria, constituye un reto a la capacidad de los médicos veterinarios como administradores²⁰. Así, en algunos momentos, el Médico Veterinario debe ser concebido más bien como un ingeniero de sistemas: en el caso de las granjas sería un sistema de producción animal, en el de la clínica, el hospital, el consultorio o el laboratorio, sería un sistema de salud animal, y en las escuelas y facultades de veterinaria, un sistema de educación veterinaria; sin olvidar los sistemas de salud pública y medicina preventiva, etc.

Un medio para hacer frente a este reto es utilizar el "Enfoque de Sistemas" para analizar el problema y lograr una adecuada toma de decisiones²⁰.

Para comprender el Enfoque de Sistemas y su importancia, es necesario remontarse un poco en la historia: un acontecimiento interesante tuvo lugar durante la Segunda Guerra Mundial, cuando el almirantazgo

Británico pidió a equipos de hombres de ciencias que consideraran algunos de los problemas apremiantes a que se estaban enfrentando durante los primeros bombardeos de los nazis. Lo interesante de esta historia es que, al parecer, los hombres de ciencia hacían preguntas "tontas"; por ejemplo, los británicos habían tenido mucha dificultad para vencer a los submarinos alemanes en el canal de La Mancha; los científicos, después de hacer algunos cálculos, notaron que las descargas dejadas caer por los aviones estallaban cuando menos a 35 pies de profundidad, y hacían la siguiente pregunta "tonta": ¿Porqué no tratar de fijar las descargas de tal manera que estallen a una menor profundidad? los científicos señalaron algunas de las debilidades de las suposiciones que hacían los militares respecto a la manera como se aproximaba la aeronave a su objetivo. Se llevaron a cabo algunos experimentos y consecuentemente el número de submarinos destruidos aumentó considerablemente, como resultado de fijar las descargas a una menor profundidad²⁰.

La historia es ilustrativa del tema ya que cuando se están considerando sistemas, siempre resultará conveniente considerar la validez de las suposiciones más evidentes y sencillas²¹.

La idea es que la mentalidad serena, pero a su vez clara, del científico,

puede ayudar en la toma de decisiones²⁰.

El éxito de los equipos científicos en lo militar durante la Segunda Guerra Mundial, fue sobresaliente como consecuencia de ello, al concluir la guerra, imperó la corriente de aplicar el mismo tipo de razonamiento, que en esa época se le llamaba "Investigación de Operaciones", a los diversos problemas no bélicos y, en particular, a la Industria. En un principio, los problemas considerados eran pequeños. Los científicos estudiaban problemas de producción, así como los problemas menores de mercadotecnia y finanzas. Pero afortunadamente apareció la computadora, que vino a ser de gran ayuda al científico. En un principio la propia computadora se utilizó en un papel relativamente insignificante, por ejemplo, en las tareas de teneduría de libros. Entonces, las personas se percataron de la capacidad de la computadora -en los años 50- que sugería la posibilidad de ser utilizada como un medio para procesar gran cantidad de información²⁰.

A medida que la perspectiva del científico se amplió, empezó a considerar su enfoque como "Enfoque de Sistemas". Observó que lo que realmente le interesaba era caracterizar la naturaleza del sistema de tal manera que la toma de decisiones ocurriera de manera lógica y coherente, y que no se presentara ninguna de las falacias comúnmente

encontradas en razonamientos más estrechos. Además, utilizando su razonamiento científico, esperaba estar capacitado para desarrollar medios que proporcionarían la mejor información posible acerca de la actuación del sistema³⁰.

Su método consiste en definir cuidadosamente de qué está hablando. Aún cuando la palabra Sistema ha sido definida de muchas maneras, todos los que definen el término "SISTEMA" están de acuerdo en que se trata de un conjunto de partes coordinadas para lograr un conjunto de metas³⁰.

Para poder hacer esta definición más precisa y también más útil, debemos aclarar qué se quiere dar a entender por "PARTES" y su coordinación. Específicamente, la meta del administrador científico es explicar en detalle qué es el sistema integral, el medio ambiente en el cual se desenvuelve, su objetivo y cómo esta apoyado por las actividades de las partes³⁰.

Para desarrollar este razonamiento un poco más, se especifican una serie de pasos del razonamiento, de la misma manera como un manual de retórica o lógica intenta hacerlo. El lector deberá tener en mente, sin embargo, que estos pasos por ningún motivo se deben tomar en secuencia. Más bien, a medida que se avanza al pensar en el Sistema, muy probablemente será necesario volver a

examinar los razonamientos que se hayan tenido en pasos previos. La lógica es esencialmente de verificación y de comprobación del razonamiento hecho³⁰.

Con esto en mente, se pueden presentar cinco consideraciones básicas que el científico toma en cuenta cuando razona acerca del significado de un sistema³⁰:

1. Los objetivos del Sistema considerado como un todo y más específicamente las medidas de actuación del Sistema Completo.
2. El medio ambiente del Sistema: las restricciones fijas.
3. Los recursos del Sistema.
4. Los componentes del Sistema, sus actividades, metas y medidas de actuación.
5. La administración del Sistema.

Un modo lógico para comenzar es definir los objetivos del sistema total, debido a que se pueden cometer muchos errores en razonamientos posteriores sobre el sistema, cuando se ignoran los verdaderos objetivos del todo³⁰.

Por supuesto no es cosa fácil determinar los verdaderos objetivos de un sistema. Para poder aclarar el tema, el científico necesita cambiar de la declaración vaga de los objetivos a alguna medida precisa y específica de actuación del sistema general. La medida de actuación de un sistema es

un marcador, por decirlo así, que diga qué tan bien opera un sistema. Entre más elevada sea la anotación, mejor será la actuación³⁰. En la determinación de la medida de actuación, el científico tratará de encontrar tantas consecuencias relevantes como pueda de las actividades del sistema. Se admite que es posible que se cometan errores y se tenga que modificar la opinión a la luz de mayor evidencia. Pero la persistencia y cuidado, así como la intención de ser lo más objetivo posible, permiten minimizar los errores³⁰.

El siguiente aspecto del sistema que se debe considerar es el medio ambiente. El Medio Ambiente del Sistema es lo que está "fuera" del sistema. Esto tampoco es cosa fácil de determinar³⁰.

Cuando se dice que algo está "fuera" del sistema, se quiere decir que el sistema no puede hacer nada respecto a sus características o su comportamiento: El medio ambiente integra las cosas y personas que son "constantes" o dadas desde el punto de vista de sistemas³¹.

El medio ambiente no es tan sólo algo que está fuera del control del sistema, sino es algo que determina cómo opera el sistema³⁰.

Uno de los aspectos más importantes en el ambiente del sistema es el "programa de requerimientos"³⁰.

Para saber si algo pertenece al medio ambiente de un sistema debe preguntarse si se puede hacer algo acerca de ello y si influye en los objetivos. Si la respuesta a la primera pregunta es NO y SI a la segunda, entonces pertenece al medio ambiente³⁰.

El administrador científico normalmente es una persona muy cuidadosa y sabe cuán difícil es determinar el ambiente del sistema y que el problema necesita revisarse sistemática y automáticamente³⁰.

Ahora considere los recursos del sistema. Estos se encuentran dentro del sistema; son los medios que utiliza el sistema para hacer sus trabajos. Típicamente, cuando se considera la medición de recursos se hace en términos de dinero, horas-hombre y equipo. Los recursos, al contrario del ambiente, son las cosas que el sistema puede cambiar y utilizar para su propio provecho³⁰.

Así como es difícil pensar adecuadamente acerca del ambiente del sistema, también resulta difícil hacerlo acerca de sus verdaderos recursos³⁰.

Para el administrador científico, el enfoque de sistemas implica la construcción de un "Sistema de Información para la Administración", que habrá de registrar la información relevante para la toma de decisiones y específicamente habrá de señalar la

mejor información sobre el uso de los recursos, incluyendo las oportunidades desperdiciadas²⁰.

Existe otro aspecto en la determinación de recursos, que es bastante importante en esta época de desarrollo tecnológico: es importante que se ponga especial atención a los avances tecnológicos que puedan ayudar a aumentar considerablemente los recursos. Por ejemplo, la computadora conduce a un aumento "gratuito" de los recursos. Al observar y pensar acerca de un sistema, el administrador científico pone atención no sólo a los recursos existentes, sino también a la forma en que éstos pueden aumentarse, o sea, de la manera en que los recursos de sistemas pueden ser utilizados para crear mejores recursos en el futuro, por medio de investigaciones y desarrollo en el caso de cierto tipo de equipo, o bien, mediante el entrenamiento y educación del personal o mediante diferentes clases de actividades políticas que habrán de incrementar el presupuesto y el potencial de inversión. En realidad, para muchos sistemas, un componente que se refiera al incremento de los recursos, puede ser el mejor componente del sistema²⁰.

Los recursos son el depósito general fuera del cual los actos específicos del sistema pueden moldearse. Los actos específicos son tomados por los componentes o partes del sistema. Los componentes se refieren al cuarto elemento en la lista de "razonamiento".

Aquí, de nuevo dice el científico, la razón puede ser oscurecida por la tradición. Las organizaciones frecuentemente se dividen en departamentos, divisiones, oficinas y grupos de personas, pero un exámen cuidadoso generalmente muestra que éstos no son los verdaderos componentes del sistema, aún cuando lleven símbolos que indican que sí lo son²⁰.

Es por esta razón que al pensar acerca de sistemas, el administrador científico ignora las líneas tradicionales de división y considera en cambio las "misiones", "tareas" o "actividades" básicas, todos estos nombres dados para describir el mismo tipo de razonamiento; concretamente, el desglose racional de las tareas que el sistema deba realizar²⁰.

Suele haber mucha resistencia al punto de vista de orientación de los "componentes" de un sistema²⁰. Sin embargo, la propuesta de que haya una clara separación de funciones puede conducir a identificar otro tipo de funciones, no consideradas, en las que diversas medidas de actuación pueden ser generadas dando una mejor visión del funcionamiento del sistema en general²⁰.

La única razón de separar el sistema en componentes es para proporcionar al analista el tipo de información que necesita para poder decidir si el sistema está operando adecuadamente y lo que se debe hacer a continuación²⁰.

La meta última del razonamiento en conjunto es descubrir aquellos componentes (misiones) cuyas medidas de actuación están verdaderamente relacionadas con la medida de actuación del sistema en general. Un deseo obvio es que al aumentar la medida de actuación de un componente (suponiendo todas las demás cosas consistentes), igualmente deberá aumentar la medida de actuación del sistema total. De lo contrario, el componente no está contribuyendo verdaderamente a la actuación del sistema³⁰.

Estas consideraciones llevan al último aspecto del sistema, o sea a la administración. La administración de un sistema tiene que referirse a la generación de los planes para el sistema, o sea, a la consideración de todas las cosas que se han discutido, las metas generales, el medio ambiente, la utilización de recursos y los componentes. La administración establece las metas de los componentes, asigna los recursos y controla la actuación del sistema³⁰.

No sólo la administración de sistemas genera los planes del sistema, sino que además debe garantizar que los planes se lleven a cabo de acuerdo con las ideas originales. Si no fuera así, la administración deberá encontrar el motivo. A esta actividad frecuentemente se le llama "control". El control no significa solamente comprobar que los planes se están llevando de modo correcto, también implica una

evaluación de los planes y en consecuencia un cambio de los mismos cuando esto convenga. Por lo tanto, la parte administrativa debe recibir información que le diga cuándo deberá incluir los pasos que prevean un cambio³⁰.

SISTEMAS DE INFORMATICA VETERINARIOS

La importancia de los Sistemas de Informática Veterinarios radica en que la utilización de sistemas automatizados permiten el manejo eficiente de la información generada en los Sistemas Veterinarios.

Estos sistemas han cobrado gran importancia en los últimos años debido a que permiten optimizar los recursos con los que cuentan los sistemas veterinarios.

Esta optimización se traduce en una reducción en el tiempo requerido para atender a un cliente, un paciente, un alumno o un trabajador, dado que entre otras cosas se facilitan los tramites administrativo-burocrático.

Estos sistemas permiten, además, el que el diagnóstico y las decisiones médicas, así como las decisiones económicas y administrativas sean más "precisas". No menos importante es el abatir los costos de los tratamientos y del manejo de las

granjas e instituciones, buscando las alternativas más económicas o favoreciendo, por ejemplo, el que los recursos con que cuenta el sistema médico sean aprovechados al máximo.

El manejo eficiente de la información favorece una mejor planeación de los sistemas médicos y administrativos, facilita el análisis de los datos de las investigaciones médicas o del estado productivo de una granja, permite la evaluación de las campañas de salud y puede utilizarse para el entrenamiento de futuros veterinarios.

Para poder exponer, de manera didáctica, lo que son los Sistemas de Informática Médica, las partes que lo integran, así como en los problemas a que se enfrentan, se analizará del proyecto "DIOGENES" generado en la Universidad de Medicina de Ginebra, Suiza, que se considera como el prototipo de los Sistemas de Información Hospitalaria (HIS) europeos. Pero antes será necesario ver, de manera breve, las características de los Sistemas Médicos enfocandonos principalmente al flujo de información y de control que sucede de manera natural dentro de cualquier Sistema, para aspirar a señalar claramente los sitios donde intervienen los sistemas computarizados.

SISTEMAS MEDICOS

Un Sistema Médico se refiere a un conjunto de elementos ordenadamente

relacionados entre sí que contribuyen a prevenir, restablecer y mantener el estado de salud de una población. Partiendo de esto, un Sistema Veterinario puede considerarse como un conjunto de elementos ordenadamente relacionados entre sí que contribuyen a prevenir, restablecer y mantener el estado de salud de una población animal, así como el estado productivo de esta.

Estos sistemas pueden cumplir con funciones generales o especializarse en alguna función. Así, un hospital, un Sistema Nacional de Salud, un consultorio particular, una unidad especializada en algún tipo de tratamiento o en algún grupo de enfermos, una escuela de medicina, etcétera, pueden considerarse cada uno de ellos como un Sistema Médico. Cuando estos son relacionados con la medicina veterinaria se habla de Sistemas Veterinarios, ejemplo de estos serían una escuela de veterinaria o un departamento de esta, una granja, un consultorio, el laboratorio de diagnóstico, etc.

Para facilitar la comprensión de un Sistema Médico, se tomará como ejemplo un típico Sistema Hospitalario.

Lo primero que debe entenderse es que un Sistema Médico se encuentra integrado por varios subsistemas, cada uno de los cuales es un conjunto de elementos que cumplen con una función determinada. Estos subsistemas son básicamente:

1) El paciente o persona que demanda servicio al Sistema.

2) Los médicos, enfermeras y paramédicos que tienen que producir las decisiones, así como el ejecutar las acciones.

3) El Sistema Médico, como Institución, que va a mediar la relación entre el paciente y el personal médico, y que en realidad representa a otros subsistemas que trabajan muy íntimamente relacionados. Estos subsistemas son el subsistema administrativo, el subsistema de laboratorio clínico, el subsistema de cuidado y atención médica, y el de Medicina Preventiva.

Ejemplo: una persona (paciente, estudiante, comerciante, cliente, etc.), que puede ser llamado "SUBSISTEMA PACIENTE", recurre al Sistema Médico (consultorio, hospital, escuela, laboratorio, etc.), llamado "SUBSISTEMA MEDICO", quien lo atenderá y encausará hacia alguno de sus médicos, enfermeras o paramédicos, referidos como "SUBSISTEMA MEDICOS - ENFERMERAS - PARAMEDICOS" o "SUBSISTEMA M.E.P.M". Estos finalmente decidirán que acción debe realizarse para satisfacer la demanda de atención hecha por el Subsistema Paciente.

Cada uno de estos subsistemas ejerce un control recíproco hacia los demás subsistemas formando un gran complejo que deberá ser tomado muy en cuenta cuando se piense introducir

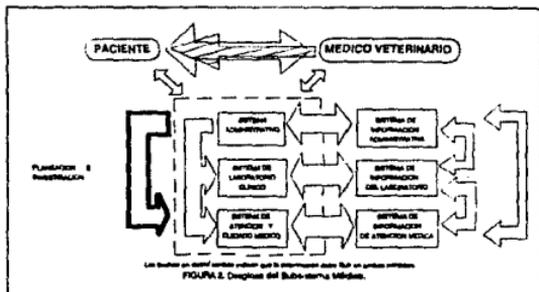
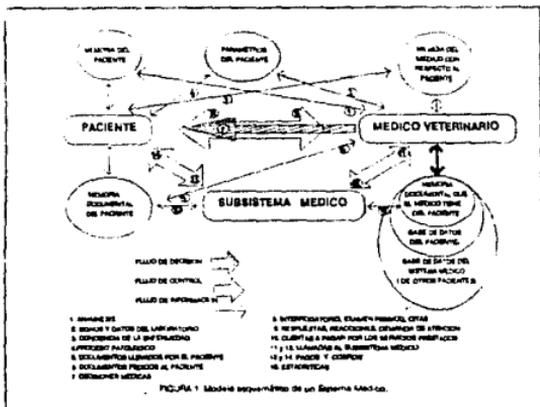
un sistema computarizado, ya que este formará "los puentes" de dichas interrelaciones, permitiendo que toda la información circule completa y coherentemente en menor tiempo.

A continuación se presenta un modelo conceptual que integra todos los eventos que ocurren en un sistema médico real.

MODELO CONCEPTUAL DE UN SISTEMA MEDICO

Son tres las partes fundamentales de cualquier sistema médico: los pacientes, el personal médico y la institución o centro de trabajo. En el caso de una escuela de Medicina corresponderían a los alumnos, el personal académico y la Institución; en el caso de una granja a los animales, los médicos y empleados, y la granja o Centro de Producción. Cada una de estas partes o subsistemas cumple con funciones bien determinadas. Para apreciar mejor esto, observese el esquema presentado en la figura que corresponde a un típico Sistema Médico Hospitalario.

En el esquema se utilizan rectángulos para representar a los subsistemas que, en términos de informática, pueden ser considerados como procesadores de información, ya que son capaces de dar y recibir datos (Flujo de Información). Pero también pueden ser considerados como



procedimientos, ya que un subsistema es capaz de llamar a otro subsistema (Flujo de Control).

Otra estructura importante dentro del esquema son las figuras circulares, representan los recipientes de información (archivos) o bancos de memoria. Estas estructuras son muy importantes ya que almacenan la información que necesitan o producen los distintos subsistemas.

En términos generales a estas últimas estructuras se les llama simplemente "memorias".

Las memorias que se han considerado son:

a) La memoria de paciente, la cual se refiere a la memoria mental o cerebral del paciente en la que se encuentra los recuerdos de su problema de salud. En el caso de veterinaria se refiere a la memoria o recuerdos que el dueño tiene referente a la enfermedad del paciente.

b) La memoria parámetros del paciente, ya que el paciente contiene información dentro de sí mismo aunque él mismo no este conciente de ello, y que al explorarlo se puede conocer.

c) La memoria documental del paciente, la cual se refiere a los documentos que trae el paciente consigo y que pueden ser resultado de estudios realizados por el laboratorio

clínico, radiografías, fichas de consulta, carnet de vacunación, etc.

d) La memoria del médico con respecto al paciente, en la cual se engloban los recuerdos que el médico tiene del paciente que esta tratando.

e) La memoria documental que el médico y la institución tienen del paciente, en la que se abarca principalmente los expedientes, registros, cuentas pendientes, etc.

Cada una de estas memorias juega un rol importante en el flujo de la información ya que cuando un subsistema requiere de alguna información para poder trabajar, llamará a la memoria correspondiente para demandar esa información.

Es prudente hacer la diferenciación entre la memoria del paciente, la cual se refiere a su memoria física o psíquica (donde se hayan los recuerdos que el paciente tiene de su enfermedad), de la memoria parámetros del paciente en la que, en sentido figurado, se encuentran ciertos parámetros que el médico puede interrogar o conocer, ya que se encuentran contenidos dentro del paciente aunque no este conciente de ellos.

Los parámetros se pueden inferir de muchas maneras (directas o indirectas) con base en la signología clínica o mediante los aparatos especialmente diseñados para ello.

Conceptualmente, la idea es que el paciente tiene un conjunto de información, como si fuera un banco de datos, que se puede interrogar.

El paciente, como subsistema, es un generador de parámetros. En el diagrama, el número 4 representa el efecto que el paciente tiene sobre sus propios parámetros y, el número 3 significa la conciencia que tiene de ellos o, por lo menos de algunos.

Con la exploración física, el médico puede conocer los parámetros del paciente, lo cual se ha representado con el número 2.

Por otra parte el subsistema M-E-PM tiene su propia memoria con respecto al paciente, y ahí se almacenan los datos de interés médico generados por el paciente.

En la memoria documental del paciente es donde se almacena información tal como los resultados de los exámenes de laboratorio, las radiografías, etc. Es frecuente que el paciente aporte al médico datos adicionales como: fecha de los documentos, condiciones en que fueron tomados, institución que los realizó, etcétera.

Por otro lado existe la memoria documental que el sistema médico tiene del paciente. Esta memoria, que quizá sea la más importante, es la que está siendo llenada en forma de historias clínicas, notas tomadas

durante el interrogatorio, interpretaciones de los resultados de laboratorio, también se puede incluir los diagnósticos, los tratamientos y los resultados obtenidos, por ejemplo.

Esta última memoria documental que el sistema tiene del paciente, se almacena dentro de otra memoria mucho más grande llamada "Base de Datos del Paciente" en donde se encuentran contenidos todos los documentos generados en consultas anteriores.

Finalmente, la "base de datos del paciente" se encuentra dentro de otra memoria todavía mayor llamada "Base de Datos de todo el Sistema Médico". En ésta se encuentra la información de todos los pacientes atendidos por el Sistema Médico.

Otra estructura importante dentro del esquema son las flechas, las cuales representan las acciones entre los distintos elementos del sistema.

La flecha achurada (sombreada), significa un flujo de decisiones. De esta manera, por ejemplo, del subsistema M-E-PM surge un conjunto de numerosas decisiones que van a afectar al paciente: quirúrgicas, terapéuticas, etc. De hecho, en última instancia el paciente es un individuo que debe ser afectado por el subsistema M-E-PM, ya que para ello es que recurre al Sistema de Salud.

No es el único flujo de decisiones que ocurre en un sistema médico, pero es el único que se considera debido a su importancia. En el esquema esta acción se marcó con el número 7 y, en síntesis se refiere a las decisiones médicas que afectan al paciente.

Es conveniente mencionar que las decisiones médicas tienen las características de ser frecuentemente realizadas bajo incertidumbre, la de ser continuas o discontinuas, y en ocasiones la de seguir algún criterio de costo/efectividad.

Aclarando un poco este último aspecto. Se puede decir que contrariamente a la mayoría de las otras ciencias, las decisiones en el campo médico son, frecuentemente, hechas sobre bases insuficientes es decir, sobre bases incompletas. Esto es lo que se llama "bajo incertidumbre".

Es a tal extremo importante tomar en cuenta la presencia de la incertidumbre, que los modernos sistemas de diagnóstico automatizado utilizan un tipo de matemáticas especialmente diseñadas para el objeto, estas se denominan genéricamente "las matemáticas de la incertidumbre".

Las decisiones médicas pueden ocurrir de muy distintas maneras. Pueden ocurrir de una manera discontinua (cuando las decisiones son hechas en cada consulta por ejemplo, que el paciente tome un diferente medicamento). Pueden ocurrir de una

manera continua como en el caso de un paciente en terapia intensiva, en estas las decisiones son segundo a segundo o minuto o minuto (prácticamente continuas). Los aparatos automáticos que "monitorean" los parámetros y variables de un paciente, son sistemas que permiten decisiones continuas ya que están "observando" en todo instante cuales son los "parámetros" del enfermo y, en caso de peligro, pueden "tomar la decisión" de hacer sonar una alarma o producir una acción, sin intervención humana.

Otra característica importante de las decisiones médicas es su inseparabilidad de criterios de costo/efectividad. Es importante ponderar la importancia del ejercicio de estos criterios, dentro de las decisiones médicas.

Debido a que las decisiones médicas no son decisiones totalmente libres sino que tienen que ver con la existencia de equipo, de fármacos, de los costos asociados, etcétera. La decisión médica puede originarse a partir de varias alternativas, a cada una de estas se le asocia un costo: Qué tanto le cuesta al paciente cada una de las alternativas?, o Qué tanto le cuesta al sistema médico?, o Cuánto es el costo social de cada decisión?, etc.

Todos estos costos pueden ser considerados de manera conjunta o por separado, pero no pueden ser tomados libremente como criterio único para decidir, sino que deberán ser

ponderados por el beneficio que aporte cada uno de ellos, o por una cierta efectividad (en términos por ejemplo, de la modificación porcentual de una MEDIDA DE DESEMPEÑO que puede ser un parámetro o variable, como presión arterial, supervivencia, etc.). De esta manera se pueden tener valores de costo/efectividad muy altos en aquellas situaciones en que el costo del tratamiento sea bajo y la efectividad elevada.

Regresando al diagrama, otro tipo de flechas del esquema son las flechas abiertas o gruesas, las cuales representan el flujo de control ya mencionado, el que ocurre cuando un subsistema llama a otro subsistema, esta circunstancia permite que los subsistemas puedan ser considerados como procedimientos de programación.

Se entiende por flujo de control a la red de subsistemas médicos. Así, por ejemplo, el procedimiento o subsistema "PACIENTE" es capaz de llamar o poner en movimiento al procedimiento o subsistema "MÉDICOS: ENFERMERAS-PARAMÉDICOS" simplemente al demandar tal servicio.

En el esquema, la flecha abierta con el número 9 representa la solicitud de atención médica que hace el paciente, pero también puede representar las respuestas o reacciones del paciente ante el examen médico. Mientras que la flecha abierta con el número 8 representa la demanda de respuestas

a preguntas hechas por el personal médico al paciente (anamnesis), la demanda de exploración, de citas, etcétera.

Entre el paciente y el subsistema Médico también existe un flujo de control recíproco que puede ser ejemplificado cuando el subsistema Médico demanda un cobro al paciente por los servicios prestados (número 14), o bien el caso del paciente que es monitoreado por el subsistema Médico (cuando aquel se encuentra en la unidad de cuidados intensivos) o el paciente que solicita a su vez radiografías o análisis de laboratorio (número 13).

En el número 11 se esquematiza el flujo de control que ejerce el subsistema Médico sobre el subsistema M-E-PM, esto se puede ilustrar con el caso en el que los responsables del subsistema Médico designan a un miembro del personal médico una tarea nueva o cambio de adscripción, por ejemplo. El número 12, representa el control que ejerce el subsistema M-E-PM sobre el subsistema Médico, este podría ser cualquier acción que el médico realice por ejemplo para alertar al subsistema Médico: en el caso del médico que advierte que hay una epidemia y que avisa para que se tomen las medidas pertinentes.

Antes de continuar, será necesario ampliar y comentar un poco más panorámicamente la situación de la

información que ocurre dentro del subsistema Médico. Observese el siguiente esquema complementario del anterior:

Como se había mencionado con anterioridad, el subsistema Médico frecuentemente representa a otros subsistemas que están íntimamente relacionados, uno de ellos es el sistema administrativo, otro el sistema de laboratorio clínico y, finalmente, el sistema de atención y cuidado de la salud.

Es necesaria aquí esta particularización para que se pueda apreciar la naturaleza del flujo de control y de la información que existe. Ya que es en este nivel donde incide mayormente la Informática Médica en su versión de sistemas computarizados para el manejo de la información.

Dentro del subsistema Médico, es a través del subsistema administrativo como se determina el control, de tal manera que si el subsistema Paciente o el subsistema M-E-PM demandan la intervención del subsistema Médico (números 12 y 13), esta petición será atendida inicialmente por el sistema administrativo quien podrá satisfacerla o derivar el control hacia el sistema de laboratorio clínico (número 20) o al sistema de cuidado de la salud (número 21) para que atiendan la demanda según les corresponda.

Cada uno de estos sistemas tiene asociado un sistema de información

propio, mediante el cual se ejerce un control que resulta recíproco (números del 22 al 27). Estos sistemas de información generalmente recurren a los archivos y es precisamente en este nivel donde particularmente se ha desarrollado la Informática Médica y, aunque los otros subsistemas también se han desarrollado mucho, se cree que en un futuro inmediato la computarización de este nivel será ineludible para cualquier Sistema Médico.

Clásicamente los Sistemas Médicos, particularmente los hospitales y las escuelas de medicina, han dividido sus actividades informáticas en un área o sistema administrativo, en uno de laboratorio clínico y en uno de atención y cuidado de la salud. La Informática Médica actual ha intentado automatizar cada uno de estos y que cada uno de ellos debería poder llamar a los otros sistemas automatizados para intercambiar información. Estos sistemas automatizados tendrían su expresión física en una máquina computadora particular asociada a cada uno de ellos (estando las máquinas conectadas en forma de una red local).

Teóricamente lo que se pretende es que el subsistema automatizado administrativo sea capaz de llamar al del laboratorio y este a su vez al de atención y cuidado de la salud, etc. En este aspecto los sistemas existentes en los hospitales y demás sistemas médicos son actualmente muy

deficientes. A tal extremo, que muchas veces el sistema administrativo no tiene nada que ver, computacionalmente hablando, con el sistema de laboratorio clínico y este a su vez con el de atención médica, etc. La liga o unión que se establece es a través de personas. Este flujo de control marcado con los números 28 a 33, ha sido puesto con flechas lineales interrumpidas para resaltar tal deficiencia.

Las personas que se dedican a la informática médica comentan que mientras exista la situación mencionada (esquizofrenia entre los sistemas informativos administrativos y las decisiones médicas), nunca se podrá hacer una medicina eficiente. En tal grado es importante este problema de deficiente comunicación que muchas veces los administradores y los médicos se ignoran y cuando interactúan surgen más conflictos que soluciones; llegando a suceder que decisiones médicas queden en manos de los administradores o decisiones administrativas en manos de los médicos. Mientras no exista un sistema informativo que ayude a tomar decisiones administrativo-médicas, los Sistemas Médicos no van a poder cumplir eficientemente con sus objetivos.

Se ha marcado con el número 34 la capacidad que el subsistema médico tiene para llamarse a sí mismo y con ello poder tener acciones de planeación e investigación. En este aspecto

los sistemas automatizados también son de gran ayuda ya que permiten disponer de toda la información de una manera completa, verídica y rápida para tal fin. El otro tipo de flechas que existen en el esquema son la flechas de línea continua, que son la mayoría, y que representan el flujo de información. Estas funcionan como la conexión o canal por el que fluye la información de las distintas memorias a los subsistemas. Desde el punto de vista de la informática, estas vías funcionan análogamente a los discos de computadora: a estos se les puede pedir información cuando se esta realizando un cálculo por ejemplo, y finalmente, la información procesada, puede ser grabada en ellos.

Hasta ahora sólo se ha tratado de conceptualizar, desde un punto de vista formal, la situación de la información que ocurre, de manera natural, entre el paciente, el médico y el sistema médico. La intención es que este panorama facilite la comprensión del desarrollo de los sistemas de informática médica.

A continuación se presenta un resumen del proyecto "DIOGENES".

EL PROYECTO DIOGENES

Los sistemas de Informática Médica se han desarrollado mucho, particularmente en Europa, y son, quizá, los Sistemas de Informática Hospitalaria

los más avanzados del mundo. Estos sistemas en general se han denotado con las siglas HIS (del inglés "Hospital Information Systems").

Uno de los sistemas más famosos es "DIOGENES" de la Universidad de Ginebra en Suiza. Este sistema reside en una macrocomputadora (Main-frame) que atiende a 250 terminales activas y 170 impresoras. Funciona las 24 horas del día, los 7 días de la semana y los 365 días del año. El hospital cuenta con 1600 camas y todos los servicios médicos.

Los autores, E. Messmer y R. Baund, encontraron que sus primeros intentos no tenían resultados tan satisfactorios como esperaban debido a que la organización inicial del sistema estaba basada en la organización tradicional del Sistema Médico. Lo que impedía el desarrollo de muchos aspectos importantes. La insatisfacción mencionada orilló a buscar una forma más eficiente de organización que finalmente llevó al planteamiento de la posibilidad de utilizar FUNCIONES ESPECIFICAS DE INFORMATICA, en lugar de utilizar el esquema de: unidad administrativa, laboratorio clínico, atención médica, etcétera, que surge de manera natural como reflejo a la organización tradicional de los sistemas médicos.

Este concepto de "funciones específicas de informática" probablemente es la idea más trascendental del trabajo de Messmer y Baund ya que

señala el camino que seguirán los futuros sistemas de informática médica. Esto se debe a que el concepto permite la optimización del sistema, evitando la duplicación o multiplicación de la información y permitiendo que el sistema realice operaciones más complejas.

Debido a la importancia del concepto de funciones de informática será necesario profundizar un poco en él antes de continuar.

Funciones específicas para los Sistemas de Informática Médicos:

Se puede definir una función de informática como aquella que es inherente al proceso de comunicación en los canales de información del tipo emisor-computadora-receptor.

El concepto de una función de informática se puede explicar de la siguiente manera: Si yo tengo un sistema emisor-receptor mediado por una computadora, debo contar por lo menos con una función diálogo que demande la información esperada por el receptor, debo contar con una función transacción que permita al emisor procesar la información que quiere ofrecer al receptor; de igual manera debo contar con una función que permita al receptor el recuperar fácilmente los datos que el emisor generó: función manejadora y supervisora de datos. Así mismo, debo contar con una función de envío selectivo de datos o función correo.

Las funciones pueden ser realizadas por microcomputadoras conectadas en red, permitiendo realizar trabajos muy complejos. Potencialmente estas redes son casi tan poderosas como una macrocomputadora. Esta peculiaridad puede ser muy favorable para los países, que como el nuestro, disponen de recursos cada vez más limitados.

DESCOMPOSICION FUNCIONAL DE UN SISTEMA

A continuación se presenta la descomposición funcional del sistema de información hospitalario "DIOGENES" basada en el artículo de Messmer y Baund titulado *Funcional decomposition of a Hospital Information System*, publicado en las memorias de MEDINFO 83.

En este trabajo los autores proponen las siguientes funciones informáticas: función diálogo, función transacción, función supervisora de bases de datos, función de recuperación de bases de datos, función correo de documentos, función de cómputo diferido, función diario y función control de acceso.

Se pueden utilizar dos formas de distribuir las funciones dentro de un sistema de informática, se puede usar una distribución horizontal en el que cada usuario trabaja sobre un sistema (computadora) dedicado a realizar

todas las funciones, o se puede usar una distribución vertical en la cual las funciones están distribuidas sobre una federación de computadoras (posiblemente sistemas de propósito específico) y cada unidad funcional realiza el trabajo para todos los usuarios.

Estas particiones permiten sustituir a los grandes sistemas centralizados que solo podían ser implementados en macrocomputadoras por sistemas de funciones distribuidas que pueden ser implementadas en microcomputadoras conectadas en red. Todas las microcomputadoras vierten su información en una de ellas especializada en bases de datos, común para todos los usuarios.

Cabe aclarar que aunque el proyecto DIOGENES utiliza funciones, no utiliza una distribución horizontal o vertical sino más bien mixta, la cual por ahora esta implantada en una macrocomputadora. Pero pudiera imaginarse, de manera figurada, que cada terminal realiza una función específica para todos los usuarios: que puede ser llamada o solicitada desde cualquier terminal como sucedería en el uso de microcomputadoras conectadas en forma de red.

Para la explicación de las funciones y sus relaciones, se presenta la red por nodos, en la que cada nodo corresponde a una función y sus relaciones, de tal manera que esto permita ir haciendo presentaciones

parciales de cada una de las 8 funciones.

1. FUNCION DIALOGO

Esta función, conectada a todas las terminales, es la primera que se activa cuando el usuario pretende usar el sistema. Cumple con la función de conectar al usuario con los programas de operación de todo el sistema, para esto maneja una memoria que no es más que un disco duro (representado en la figura 11 por un tambor) que contiene la información de 5000 carátulas o formatos de pantalla, que le permiten al usuario seleccionar a través de menús, las operaciones o acciones que necesite del sistema.

Se puede considerar a la función diálogo como un manejador de archivos que contienen los programas de operación de todo el sistema es decir, funciona como el intermediario entre el usuario y las distintas funciones. El mensaje es contruido con la información de la secuencia de imágenes de pantallas (menús o formatos) seleccionados por el usuario desde la terminal. Este último aspecto es importante porque además de agilizar mucho la operación del sistema, permite el que sea fácilmente utilizado por personas que carecen de conocimientos en computación.

2. FUNCION TRANSACCION

Inmediatamente conectada a la función diálogo, ésta, la función transacción, se encarga de ejecutar o

correr los programas que puedan satisfacer o responder a la demanda hecha por el usuario. Para ello se requiere de una memoria o biblioteca donde se encuentran almacenados todos los programas que puede ejecutar el sistema, y el poder acceder a la información contenida en las bases de datos. Esta función tiene la capacidad para decidir si algunas acciones deben ser transferidas a la función de computo diferido donde serán ejecutadas posteriormente.

3. FUNCION MANEJADORA O SUPERVISORA DE LA BASE DE DATOS

La función supervisor de la base de datos acepta o se encarga de las peticiones hechas por la función transacción o por la función de computo diferido. Esta función esta provista de un mecanismo de control que previene inconsistencias en la base de datos, provocadas por la ejecución de transacciones simultáneas o por paros imprevistos del sistema.

A esta función se encuentra asociada una memoria llamada "biblioteca de base de datos" la cual cuenta con dos tipos de archivos. Uno de ellos que contiene los datos mismos o información concreta, y el otro los programas que van a manejar a los archivos de datos.

Quando desde la función diálogo y transacción se pide información a la base de datos, entonces la función

supervisora de la base de datos se encarga de dirigir la búsqueda pudiendo realizar búsqueda de datos no definidos claramente.

Además de obtener y traer la información, la función supervisora también activa a las funciones: correo de documentos, función diario y función recuperadora de la base de datos.

Para ilustrar esta función imagínese que se quiere enviar a la enfermera E de la sala S, el expediente del paciente P. La función supervisora entra en acción y extrae la información del banco de datos y la envía al archivo de la sala S para que cuando la enfermera se reporte, el sistema le avise que tiene un expediente para ella.

4. FUNCION BASE DE DATOS O RECUPERADORA DE BASES DE DATOS

Cada demanda hecha a la base de datos, ya sea para ingresar o para recuperar la información, activa a la función recuperadora de la base de datos. Para esto, la subfunción cambiadora de residencia, que realiza cambios lógicos, permite a la función recuperadora el reconstruir, mediante una segunda subfunción, una base de datos coherente aún después de cualquier falla en el funcionamiento del sistema.

La función recuperadora esta dedicada especialmente a cuidar la base de datos, para esto cuenta con

una subfunción que se dedica a cambiar la residencia de la base de datos es decir, tiene un disco duro que va a servir como residencia momentánea de la información de donde pasará posteriormente a la base de datos principal y a una copia de ésta.

Esta función cambiadora cuenta también con una subfunción que es capaz de reconstruir toda la estructura de la base de datos si ésta llegara a ser dañada, llenandola de nuevo con toda la información que esta almacenada en la copia de la base de datos, garantizando de esta manera la integridad de los datos.

La función recuperadora revisa además que no exista ninguna inconsistencia. Una vez que los datos han sido revisados y no representan ningún peligro para la información contenida en la base de datos principal, se trasladan a esta. Estos procedimientos conservan la máxima seguridad para la base de datos principal. En todos estos casos solo queda dañada la base de datos de la función recuperadora pero no la base de datos principal.

Es conveniente señalar la gran cantidad de recursos económicos y de programación que se requieren para cuidar una base de datos grande, en virtud de que una falla en la información del sistema acarrearía graves consecuencias médicas y económicas.

5. FUNCION CORREO ELECTRONICO DE DOCUMENTOS

La función correo de documentos es activada desde la función transacción o por la función de cómputo diferido. Esta se encarga de mantener un dinámico correo electrónico entre todos los usuarios del sistema.

Todos los documentos, desde las notas o comentarios más simples, hasta los grandes reportes, son colocados en una memoria llamada "hílera o pila de documentos" acomodados conforme fueron llegando.

Los documentos son enviados a sus destinatarios dependiendo de la prioridad del documento, de su posición en la memoria y de las características de impresión.

La función correo es también muy importante porque evita el papeleo clásico de los hospitales: los documentos se generan directamente en la pantalla y sólo se reproducen sistemáticamente los clásicos documentos administrativos, mensajes internos del hospital, recados, etc., localmente.

La función correo de documentos esta integrada por dos subfunciones: la subfunción receptora de documentos y la subfunción despachadora de documentos. La subfunción receptora es activada directamente por las funciones de transacción y cómputo diferido. Es la encargada de recibir y

procesar aquellas demandas del sistema en que se requieren distribución. Esta subfunción se encarga de reacomodar los documentos en la memoria "pila de documentos", por su prioridad, orden en que llegaron y características de impresión.

La subfunción despachadora de documentos se encarga de ir tomando los documentos de la memoria "pila de documentos" e irlos enviando a los archivos de las personas correspondientes o almacenarlos en un casillero central igual que una oficina de correos.

Una vez que un documento ha sido generado, y almacenado en la memoria de documentos, es revisado por un sistema que tiene capacidad de decisión. A partir de este documento se podrá generar un segundo documento que sea enviado a una persona extra o a algún programa para que realice alguna acción específica. Como sucede en el caso de los documentos administrativos que son enviados al sistema administrativo o en el caso de un documento en el cual una persona solicita ser operada, el documento pasará al sistema de decisión en donde se va a revisar si la persona en cuestión puede ser operada, si esta inscrita en sistema de salud, si es asegurada, si es derechohabiente, etc.

Para apreciar la versatilidad de este correo de documentos, imagínese que la enfermera en jefe, es la que tiene que ser informada. Este correo sabe cuales

la sala en la que esta la enfermera y cuál terminal es la más cercana o cuál terminal es la que ella consulta. Cuando la referida enfermera se reporta y meter su clave de identificación, antes de que pueda hacer cualquier otra cosa, aparecerá una noticia que dice por ejemplo; "Enfermera en jefe hay que agregar a la lista de hoy el caso del paciente P porque va a ser operado y tiene que prepararse para tal o cual técnica quirúrgica". Así, podrá actuar en perfecta coordinación y decidir si la noticia se deberá reenviar a algún sitio especial, si desea que se imprima, o pedir que se destruya si ya no sirve más.

Una gran cantidad de mensajes se pueden mandar a través del correo de documentos lo que permite suponer que los documentos en papel tenderan a desaparecer o por lo menos a reducirse en una gran medida.

6. FUNCION DE COMPUTO DIFERIDO

Ciertas tareas tales como la creación de listas de pacientes y reportes de laboratorio son inicialmente atendidas por la función transacción, pero finalmente la ejecución estará a cargo de la función de computo diferido. Esto quiere decir que la función de computo diferido en realidad es una transacción diferida y no interactiva. Esta es usada cuando se solicita al sistema cálculos que consumen mucho tiempo de computo o que no se requiere que se ejecuten inmediatamente. Así, esta

función evita que el sistema interrumpa su aspecto interactivo por atender a tareas no prioritarias.

La función transacción selecciona los trabajos que deben ser dirigidos a la función de computo diferido para que los resuelva en los momentos de menor actividad del sistema y cuando tenga la información necesaria para satisfacer la demanda, generalmente al final del día. De esta manera toda la serie de demandas al sistema que no puedan ser solucionadas instantáneamente, pasaran a la función de computo diferido.

Esta función es particularmente importante debido a que si se pudieran analizar todos los programas en el momento en que se soliciten, probablemente atender a un cálculo complicado significa para el sistema el concentrar toda su "atención" en resolverlo, lentificando con ello las demás actividades del sistema.

7. FUNCION BOLETIN O FUNCION DIARIO

Todas las funciones pueden reportar en un boletín o diario cualquier acción, error, circunstancia especial o dato estadístico. Este boletín contiene además la fecha, hora, terminal y función de la que proviene. Todo es registrado cronológicamente en un disco. Toda esta información es útil para posteriores análisis del sistema.

La función diario o boletín esta compuesta por dos subfunciones; la

subfunción escritora y la subfunción analizadora. La subfunción escritora tiene a su servicio una biblioteca con los formatos para presentar cualquier boletín, garantizando de esta manera, la presentación más adecuada. Esta subfunción es directamente activada por la función diálogo, transacción, correo de documentos o supervisor de la base de datos, cuando solicitan un reporte.

Una vez que los reportes son producidos, estos son revisados por la subfunción analizadora que se encargará de que no haya inconsistencias y si es así, de ejecutar el reporte.

La subfunción escritora recibe la solicitud de crear un boletín junto con los datos y buscar en su memoria el formato que corresponda y de llenarlo con los datos que recibió. Finalmente el formato ya llenado es tomado por la subfunción analizadora.

Existen boletines para el uso exclusivo del técnico en informática, que solo contienen información sobre el funcionamiento del sistema.

8. FUNCION CONTROL DE ACCESO

El control del derecho de acceso a los datos y a las funciones es uno de los aspectos más delicados o sensibles de cualquier HIS. El acceso global debe ser confinado a muy pocas personas y se deberá contar con un sistema que proteja contra la acción de progra-

madores malintencionados. Un paquete de transacciones, que también es controlado por la función de derecho de acceso, es usado sobre un paquete de preguntas y datos para poder tener, por ejemplo, acceso a la base de datos.

Es muy importante este sistema de seguridad para evitar que personas no autorizadas tengan acceso a los datos y las funciones contenidas en la base de datos.

Para ilustrar esto, recuerdese que existe el boletín relativo a la operación de todo el sistema, el cual es para el uso exclusivo del técnico en informática, el cual, el Dr. X no podrá accesar.

La forma más común de control de acceso es a través de claves por lo que el usuario al momento de identificarse y meter su clave de acceso, quedará sujeto a las funciones y datos que previamente le fueron autorizados.

Todas las funciones que se han revisado están conectadas entre sí, ya sea directa o indirectamente, permitiendo poder responder a las diversas demandas del personal.

Posiblemente DIOGENES sea la visión realista más moderna de como debe concebirse un sistema de informática médica.

Como habrá podido apreciarse a lo largo de la descripción, desde cualquiera de las 250 terminales puede

realizarse prácticamente cualquier cosa, pues aunque cada computadora está especializada en una función, el hecho de estar relacionadas en forma de red permite que la información fluya de una terminal a otra, invocando las distintas funciones hasta obtener la respuesta a la acción demandada. Por comodidad, las terminales podrán estar distribuidas por todo el hospital.

CONCLUSION

Es importante considerar a los sistemas de informática médica como sistemas basados en máquinas (computadoras) que se especializan en almacenar, procesar y recuperar la información médica con la intención de facilitar y optimizar el trabajo de todos aquellos que intervienen en una cierta atención médica.

La promesa de optimizar y facilitar la labor de los médicos adquiere particular trascendencia en los países no desarrollados. Los médicos actuales no deben ver la irrupción de las computadoras en la medicina como una "enfermedad informática" sino como la gran oportunidad para hacer una mejor práctica médica, que resuelva o por lo menos reduzca los problemas de salud que atañen a sus comunidades, al permitir la atención de un mayor número de pacientes en un menor tiempo. Aún cuando no se tomara en cuenta el poder aumentar la precisión diagnóstica, el encontrar los tratamientos más económicos, el optimizar los recursos con que cuentan

los sistemas médicos, el mejorar la planeación de estos, el realizar mejores evaluaciones de las campañas de salud, etc.

Se suscribe sin embargo, lo que desde 1968 O. Barnett, el pionero de los sistemas de información hospitalarios (HIS), afirmó sobre el ideal todavía no alcanzado: "Para el médico los sistemas de información hospitalarios (HIS) son sistemas que proveen una comunicación rápida, precisa y legible de reportes; mejores horarios de procedimientos y una puntual y precisa implementación de las actividades que se ordenan para el cuidado del paciente. Para la enfermera los sistemas de información hospitalarios implican una operación para aligerar la carga ordinaria de trabajo de las funciones de comunicación; de la preparación de órdenes, interpretaciones y graficaciones. Para el administrador los sistemas de información hospitalarios son el medio para el uso más efectivo de recursos, para la corrección de datos necesarios para decisiones gerenciales apropiadas y para asegurarse de que la información necesaria para el proceso del cobro al paciente (o el presupuesto de la institución) este disponible en todo momento en una forma precisa. Para el investigador médico HIS ofrece el potencial de una buena base de datos de actividades de atención médica, no solamente precisa, sino bien organizada y de fácil recuperación y análisis".

CAPITULO V

SISTEMAS DE BASES DE DATOS PARA VETERINARIOS Y BANCOS DE INFORMACION VETERINARIOS

Este capítulo presenta una introducción al manejo automatizado de la información veterinaria; desde las "Bases de Datos personales" hasta los grandes "Bancos de Información" públicos y profesionales, orientados a la medicina veterinaria y la zootecnia.

Como se habrá podido apreciar en los capítulos tercero y cuarto, los Sistemas Manejadores de Bases de Datos (SMBD) constituyen la parte medular de la mayoría de los sistemas de cómputo para las empresas pecuarias. Los beneficios son evidentes: mayor orden en la información, información normalizada, facilidad en su recuperación, economía en su manejo, reducción del espacio destinado, seguridad de la información, etc. Sin embargo, el problema del manejo de la información no es exclusivo de los centros médicos. explotaciones pecuarias y escuelas de veterinaria, también los organismos gubernamentales relacionados con la producción y salud animal lo tienen que enfrentar, así como las bibliotecas, los laboratorios y en general todos aquellos que prestan servicios, todos ellos quizá con mayor necesidad.

Sin discusión alguna, hoy en día la información constituye un bien en el seno de las organizaciones y en particular representa un factor estratégico para el desarrollo de cualquier país¹⁷.

La presencia de la Informática en la automatización de los aparatos productivos en los países industrializados, ha permitido la reducción de los costos de operación, el incremento en la productividad y una mejora considerable en la calidad de los productos obtenidos. Esto les ha proporcionado un alto grado de competitividad e incremento de su

penetración en el mercado internacional¹⁷.

Así, la información que se genera localmente en un sistema médico, en una explotación pecuaria o en cualquier otro de los sitios mencionados, no puede permanecer aislada, máxime cuando se encuentra inmersa dentro de toda una competencia de mercado en donde el obtener información, ya sea a través de boletines, revistas, folletos, teléfono, radio, etc. y emitir información a través de reportes, informes, anuncios, ofertas, etc. forma parte vital de su subsistencia¹⁸.

Es en este contexto donde surgen otro tipo de bases de datos, más grandes, con una mayor cobertura, que unidos a las posibilidades que actualmente ofrece la **TELEMÁTICA** presentan todo un panorama nuevo de comunicación que dan, tanto al área de salud animal como al de producción pecuaria, grandes beneficios^{18,17}.

Esta misma tecnología es la que se ha usado para poder contender con la gran explosión de información bibliográfica que se genera día a día. Gracias a la informática moderna, en lo que puede parecer muy poco tiempo, se han logrado grandes avances médicos en la lucha contra enfermedades como la leucemia canina y felina o la parvovirus. Esto debido al rápido flujo de información y a la facilidad de su adquisición¹⁸.

Para poder abordar el tema de las grandes bases de datos veterinarias o los bancos de información veterinarios, será necesario que se revicen algunos conceptos básicos.

BANCOS DE DATOS Y BASES DE DATOS

Dentro de los sistemas de información computarizados podemos distinguir entre bases de datos y bancos de datos.

Las Bases de Datos, han sido definidas en formas diversas, y muchas veces no se distinguen conceptualmente de los bancos de datos. Sin embargo, como lo señala la *Mra. Sametz*, siguiendo los enfoques más recientes de la informática, es importante realizar una diferencia fundamental⁷.

Los Bancos de Datos son conjuntos de Bases de Datos, instalados en un mismo sistema de procesamiento de datos y accesibles a través de un procedimiento común de recuperación de información. Mientras que las Bases de Datos se pueden definir como una colección de datos interrelacionados almacenados en conjunto sin redundancias perjudiciales o innecesarias. Siendo su característica la exhaustividad y la no repetición de registros^{7,108,117,132}.

En el sistema inglés, el término *Data Base* indica "registro". Por lo que se puede indicar que una Base de Datos

es una colección de ocurrencias en múltiples tipos de registros, incluyendo las relaciones que existen entre registros^{7,155}.

En síntesis, una Base de Datos es cualquier conjunto de información almacenada y de alguna manera organizada para facilitar su posterior consulta y utilización, así los registros de pacientes, el registro de inventario, el directorio general de clientes o la información contenida en un prontuario médico son típicamente bases de datos^{87,98,128}.

Es también frecuente que se emplee el término de base de datos para referirse al archivo o archivos (almacenados en disco o cualquier otro medio magnético para computadora) que contiene los datos que serán manipulados por el Sistema Manejador de Bases de Datos¹²⁸.

LOS SISTEMAS MANEJADORES DE BASES DE DATOS

Un Sistema Manejador de Bases de Datos (SMBD) es un conjunto de programas para computadora debidamente relacionados y organizados que permiten el uso de la computadora para almacenar, organizar, recuperar y procesar grandes volúmenes de información. Generalmente se utiliza este término para los sistemas que corren en computadoras pequeñas o que son de uso personal o local, como podrían ser los de un médico, una clínica o una granja^{87,128}.

Son muchos los Sistemas de Bases de Datos disponibles para computadoras personales o para computadoras multiusuarios. Algunos ejemplos de SMBD son: DBASE, Foxbase, Paradox, ZIM, DataEasy, Informix, ORACLE, Microsis, etc.

Las aplicaciones de los SMBD son muchas y muy importantes como se presentó en el capítulo tercero.

Un SMBD comprende cuatro componentes básicos: los datos, la máquina, "el programa" y los usuarios. A continuación se presentan las principales características de cada uno^{77,87,128}.

Los datos.

En realidad los datos guardados en el sistema están repartidos en varias Bases de Datos. Sin embargo, para el usuario es como si todos los datos estuvieran situados en una misma Base de Datos^{77,87}.

La intención de esto es que los datos sean almacenados de tal forma que minimicen las redundancias. Supongase que se necesitan el nombre y la dirección de un paciente para abrir su historial clínico y posteriormente se vuelven a requerir para cuestiones administrativas, el concepto de Bases de Datos distribuidas permite evitar la duplicidad de tal información^{77,87}.

Cuando se dice que los datos de una Base de Datos están compartidos, se

quiere indicar que cualquier parte de información que esté dentro de la Base de Datos puede ser utilizada por diferentes usuarios y para fines distintos. El hecho de que los datos puedan ser compartidos no es más que la consecuencia de que estén debidamente integrados^{77,87}.

Frecuentemente se insiste en la necesidad de diferenciar el concepto de datos del concepto de información. Un dato puede ser la edad del paciente, la raza o el número de registro, mientras que la información es el dato que se obtiene al analizar o procesar los datos contenidos en la Base de Datos por ejemplo, la edad promedio de los pacientes atendidos, el número de pacientes por razas, etc.¹²⁸

Cabe aclarar que el *tipo* y la cantidad de los datos que se incluyan en una Base de Datos debe reflejar las necesidades de información que se espera obtener de esta. Este es uno de los puntos más importantes a considerar cuando se piensa utilizar un SMBD⁸⁷.

No todos los datos tienen las mismas características, estos se pueden clasificar de acuerdo a su *tipo*. Así, el peso, el cobro, el número de camada, el número de crías por camada, etc. son ejemplos de datos de *tipo numérico*, mientras que el nombre de un cliente, la dirección, son datos de *tipo alfabético* o *alfanumérico*. Un dato será de tipo numérico cuando con él se vayan a realizar operaciones

matemáticas. Los datos también pueden ser de otros tipos: lógico (booleano), memo, fecha, etc."

En ocasiones los mismos SMBD proporcionan una ayuda para que los datos que se capturan queden adecuadamente estructurados. Por otro lado, pueden utilizarse programas para la captura de datos que comprueben su calidad así logran impedir errores de captura como el que un macho tenga un parto o el que un lactante se registre con una enfermedad propia de los adultos¹⁹.

La máquina.

En la actualidad existen una gran variedad de máquinas computadoras, cada una con ciertas características que la hacen más o menos poderosa para ciertas aplicaciones. En el capítulo II se describieron las principales características de estas. Cabe mencionar que existe en el mercado máquinas especialmente diseñadas para manejar grandes bancos de información y que han sido muy utilizados en los sistemas de bibliotecas, como son los equipos Breaton Lee y Alfa Micro así como los SMBD Textuales como el paquete comercial Star²¹.

En cuanto a la máquina sólo señalaremos que todos los diferentes tipos de equipos tienen sus propios programas manejadores de bases de datos característicos, siendo unos más poderosos que otros.

Es importante saber qué programas hay disponibles para la máquina con que uno cuenta y cuáles son sus características particulares.

Al problema de poder o no usar un programa hecho para una máquina en otra se le llama *compatibilidad*.

El programa.

En realidad los SMBD son varios programas debidamente coordinados en donde cada uno de ellos cumple con alguna función específica. Aunque para el usuario pareciera como un solo programa. Esto es por la intención de construir SMBD poderosos pero sin perder agilidad al correrse en la computadora²².

En términos generales, los SMBD realizan dos funciones principales: por un lado, permiten manipular los ficheros o archivos en donde se hallan los datos, meter nuevos datos, eliminar o generar nuevas bases de datos a partir de la existente, y por el otro, permite "interrogar" al sistema para obtener la información de la base de datos²³.

El lenguaje en el que se hacen las preguntas o demandas al SMBD recibe el nombre genérico de "QUERY" y es específico para cada SMBD. Recientemente la IBM diseñó el lenguaje SQL para bases de datos, el cual se está convirtiendo en el estándar para los SMBD. A través de estos lenguajes puede llegarse a

formular preguntas extremadamente complejas, si el SMBD lo permite y si los datos han sido adecuadamente introducidos al sistema^{77, 87, 128}.

Por ejemplo, si se tuviera un SMBD en una granja avícola con gallinas productoras de huevo para plato, en el cual se llevaran los registros diarios de producción anotando¹²⁹:

- Fecha
- Parvada
- Número de caseta
- Mortandad
- Desecho
- Consumo de Alimento (Kg por caseta)
- Producción de huevo limpio
- Producción de huevo sucio
- Producción de huevo cascado
- Temperatura máxima registrada
- Temperatura mínima registrada
- Lote de alimento utilizado
- Fecha de producción del alimento utilizado
- Observaciones

Entonces podrían hacerse preguntas tan complejas como uno quisiera, por ejemplo:

Dime la edad de las aves de la caseta número X, para la fecha Z.

Dime el inventario actualizado de aves (cantidad de aves existentes) para el número de caseta X.

Dame la cantidad de huevos producidos en la fecha X o entre la fecha X y la fecha Y.

Dame el porcentaje de mortandad para la semana que va de la fecha X a la fecha Y.

Dime el consumo de alimento diario por ave, para la caseta número X, para la semana que va de la fecha Y a la fecha Z.

Dame el consumo acumulado por ave hasta la fecha X, para las aves de la caseta número Y.

Etcétera, pudiendo incluso pedirse que imprima todos los datos necesarios del registro semanal, mensual, semestral o anual de producción, presentándolos con gráficas y quedando además en el sistema para posteriores consultas o procesos¹³⁰.

Considere el tiempo que se suele invertir en los sistemas manuales para poder obtener frecuentemente toda esta información necesaria para la buena gestión de la empresa¹³¹.

Los usuarios.

Contrario a lo que pudiera parecer, en realidad existen por lo menos tres tipos de usuarios: el programador de aplicaciones, el usuario final y el administrador de las bases de datos⁷⁷.

El programador de aplicaciones es quien escribe los programas de aplicaciones para las bases de datos. Es decir, utilizan los lenguajes de programación propios de los SMBD y

sus recursos en general para crear programas que utilicen al SMBD y faciliten el manejo del sistema en alguna aplicación específica. La mayoría de los sistemas comerciales médicos para la administración del consultorio, de los expedientes clínicos, etc., están hechos utilizando algún lenguaje de programación de un SMBD, que en la actualidad son muy poderosos y cada vez más sencillos de aprender⁷⁷.

El usuario final es quien utiliza los programas de aplicaciones escritos por el programador o interroga el sistema directamente, como en el ejemplo anterior⁷⁷.

El administrador de la base de datos tiene un rol muy importante cuando se manejan grandes volúmenes de información. Su función es la de decidir qué información es la que conviene mantener en los soportes de acceso rápido (v.g. los discos) y qué información debe eliminarse o almacenarse en algún sistema de respaldo (v.g. las cintas magnéticas) para su posterior consulta si es necesario. Resulta sorprendente ver la gran cantidad de empresas que adquieren nuevos equipos porque "ya no tienen espacio suficiente", cuando con una correcta administración de la información resolvería el problema y haría ver más eficiente al sistema⁷⁷.

Hasta aquí se dejará el tema de los SMBD personales que como se mencionó son los sistemas que

permiten utilizar la computadora para almacenar y utilizar toda la información necesaria de una clínica o de una granja. A este tipo se les puede considerar simplemente como sistemas de bases de datos personales o privadas⁷⁹.

Ahora se pasará a un contexto mucho más amplio, cuando se tienen volúmenes de información mucho mayores que los generados por una empresa o una clínica. Por ejemplo, piense en la información de muchas granjas o de todo un país. Se sigue utilizando una tecnología semejante a la descrita pero con sistemas y equipos mucho más poderosos. A este tipo de sistemas generalmente se les conoce como Bancos de Información y requieren de mucha mayor cantidad de recursos⁷².

LOS BANCOS DE INFORMACION

Los Bancos de Información son Bancos de Datos con información específica, que contienen gran cantidad de información, frecuentemente se encuentran en un lugar distante y son de tiempo compartido, ya que generalmente están soportadas en computadoras del tipo *mainframe*⁸⁰.

Existe un número considerable de bancos de información en medicina veterinaria a nivel mundial que están a disposición de los estudiantes, investigadores, administradores

pecuarios y de todo usuario interesado en localizar la Información pertinente como apoyo a sus tareas de docencia, investigación y toma de decisiones. Para facilitar el conocimiento de éstos existen una serie de publicaciones, en México sobresale el libro **Bancos de Información en Medicina Veterinaria y Zootecnia** escrito por la *Mtra. Linda Sametz de Walerstein* y editado por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, en 1990¹⁰⁶.

Los términos Banco de Datos y Bancos de Información se pueden considerar como sinónimos y generalmente se utilizan para designar un conjunto bases de datos que se encuentran almacenados a través de un Sistema Manejador de Bases de Datos¹⁰⁶.

Los Bancos de Información pueden clasificarse de muy diversas maneras^{7,77,98,106}, por ejemplo:

- a) Manuales o automatizados, dependiendo del sistema de almacenamiento y recuperación de la información que utilicen.
- b) De acuerdo a la información que manejan; por ejemplo, Bancos de Datos Estadísticos o Bancos de Información Bibliográficos, etc.
- c) Comerciales o No Comerciales. Dependiendo de si la información es accesible a los usuarios a través del pago de una tarifa o no.
- d) Cooperativos; si son elaborados por varios organismos.

e) Públicos o privados.

f) Estáticos o dinámicos. Si permiten al usuario interactuar con la Información contenida en estos, al grado de poder modificarla.

El objetivo de los Bancos de Información es poner a disposición del usuario la accesibilidad expedita de la información requerida como apoyo a sus actividades, de una manera confiable, normalizada, clara, actualizada, económica, completa, rápida, fácil y sin redundancias^{128,134}.

Quizá el mayor impacto de los bancos de información se dió en el rescate de la bibliografía, la llamada explosión del conocimiento, cuyos orígenes pueden remontarse a fines del siglo XVII, ha llegado a tal punto que hoy resulta imposible recuperar en forma manual el caudal de producción bibliográfica que se genera cotidianamente. Sin embargo las nuevas tecnologías permiten una extraordinaria capacidad de almacenar y diseminar esta caótica proliferación, constituyendo una de las más importantes transformaciones de los últimos siglos. Así surgió la industria de la información, que tan solo en los Estados Unidos, y en un año, 1987, permitió la exportación por este concepto de 22 billones de dolares^{7,106}.

Los primeros bancos de información existentes en el mundo aparecieron en la década de los 50 en los Estados Unidos, debido a la necesidad de las agencias gubernamentales de organizar sus archivos. En 1975

existían en ese país cerca de 300 bancos de información liberados, con un mercado potencial de casi un millón de usuarios; en 1985 la cantidad de bancos a nivel mundial había aumentado en forma espectacular, ya que podían contarse cerca de tres mil, con más de 15 millones de usuarios. Hacia fines de 1988 los 3500 bancos de información se hallaban agrupados en 550 sistemas comerciales y el mercado era de unos 18 millones de usuarios, según el *Directory of Online Database* en su edición de 1988⁷.

En la actualidad, los grandes proveedores de bancos de información han agrupado las principales fuentes especializadas y mantenido una constante investigación a fin de detectar aquellas de mayor validez en el mercado internacional. Por ello se puede prever que la tendencia será la estabilización del crecimiento de los bancos de información, mientras que el número de usuarios para servicios en línea crecerá en forma considerable⁷.

Hoy en día existen más de 1600 proveedores de bancos de información comerciales, los cuales, en su inicio, fueron sobre todo numéricos; luego aparecieron los bibliográficos, que mostraron un notable crecimiento. En este momento todo parece indicar que muy pronto se introducirán bancos de texto completo, principalmente en las áreas de negocios, noticias y aplicaciones industriales. Esto se deriva de la necesidad que tienen las

empresas de obtener información confiable en la toma de decisiones⁷.

Telemática o teleinformática es el nombre que han recibido de manera general las telecomunicaciones digitales que en términos sencillos se refiere a la comunicación e interacción de computadoras distantes, lo que tiene como objetivo el compartir los recursos de *hardware* y *software*, pero sobre todo de información.

Gran parte de la impotencia que han cobrado los bancos de información se debe a la posibilidad de intercomunicación a distancia, lo que ha permitido el desarrollo de las telecomunicaciones digitales cada vez más sencillas y de gran confiabilidad⁷.

En los Estados Unidos existen 15 redes internacionales y más de 550 de aplicaciones diversas; en cambio el resto de los países americanos se mantienen al margen o se hallan en su fase primaria. De hecho, Norteamérica es la nación más avanzada en el área de la teleinformática a nivel mundial, seguida por Francia, Inglaterra e Italia⁷.

Para comunicar dos o más computadoras entre sí se tienen varias alternativas, cada una de las cuales es la adecuada en diversas situaciones.

Un caso sencillo es comunicar dos computadoras cercanas, de un escritorio a otro o de un cuarto a otro. Para lograr esto, usualmente se

establece una línea directa que corresponde a un cable que algunas veces es conectado al puerto serial de cada una de las computadoras y en otras, colocan tarjetas especiales. Este es el principio de las redes de área local (LAN's).

Los cables más utilizados en este tipo de acciones es el cable coaxial y el de fibra óptica.

Cuando se tiene la necesidad de comunicar computadoras que están lejanas entre sí, se suele recurrir a las siguientes alternativas: comunicación a través de la línea telefónica, uso de microondas, uso de rayos infrarrojos o vía satélite. La más común es a través de las líneas telefónicas ya que virtualmente llegan a cualquier parte del mundo, aprovechando la comunicación vía satélite para los enlaces entre continentes.

Para lograr la comunicación a través de las líneas telefónicas se requiere de un dispositivo llamado *modem*.

Para tener la comunicación, además de los medios físicos mencionados se debe contar con un programa de comunicación, que se encargue de la coordinación de los recursos, y haber cubierto los aspectos legales para poder tener acceso a la otra computadora.

El término *online* (en línea) se refiere generalmente a la comunicación que se establece entre una pequeña

computadora personal y una *mainframe* que contiene un Banco de Información ⁽⁴⁷⁾. Este procedimiento cada vez cobra mayor importancia en el ambiente profesional veterinario gracias al creciente número de usuarios y a la mayor cantidad de Bancos de Información disponibles.

Para estar *en línea* (*online*) y recuperar información remotamente usando una microcomputadora, se debe contar con cuatro elementos básicos: Una microcomputadora o terminal, un dispositivo conocido como *modem* (el cual es usado para transformar la señal de la computadora -señal digital- a una señal telefónica -analógica-), una línea telefónica y el software de comunicaciones ⁽⁴⁸⁾.

La palabra *modem* está compuesta por la conjunción de dos palabras truncadas que describen mejor sus funciones: *modulador-demodulador*. A través del uso del *modem*, dos computadoras pueden comunicarse por medio de las ordinarias líneas telefónicas ⁽⁴⁹⁾.

Existen una gran variedad de *modems* con diferentes características; estos pueden ser colocados dentro de la computadora o externamente ⁽⁵⁰⁾. Los *modems* son clasificados por la velocidad a la cual ellos son capaces de transmitir los caracteres de datos. Esto es medido en la cantidad de *baudios* ⁽⁵¹⁾.

A menudo se confunden los términos *baudios* y *bits por segundo* (bps), cuando en realidad son diferentes. Por esta razón, no es lo mismo decir que un *modem* transmite a 1200 *baudios* que decir que transmite 1200 *bit* por segundo".

- El *baudio* es una medida de *señalización eléctrica*, que indica cuántos impulsos se envían por segundo en una red eléctrica".

- Los *bits por segundo* (bps) son una medida de información, que indica la velocidad de transferencia de bits, es decir, cuántos bits de información son enviados cada segundo".

Los *baudios* y los *bits por segundo* sólo coinciden cuando el *modem* envía un bit por cada *baudio* (impulso). Sin embargo, empleando diferentes sistemas eléctricos de modulación, es posible enviar más de un bit por cada *baudio*, de modo que se pueden conseguir 1200 o 2400 bps transmitiendo a 600 *baudios*. En este caso hay 2 o 4 bits por cada impulso".

En 1954 la *British Telecom* diseñó un primer prototipo de *modem* de 110 *baudios*. También por estas fechas comenzaron a crearse los primeros estándares de comunicaciones, por parte del CCITT (Comité Consultivo Telegráfico y Telefónico Internacional) y la *Bell Telephone*. Estos estándares han permanecido y se han ampliado hasta nuestros días".

Con el paso del tiempo ha evolucionado tanto el aspecto físico del *modem* (*hardware*) como el aspecto lógico (*software*) con el que la computadora controla el *modem*. En el aspecto de *hardware*, los *modem* se han reducido de tamaño, son más rápidos y se han eliminado los antiguos acopladores acústicos con los que se conectaban a la línea telefónica. En cuanto al *software* se han mejorado notablemente los sistemas de transmisión, corrección de errores, protocolos, emulaciones de terminales y, en general, todo lo que facilita el mejor aprovechamiento de las posibilidades de dos máquinas que se encuentran conectadas".

Actualmente, se puede conectar un *modem* a casi cualquier computadora personal. La compatibilidad ha alcanzado un alto nivel. Los *modem* son sencillos de utilizar, porque el *software* que los controla también ha mejorado con el tiempo. Incorporar un *modem* a un equipo de tipo PC es algo sumamente sencillo y proporciona una potencia añadida a la máquina, comunicándola con el mundo exterior".

Cuando se habla de *modems*, siempre aparece por algún lado el nombre *Hayes*. ¿Qué es *Hayes*? *Hayes* es el nombre de un fabricante y auténtico estándar en el mundo de los *modems*. La historia se remonta a 1977, cuando aparece en el mercado el primer *modem* *Hayes*. Con la posterior introducción, en 1981 del conjunto de instrucciones AT, los

Smartmodem de Hayes se hicieron populares y se convirtieron rápidamente en un estándar a imitar. En la actualidad pocos modems se apartan de este estándar: un modem no compatible Hayes es como un ordenador no compatible PC¹¹.

El software de comunicaciones permite la conexión entre la computadora y el modem ¹². Mientras el modem se encarga del aspecto físico de la comunicación, el programa de comunicaciones se encarga del aspecto lógico: tipo de datos que se transfiere, corrección de errores, transferencia de archivos, etc¹³.

Otras alternativas muy importantes que han venido apoyando la disseminación de la información son el videodisco y el CD-ROM. El último se basa en la utilización de rayos láser y consta de un pequeño disco de materiales plásticos con un recubrimiento metálico. En él se pueden almacenar grandes volúmenes de información del orden de los cientos de *megabytes* hasta algunos *gigabyte* (mil millones de caracteres)¹⁴.

La tecnología CD-ROM supone un importantísimo avance en los procedimientos de almacenamiento y recuperación de información a partir de bases de datos¹⁵. Las principales ventajas de los discos ópticos con respecto a los soportes magnéticos son, en primer lugar, su gran capacidad de almacenamiento, sus razonables tiempos de respuesta y el bajo coste

por bit almacenado, unido a la garantía de inalterabilidad de los datos, dado que ningún dispositivo de lectura entra en contacto físico con la superficie grabada y que son inmunes a los campos magnéticos¹⁶.

El procedimiento utiliza un disco de unos 12 cm de material plástico, que contiene la información codificada en una serie de irregularidades microscópicas protegidas con el recubrimiento de una capa transparente¹⁷. La codificación se produce en fábrica y no puede ser alterada, de ahí las siglas ROM (*Read Only Memory*), aunque estos procedimientos emplean a perfeccionarse y ya existen discos ópticos que admiten grabación¹⁸.

Esta información es decodificada por medio de un potente y puntual haz lumínico láser que recorre su superficie circular y envía las señales al aparato de lectura¹⁹.

El enorme potencial que los CD-ROM representan es indiscutible y las ventajas frente al soporte *on-line* también. Los discos ópticos permiten efectuar un número ilimitado de búsquedas y evitan los costes de la conexión en línea con bases de datos almacenadas en computadoras remotas, aunque es fácil pronosticar que ambos procedimientos convivirán en el futuro, especializados en áreas y trabajos²⁰.

Con el aumento creciente en la oferta de títulos en CD-ROM de las diferentes

áreas, los directorios de estos productos comienzan a ser cada vez más utilizados por los profesionales de la información, como una fuente preciosa de auxilio en la selección de los mismos para suscripción. Existen dos importantes directorios de bases de datos en CD-ROM⁴:

- *Directory of Portable Databases*: publicación semestral, con aproximadamente 600 títulos disponibles en CD-ROM, discos y cintas magnéticas. Incluye informaciones sobre contenido, materia, tipo, vendedor, precio, formato, requisitos de *hardware* y *software*, idioma, cobertura y periodicidad. Para mayores informes dirigirse a los editores CUADRA/ELSEVIER, P.O. Box 872, Madison Square Station, New York, NY 10159, USA, Fax (212)633 3990.
- *CD-ROM MARKET PLACE. An International Directory of CD-ROM Publishing*: Publicación anual conteniendo editores de CD-ROM y sus productos. Incluye dirección completa e índices de título, índice geográfico y de materia. Para mayores informaciones dirigirse a: MECKLER CORPORATION, 11 Ferry Lane West, Westport, act 06880, USA, Fax (203)454 58.

Por otro lado, el videodisco laser está compuesto por un disco de 12 pulgadas con una capacidad de almacenamiento mayor, del orden de los *gigabytes*, el cual mediante procesos electrónicos, ópticos y optoelectrónicos, permite almacenar imágenes con movimiento así como

sonidos y textos; este registro puede ser tanto analógico como digital⁵.

Generalmente utilizados para Bancos de Imágenes como por ejemplo el Registro Internacional de Imágenes Patológicas Veterinarias que actualmente comprende 10 videodiscos.

El desarrollo de las telecomunicaciones digitales ha favorecido la creación de los BBS (*Bulletin Board Systems*) o Boletines Electrónicos.

El boletín electrónico fue inventado poco después de la aparición de la primer microcomputadora. La idea de un sistema de boletín por computadora (BBS) es simple y algo filantrópica. Se prepara una computadora, un modem y una línea telefónica para que funcione como punto central para intercambiar información.

Si a todos estos grandes desarrollos se le añade el auge que han adquirido el videotexto, el teletexto, el facsímil, el correo electrónico y la videoconferencia, se puede caer en la cuenta de que las distancias entre cualquier país y su información es cada día menor, cosa que aumenta en gran parte el valor agregado que la información posee⁷.

A nivel mundial se obtiene información de muy amplia variedad de bancos de información revisando varios catálogos entre los que sobresalen el *Directory of Online Databases*, *Dialog Database Catalog*, *National Library of Medicine News* y el

International Directory of Animal Health and Disease Data Banks[™]

Entre los principales Bancos de Información Internacionales de interés veterinario sobresalen: **Dialog, Agris, Commonwealth Agricultural Bureaux y Agrícola[™]**.

DIALOG (Dialog Information Retrieval Service)

En 1972, la Lockheed Corp. (*Aircraft*) desarrolló un sistema de información, inicialmente para uso interno, llamado **Dialog**. El sistema ahora contiene más de 200 bases de datos, teniendo sobre los 100 000 000 de registros. Hay alrededor de 50 000 registros que tienen relación directa o indirectamente con la salud animal. Entre ellos están los de los bancos de datos de *Agrícola, Aquatic Science & Fisheries Abstracts, Embase (Excerpta Medica) y Medline*. Otros que podrían tener artículos de alguna relevancia para materias de salud animal son *ABI/INFORM, International Pharmaceutical Abstracts y Zoological Records[™]*.

Cada base de datos provee un resumen de la publicación registrada. Las consultas se hacen en línea a través de los operadores booleanos. Está considerado como uno de los sistemas de búsquedas más completas y económicas, de acuerdo con su catálogo "una búsqueda típica de 10 minutos puede costar de \$5.00 dólares, p.e. en *Agrícola*, hasta \$16.50 dólares en la Base de Datos más cara". Estos

ejemplos incluyen costos de telecomunicaciones pero no de impresión (*offline*)[™].

El sistema **Dialog** actualmente está disponible 6 días a la semana, 22 horas cada día, y algunas horas los sábados. Ofrece diversos servicios como: los Índices (*Dialindex*) que ayudan a determinar cuales de las bases de datos podrían contener los términos que se buscan; el SDI permite a los usuarios la generación de un *profile* (macroinstrucción) para definir los términos de búsquedas determinando incluso la cantidad de dinero que se está dispuesto a gastar; **Dialog** apoya al investigador con sesiones de entrenamiento con horarios regulares; **Dialog** mantiene actualizados a sus usuarios a través de un reporte mensual conocido como *Chronolog*, etc.[™]

Dialog no tiene establecida una cuota de ingreso o mensual, sino que únicamente se paga por el uso, acceso en línea. También venden dos impresos que auxilian en las búsquedas: "Databases" y "Guide to Searching". Ampliamente recomendados[™].

AGRIS

El Sistema Internacional de Información sobre Ciencia y Tecnología Agrícolas (**AGRIS**) de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (**FAO**), fue creado mediante la cooperación de la **FAO** con diversos gobiernos e instituciones

comenzando a funcionar en enero de 1975¹⁶.

Es un sistema que se ha diseñado para apoyar a los profesionistas del área agropecuaria y campos auxiliares en forma cooperativa, participando más de 116 países y 14 organizaciones multinacionales a nivel mundial, para localizar la información necesaria como apoyo en sus tareas de investigación. El 35% de los registros corresponden a Medicina Veterinaria. AGRIS compila la información en forma racional y sistemática, publicando mensualmente AGRINDEX¹⁶.

Commonwealth Agricultural Bureaux (CAB)

El CAB tiene su sede en el Reino Unido, cubre una gran variedad de temas y se ha caracterizado en veterinaria por sus publicaciones: *Index Veterinarius*, que incluye anualmente más de 20 000 referencias anuales, y el *Veterinary Bulletin*, que incluye resumen de lo más relevante de la literatura en medicina veterinaria (cerca del 40% de las citas del *Index Veterinarius*). Cubren cerca de 1300 publicaciones periódicas, así como libros, literatura gris y tesis, e incluyen información en más de 40 idiomas¹⁶.

AGRICOLA

Agricultural Online Access, mejor conocido como AGRICOLA, tiene su sede en la Biblioteca Nacional de Agricultura que depende del Departamento de Agricultura de los Estados

Unidos de América. Cuenta con dos millones y medio de registros y un crecimiento anual de más de 190 000 referencias anuales. La información ha sido indizada a partir de 1970¹⁶.

Algunos otros Bancos de Información de interés veterinario son:

BRS (Bibliographic Retrieval Service)

BRS (Servicio de Recuperación Bibliográfico), así como Dialog, puede ser usado como una herramienta por los investigadores veterinarios ya que les permite rápidamente localizar artículos de revistas. De cualquier manera, aunque no es tan extensa en base de datos como Dialog, BRS ofrece algunas ventajas, especialmente a investigadores que trabajan por las tardes (después de las 6 p.m. todos los días). BRS cuenta con un programa especial conocido como **After Dark**, el cual ofrece menores tasas por uso y tiempo de conexión. Por una cuota de \$50.00 dólares y un depósito de \$250.00 dólares, se pueden utilizar los servicios de búsqueda e impresión por tasas que van de \$6.00 dólares hasta \$15.00 dólares por hora extra de la carga usual de acceso. Se recomienda para la búsqueda de abstracts¹⁷.

El horario de operación de BRS After Dark es de 6 pm a 4 am (hora del este) de lunes a viernes; sábados de 6 am a 4 am y domingos de 6 am a 2 pm y de 7 pm a 4 am¹⁸.

A diferencia de Dialog, BRS After Dark, ofrece tanto correo electrónico como BBS (*Bulletin Board Service* = Pizarronas o tableros electrónicos de anuncios)[™].

VCIS (The Veterinary Computerized Information Service)

En 1982, la *Veterinary Information Company* junto con *ITT Dialcom, Inc.*, crearon un servicio único para veterinarios, proveedores veterinarios, investigadores y agencias de gobierno relacionados con los temas de salud animal. Ellos han conjuntado en un sistema amigable no únicamente las bases de datos de Dialog para los Investigadores, el correo electrónico y un BBS, sino también un catálogo para compra de drogas veterinarias y proveedores, ordenamiento electrónico para proveedores veterinarios (mercado electrónico), acceso directo a agencias del gobierno tales como la FDA y USDA, telex alrededor del mundo y más[™].

El catálogo electrónico de la base de datos es conocido como el *Veterinary Stock Finder* y está dividido en dos partes. La primera lista más de 15 000 productos utilizados en la clínica de pequeñas y grandes especies, en la investigación animal o en el análisis de laboratorio. La segunda parte contiene una lista de más de 800 vendedores con sus direcciones y números telefónicos. Esta base de datos es dinámica, permitiendo hacer - a través

del sistema electrónico de solicitud - la solicitud del producto una vez que se reúne la información de este. La compañía indica que un veterinario puede ahorrar por lo menos un 10% en sus compras anuales si lo realiza a través del catálogo de ventas electrónico[™].

Una pequeña serie de comandos le permite tener acceso a todos los artículos de investigación contenidos en Dialog. La ventaja de utilizar VCIS en lugar de otras bases de datos es que este sistema permite ahorrar tiempo y dinero al eliminar varios pasos para contratar los servicios de las otras bases de datos[™].

En los Estados Unidos de América, este sistema permite comunicarse con las oficinas del gobierno de la USDA, la FDA y la Casa Blanca a través de un correo electrónico reduciendo los problemas burocráticos. Estas agencias mantienen informados a los usuarios a través de publicaciones de noticias diarias de importancia referentes a nuevos medicamentos y de inventos liberados, regulaciones, noticias agropecuarias locales y lejanas, y la última información relativa a brotes de enfermedades[™].

Telex (domésticos e internacionales), correspondencia y cablegramas pueden ser fácilmente transmitidos así como recibidos de cualquier parte del mundo, eliminando la necesidad de equipo especial de telex o software

especiales de telex tales como Easylink™.

Veterinary Information Company ha incorporado un servicio conocido como *Travel-Scan* que permite al usuario examinar todos los horarios de las aerolíneas nacionales e internacionales, revisar las tarifas para los vuelos y anotarse en el libro de reservaciones de la aerolínea, hotel, autorenta, y/o crucero. El boleto puede ser enviado a la oficina o a la casa™.

Otro servicio del VCIS es un BBS electrónico privado que contiene varios temas que pueden ser útiles para los veterinarios: *Negocios Agropecuarios*, *Sociedad Americana de Computación Veterinaria*, *Foro de Salud Animal*, *Hardware y Software de Computación* (venta, renta y cambios), *Bolsa de Trabajo*, *Oportunidades de Negocios*, *Mercancías*, la *Society of Veterinary Hospital Pharmacists*, *Especiales*, *Viajes y Foro de Medicina Veterinaria*. Este servicio es manejado completamente por los usuarios mismos, únicamente ellos pueden adicionar, leer o borrar mensajes™.

Hay también la posibilidad de teleconferencias con 200 o más usuarios al mismo tiempo, cada uno compartiendo sus ideas de un tema común. Programas estadísticos han sido incluidos para que el usuario investigador pueda utilizar el poder de las macrocomputadoras para procesar grandes cantidades de datos. Esto ha mostrado ser muy económico; los

datos de varios años colectados para una tesis de maestría, fueron calculados e impresos en 13 minutos. Este proceso costo únicamente \$7.50 dólares™.

El VCIS cobra una cuota de \$495 dólares por ingreso al sistema. Esto da derecho al usuario a acceder todos los servicios disponibles en el sistema. Hay únicamente un cobro de \$0.58 dólares por minuto por uso de computadora. Algunas pocas de las bases de datos que son incluidas llevan un recargo por acceso. Se recomienda revisar directamente con la *Veterinary Information Company* para determinar la mayoría de las tasas actuales y recargos para las bases de datos. No hay un cargo mínimo mensual, así como tampoco un cobro de mantenimiento™.

El sistema funciona los 7 días de la semana y las 24 horas del día. Este sistema puede atender arriba de 20000 llamadas al día sin degradar su eficiencia™.

Una característica única del VCIS es el ofrecimiento gratuito de programas de cómputo de interés veterinario. Un sistema de complemento de conocimiento que auxilia en el diagnóstico, está ahora disponible para descargarse o bajarse a la computadora personal™.

Otro aspecto interesante de este sistema es un tutorial en línea llamado LEARN, el cual lleva al usuario paso a

paso a través de los comandos del correo electrónicoSM.

Para conservar a todos informados, un correo informativo llamado "Telecomputing Topics" es enviado a todos los usuarios, y las noticias de actualidad son enviadas como una base regular por correo electrónico y de 1a claseSM.

EDIS (Electronic Dissemination of Information System)

Creado el 1o. de julio de 1985 por la *Martin Marietta Corporation* y conocido en el campo como EDIS, consiste en información sobre tópicos de agricultura provistos por la USDA. El área de acción de esta base de datos esta dirigida para la gente que trabaja en áreas de manejo y administración de granjas, la industria farmacéutica y mercadotecnia, así como otras formas de negocios públicos quienes hallen en esta una necesidad.

La cobertura de la producción agrícola nacional e internacional es complementada con los precios del grano, carne, leche y pollo. Estadísticas de mercado sobre cada mercancía agrícola, desde alfalfa hasta la lana, e información sobre cada aspecto de las actividades de las granjas, desde subastos hasta el estado del tiempo, esta todo esto si sus intereses se hallan en esta direcciónSM.

Aunque no hay una cuota de ingreso, hay un cobro mínimo mensual de \$150 dólares para sostenimiento del

sistema. La tasa por uso del sistema es de \$12 dólares por hora, más el cargo por acceso y el cargo telefónico de larga distancia a Orlando, FloridaSM.

Otros tres sistemas de bases de datos son importantes mencionarse, principalmente para dar al lector una perspectiva de algunos de los otros servicios que estan disponibles. Aunque ellos no proveen información de salud animal en gran extensión, ellos pueden proveer servicios de negocios y de la vida cotidiana.

COMPUSERVE INFORMATION SERVICE

Compuserve ofrece muchas bases de datos orientadas a su uso en la casa, entretenimiento, negocios, finanzas, computación personal, pizarrón electrónico (BBS) y servicios profesionales que incluyen el *Special Interest Groups* (SIG). Desafortunadamente, el grupo *SIG Veterinary Forum*, fue abandonado debido a carecer de interés para la mayoría de los usuarios. Este SIG fué iniciado sobre la premisa que los veterinarios querían compartir ideas y problemasSM.

El costo de Compuserve es bastante bajo como para permitirse a cualquier persona con una computadora. El costo por uso de este sistema es de \$22.50 a \$35.00 dólares por hora durante el primer tiempo (8 a.m. a 5 p.m. este) y \$5 00 a \$17.50 dólares por hora durante otras horasSM.

THE SOURCE

La *Reader's Digest* tomó el control de esta compañía tempranamente en su formación. Es uno de los servicios en línea más ampliamente usados en los Estados Unidos de América. Es un super kiosco de BBS (pizarrones electrónicos), casa y entretenimiento, noticias, negocios, finanzas, servicios de compras y SIG's¹⁶.

The Source exige un pago mínimo de \$10 dólares por mes, pero las tasas son ligeramente menores que Compu-serve: \$20.75 a \$25.75 dólares por hora de 7 a.m. a 6 p.m. y \$7.75 a \$10.75 dólares por hora después¹⁷.

DELPHI

Esta es una colección interesante de base de datos que incluyen algunas características únicas: un panel de expertos en una variedad de campos quienes pueden responder a diversas preguntas, operaciones bancarias, agenda en línea, un bazar en línea y una puerta al *ITT Dialcom* y a *Dialog*. Las tasas de cargos son menores¹⁸.

Las bases de datos mencionadas proveen información en un amplio rango de tópicos pero operan esencialmente en los Estados Unidos de América. Existen muchas más pero desafortunadamente en México no se ha desarrollado mucho esta tecnología y los bancos de información nacionales son escasos y particularmente orientados a la recuperación de información bibliográfica.

A nivel nacional, en 1985 la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México crea el Banco de Información BIVE, con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)¹⁹.

BIVE

Este Banco tiene como objetivo: localizar, reunir, analizar y difundir la información que se produce en veterinaria en idioma español y portugués, en América Latina, El Caribe, Europa (España y Portugal) y África (Mozambique). Como un instrumento de apoyo a las actividades de estudio, docencia e investigación, así como ayudar a los planificadores responsables en las tomas de decisiones, especialistas en producción o desarrollo y al productor pecuario¹⁹.

Se incluye información proveniente de 150 títulos de publicaciones periódicas, tesis, monografías y literatura no convencional publicadas a partir de 1984¹⁹. Desafortunadamente este sistema no se encuentra disponible para ser utilizado en línea (*online*). Siendo una importante contribución de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM cabe mencionar la destacada labor de la MVZ Ana María Roman.

Como se habrá podido apreciar el mejoramiento tecnológico de las actuales computadoras y el desarrollo de sistemas de calidad para computadoras ha permitido un manejo más eficiente de la información. Sin embargo, todo esto quedaría incompleto sin el desarrollo de otra importante tecnología: la **telemática**. Esta surge de la conjunción de las Telecomunicaciones y la Informática, posibilitando en primera instancia, la Interconexión de computadoras diferentes ubicadas a distancias considerables bajo un novedoso concepto: **Las Redes de Datos**¹⁷².

El objetivo en una Red de Datos es habilitar aplicaciones orientadas al gran público, de tal manera que sus actividades cotidianas se faciliten a través de sistemas de información¹⁷².

Hablar de Telemática significa tocar al menos tres aspectos relevantes en el comportamiento de un país¹⁷²:

- 1) El desarrollo de Redes de Datos Públicas y Privadas.
- 2) La presencia de Bancos y Bases de Datos.
- 3) El desarrollo tecnológico de *software* necesario para su creación. Es cierto que la autodeterminación y la independencia de un país reside en primer lugar en su salud económica y en el consenso social derivado de un bienestar igualitario, pero también lo es que la tecnología en general y

la informática en particular, constituyen los detonadores necesarios.

Para la adaptación, innovación o creación de tecnología de *software* en general y de Sistemas de Información en particular, es necesario tener presente el uso de la computadora y la generación de productos tecnológicos como instrumentos para el tratamiento y difusión de la información, de los cuales se derivan los Bancos de Datos como elementos principales en la gestión institucional¹⁷².

Los sistemas en línea se han enfocado a ofrecer la mayor cantidad de servicios posibles, con objeto de satisfacer no sólo las necesidades de información documental, sino de fomentar la creación de los grandes *gateways*, en los que se enlazan diversas computadoras a través de redes como Infotrac, que en Europa une a más de 400 puertos o computadoras con un mercado actual de 400,000 usuarios; en los Estados Unidos, Easynet, con sede en Filadelfia, accesa en la actualidad a más de mil bancos en todo el mundo¹.

Estos *gateways* permiten el uso de la información a través de un protocolo de acceso e interconexión invisible para el usuario, ofreciendo asistencia técnica las 24 horas del día. Todo ello es posible gracias a los avances obtenidos en los campos de la Inteligencia Artificial, sistemas expertos, almacenamiento óptico y procesamiento del lenguaje natural¹.

Así, por medio de ellos se puede acceder a bancos de información públicos y privados, realizar reservaciones, enviar y recibir mensajes, obtener información turística, llevar a cabo movimientos bancarios internacionales, prestar asesorías de expertos por áreas, hacer compras, adquirir noticias, etc.

Uno de los servicios que mayor importancia han cobrado en el presente es el correo electrónico, cuyo crecimiento anual es de un 25%, con un promedio de 500 millones de dólares anuales de ingresos y 4 millones de buzones tan sólo en los Estados Unidos⁷.

Dentro de los servicios que han puesto en práctica las compañías especializadas en el correo electrónico podemos citar los siguientes: envío y recepción de mensajes, conferencias y boletines electrónicos, conversaciones en línea, transferencia de archivos, publicaciones compartidas, circulación de formas electrónicas, interconexiones con otros correos y telex, intercambio de software, solicitud y traducción de documentos, cursos en línea y agenda electrónica⁸.

Para finalizar, se presenta un pequeño catálogo con la información más importante de los principales Bancos de Información de interés veterinario^{9, 10}:

CATALOGO DE BANCOS DE INFORMACION DE INTERES VETERINARIO

NOMBRE	PAIS	INICIO	RESPONSABLE	ESPECIALIDAD
Agdata Agricultural Commodities Data Base	Canada	1961	<i>Alberta Agriculture, Market Analysis Branch A, 7000, 117th St. 3rd Floor, Edmonton, Alberta, Canada T6 H 1T6.</i>	Agricultura Avicultura Piscicultura
AGEDOR	Francia	1985	<i>Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), 149 Rue de Grenelle 75341 Paris, Cedex 07, Francia.</i>	Nutrición Zootecnia Zootecnia Bovina
AGNET	Estados Unidos de América	1975	<i>University of Nebraska, Lincoln, NE 68583, EUA.</i>	Ovinicultura Zootecnia Bovina
AGREP (Agricultural Research Projects)	Luxemburgo	1975	<i>Commission of the European Communities, DG XIII, Bizmens Jean Monnet, Plateau du Kirchberg, BP 1907, Luxemburgo.</i>	Economía Entomología Nutrición Pescu Sociología Zootecnia
AGRICOLA (Agriculture Online Access)	Estados Unidos de América	1970	<i>National Agricultural Library United States Department of Agriculture, Bethsville, MD 20705, EUA.</i>	Economía Medicina Veterinaria Nutrición Química Sociología
Agricultural Data Bases	Australia	1976	<i>Computer Sciences of Australia, 460 Pacific Hwy, New South Wales, Australia, 2065.</i>	Agricultura Economía
Agriculture Forecast	Estados Unidos de América	1976	<i>Chase econometrics/Interactive Data, 150 Monument Road Bala Cynwyd, PA 19004, EUA.</i>	Agricultura Economía Zootecnia Bovina

NOMBRE	PAIS	INICIO	RESPONSABLE	ESPECIALIDAD
AGRINTER	Sistema Cooperativo Latinoamericano	1972-1986	<i>Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola (IICA)</i> . Apartado Postal 55 2200 Coronado, San José, Costa Rica.	Agricultura Medicina Veterinaria Zootecnia
AGRI (Sistema Internacional de Información sobre Ciencias y Tecnología Agrícolas)	Sistema Cooperativo Internacional	1975	<i>FAO, Centro Coordinador AGRIS</i> . Via Delle Terme Di Caracalla 00100, Roma, Italia.	Agricultura Animales Nutrición Pesca Zootecnia
AGRISTAT	Francia	1984	<i>Ministere de l'Agriculture Service Central des Enquetes et Etudes Statistiques</i> . 4 Avenue de St. Mandé 75750 Paris, Cedex 12, Francia.	Agricultura
AGRI-Markets Data Service (AMDS)	Estados Unidos de América	1983	<i>Capitol Publications, Inc.</i> 1300 N. 17th. Suite 1500 Arlington, VA, 22209, EUA.	Agricultura Zootecnia Bovina
American Veterinary Medical Data Program (AVMDP)	Estados Unidos de América	1964	<i>Association of Veterinary Medical Data Program Participants</i> . College of Veterinary Medicine, Cornell University, Ithaca, NY 14853, EUA.	Economía Laboratorio Clínico Salud Animal
Animal Disease Occurrence (ADO)	Reino Unido	1980	<i>Commonwealth Agricultural Bureaux</i> . Farnham House, Wallingford, Oxon OX 10 8DE, Reino Unido.	Animales Enfermedades Epidemiología
Animal Disease Records System (CARPDS)	Australia	1972	<i>Department of Primary Industries</i> . Animal Research Institute, Fairfield Rd. Yeerongpilly, Queensland 4105, Australia.	Enfermedades Laboratorio Clínico Patología
Animal Health Year Book	Internacional	?	<i>FAO, Fishery Information, Data and Statistics Service</i> . Via Delle Terme Di Caracalla 00100, Roma, Italia.	Salud Animal

NOMBRE	PAIS	INICIO	RESPONSABLE	ESPECIALIDAD
Animal Information File (AIF)	Estados Unidos de América	1981	<i>Oak Ridge National Laboratory, P.O. Box Oak Ridge, TN 37830, EUA.</i>	Laboratorio Clínico
Animal Pathology Index	Estados Unidos de América	1962	<i>Johns Hopkins University, School of Medicine, Department of Pathology, Johns Hopkins Hospital, Baltimore, MD 21217, EUA.</i>	Animales Patología
Animal Toxicology Hotline (TI15-Toxicology Information and Investigation Service)	Estados Unidos de América	1978	<i>University of Illinois, College of Veterinary Medicine, Urbana, IL 61801, EUA.</i>	Contaminación Laboratorio Clínico Toxicología
Aquaculture	Estados Unidos de América	1970	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Data Referral Service, 3100 Whitehaven St. NW Washington, DC 20235, EUA.</i>	Aquacultura Economía Enfermedades
Aquascience Research Group: Drugs and Chemicals used in Fish Medicine (ARG-FISHDRUG)	Estados Unidos de América	1978	<i>Aquascience Research Group, 512 East 12th. Ave. North Kansas City, MO 64 116, EUA.</i>	Enfermedades Farmacología Pesca
Arkansas Animal Morbidity Report	Estados Unidos de América	1916	<i>Epizootic Disease Program, 4815 W. Markham Little, Rock AR 72201, EUA.</i>	Enfermedades Zoonosis
Asia Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts	Sistema Cooperativo	1978	<i>Fishery Information Data, Data and Statistics Service, Via Delle Terme Di Carscalla 00100, Roma, Italia.</i>	Aquacultura Biología Economía Oceanografía Pesca

NOMBRE	PAIS	INICIO	RESPONSABLE	ESPECIALIDAD
Australian Bibliography of Agriculture (ABOA)	Australia	1975	CSIRO, Central Information Service, 314 Albert St. East Melbourne, Victoria 3002, Australia.	Ciencia Animal Nutrición Pesca
Australian National Animal Disease Information System (ANADIS)	Australia	1972	Department of Primary Industry, Bureau of Animal Health, Broughton St. Barton, Canberra, A.C.T. 2600, Australia.	Brucelosis Epidemiología Salud Animal
BIOSIS	Estados Unidos de América	1926	Biosciences Information Service, 2100 Arch. St. Philadelphia, PA 19103, EUA.	Bacteriología Farmacología Inmunología Nutrición Zoología
BIVE	México	1984	Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, Ciudad Universitaria, Circuito exterior C.P. 04510, México, D.F.	Medicina Veterinaria Zootecnia
Bulletin Epidemiologique Mensuel sur la Rage en France	Francia	1968	Centre National d'Etude sur la Rage.	Enfermedades Epidemiología Rabia
CAB Abstracts (Commonwealth Agricultural Bureaux Abstracts)	Reino Unido	1973	Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham House, Wallingford, Oxon OX 10 8DE, Reino Unido.	Agricultura Biología Ciencias Forestales Economía Nutrición
CANCERNET	Francia	1979	Centre National de la Recherche Scientifique, Centre de Documentation Scientifique et Technique, 26 Rue Boyer 75971 Paris, CEDEX 20, Francia.	Epidemiología Estadística Laboratorio Clínico

NOMBRE	PAIS	INICIO	RESPONSABLE	ESPECIALIDAD
Centre National d'Informations Toxicologiques Veterinaires (CNITV)	Francia	1976	<i>École Nationale Veterinaire de Lyon.</i> Marcy l'Etoile 69260 Charbonnières-Les-Bains, Francia.	Toxicología
Chemical Regulations and Guidelines System	Estados Unidos de América	1976	<i>CRC System, Inc.</i> 4020 Willhamburg Court Falls, VA 22032, EUA.	Nutrición Química
Clinton Pathology Unit	Estados Unidos de América	1977	<i>Division of Fish, Game and Wildlife.</i> <i>Clinton Pathology Unit, New Jersey,</i> Box 409, Rd. Hampton, NJ 08877, EUA.	Animales salvajes Enfermedades Epidemiología Laboratorio Clínico
Compton System for Recording Events Affecting Economically Important Livestock (Corel)	Reino Unido	1976	<i>Institute for Research on Animal Disease.</i> Compton, Newbury Berkshire RG10 0NN, Reino Unido.	Bovinos Enfermedades Historia Nutrición
Conferences Papers Index (CPI)	Estados Unidos de América	1973	<i>Cambridge Scientific Abstracts.</i> 5161 River Road Bethesda, MD 20816, EUA.	Investigaciones
Continuous Eco-Pathological Survey in Supervised Ruminants Herds	Francia	1977	<i>Institut National de la Recherche Agronomique, Laboratoire d'Eco Pathologie.</i> 149 Rue de Grenelle 74341 Paris, Cedex 07, Francia.	Patología Rumiantes
CRIS/USDA (Current Research Information System)	Estados Unidos de América	1969	<i>Department of Agriculture, Cooperative State Research Service National.</i> Room 6818, S Building 12th and Independence Ave. Washington, DC 20250, EUA.	Biología Economía Nutrición Recursos Naturales Salud Pública

NOMBRE	PAIS	INICIO	RESPONSABLE	ESPECIALIDAD
Dairy Information System (Dairy)	Reino Unido	1978	<i>University of Reading, Department of Agriculture and Horticulture, Veterinary, Epidemiology and Economics Research Unit, Earley Gate Reading R GG 2 AT, Reino Unido.</i>	Economía Epidemiología Salud Animal Zootecnia
Dairy Science Abstracts (CAB)	Reino Unido	1938	<i>Commonwealth Agricultural Bureau (CAB), Farnham House, Wallingford, Oxon OX 10 8DE, Reino Unido.</i>	Zootecnia Bovina.
Danish Veterinary and Agricultural Library Catalogue (DVTB)	Dinamarca	1979	<i>Danish Veterinary and Agricultural Library, Bulowsvej 13 DK-1870 Copenhagen V, Dinamarca.</i>	Enfermedades Nutrición Salud Animal
Danish Veterinary Services	Dinamarca	1969	<i>Denmark Veterinary Directorate, 21 Frederiks gade DK-1265 Copenhagen, Dinamarca.</i>	Animales domésticos Brucelosis Ovinocultura Salmonelosis Tuberculosis Salud Animal
Defense Pest Management Information Center (DPMIAC)	Estados Unidos de América	1962	<i>Armed Forces Pest Management Board, Walter Reed Army Medical Center, Washington, DC 20012, EUA.</i>	Entomología Pesticidas Toxicología
Department of Agriculture, Vermont	Estados Unidos de América	1945	<i>Department of Agriculture, 116 State St. Montpelier, VT 05602, EUA.</i>	Salud Animal Salud Pública
Dialog	Estados Unidos de América	1972	<i>ABInfoform, Data Courier, Inc. 620 South Fifth St. Louisville, KY 40202-2297</i>	Integra diversas bases de datos bibliográficas

NOMBRE	PAIS	INICIO	RESPONSABLE	ESPECIALIDAD
Divisao de Documentacao e Informacao Cientifica e Tecnica (DIVET)	Portugal	1974	<i>Ministerio da Agricultura e Pescas, Rua Castilho, 36-40 1120 Lisboa, CODEX, Portugal.</i>	Enfermedades Salud Animal Zootecnia
DOCLINE	Estados Unidos de América	1984	<i>National Institutes of Health, National Library of Medicine, Bethesda, MD 20894, EUA.</i>	Salud Animal
Tri Secteurs	Canadá	1977	<i>Data Resources Inc. Data Products Division Headquarters, 1750 K St. NW Suite 1060 Washington, DC 20006, EUA.</i>	Economía Fuerzas
Drug Data Base System	Estados Unidos de América	1977	<i>Anacop Inc.</i>	Farmacología Inmunología
ECOTHEK	Francia	1960	<i>Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région d'Île-de-France, Division Espace Ouvert/Environnement et Division CID, 21-23 Rue Miollis 75732 Paris, Cedex 15, Francia</i>	Agricultura Ecología
EDIS (Electronic Dissemination of Information System)	Estados Unidos de América	1985	<i>Martin-Marinis, Corp. 6801 Rockledge D. Bethesda, MD 20817-1803.</i>	
Edvard Kardelj's University of Ljubljana, School of Veterinary Science	Yugoslavia	1958	<i>Edvard Kardelj's University of Ljubljana, Biochemical Faculty, Indok Service, Krekov Trg 1 61000 Ljubljana, Yugoslavia.</i>	Acuicultura Agricultura Higiene Peces Reproducción Salud Animal

NOMBRE	PAIS	INICIO	RESPONSABLE	ESPECIALIDAD
Emergency Programs Information Center Data Bank (EPIC)	Estados Unidos de América	1973	<i>Animal and Plant Health Inspection Service, Veterinary Services, Emergency Programs Information Center Data Bank (EPIC), 6505 Belcrest Rd. Hyattsville, MD 20782, E.U.A.</i>	Brucelosis Enfermedades Exóticas
Entomology Abstracts	Estados Unidos de América	1978	<i>Cambridge Scientific Abstract, 5161 River Road Bethesda, MD 20816, E.U.A.</i>	Entomología Fisiología Reproducción
Environmental Mutagen Information Center (EMIC)	Estados Unidos de América	1912	<i>Oak Ridge National Laboratory Environmental Mutagen Information Center, Bldg. 9224 P.O. Box y Oak Ridge, TN 37830, E.U.A.</i>	Genética Toxicología
Environmental Teratology Information Center (ETIC)	Estados Unidos de América	1975	<i>Oak Ridge National Laboratory, Environmental Teratology Center, Bldg. 9224 P.O. Box y Oak Ridge, TN 37830, E.U.A.</i>	Genética Animales
Excerpta Medica (Embase)	Holanda	1949	<i>Elsevier Science Publisher, P.O. Box 1527 1000 BM Amsterdam, Países Bajos.</i>	Medicina Farmacología
Farm Bank	Canadá	1965	<i>Datacrown, Inc, 650 McNeill Ave. Willowdale, Ontario, Canadá M2H 2E1.</i>	Agricultura Avicultura Economía Nutrición Zootecnia Bovina
Files for Agricultural Science and Technology Literature (FASTEL)	China	1980	<i>Agricultural Science Information Center, Asic.</i>	Acuicultura Enfermedades Entomología Etiopatología Reproducción Zoología

NOMBRE	PAIS	INICIO	RESPONSABLE	ESPECIALIDAD
Fish Disease Control Center	Estados Unidos de América	1965	<i>Fish and Wildlife Service, P.O. Box 252 Genda WI 54632, EUA.</i>	Peces Laboratorio Clínico Epidemiología
Fish Doctor Clinical Center, Inc	Estados Unidos de América	1974	<i>Fish Disease, Clinic, Hospital and Research Complex, P.O. Box 765 Brandon, FL 33511, EUA.</i>	Peces Enfermedades
Fish Pathology Data Bank	Estados Unidos de América	1981	<i>Department of Agriculture and Consumer Services Florida, Bureau of Diagnostic Laboratories, Florida, P.O. Box 460 Kissimmee, FL 32741, EUA.</i>	Equinos Enfermedades Laboratorio Clínico
Genetic Sequences Databank	Alemania	1977	<i>National Institutes of Health, Bethesda, MD 20894, EUA.</i>	Genética Nucleótidos Vertebrados
Georgia Veterinary Diagnostic and Investigational Laboratory (VDIL)	Estados Unidos de América	1974	<i>University of Georgia, Athens, G.A. 30602, EUA.</i>	Animales Domésticos Enfermedades
Helminthological Abstracts, Series A Animal and Human Helminthology	Reino Unido	1970	<i>Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham House, Wallingford, Oxon OX 10 8DE, Reino Unido.</i>	Biología Humanos Parasitología
Helsekort for Ku (Health Card for Cow)	Noruega	1970	<i>Helsekort for Ku, Utsteinen Giplassen, 2300 Hamar, Noruega.</i>	Zootecnia Bovina

NOMBRE	PAIS	INICIO	RESPONSABLE	ESPECIALIDAD
Hierarchical Retrieval for Management and Networking: Wildlife Data Files (HERMAN)	Estados Unidos de América	1969	<i>Biological Information Service</i> , 3319 Avalon St. No. 14, Riverside, CA 92509, EUA.	Animales Salvajes
Horse	Estados Unidos de América	1925	<i>Bloodstock Research Information Services, Inc.</i> , 801 Corporate Dr. P.D. Box 4097 Lexington, KY 40544, EUA.	Zootecnia Equina
Index Veterinaire Francais	Francia	1978	<i>M.J.L. France</i> , 23 Rue Louis le Grand 75002 Paris, Francia.	Farmacología
Index Veterinarius	Reino Unido	1972	<i>Commonwealth Agricultural Bureau (CAB)</i> , Farnham House, Wallingford, Oxon OX 10 8DE, Reino Unido.	Agricultura Parasitología Patología
Information Systems for Vesicular Disease Surveillance	Brasil	1973	<i>Pan American Foot and Mouth Disease Center (FANAFTOSA) OPS</i> , C.P. 589 ZC 00 Rio de Janeiro RJ, Brasil	Salud Animal Fiebre Aftosa Enfermedades Epidemiología Salud Animal
Institute of Medical and Veterinary Science (IMVS)	Australia	1979	<i>Institute of Medical and Veterinary Science</i> , Frome Rd. Adelaide 5000, Australia.	Laboratorio Clínico Salud Animal
Instituto Colombiano Agropecuario, Oficina de Programación y Evaluación	Colombia	1977	<i>Instituto Colombiano Agropecuario, Oficina de Programación y Evaluación</i> , Calle 37, No. 8-43, Oficina No. 416 Apartado Aéreo No. 7984.	Enfermedades Salud Animal

NOMBRE	PAIS	INICIO	RESPONSABLE	ESPECIALIDAD
Istituto di Malattie Infettive, Prof. Ianni e Polizia Veterinaria	Italia	1978	<i>Università degli Studi di Bologna, Via Zamboni 33, 40126, Bologna, Italia.</i>	Zoonosis Economía Enfermedades
International Cancer Research Data Bank Program (ICRDB)	Estados Unidos de América	1964	<i>National Cancer Institute, Bethesda, MD 20205, EUA.</i>	Oncología Animales Domésticos
International Index of Laboratory Animals (IILA)	Reino Unido	1969	<i>Medical Research Council, United Kingdom, Laboratory Animals Center, Woodmancroft Rd, Carshalton, Surrey, Reino Unido.</i>	Animales de Laboratorio Enfermedades
International Species Inventory System (ISIS)	Estados Unidos de América	1980	<i>Minnesota Zoological Garden, 12102 Johnny Cake Ridge Rd, Apple Valley, MN 55124, EUA.</i>	Genética Animales de Zoológico Fisiología
Iowa State Federal Health Laboratory	Estados Unidos de América	1930	<i>Department of Agriculture, Iowa State Federal Health Laboratory, Henry Wallace Bldg, East 9th and Grand Ave, Des Moines, IA 503219, EUA.</i>	Brucelosis
Korea Animal Health Division	Corea	1948	<i>Battelle Columbus Laboratory, 505 King Ave, Columbus, OH 43201, EUA.</i>	Animales de Laboratorio Enfermedades Patología
Laboratory Management and Disease Surveillance Information System (LIS)	Nueva Zelanda	1973	<i>Ministry of Agriculture and Fisheries, P.O. Box 1296 Wellington, Nueva Zelanda.</i>	Bovinos Enfermedades Epidemiología

NOMBRE	PAIS	INICIO	RESPONSABLE	ESPECIALIDAD
Labtest-Animal Health Laboratory Recording System	Australia	1978	<i>Department of Agriculture Animal Health Laboratory, Inrah RD, South Perth Western Australia 6151, Australia</i>	Laboratorio Clínico Salud Animal.
Massachusetts Large Animal Diagnostic Laboratory	Estados Unidos de América	1955	<i>University of Massachusetts, Paige Laboratory, Amherst, Ma 01003, E.U.A.</i>	Diagnóstico Enfermedades
Meat and Poultry Inspection Program Reporting System	Estados Unidos de América	1977	<i>Department of Agriculture, Food Safety Inspection Service, South Agriculture Bldg, RM 4443 14th and Independence Ave. S.W. Washington, DC 20250, E.U.A.</i>	Aves Higiene Productos Animales Salud Animal
Medline	Estados Unidos de América	1971	<i>National Library of Medicine, Medlars Management Section, 8600 Rockville Pike Bethesda, MD 20209, E.U.A.</i>	Ciencias Básicas Salud Animal
Michigan Animal Disease Toxic Substances Information System	Estados Unidos de América	1973	<i>Department of Agriculture Consumer Protection Bureau, P.O. Box 30017 Lansing, MI 48909, E.U.A.</i>	Productos Animales Salud Animal Toxicología
Minnesota Food Animal Reporting System (MFADRS)	Estados Unidos de América	1971	<i>Livestock Sanitary Board, Minnesota, LL70 Metro Square 7th and Robert St. Paul, MN 55101, E.U.A.</i>	Enfermedades Epidemiología
Mississippi Board of Animal Health and Veterinary Diagnostic Laboratory	Estados Unidos de América	1964	<i>Mississippi Board of Animal Health and Veterinary Diagnostic Laboratory, 2531 N. West St. P.O. Box 4389 Jackson, MS 39216, E.U.A.</i>	Equinos Enfermedades Epidemiología
Mississippi Extension Wildlife and Fisheries	Estados Unidos de América	1969	<i>Mississippi State University, P.O. Box 5405 Mississippi State, MS 39762, E.U.A.</i>	Peces Enfermedades

NOMBRE	PAIS	INICIO	RESPONSABLE	ESPECIALIDAD
Montana Veterinary Diagnostic Laboratory	Estados Unidos de América	1970	Montana Veterinary Diagnostic Laboratory, P.O. Box 997 Bozeman, MT 59715, EUA.	Enfermedades Patología
National Technical Information Service (NTIS)	Estados Unidos de América	1950	Department of Commerce, Washington, DC 20250, EUA.	Multidisciplinario
National Veterinary Index	Reino Unido	1963	Market Investigations, 1 and 2 Berners St. London, W1P 3AG, Reino Unido.	Farmacología
National Wildlife Health Laboratory (NWHL)	Estados Unidos de América	1975	National Wildlife Health Laboratory (NWHL), Hwy Wilson Co. 1655 Linden Dr. Madison, WI 53706, EUA.	Bacteriología Biología Genética Nutrición Zoología
Nebraska SPF Swine Accrediting Agency (Nebraska SPF)	Estados Unidos de América	1960	Nebraska SPF Swine Accrediting Agency, 105 Veterinary Basic Science Building, Fair St. At East Campus Loop Lincoln, NE 68583, EUA.	Porcinos Enfermedades Epidemiología
Nederlandse Veterinaire Index	Reino Unido	1972	Market Investigations, 1 and 2 Berners St. London, W1P 3AG, Reino Unido.	Farmacología
Nevada Animal Disease Laboratory	Estados Unidos de América	1966	Department of Agriculture, Animal Disease Laboratory Nevada, Box 11100 Reno, NV 89509, EUA.	Rabia Epidemiología Patología
New Mexico Brucellosis Computer System	Estados Unidos de América	1976	State Federal Cooperative Laboratory, Box 464 Albuquerque, NM 87103, EUA.	Brucelosis Epidemiología

NOMBRE	PAIS	INICIO	RESPONSABLE	ESPECIALIDAD
New York Fish Disease Control Center	Estados Unidos de América	1933	<i>New York Fish Disease Control Center, 8314 Fish Hatchery Rd. Rome, NY 13440, EUA.</i>	Peces Enfermedades Epidemiología
New York State Department of Environmental Conservation	Estados Unidos de América	1971	<i>Bureau of Environmental Protection, Division of Fish and Wildlife, Department of Environmental Conservation, 50 Wolf Rd. Albany, NY 12233, EUA.</i>	Peces Contaminación
New York Zoological Society	Estados Unidos de América	1972	<i>New York Zoological Society, Bronx Zoo, 185 Th. St. and Southern Blvd. Bronx, NY 10460, EUA.</i>	Animales de Zoológico Laboratorio Clínico Patología
Oklahoma State Federal Brucellosis Laboratory	Estados Unidos de América	1972	<i>Oklahoma State Federal Brucellosis Laboratory, 50 NE 23rd St Oklahoma City, OK 73105, EUA.</i>	Brucelosis Equinos
Oregon Veterinary Diagnostic Laboratory	Estados Unidos de América	1975	<i>Oregon State University, Veterinary Diagnostic Laboratory, Box 429 Corvallis, OR 97330, EUA.</i>	Enfermedades Laboratorio Clínico
Pennsylvania Bureau of Animal Industry (BAI)	Estados Unidos de América	1975	<i>Department of Agriculture, Bureau of Animal Industry Pennsylvania, 2301 N. Cameron St. Harrisburg, PA 17110, EUA.</i>	Enfermedades Salud Animal
Permanent Inventory of Agricultural Research Projects (AGREP)	Dinamarca	1977	<i>Centre for Veterinary and Agricultural Documentation, The Royal Veterinary and Agricultural University, Bulowvej 13 DK-1870, Copenhagen V, Dinamarca</i>	Nutrición Pesca Salud Animal
Pest Doc	Estados Unidos de América	1950	<i>Derwent Publication Ltd, Rochdale House, 128 Theobalds Road, London WC1X 8RP, Reino Unido.</i>	Pesticidas

NOMBRE	PAIS	INICIO	RESPONSABLE	ESPECIALIDAD
PR ANRT Association Nationale de la Recherche Technique	Francia	1955	<i>Association Nationale de la Recherche Technique, 118 Avenue R. Poincaré 75116 París, Francia.</i>	Pesca
Predator Data Base	Estados Unidos de América	1975	<i>Conservation Library, Denver Public Library, 1157 Broadway Denver, CO 80203, EUA.</i>	Zoología Enfermedades
PRE-MED (PREM)	Estados Unidos de América	1974	<i>BRS, 1210 Route 7 Latham, NY 12110, EUA.</i>	Biomedicina
Primate Information Center (PIC)	Estados Unidos de América	1963	<i>Regional Primate Research Center, University of Washington, Seattle, Wa 98195, EUA.</i>	Primates Enfermedades Zoología
Primate Information Management System (PRIME)	Estados Unidos de América	1964	<i>Oregon Regional Primate Research Center, 505 NW 185th Ave. Beaverton, OR 97005, EUA.</i>	Primates Salud Animal
Programa Nacional de Salud Animal, Departamento de Epidemiología (PNSA)	Ecuador	1974	<i>Ministerio de Agricultura y Ganadería, Programa Nacional de Salud Animal, P.O. Box 108 Min. Agricultura Guayaquil 1740, Quito, Ecuador.</i>	Brucelosis Rabia Salud Animal
Protozoological Abstracts	Reino Unido	1977	<i>Commonwealth Agricultural Bureaux (CAB), Farnham House, Wallingford, Oxon OX 10 8DE, Reino Unido.</i>	Parasitología
Proyecto Especial Utilización Racional de la Vicuña	Perú	1967	<i>Proyecto Especial Utilización Racional de la Vicuña (PEURV), Avda. Sta. Cruz 734 Jesús María, Lima 18, Perú.</i>	Vicuña Enfermedades

NOMBRE	PAIS	INICIO	RESPONSABLE	ESPECIALIDAD
Range Management	Estados Unidos de América	1925	<i>The Oryx Press</i> , 2214 North Central At Encanto Phoenix, AZ 85004, EUA.	Zootecnia Bovina Forrajes Economía
Registry of Toxic Effects of Chemical Substances Online (RTECS ONLINE)	Estados Unidos de América	1977	<i>National Library of Medicine</i> , 8500 Rockville Pike Bethesda, MD 20209, EUA.	Química Toxicología Epidemiología
Registry of Veterinary Pathology	Estados Unidos de América	1944	<i>Armed Forces Institute of Pathology</i> , Washington, DC, 20306, EUA.	Patología
RESAGRI	Francia	1974	<i>Caisse Nationale de Crédit Agricole</i> , 91-93 Blvd. Pasteur 75710 Paris, Brune, Francia.	Acuicultura Agricultura Zootecnia
Residue Monitoring System	Estados Unidos de América	1972	<i>Department of Agriculture, Food Safety Inspection Service</i> , South Agriculture Bldg, RM 4443 14th and Independence Ave. S.W. Washington, DC 20250, EUA.	Aves Bovinos Contaminación Pesticidas
Review of Applied Entomology	Reino Unido	1913	<i>Commonwealth Agricultural Bureaux (CAB)</i> , Farnham House, Wallingford, Oxon OX 10 8DE, Reino Unido.	Entomología
ROVIDOC Roche Vitamin Documentation	Suiza	1975	<i>Productos Roche</i> , Av. Universidad 902 Col. Santa Cruz Atoyac 03310, México, D.F.	Farmacología Vitaminas
Rutgers Poultry Health Laboratory	Estados Unidos de América	1930	<i>Rutgers Poultry Health Laboratory</i> , 2569 E. Landis Ave. Vineland, NJ 08360, EUA.	Aves Enfermedades

NOMBRE	PAIS	INICIO	RESPONSABLE	ESPECIALIDAD
Salvet	Alemania	1977	<i>Bundesge Sand Heilsamt, Thielallee 88-92 Postfach 1000 Berlin 33, Republica Federal de Alemania.</i>	Salmonelosis Enfermedades
Schweizerische Tollwat Zentrale (Swiss Rabies Center)	Suiza	1967	<i>Universitat Bern, Vet Bakteriologisches Institut, Langgassstrasse 122 Ch 3012 Berna, Suiza.</i>	Enfermedades
SCISEARCH	Estados Unidos de América	1976	<i>Institute for Scientific Information (ISI), 3501 Market St. Philadelphia, PA 19104, EUA.</i>	Virologia Zoología Ciencia y Tecnología
Servicio de Información sobre Ciencia y Tecnología Acuática y Pesca para América Latina	México	1986	<i>Centro de Información Científica y Humanística (CICH) Secretario de Pesca, Ciudad Universitaria, Circuito Exterior, Universidad Nacional Autónoma de México, CP 04510, México, D.F.</i>	Ciencia y Tecnología Pesca
Servicios de Documentación e Información de Junta Nacional dos Produtos Pecuários	Portugal	1974	<i>Ministerio da Agricultura e Pescas, Direcção Geral dos Serviços Veterinários, Rua Victor Cordeiro 4 Lisboa, 1294 CODEX, Portugal.</i>	Bovinos Enfermedades Productos Animales Salud Animal
Sistema de Recuperación Faunística	México	1985	<i>Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, Ciudad Universitaria, Circuito Exterior, Universidad Nacional Autónoma de México, CP 04510, México, D.F.</i>	Biología Vertebrados
Swine T. B. Fax	Estados Unidos de América	1972	<i>Livestock Conservation Institute, 229 Livestock Exchange Bldg., South St. Paul, MN 55075, EUA.</i>	Tuberculosis

NOMBRE	PAIS	INICIO	RESPONSABLE	ESPECIALIDAD
Telus	Canadá	1981	<i>Université de Montréal.</i>	Anales de Laboratorio Ciencia Animal Enfermedades
Tennessee Veterinary Medical Information Science (VMIS)	Estados Unidos de América	1977	<i>University of Tennessee, Veterinary Teaching Hospital, P.O. Box 1071, Weyland R. Knoxville, TN 37961, EUA.</i>	Enfermedades Laboratorio Clínico
Texas Veterinary Medical Diagnostic Laboratory	Estados Unidos de América	1970	<i>Texas Veterinary Diagnostic Laboratory, Drawer 3040 College Station, TX 77841, EUA.</i>	Enfermedades Salud Animal Epidemiología
Toxicology Data Bank (TDB)	Estados Unidos de América	1974	<i>National Library of Medicine Toxicology Information, 8600 Rockville Pike Bethesda, MD 20209, EUA.</i>	Farmacología Medicina Veterinaria Toxicología
Toxicology Information On-line (TOXLINE)	Estados Unidos de América	1975	<i>National Library of Medicine, 8600 Rockville Pike Bethesda, MD 20209, EUA.</i>	Toxicología Contaminación
Trade and Industry Index	Estados Unidos de América	1969	<i>Information Access Corporation (IAC), 11 Davis Drive Belmont, CA 94002, EUA.</i>	Pesca
TROPAG (ATA)	Holanda	1975	<i>Royal Tropical Institute, Department of Agricultural Research, Manniskade 63, 1092 AD Amsterdam, Países Bajos.</i>	Economía Región Tropical Zootecnia
University of Florida Veterinary Clinical Data Retrieval System	Estados Unidos de América	1979	<i>College of Veterinary Medicine, Box J-136 University of Florida, Gainesville, FL 32610, EUA.</i>	Enfermedades Laboratorio Clínico

NOMBRE	PAIS	INICIO	RESPONSABLE	ESPECIALIDAD
Utah State Veterinary Diagnostic Laboratory Case File	Estados Unidos de América		Utah State University, Veterinary Diagnostic Laboratory, Logan, UT 84319, EUA.	Enfermedades Laboratorio Clínico Salud Animal
U.S. Agriculture	Estados Unidos de América	1951	Chase Econometric/Interactive Data, 150 Monument Road Bala Cynwyd, PA 19004, EUA.	Agricultura Economía Zootecnia
U.S. Census of Agriculture	Estados Unidos de América	1982	U.S. Census Bureau, Washington, D.C. 20233, EUA.	Agricultura Zootecnia
VCIS (Veterinary Computerized Information Service)	Estados Unidos de América	1982	The Veterinary Information Co. Suite 108-110 Brown Rd. Ithaca, NY 14850.	Servicios Múltiples para Veterinarios.
Vermont State Diagnostic Laboratory	Estados Unidos de América	1945	University of Vermont, Department of Animal Pathology, Burlington, VT 05401, EUA.	Laboratorio Clínico Salud Animal
Veterinary Bulletin	Reino Unido	1930	Commonwealth Agricultural Bureaux (CAB), Farnham House, Wallingford, Oxon OX 10 8DE, Reino Unido.	Economía Epidemiología Laboratorio Clínico
Veterinary Investigation Diagnosis Analysis II (VIDA II)	Reino Unido	1975	Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Central Veterinary Laboratory Epidemiology Unit, New Haw, Weybridge Surrey, KT 15 3NB, Reino Unido.	Animales Domésticos Aves Salud Animal
Veterinary Research Department (VRD Mogoga)	Kenia	1954	Kenya Veterinary Research Department, P.O. Box 32 Kakuyu, Kenya.	Laboratorio Clínico

NOMBRE	PAIS	INICIO	RESPONSABLE	ESPECIALIDAD
Virus Data Bank (VRDB)	Alemania	1979	<i>World Health Organization Collaborating Centre (WHO), Koernigstr. 49, 8000 Munich 22, República Federal de Alemania.</i>	Virología
Wharton Econometric Data Base, Agricultural Model	Estados Unidos de América	1982	<i>Wharton Econometric, Forecasting Associates, 3624 Science Center, 3rd Floor Philadelphia, PA 19104, EUA.</i>	Agricultura Zootecnia
Wisconsin Central Animal Health Laboratory (CAHL)	Estados Unidos de América	1970	<i>Wisconsin Central Animal Health Laboratory, 6101 Mineral Point Rd. Madison, Wy 53705, EUA.</i>	Laboratorio Clínico Salud Animal
World Agriculture Supply and Disposition (WASD)	Estados Unidos de América	1977	<i>Chase Econometrics/Interactive Data, 150 Monument Road Bala Cynwyd, PA 19004, EUA.</i>	Zootecnia Agricultura
World Patents Index (WPI)	Estados Unidos de América	1981	<i>Derwent Publications Ltd, Rochdale House, 128 Theobald Road, London WC1X 8RP, Reino Unido.</i>	Multidisciplinario Farmacología Química
Zoological Society of San Diego	Estados Unidos de América	1965	<i>Zoological Society of San Diego, Box 551, San Diego, CA 92112, EUA.</i>	Animales de Zoológico Farmacología Química
Zoonoses Order Data	Reino Unido	1980	<i>Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Central Veterinary Laboratory, epidemiology Unit, New Haw, Weybridge Surrey, KT 15 3NB, Reino Unido.</i>	Animales Domésticos Salmonelosis Zoonosis

CAPITULO VI

PROCESAMIENTO DE TEXTOS POR COMPUTADORA

En este capítulo se presentará una introducción a un tópico avanzado de computación: el Procesamiento de Textos Médicos por computadoras. Señalando la importancia que tiene el desarrollo de estas técnicas en el avance de la medicina veterinaria y la zootecnia.

En el capítulo anterior se ha presentado la situación de la gran cantidad de información que se genera diariamente y la necesidad de utilizar las computadoras para su manejo. Uno de los puntos que más se remarcaron fué el de la información bibliográfica y cómo las grandes computadoras ayudan a la creación de los Bancos de Información. Ahora será necesario que se aborde un tópico avanzado de computación: el Procesamiento de Textos. Muy ligado al tema de Procesamiento de Lenguaje Natural y al de Lingüística Computacional^{127, 128}.

Es importante que no se confunda el Procesamiento de Texto con el Procesamiento de Palabras. Los procesadores de palabras fueron presentados y estudiados en el capítulo tres de este escrito y su objetivo es el facilitar la elaboración de escritos para obtener impresos con una gran calidad en su presentación. Mientras que el **Procesamiento de Texto** es otro concepto muy diferente.

Para comprender la idea e importancia del Procesamiento de Texto Médico imagínese a un médico veterinario que utiliza su computadora personal para acceder a los más importantes Bancos de Información de todo el mundo y conseguir todas las referencias bibliográficas de los tres últimos años sobre el tema que está investigando. Finalmente una vez que ha conseguido todas las referencias se pone empeñosamente a conseguir todos los artículos. Cuando por fin tiene un buen paquete con todos los artículos

comienza entonces la tarea de leerlos (en sus diferentes idiomas) y sintetizar o extraer los datos relevantes de cada uno de ellos. Desafortunadamente el médico se dará cuenta de que, conforme va leyendo los artículos, mucha de la información se repite y cuesta mucho tiempo encontrar información nueva y relevante. Convirtiéndose esto en un verdadero reto a la paciencia y a la perseverancia.

Ahora imagínese una computadora que fuera capaz no sólo de dar las referencias bibliográficas sino que también de "leer" los artículos y presentar un informe final con toda la información importante y actualizada, sin redundancias ni pérdidas de tiempo. Precisamente esta es la idea del **Procesamiento de Texto** por computadora.

Sumergido, como se encuentra el mundo actual, en una era de Bases de Datos y grandes Bancos de Información, quizá no se percibe que el esfuerzo de buscar la información está todavía en nosotros mismos, todavía no se cuenta con "bases de datos inteligentes" a las que se les pueda preguntar o consultar en un lenguaje llano la información que se desea, sin tener que aprender lenguajes especiales que muchas veces limitan, y obteniendo la información de una manera ideal¹²⁷.

Muchos profesionales de la Inteligencia Artificial creen que la tarea más importante que puede resolver la

Inteligencia Artificial es el procesamiento del lenguaje natural. La razón de esta creencia es que, una vez realizado, el procesamiento del lenguaje natural abre la puerta a los diálogos directos hombre-computadora, lo cual sobrepasaría el protocolo normal de la programación y del sistema operativo. Esto significa que una vez que una computadora pueda comprender y hablar el lenguaje humano, entonces no habrá necesidad de que la mayoría de las tareas fuesen programadas por ingenieros de software¹⁴.

La clave de este asunto reside en la palabra ENTENDER; se quiere que una computadora entienda lo que se le dice o escribe para que posteriormente de la información de una manera inteligente¹⁷.

Es precisamente sobre los esfuerzos que se han hecho para contender con este reto de lo que tratará este capítulo, con la intención de brindar los elementos necesarios para que los investigadores veterinarios interesados en el tema puedan iniciar algunos experimentos.

Hace 30 años aproximadamente que se inició la aventura del Procesamiento de Textos Médicos por computadoras. Sin embargo, durante estos años la gran mayoría de los médicos, incluyendo a aquellos que se dedican a la Ciencia de la Información Médica, lo miran como una pequeña subdisciplina de la computación médica,

técnicamente interesante, pero ligeramente tangencial, con potencialidad para el futuro lejano. Sin embargo, esta situación está sufriendo un dramático cambio ya que ahora, el procesamiento del lenguaje natural y en particular el procesamiento del texto libre, se ve cada vez más como una disciplina central para el desarrollo de la Ciencia de la Información Médica^{18,19}.

No es extraño que el procesamiento de textos médicos sea un tópico que muchos médicos no entienden y que ni siquiera lo consideren como algo interesante. Con frecuencia son confundidos los procesadores de palabras con los procesadores de textos. En lugar de pensar que el procesamiento de textos médicos conduciría a elaborar mejores historias clínicas o permitir alguna investigación partiendo de textos médicos, sólo se piensa en que el texto este limpio, bien escrito y de alguna manera organizado. En realidad una primera aspiración consiste en organizar el texto médico antes de meterlo a la computadora. Esta es una de las tendencias más importantes que existe todavía y que justifica, en cierta medida, la organización del texto médico en forma de machotes^{19,20}.

El problema de analizar el texto médico no se consideraba muy importante porque no se percibía la explosión tan grande de información médica que ocurre a nivel de publicaciones, expedientes, registros, historias clínicas, reportes de

laboratorio, etcétera. La cantidad de papel que se maneja por paciente es cada vez mayor y, si a esto se agrega que también se tiene que manejar cada vez más información bibliográfica de todo tipo (libros, reportes internos del hospital, manuales que los hospitales producen, etc.), se está frente a una explosión de información que hace que el problema de manejar el texto médico se torne prioritario¹²⁸.

Ya no es un asunto trivial decidir que se va a hacer con el texto médico, no es ya más una posición futurista. Sobre todo si se piensa, por ejemplo, en el problema de la recuperación de los conocimientos contenidos en los textos y no nada más en la recuperación de títulos y palabras claves.

¿Qué se va a hacer con esta explosión de información?, ¿Qué hará el estudiante de medicina frente a ella?, ¿Se condenará al estudiante a que sólo lea los textos que se le puedan proveer o se le pedirá que consulte todo lo que se produce?

Si se le pidiera a un estudiante que consulte todo lo que hay, por ejemplo, sobre Parvovirus Canino o Síndrome Ascítico en pollos de engorda, ni siquiera podría conseguir todos los artículos más recientes, por ejemplo de los últimos dos años; pero aún cuando los consiguiera no tendría tiempo suficiente para leerlos¹²⁹.

A pesar de que esto parece una "ansiedad" de Ciencia Ficción, existen

personas que ha tomado muy en serio el problema y se han planteado para sí el reto de hacer algún sistema que permita, de alguna manera, llevar la información pertinente al individuo que la necesita lo más rápido posible¹³⁰.

Los progresos en el procesamiento del lenguaje natural estimulan los progresos en el aprovechamiento de la información médica permitiendo mejorar la adquisición de datos, el análisis de la información y el acceso a los conocimientos médicos. Por eso en este capítulo se examinarán algunas de las aplicaciones clásicas de las técnicas de procesamiento de textos en medicina haciendo particular énfasis en la relevancia de estas aplicaciones en la ciencia de la información médica¹³¹⁻¹³².

Para el desarrollo del tema se han retomado las principales ideas del artículo "*Text processing in medicine and medical information science*" escrito por A. R. Shapiro y publicado en MEDINFO 83¹³³. El tema que desarrolla el autor no es fácil de comprender porque se requieren una gran cantidad de antecedentes por lo que se ha tratado de presentar los trabajos más importantes complementándolos con los antecedentes que permitan al lector asimilar la idea general de estos.

ADQUISICION DE DATOS

El primer aspecto que se debe considerar cuando se quiere procesar un texto médico es el de la adquisición

misma de los datos, esto implica determinar dos aspectos: ¿Cuáles son los datos importantes de un texto médico que deben ser capturados? y ¿Cómo obtenerlos?^{129, 130}.

No es necesario profundizar demasiado en el tema de la importancia de los datos en medicina veterinaria, baste recordar que en el campo de la salud animal los datos detallados son un prerequisite debido a que los planes de acción de las distintas instituciones públicas y privadas se basan en los datos obtenidos, ya sea para la planeación o la administración de los sistemas médicos y de las explotaciones pecuarias.

Así, la posibilidad de obtener los datos más importantes de las publicaciones médicas, de los diagnósticos médicos, de las observaciones o comentarios registrados en las hojas de progreso, por ejemplo, y procesarlos por medio de sistemas automatizados constituirá, sin lugar a dudas, una importante fuente de información¹³¹.

Históricamente, la adquisición de datos no ha sido fácil, siempre ha representado un trabajo arduo y tedioso. En un principio se pensó en formas preimpresas que solamente tienen que ser llenadas por los médicos o encargados. Sin embargo, los médicos han mostrado renuencia a tener que llenar formas o cuestionarios de varias páginas, o a cualquier sistema que le implique meter sus

datos cifrandolos de una manera meticulosamente precisa, ya que esto entorpece su trabajo y hace que pierda concentración en el problema que esta atendiendo. Sin embargo, la necesidad de tener datos precisos es imprescindible para el funcionamiento de los sistemas médicos y explotaciones pecuarias, por lo que a pesar de todo la tendencia de los médicos ha sido dirigida hacia el uso de machotes o formatos^{132, 133, 134}.

Pero la organización del texto médico en forma de machotes deja mucho que desear porque el llenar un machote implica en cierta manera desentenderse de la responsabilidad de preguntar y adquirir los datos más relevantes para algunos casos. Por lo que a pesar de que con el sistema de machote se tiene un texto médico muy nítido, muy automatizable y fácil de recuperar como sucede con los típicos registros de producción, puede no contener toda la información importante¹³⁵.

Por otro lado, la contraparte de esto ha sido el introducir en la computadora el texto médico en forma de texto libre, permitiendo la introducción de toda la información, quedando todo lo valioso dentro del texto sin perder nada, pero entonces el problema es que recuperar la información importante de este texto es extraordinariamente difícil, ya que existen muchas formas permisibles de expresar una misma idea a pesar de que se use el lenguaje médico¹³⁶.

De esta manera el problema del procesamiento del texto médico oscila entre estos dos extremos; por un lado el tratar de estructurar el texto médico antes de meterlo a la computadora a través de machotes o a través de métodos en los que la computadora pregunta los datos (machotes computarizados); y por otro lado la idea de dejar que el médico ingrese al sistema de información con un texto en lenguaje natural^{19,20,44,80,241,170,182}.

Machotes Computarizados

La computadora misma puede servir para estructurar el texto médico de entrada en lo que se podría llamar "machotes computarizados". Aquí se puede citar un sistema muy famoso desarrollado por Weed, el padre de la idea de la historia clínica orientada a problemas. El autor toma los datos clínicos a través de un sistema de menús, de tal manera que las elecciones del menú aparecen en la pantalla y el médico o la enfermera que este haciendo la toma de datos, simplemente indica cuál es su opción^{27,129,182}.

Una vez que ha señalado su elección, el sistema produce otro menú relacionado con el anterior y vuelve a tomar la elección para producir otro menú (en forma de menús ramificados) y así sucesivamente hasta que se completa la historia clínica. El sistema es un machote gigantesco manejado por una computadora¹⁸⁰.

Es un machote tan grande que en papel sería imposible seguirlo a través de páginas. Imagínese por ejemplo: diga si el individuo tiene la edad entre 0 y 3 meses, o si está entre 3.1 y 5 meses, etc. Ahora si se eligió que el individuo tiene tal edad, salte hasta la página XX y allí comience con otro machote y así sucesivamente. Una computadora puede ser muy eficiente para hacer esto, pero como se mencionó anteriormente el texto preprocesado puede perder información, porque generalmente hay información muy sutil que se encuentra embebida en el lenguaje y que puede ser importante.

Palabras Índices (keywords) y similares

Un intento de manejar la literatura de publicaciones periódicas de una manera más conveniente ha sido el uso de Palabras Índice o Palabras Clave. Como las que se establecen en las revistas de "cierto prestigio" en las que se tiene que escribir las palabras claves con las que se quiere que el artículo quede registrado. De esta manera, para los sistemas de recuperación de información: un artículo no solamente consta en cuanto a su registro del título, de los autores y del tema, sino también de las palabras claves que se señalaron como importantes. Esto permite que si de alguna manera el título desorienta al sistema de búsqueda, las palabras índice lo reorienten. Desafortunadamente esto también es un

esfuerzo de poco alcance para la solución del problema^{128, 129}.

Otro sistema similar al anterior consiste en transformar los datos capturados por el médico a palabras estandarizadas que se encuentran en una lista de nomenclatura aceptada; esta forma facilita el procesamiento automatizado no sin alguna pérdida de la riqueza en la información original^{128, 130}.

Texto Libre

Finalmente el método que se ha utilizado con mayor aceptación por parte de los médicos, es la captura en texto libre. Aunque hay muchos sistemas que tratan de utilizar texto libre (desde los muy simples hasta los muy complejos), para la adecuada obtención de los datos importantes requieren de técnicas muy sofisticadas¹³¹.

La utilización de texto libre hace que mucha información importante tenga un carácter sutil y que tome distintos matices dependiendo de la expresión. El problema aquí es que el sistema, al tratar de adquirir la información del texto, puede perderla o cambiarle el sentido; por ejemplo, el concepto "dolor de pecho, subesternal, de tipo compresivo que se irradia hacia la espalda y al brazo izquierdo", al momento de ser procesado por el sistema podría quedar simplemente como "dolor en el pecho presente", empobreciendo con esto la información. Esto es debido a que son

muchos los conceptos difíciles de definir de una manera rigurosa lo cual los hace muy difíciles de coleccionar de una manera estructurada^{128, 132}.

Una cita interesante que puede ilustrar los esfuerzos que se han hecho para contener con estos problemas es el sistema de registros médicos automatizado SCAMP¹³³. Este sistema almacena breves declaraciones narrativas en forma de texto libre, incluyendo los registros médicos y las notas de progreso. A continuación el sistema adquiere los datos más importantes del texto por transcripción de las notas dictadas por los médicos. La información concerniente a los problemas del paciente y las drogas utilizadas, son procesadas inmediatamente y estructuradas por la computadora; el restante texto libre es almacenado para un procesamiento posterior. Utilizando este sistema en varias unidades ambulatorias de medicina familiar de los EUA, se han coleccionado más de 500 000 problemas de más de 60 000 pacientes atendidos en un periodo mayor de 8 años^{134, 135}.

Los progresos en los métodos para el procesamiento de textos libres en medicina permiten ir abandonando las formas estructuradas de adquirir datos y desarrollar formas más libres que permitan adquirir los datos de una manera más racional¹²⁸.

REPRESENTACION DE DATOS

Ya se ha abordado brevemente el tema de la adquisición de datos, ahora se tratará sobre su representación. Una buena representación tiene el propósito de favorecer la precisión y la brevedad, facilitar el procesamiento computarizado, así como evitar la ambigüedad.

La representación de los datos en medicina ha tenido un fuerte impulso en el sentido de tratar de representar los datos de una manera cifrada*, ejemplo de esto son los sistemas ICD y OXMIS^{18,85,120,162}.

Como una alternativa al sistema de recuperación que se basa en el cifrado, existen los sistemas basados en listas de sinónimos para la creación de una nomenclatura estandarizada como SNOMED y SNOVET^{19,85,120,162,176}. Estos sistemas estandarizan todas las palabras del texto en otras aceptadas por el sistema para su almacenamiento y posterior recuperación.

El texto libre es almacenado en un archivo provisional de donde va tomando cada palabra y busca, de una lista contenida en su memoria, la palabra sinónimo aceptada por el sistema. Se podría decir que en realidad estas listas permiten estanda-

rizar la nomenclatura del texto antes de almacenarlo de manera definitiva. Esto permite al sistema manejar con más facilidad la información contenida en los textos y parece ser que tiene mayor precisión que el sistema de cifrado^{19,85,120,162}.

Por lo general se emplea un término lo más concentrado posible; así por ejemplo, en lugar de utilizar: dolor de cabeza, se prefiere emplear un término corto que quiera decir lo mismo, como: "cefalea"¹⁷⁹.

Existe un sistema, el sistema SNOP (*Standard Nomenclature of Pathology*). Este es uno de los más famosos sistemas de cifrado que existe y fue desarrollado por una de las más poderosas instituciones de salud del mundo, el *National Institute of Health* (NIH). Este sistema permite el cifrado de descripciones diagnósticas expresadas en lenguaje natural porque el sistema toma un reporte anatomopatológico y no solamente va a cifrar las palabras ya establecidas en una lista (con las cuales reproducirá este reporte), sino que el programa desarrolla un análisis "morfosemántico" de las palabras individuales de cada frase del reporte, con el objeto de extraer el significado completo de una palabra (tomando en cuenta tanto el significado común de la palabra como el de las acepciones anexas, semánticamente). Finalmente, el sistema produce un reporte en una forma estandarizada que consiste en

* Cifrar quiere decir meter en forma de clave o de cifra = número o abreviatura; y se va a utilizar como sinónimo de la palabra inglesa coding.

una descripción Topográfica, seguido de una descripción Morfológica, continuada con una descripción Etiológica y que concluye con las alteraciones Funcionales del proceso patológico. Esta secuencia lo ha valido el nombre de forma TMEF^{128,129}.

Para ejemplificar de qué se trata, considérese un texto libre en el cual las palabras primero fueron traducidas a una forma estandarizada (SNOP) y después aparecen en la forma TMEF. El resultado sería como se ve a continuación¹²⁸:

- Topología; "paciente afectado del tercio superior del muslo, cara X o región Z".
- Morfología; "tumor de naturaleza muscular" (pudiendo extenderse hasta detalles de morfología microscópica).
- Etiología; "es un micoma, se identifico el hongo tal como productor del tumor".
- Funcional; "que produce una invasión del sistema venoso local produciendo edema en el resto del sistema".

Notese lo complejo del problema ya que esto está expresado de una manera que no es como se dijo, sino que estaba expresado de una manera natural por un patólogo. Las palabras del patólogo fueron transformadas primero en las palabras correspondientes en los estándares de la SNOP, y después se organizó el reporte en una forma TMEF. Este sistema facilita la recuperación de la información sobre todo para fines de investigación^{128,129}.

Sin embargo, según el propio Shapiro, existen problemas, ya que esta información a pesar de ser tan laboriosamente producida, presenta situaciones raras como ésta: Cuando con este tipo de archivos se pide información sobre un dato particular, a veces hay que consultar hasta 75 reportes para encontrar uno que sea relevante. Entonces, lo que parecía tan bien preparado no lo es tanto: todavía no es una solución adecuada para el problema¹²⁹.

Se proponen en la literatura una gran cantidad de soluciones supuestamente mejores, de muy distinto tipo, para tratar de contender con esto.

En la década de los sesenta el *Roswell Park Memorial Institute* trabajó en un sistema de cifrado de textos libres basado en el análisis sintáctico elemental de las sentencias¹³⁰, este trabajo ha sido seguido por el proyecto LSP (*Linguistic String Project*) de la Universidad de Nueva York; en él se realiza el cifrado automático de textos libres obtenidos por medio de cuestionarios estructurados aplicando métodos de procesamiento sintáctico extensivo. Sus trabajos indicaron que más del 85% de los párrafos pudieron ser cifrados correctamente por la computadora partiendo de descripciones en lenguaje natural¹³⁰.

Aunque los sistemas de cifrado automático ofrecen la ventaja de permitir a los médicos expresar sus diagnósticos en lenguaje natural, una

falta de consistencia en el cifrado puede crear la ilusión de precisión cuando no existe.

El problema del cifrado tiene también otro inconveniente que ya no tiene que ver con la informática médica, sino con la medicina misma: los sistemas de cifrado e indexado tienen un efecto restrictivo ante los rápidos cambios en las disciplinas médicas; es decir, si se establece un sistema de cifrado, por ejemplo para las entidades nosológicas, se está forzando, de alguna manera, a meter en este cifrado todo lo conocido y si de repente las cosas cambian y se dividen las entidades o se fragmentan las clasificaciones por necesidades de trabajo, o bien aparecen nuevas entidades, entonces alguna información está quedando perdida. Este y otros problemas han hecho pensar a quienes trabajan en el campo de procesamiento de textos si es importante o no cifrar el texto^{138, 142}.

La otra alternativa es no cifrar, pero ¿cómo recuperar la información sin cifrar? Esa es la gran pregunta para cualquier investigador ya que si estas técnicas están produciendo tales desajustes, entonces evidentemente lo que se tiene que hacer son sistemas mucho más poderosos en los cuales se pueda recuperarse la información sin tener que cifrarla¹³⁹.

ESTRUCTURACION DEL TEXTO

El problema de estructurar es diferente al problema de representación de la información. Aquí lo que se pretende es cambiar la forma en que está expresado el texto libre para el mejor uso; las palabras no se van a cambiar ni a transformar; lo que se pretende esencialmente es reestructurar el texto para poder presentarlo de una manera que facilite su comprensión y a la vez el procesamiento automatizado del contenido, aunque se puede considerar que lo mencionado en los puntos anteriores es en cierto modo una estructuración¹⁴⁰.

Desde el punto de vista histórico, las primeras estructuraciones de texto libre que se hicieron fueron muy importantes porque hicieron surgir los problemas serios de la estructuración, y algunas de las soluciones dadas no sólo permitieron entender un poco más el problema sino que fueron tan eficientes que todavía se usan¹³⁸.

A continuación se hablará de una técnica de estructuración (ya antigua) llamada KWIC (*Keyword In Context*). Esta técnica permite buscar dentro de los textos simples palabras claves para localizar los textos o fragmentos relevantes de un texto, pudiendo comparar estas palabras claves con una lista de sinónimos, manejando el texto libre de manera circular^{140 139 144}.

La técnica KWIC ha probado ser extraordinariamente poderosa, incluso actualmente continúa sirviendo en la *National Library of Medicine Hepatitis Knowledge Base*. La interfase del lenguaje natural del sistema ITEMS actúa como la interfase entre el usuario y la Base de Conocimientos sobre Hepatitis de la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos de América, basándose en la técnica de palabras claves propuesta en KWIC¹⁸.

¿En qué consiste el sistema KWIC? La idea es manejar el texto que se va a consultar de una manera circular. Para ilustrar lo anterior obsérvese el siguiente ejemplo: "Causas de cáncer uterino cervical.". Este texto en forma circular aparecería en diversas formas¹⁹:

- "Causas de cáncer uterino cervical."
- "de cáncer uterino cervical. Causas"
- "cáncer uterino cervical. Causas de"
- "uterino cervical. Causas de cáncer"
- "cervical. Causas de cáncer uterino"

Sin embargo, en cualquiera de las formas en que se puso el texto, éste puede ser reconstruido mentalmente, ya que se sabe que el punto o cualquier otra marca indica cual es el inicio.

La ventaja de un texto libre en forma circular es que permite entrar al texto por cualquier palabra, para lo cual el sistema crea un gran diccionario con los textos organizados así, de modo que permita identificar y consultar todos los que contengan tal palabra o tal grupo de palabras^{19, 18}.

El sistema lo que hará es ir descomponiéndolos por palabras y ver si la palabra que tiene en turno corresponde a la que se está buscando y si además están las otras palabras que lo restrinjan. Una vez que ha encontrado el texto que cumple con las condiciones lo imprime y continúa revisando los otros textos contenidos en su memoria, hasta haberlos revisado todos¹⁹.

De esta manera se podría pedir el listado de todas las palabras que comienzan con C o de los títulos que contengan la palabra Cáncer, por ejemplo. Una vez localizada la palabra clave imprime el texto completo.

De cualquier manera es fácil producir ejemplos para los cuales el uso de búsqueda en textos circulares puede no ser adecuado, por ejemplo a un sistema de texto circular le sería muy difícil distinguir entre las peticiones "Lista de causas de anemia" y "Lista de causas de la anemia", debido a que el sistema de escudriñamiento de palabras claves atiende sólo a la presencia o ausencia de un concepto¹⁹.

Hay algunas técnicas interesantes que permiten depurar algunos problemas: se pueden tener sistemas que busquen por raíces, es decir que se puede dar una raíz y el sistema buscará las palabras que contengan esa raíz, presentando el texto completo en donde se encontró la palabra con esa raíz, por ejemplo la raíz *cardio*. Sin

embargo, se pueden encontrar varios problemas por ejemplo si se quisiera utilizar la raíz "La", se tendrían problemas porque la palabra "La" también se utiliza como un artículo determinado y al hacer la petición de búsqueda el sistema si no es capaz de distinguirlo entonces proporcionará una gran cantidad de información inservible. Para evitar este problema se han utilizado distintas técnicas como la de tener una lista de palabras prohibidas o que palabras menores de cierta cantidad de letras no puedan ser consultadas¹²⁸.

Estos sistemas tienen muchas ventajas porque tiene toda la información disponible tal y como se puso en el texto, pero tiene la gran desventaja de que no se puede a veces captar fácilmente ciertos detalles importantes del texto porque el orden de la palabras es importante. Si tres palabras en distinto orden pueden decir cosas muy diferentes entonces al consultarse pueden dar cosas inútiles, que no tienen sentido¹²⁹.

KWIC representa un ejemplo muy claro de una vieja técnica para estructurar datos, que ha funcionado y sigue funcionando.

En realidad la reestructuración de textos por estos caminos se ha abandonado porque no captan el contenido esencial de los textos médicos escritos en lenguaje natural.

Otra cosa que se ha intentado es lo que se llamaría el **Análisis Sintáctico del Texto**, es decir, identificar las partes del texto. Este es un aspecto fundamental y para eso se han elaborado gramáticas muy complejas que permiten analizar sintácticamente un texto¹³⁰.

El sistema **SCAMP**¹³¹ es un ejemplo de un sistema de procesamiento de textos diseñado para reconocer la presencia o ausencia de conceptos expresados en frases nominales. Los programas que trabajan en este sistema necesitan de un diccionario de palabras claves, sus sinónimos y los distintos significados que puede adquirir dependiendo de la frase¹³².

El sistema **SCAMP** esta compuesto de una colección de reglas heurísticas que le permiten la identificación adecuada de si un concepto puede ser señalado como ausente o presente en una sentencia.

El primer mecanismo importante para entender un texto es primero analizarlo sintácticamente. Lo que se pretende con este análisis sintáctico es determinar en dónde está el objeto de las frases, en dónde está el verbo, en dónde está el complemento, si el complemento es directo o indirecto, etcétera. Todo eso se debe saber antes de tratar de entender lo que el texto dice, porque sería muy difícil que entendiera un texto si no se sabe a quién se refiere. Todo esto es posible

determinarlo mediante reglas sintácticas^{129, 130}.

Por ejemplo, se puede decir que el objeto es: Hipócrates, el Padre de la Medicina, y entonces se sabe que todo se está refiriendo a él. Una vez identificado el objeto, se necesita saber cuáles es el verbo y cómo está afectando al objeto. También se necesita identificar dentro del texto cuál es el complemento y qué tipo para poder captar el verdadero significado de la oración¹³⁰.

Sin embargo, las técnicas que permiten interpretar la relación de los eventos en el tiempo, asignar modificadores, identificar lo referente a los pronombres, resolver ambigüedades sintácticas, interpretar los componentes nominales, expandir las expresiones metonímicas, etcétera, implican un nivel más amplio y avanzado de dificultad del procesamiento de texto, para lo cual se necesitan desarrollar gramáticas más complejas combinadas con una gran variedad de procedimientos heurísticos¹³⁰.

Ejemplo de programas gramaticales que han sido aplicados a los textos médicos son el programa **DIAGRAM** desarrollado por SRI Internacional y **GRAMA** desarrollado por el proyecto LSP de la Universidad de Nueva York^{129, 130, 132}.

El grupo del proyecto LSP, encabezado por el Dr. Naomi Sager, ha

enfocado su trabajo al procesamiento de textos médicos sencillos. La técnica utilizada para estructurar la información contenida consta de una secuencia de 4 pasos^{131, 129, 132}:

1. *Parsing* o segmentación en unidades sintácticas.
2. Regularización sintáctica.
3. Formateo de la información.
4. Normalización del texto.

1. PARSING: Consiste en segmentar una sentencia en sus unidades sintácticas elementales, determinando el rol gramatical de cada palabra, como sujeto, verbo, complemento, etc. Los *parsing* o analizadores están basados en reglas gramaticales y requieren de un léxico médico el cual clasifica las palabras de acuerdo tanto a su clase semántica como a su clase sintáctica (por ejemplo: Parte del cuerpo, Nombre de una enfermedad, síntoma o signo, etc.)^{131, 129, 132}.

La palabra *parsing* se encontrará muy frecuentemente de aquí en adelante ya que es una palabra consagrada dentro de la jerga de la informática. Existen sistemas que se llaman *parsers*, que determinan hasta en una secuencia de caracteres dónde se encuentran X partes; así, los *parsers* no solamente se refieren a *parsers* sintácticos gramaticales sino que un *parser* puede ser en general una estructura cualquiera que define dónde están ciertas partes conceptuales. Los *parsers* son

herramientas de computación muy antiguas¹²⁸.

Para tener una idea más clara de cómo funcionaría un *parsing* se puede representar ésta estructura como un nodo y un arco, y lo que se va a definir o analizar es una sentencia o enunciado. De esta manera, una vez que llega el texto al nodo éste funciona como un filtro; si el texto atraviesa sin atorarse quiere decir que se trata de un enunciado. Se pueden imaginar los nodos como filtros que permiten que el texto pase solamente si cumple con ciertas condiciones¹²⁹.

Cuando se tienen varios *parsers* unidos en forma de red se pueden realizar análisis verdaderamente complejos. Así, se puede suponer que se tiene un registro que llega al primer nodo, el cual determina si se trata de un enunciado. Pero para que el registro pueda ser considerado como un enunciado necesita por lo menos contener una frase nominal y una frase verbal, por lo que el registro no pasa el primer nodo y es desviado a otro nodo el cual determinará si el texto contiene una frase nominal. Posteriormente pasará a otro nodo que determine si contiene una frase verbal, y así sucesivamente creando redes de nodos que van descomponiendo el texto en sus partes. Estas redes de nodos son conocidas como **Redes Semánticas** o **Redes Sintácticas**, dependiendo del tipo de análisis que realicen¹³⁰.

Cuando un registro atraviesa por un nodo sin ser detenido o desviado quiere decir que tuvo éxito y que el registro cumple con las condiciones que establece el nodo.

Finalmente de una manera recursiva el texto va pasando por los distintos nodos hasta poder completar el análisis sintáctico.

2. REGULARIZACION SINTACTICA: Gracias al análisis de las unidades sintácticas la computadora podrá arreglar posteriormente el texto, ya que al identificar las partes del texto puede reestructurarlo cambiando el orden de las partes^{131, 132}.

Esta fase del procesamiento del texto transforma las sentencias a una forma estandarizada; por ejemplo muchas veces se desea que el complemento sea expresado siempre en forma de complemento directo, cambiando la estructura del texto original sin cambiar su sentido y significado, pudiendo en realidad normalizar sintácticamente el texto.

3. FORMATEO DE LA INFORMACION: Las palabras y las frases del texto son mapeadas (registradas) dentro de una tabla cuyas columnas representan las "clases" de palabras médicas que el sistema puede reconocer y los renglones la presentación en que se van sucediendo en el texto^{131, 132}.

4. NORMALIZACION: Las palabras que están sobreentendidas por el contexto son llenadas por el sistema, haciendo la recuperación más uniforme.

Esta forma de transformar el texto para conservar la información es una ventaja, ya que es un caso diferente de cifrar las palabras, que consiste en normalizar sintácticamente un texto. Inclusive agregando palabras que han sido omitidas por la expresión en lenguaje natural con objeto de estructurar los textos de manera uniforme. De esta forma provee una representación más uniforme de la información y simplifica el procesamiento posterior^{13,14}.

El proyecto LSP ha sido utilizado para revisar resúmenes obtenidos del archivo de un hospital y determinar cuál de los procedimientos de cuidado de la salud recomendados fue seguido por los médicos. De cualquier manera, aunque los resultados han sido alentadores, el gran tiempo requerido para el procesamiento y la imposibilidad de eliminar errores en la interpretación hacen que técnicas como la del proyecto LSP no puedan ser usadas de manera rutinaria en las actividades médicas¹⁵.

ANÁLISIS DEL TEXTO LIBRE

El siguiente punto es el análisis del texto, para lo cual era necesario que éste estuviera estructurado.

Una vez que se tiene el texto médico normalizado a través de los *parsers* y analizado por redes semánticas, ahora lo que se pretende hacer es que la computadora pueda "entender" el texto. La pregunta es cómo hacer que la computadora pueda entender un texto¹⁶.

Una manera de iniciarse en la idea de entender un texto, sin profundizar en mucho detalle, es identificar primero la frase nominal utilizando la técnica que se describió anteriormente.

Después de identificar la frase nominal ésta será definida con el resto del enunciado, es decir, el resto del enunciado indicará qué está ocurriendo con la frase nominal. Lo que se hace es analizar un conjunto de cosas que permitirán definir el papel que está jugando la frase nominal. Por ejemplo, considérese que la frase nominal es "Fulano que tiene un cáncer", pero lo que interesa saber es qué está haciendo o qué le está pasando al fulano que tiene un cáncer¹⁷.

Lo que se ha encontrado para poder determinar esto es que hay un conjunto de cosas alrededor de la frase nominal que la restringen. Esta idea es filosóficamente importante porque indica que un texto se entiende porque las palabras que están alrededor de la frase nominal restringen el significado de ésta. Así, una frase nominal como "El fulano que tiene un cáncer" tiene todas las potencialidades del mundo:

no se sabe qué está haciendo. Pero si asociada a esa frase existe una preposición, por ejemplo la preposición "para", es decir, si se identifica en el resto de la expresión la preposición "para", por ejemplo "para el fulano que tiene un cáncer", entonces se está hablando de un universo menos amplio del que tenía antes¹²⁴.

Si además de utilizar las preposiciones para acotar el posible significado del enunciado también se hace uso del verbo o de la frase verbal, entonces al decir: por ejemplo, "para tratar al fulano que tiene un cáncer", se puede definir con mayor precisión el significado del enunciado.

Pero aún puede haber errores en la interpretación, porque la palabra *tratar* puede significar muchas cosas. Así, se puede interpretar como trato social o como tratamiento terapéutico, por ejemplo. De esta manera, la presencia del verbo o de la forma verbal puede restringir el posible significado pero no resuelve totalmente el problema sino que simplemente lo reduce porque ya se sabe que se trata de "el fulano" al cual se le debe de tratar de alguna manera. Entonces, lo primero que se hace es identificar que habrá una acción sobre él y, segundo, que esa acción tendrá como resultado o como efecto un tratamiento¹²⁵.

Después se consulta en un diccionario el significado de tratar y se ve en cuántas formas se puede interpretar porque puede ser que el

verbo tratar tenga varias acepciones, inclusive figuradas. Lo anterior se puede lograr al consultar un diccionario-lexicón y saber cuáles son las acepciones de tratar¹²⁶.

También es importante que se analice la naturaleza del nombre, ya no la frase nominal sino el nombre mismo, porque el nombre puede querer decir algo que es significativo, por ejemplo, el nombre "fulano" tal vez se refiere a cualquier individuo o a una persona en particular, pudiendo incluso referirse a un personaje famoso de la historia o de su época.

Una vez que el nombre ha permitido acotar más el sentido de la frase nominal, se puede usar la posición de la frase nominal con respecto al resto del enunciado. Esto puede significar, por ejemplo, una cosa muy sencilla: Cuando la frase nominal se encuentra al final del enunciado se está en presencia de una afirmación indirecta que puede cambiar por completo el significado del enunciado.

Este último tema, que se ha presentado muy rápidamente, es un procedimiento que en Inteligencia Artificial se denomina formación de **roles temáticos**, y quiere decir que todas estas cosas llevan a decir una sola cosa. Llevan a decir si el sujeto de la frase nominal está recibiendo algo, está actuando en algo, está moviéndose hacia algo, etcétera, creando una lista de roles temáticos. Lo que se está haciendo es identificar a

cuál de los roles temáticos se está refiriendo¹⁸.

Para terminar la exposición de esta parte, es interesante comentar que el Dr. J. Negrete¹⁹ ha propuesto la idea de buscar cuáles serían los roles temáticos importantes que deberían usarse en el procesamiento de textos médicos. Es decir, que si en un texto médico la frase nominal fuera la entidad nosológica, los roles temáticos que interesarían, por ejemplo, podrían ser; está complicado con, se complica de, el diagnóstico diferencial debe ser con, tiene cierto síndrome funcional asociado a, etc.

La idea de crear una gramática de casos, como la que se ha explicado, para el uso de la medicina, proponiendo de inicio que los roles temáticos deben cambiarse y que éstos son algunos de los roles importantes que se pueden mencionar, es un trabajo que deberá realizarse.

También es interesante mencionar un programa creado por el Dr. Negrete y colaboradores, en el que se desarrolló un conjunto de reglas para corregir automáticamente la ortografía de un texto en español sin tener que utilizar un diccionario. Esto tiene que ver con el tema porque cuando se pretende identificar una frase nominal, a través de ese sistema de *parsings*, no funcionaría si la frase nominal tiene errores ortográficos porque el sistema es muy sensible y un error ortográfico destruiría totalmente el análisis.

Entonces se tienen que pasar frases nominales que estén limpias de problemas ortográficos, por lo que se propone que el primer filtro, antes de poder identificar una frase nominal, es hacer un análisis ortográfico.

Los métodos para analizar cuantitativamente los datos a través de modelos lineales y técnicas estadísticas son bien conocidos, pero los métodos para analizar lingüísticamente la información están empezando a ser desarrollados. Zadeh ha descrito una técnica para trabajar con variables lingüísticas pero hasta la fecha han sido muy pocas las aplicaciones de esta en medicina. Por otro lado, Shapiro ha estado explorando la técnica de Modelos Booleanos o "lógicos" para el estudio lingüístico de los datos, aplicando sus métodos a información obtenida de grandes textos libres sacados de la base de datos SCAMP.

CONCLUSION:

El procesamiento de textos médicos representa una gran fuerza potencial para la medicina ya que permitirá verdaderamente hacer disponible la abrumante literatura médica. Esta disponibilidad se traduce en un fácil, rápido y económico acceso a los conocimientos médicos, desde los más antiguos hasta los más actuales, desde las publicaciones hasta las notas de progreso de los pacientes, con toda comodidad para cualquier médico.

Esto es muy importante ya que, como se había mencionado anteriormente, es imposible que un médico en particular pueda memorizar y dominar todo el conocimiento médico ya que va más allá del tiempo y capacidad de cualquier persona. Por eso se ha buscado de manera esencial una forma de proveer un rápido acceso al conocimiento médico.

Además, muchas revistas y libros están siendo producidos electrónicamente, en los hospitales y las granjas las historias clínicas y los registros se están capturando en computadoras, y como resultado están disponibles al procesamiento de textos.

Existe una gran cantidad de literatura sobre programas para el procesamiento de la información, desde aquellos basados en las técnicas de indexar la información o buscar palabras claves hasta técnicas basadas en el reconocimiento de frases nominales y el análisis sintáctico que pretenden manejar el conocimiento contenido en los textos.

La clave para tener éxito en el intento de hacer la diseminación práctica del conocimiento a través de las computadoras está en el desarrollo del procesamiento de textos y en las técnicas de representación del conocimiento, que permitan un procesamiento adecuado de la gran cantidad de literatura médica y que provean al usuario un fácil acceso a los conocimientos almacenados. El desarrollo de estas técnicas es el reto central de la ciencia de la Informática Médica.

CAPITULO VII

PROCESAMIENTO DE SEÑALES ELECTRICAS MEDICAS MEDIANTE COMPUTADORA

Este capítulo presenta una visión general del procesamiento de las señales eléctricas mediante el uso de computadoras, enfocándose a su aprovechamiento en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Remarcando la importancia y desarrollo que tiene en la medicina actual, así como las bases para su aprovechamiento en las clínicas veterinarias y explotaciones pecuarias.

El procesamiento de señales eléctricas en medicina está íntimamente relacionado a la utilización de aparatos médicos eléctricos, aunque no exclusivamente como se verá más tarde. Así, el desarrollo de esta área no sólo ha permitido la creación y perfeccionamiento de nuevos aparatos médicos, sino también ha favorecido el mejor aprovechamiento y optimización de los aparatos ya existentes.

Aunque el tema tiende a tomar un matiz tan ingenieril, ya que son precisamente los ingenieros quienes realizan el procesamiento de las señales, es necesario que el médico veterinario tenga una idea de cómo es esto posible, ya que para el desarrollo de nuevas aplicaciones será necesaria tanto la participación del médico veterinario como la de los ingenieros en computación y electrónica, en una profunda colaboración inter y multidisciplinaria.

Si se recuerda, en 1816 el médico francés *René Théophile Hyacinthe Laennec*, utilizando primero un rollo de papel y, posteriormente, un cilindro de madera, crea el estetoscopio, naciendo el primer instrumento médico para ayuda del diagnóstico. Hecho que transformó la práctica de la medicina del siglo XIX, ya que a consecuencia del desarrollo de la auscultación, el estetoscopio se convirtió en el primer instrumento ampliamente utilizado por los médicos para diagnosticar enfermedades¹⁰⁰.

La aceptación del estetoscopio condujo a convertir la exploración física en fundamento del diagnóstico, lo que causó una profunda transformación de la práctica médica, cambiando tanto las ideas del médico acerca de la enfermedad como, su relación con el paciente¹⁰⁰.

El estetoscopio proporcionó por vez primera al médico un mundo privado en el que disponía de signos procedentes directamente del cuerpo del enfermo. Ello le permitió formular diagnósticos objetivos, aunque, al mismo tiempo, lo distanció de los aspectos personales de la enfermedad, abriéndose entonces una brecha que hoy continúa ensanchándose¹⁰⁰.

Resulta interesante reflexionar sobre el hecho de que en distintos momentos los aparatos médicos han llegado a modificar aspectos fundamentales de la medicina como el modo de concebirla y de hacerla. Quizá la computadora usada como un instrumento médico genere una nueva revolución médica.

En la actualidad, el estetoscopio, quizás el más conocido de todos los instrumentos médicos modernos, ha sido superado por la corriente que tiende a crear formas cada vez más precisas de tecnología diagnóstica. Así, el auge del estetoscopio se vio opacado cuando en 1895, *W.K. Roentgen*, descubre los rayos X y su utilidad en el diagnóstico de las enfermedades torácicas, creando un

entusiasmo extraordinario entre los médicos, quienes pronto lo utilizaron para diagnosticar otras patologías¹⁰.

El uso de aparatos para el diagnóstico se ve acentuado en el siglo XX con el desarrollo de técnicas más refinadas como, por ejemplo, la electrocardiografía.

Como *Era Médica*, el siglo XX se caracteriza por ser un período en el que los médicos, para reunir y valorar datos semiológicos, confían menos en sí mismos y más en especialistas, técnicos y máquinas¹⁰.

Ya que las computadoras personales pueden ser fácilmente conectados a los aparatos eléctricos médicos y, mediante programas, analizar la información obtenida y asistir al médico en la interpretación de ésta, se hace necesario recordar que ante esta nueva revolución en la medicina, causada por las computadoras, el médico debe mantener la confianza en sí mismo y hacer un uso racional y prudente de las computadoras, no dejando jamás las decisiones médicas finales a las computadoras¹².

Una vez aclarado lo anterior, es conveniente advertir que es perfectamente válida la utilización del desarrollo de la tecnología actual para ofrecer un mejor servicio médico y que el procesamiento de las señales eléctricas por computadora constituye un excelente ejemplo de esto. Así, el procesamiento de las señales

eléctricas ha permitido que la computadora pueda utilizar los aparatos médicos y asistir al médico en su labor, lo cual la convierte en una excelente ayuda^{13, 11, 12}.

Actualmente existen en el mercado, a un precio no muy alto, dispositivos especiales llamados interfases, que permiten conectar la computadora o microcomputadora a cualquier aparato científico. Esto es importante si se recuerda que cada vez es mayor el uso de las señales eléctricas para el diagnóstico o tratamiento médico, baste mencionar el electrocardiograma, el electroencefalograma, los marcapasos cardíacos electrónicos, las prótesis, etc. Existen también las interfases que permiten conectar a las computadoras sensores de variables de cambio lento como: luz, temperatura, humedad, aire, etc., permitiendo su monitoreo para elaboración de reportes o, incluso, su control automatizado como sucede en las incubadoras o en las explotaciones de ambiente controlado^{10, 7, 12}.

Gracias al desarrollo de las interfases y a las técnicas para el procesamiento de las señales eléctricas, los aparatos viejos se pueden volver tan eficientes como sus versiones modernas, con un costo mucho menor y con las mismas ventajas de poder procesar la información mediante sistemas de análisis, enviar la información obtenida por vía telefónica y almacenarla en Bases de Datos o Bancos de Información¹².

Con lo hasta ahora expuesto, se ha pretendido presentar una panorámica de la importancia del tema y de lo interesante de sus aplicaciones, pero para una mejor comprensión será necesaria una mayor profundización. Ahora se pasará a analizar en qué consiste el procesamiento de las señales eléctricas y cómo puede ser aprovechado por una computadora para satisfacer las necesidades de un clínico o de un productor.

¿Qué es el Procesamiento de Señales Eléctricas?

Se entiende por procesamiento de señales eléctricas a la modificación que se realiza de las características de una señal eléctrica para favorecer su utilización. Esta área ha tenido un gran desarrollo incluso desde antes que se pensara en utilizar las computadoras. Así, el procesamiento de señales eléctricas se ha utilizado para ampliar señales sin que pierdan información o para eliminar el "ruido" y obtener una señal más pura, por ejemplo^{10,24}.

Cuando se habla del procesamiento de señales eléctricas por computadora, se está refiriendo a las modificaciones que se realizan en una señal eléctrica para que pueda ser "leída" o captada por una computadora y, a su vez, ésta pueda utilizar esa información para realizar algún proceso de cómputo.

Para lograr esto, es necesario que la computadora cuente con los dispositivos necesarios que le permitan

traducir la señal eléctrica a un lenguaje que ella pueda entender. Si se recuerda, la computadora que normalmente se utiliza es la computadora digital, esto quiere decir que la información que maneja internamente es una información digital. Entonces, la computadora necesita de una interfase entre ella y el aparato que sea capaz de generar una señal eléctrica partiendo del paciente o del medio ambiente.

A estas interfases se les conoce genéricamente como convertidores Analógico-Digital y al proceso descrito como digitalización de las señales eléctricas. En realidad, esta fase corresponde a una etapa previa al procesamiento de la señal²⁵.

La interfase deberá realizar el muestreo de la señal así como las modificaciones necesarias en ésta, como amplificación, depuración, etc., y cuantificarla, para finalmente traducir esa señal eléctrica ya modificada, que era una señal analógica o continua, a una señal digital o discontinua²⁶.

DIGITALIZACION:

Se debe recordar que la mayoría de las señales eléctricas que se manejan en medicina son de tipo analógico o continuo. Se tomará como ejemplo el caso del electrocardiograma.

El ECG, como se sabe, es un evento eléctrico del orden de millivolts que se registra cuando se ponen dos

de datos de la computadora (*data bus*), de donde finalmente va a dar a la memoria de la computadora¹³¹.

Es importante considerar el momento de inicio y fin del muestreo, para que exista una sincronía entre la señal eléctrica y la información recibida por la computadora, para que de esta manera la computadora pueda determinar cuándo comienza y cuándo termina un registro¹³².

La computadora empezará a llenar los registros en orden, comenzando con el registro 1, hasta llenar el número de registros que se quiere muestrear. Para esto necesita de un "reloj" que este determinando la frecuencia del muestreo. Este reloj puede estar basado por los ciclos de la máquina (internamente) o por un cronómetro integrado a la computadora¹³³.

Con esto se ha tratado de explicar cómo ocurre la digitalización de una señal eléctrica, tomando por ejemplo la señal obtenida de un electrocardiograma, pero pudiera provenir de cualquier otro aparato eléctrico médico, siendo el mismo proceso para todos los casos.

Gracias al desarrollo de los transductores, una gran cantidad de variables, no necesariamente eléctricos, puedan ser representados mediante una señal eléctrica y esta a su vez procesada y representada en forma gráfica, como sucede con el fisiógrafo, o en forma digital, para ser utilizada por una computadora¹³⁴.

Los transductores electromecánicos permiten captar una deformación física y generar un voltaje, el cual se puede digitalizar como se explicó. Así es como se puede digitalizar la frecuencia respiratoria, la fuerza de contracción de los maxilares para fines de prótesis en ortodoncia, la presión arterial o variables como la temperatura, el pH, señales bioquímicas como la concentración de oxígeno en sangre y todo lo que se pueda transformar en una corriente eléctrica¹³⁵.

Las Computadoras Analógicas o computadoras de propósitos especiales, son un tipo de computadoras que son capaces de utilizar señales analógicas, han sido principalmente utilizadas en medicina en los equipos de diagnóstico para laboratorios clínicos; los cuales permiten realizar análisis químicos sanguíneos, biometrías hemáticas o análisis general de orina, por ejemplo, en un tiempo muy pequeño y con una cantidad de muestra mínima. Aunque han sido ampliamente aceptadas y utilizadas, actualmente la computadora digital o de propósitos generales amenaza con desplazar a las computadoras analógicas debido a que estas últimas están limitadas a unas cuantas funciones y no son muy aptas para procesar la información obtenidas y asistir al médico en la interpretación. Así, cada vez es más fuerte la tendencia a utilizar las computadoras digitales, que valiéndose de algunos implementos, puede realizar las mismas funciones que las compu-

tadoras analógicas y muchas otras más¹²⁶.

PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES ELECTRICAS

El procesamiento de las señales eléctricas en realidad pertenece a las áreas de la Ingeniería Electrónica y la Ingeniería en Computación. Este procesamiento no es exclusivo de las computadoras digitales sino que de hecho es usado en todos los aparatos eléctricos y computadoras analógicas¹²⁷.

Para fines de comprensión, el procesamiento de las señales puede ser dividido en dos grandes bloques, uno en el cual se utilizan circuitos electrónicos diseñados por ingenieros en electrónica con los cuales pueden ampliar o depurar las señales, por ejemplo, como los usados en todos los aparatos eléctricos; y dos, en el que la señal digitalizada es modificada por una computadora mediante un procedimiento matemático el cual es seleccionado o desarrollado por el especialista en informática, la mayoría de las veces asistido por matemáticos. Ambos procesamientos tienen como finalidad el permitir un mejor manejo de las señales. Así, por ejemplo, existen circuitos o técnicas electrónicas que permiten la eliminación o disminución del ruido de una señal, pero también existen métodos matemáticos que

pueden ser utilizados por una computadora para eliminar el ruido de una señal y no considerarlo al momento de la interpretación. La combinación de ambas técnicas es lo que ha favorecido enormemente el desarrollo de esta área de la informática¹²⁸.

El procesamiento de señales ha sido ampliamente utilizado en los aparatos médicos y científicos, y en la mayoría de los casos se han utilizado chips o circuitos integrados que simulan funciones matemáticas. Un ejemplo sencillo de lo que es el procesamiento de una señal eléctrica puede ser la amplificación de ésta. Para amplificar una señal eléctrica se pueden utilizar los amplificadores operacionales que no son más que chips que permiten sumar, restar, derivar, integrar, etc., a la vez que aumentar el tamaño de la señal.

Estos circuitos integrados permiten simular funciones matemáticas y así realizar un proceso, de hecho las computadoras analógicas están compuestas de este tipo de circuitos. Cuando se habla de programar una computadora analógica, se está refiriendo a la conexión de varios de estos circuitos para que realice un proceso determinado.

Todos estos circuitos son conocidos como generadores analógicos de funciones y se utilizan sobre todo en las computadoras analógicas. Estas máquinas pueden resolver conjuntos

de ecuaciones diferenciales, integrales, etc.

Sin embargo, este tipo de procesamiento está siendo desplazado por el procesamiento matemático que realizan las computadoras digitales, ya que se pueden obtener resultados más exactos.

En el caso de las computadoras digitales, el arreglo obtenido durante la digitalización se modifica para dar origen a nuevos arreglos en cada manipulación matemática, teniendo por ejemplo, que la integración se hace por medio de sumas de una manera muy similar a como sucedía en los aparatos analógicos, pero con una mayor exactitud. Sin embargo, es necesario considerar que en este proceso la información sufre un retraso conocido como defasamiento³⁸.

TECNICAS UTILIZADAS PARA EL PROCESAMIENTO DE SEÑALES ELECTRICAS

Como se mencionó anteriormente el procesamiento por computadora de las señales eléctricas se basa en la manipulación matemática de los valores obtenidos de la señal, siendo los más usados la derivación y la integración³⁹.

A continuación se presentaran algunos procesamientos elementales que se puede hacer con la información obtenida de una señal y almacenada en la computadora:

- Procesamientos para la depuración de la señal: amplificación, eliminación de ruido, etc.
- Procesamientos de señales de monitoreo para la generación de reportes (como en el caso de los sistemas utilizados en el monitoreo de los pacientes en las Unidades de Terapia Intensiva).
- Procesamientos de señales de retroalimentación para control (como en el caso de los sistemas de incubadoras y casetas de ambiente controlado).
- Procesamientos de señales para interpretarlas y poder así emitir un diagnóstico (como en el caso de los sistemas para diagnóstico de electrocardiogramas o electroencefalogramas, etc.).

Aparentemente, una vez obtenida la señal digitalizada el procesamiento es relativamente fácil. Sin embargo, para que se comprenda la magnitud del problema se tomará el caso del procesamiento de una señal de ECG³⁹.

Supongase que se desea un sistema que evalúe médicamente una señal electrocardiográfica. Aparentemente esto resultaría fácil, debido a que se puede pensar en tener en la memoria de la computadora un conjunto típico de valores de ciertas enfermedades en forma de un "diccionario" gigantesco de "formas de ondas" de electrocardiogramas asociados a su diagnóstico.

Pretendiéndose comparar el arreglo de la señal que tomamos del paciente

con los arreglos que están almacenados en la memoria y que a su vez están asociados a un diagnóstico, de tal manera que el mayor grado de similitud con alguno de esos arreglos determine el diagnóstico.

Para poder realizar lo anterior será necesario utilizar un sistema matemático que permita hablar del grado de similitud que existe entre dos arreglos, uno el de la señal que se está tomando y otro de los almacenados en la memoria, que representa una de las "ondas patológicas". Este procedimiento permitirá decidir cuál de todas las "ondas patológicas" es la que tiene el mayor grado de similitud con la del problema.

Hay muchas formas de calcular el grado de similitud, pero para fines de ejemplificación se desarrollará uno muy simple basado en el Teorema de Pitágoras¹².

Para explicar el uso del Teorema de Pitágoras recuerdese que la señal tomada del paciente fue digitalizada por el convertidor A-D y almacenada en la memoria en forma de un arreglo llamado $x[i]$, el cual se va a comparar con la primera ondas patológica que contiene la memoria de la computadora, la cual se llamará arreglo $P[1]$.

Si cada uno de los arreglos tuvieran sólo dos casilleros la distancia entre el arreglo $P[1]$ y el $x[i]$ se podría medir por la aplicación del Teorema de Pitágoras.

De esta misma figura se puede deducir que el valor de la distancia entre los dos arreglos se puede calcular por la siguiente fórmula:

$$\sqrt{(P[1(1)-X(1)])^2 + (P[1(2)-X(2)])^2}$$

Evidentemente el arreglo de un ECG no puede hacerse con únicamente dos dígitos, pero si el número de casillas fuera como en el ejemplo inicial de 70, entonces la distancia se calcularía con la misma fórmula. La cual se podría representar de la siguiente forma:

$$\sqrt{\sum (P(i)-X(i))^2}$$

Donde i va de 1 a 70

Estas fórmulas se derivaron del Teorema de Pitágoras para un triángulo rectángulo definido en un espacio de 70 dimensiones.

Para ejemplificarlo, se comparará el arreglo obtenido, con uno correspondiente a un caso de hiperpotasemia grave:

¹² El registro electrocardiográfico de un paciente con hiperpotasemia grave se caracteriza por: 1) Una onda T alta, simétrica y picuda, 2) Ensanchamiento del complejo QRS con profundización de la onda S y, 3) Aplanamiento de la onda P y prolongación del intervalo PR.

$P[1] = 0, 0, 0, 1, 3, 4, 5, 4, 3, 1, 0, 0, 0, 0, 0, -1, -3, -5, -3, 7, 17, 39, 24, 22, 7, -5, -12, -18, -24, -27, -30, -33, -18, -7, 0, 0, 0, 2, 4, 6, 9, 12, 14, 16, 16, 20, 23, 25, 27, 30, 32, 30, 27, 25, 23, 20, 18, 16, 14, 12, 9, 6, 4, 2, 0, 0, 0, 0, 0, 0.$

Arreglo que representa los valores numéricos de la onda patológica.

Como se mencionó anteriormente, la fórmula del sistema matemático

basado en el Teorema de Pitágoras, que permitirá encontrar el grado de similitud entre la onda del paciente y la primera onda patológica con la que se va a comparar, es:

$$D = \sqrt{(X(1)-P1(1))^2 + (X(2)-P1(2))^2 + \dots + (X(70)-P1(70))^2}$$

Donde D es la distancia euclidiana o distancia "pitagórica", que en este caso representa el grado de similitud entre X[] (que contiene los valores de la onda del paciente) y P1[] (que contiene los valores característicos de hiperpotasemia grave);

Por lo tanto, si se usan los valores imaginarios de los ejemplos, la distancia que hay entre la onda del paciente y la onda patológica de hiperpotasemia grave arrojará un valor de 88.25, pero, ¿qué significa este número?. Para poder interpretar este número se debe considerar que el **Punto De Identidad**, es decir, el punto de mayor grado de similitud, deberá tener una distancia euclidiana de 0 que corresponde a un 100% de similitud.

Si se supone que, después de comparar todas las ondas patológicas, el punto más lejano tuviera un valor de 100, entonces se podría decir que la onda característica de hiperpotasemia grave tiene un 11.75% de similitud con la onda del paciente. Por lo que el diagnóstico de hiperpotasemia grave muy probablemente sería desechado y se buscaría de entre los otros valores el que tuviera mayor grado de similitud, asociando en ese momento el diagnóstico.

Este ha sido sólo un ejemplo de lo que es el procesamiento de las señales

eléctricas médicas por computadora, siendo esta un área muy desarrollada en la que se han obtenido muy buenos resultados, como por ejemplo, en el diagnóstico de arritmias cardíacas y en la eliminación del ruido eléctrico (interferencias) que viene mezclado con la señal, lo que ha permitido encontrar alteraciones que normalmente no se alcanzarían a detectar con otros métodos¹²⁸.

Pero como se habrá podido observar, la eficiencia del procesamiento de las señales eléctricas por computadora depende en gran medida del sistema matemático que se decida utilizar.

El sistema que se utilizó basado en el Teorema de Pitágoras puede no ser muy confiable. Para problemas de este tipo se han utilizado otros sistema, siendo el más utilizado el basado en el Teorema de Fourier el cual dice que una onda cualquiera se puede descomponer en sus armónicas, las cuales se pueden representar como un "espectro de frecuencia", y por comparación del grado de similitud se podría realizar el diagnóstico, por ejemplo^{129, 130}.

Transformada de Fourier.

Se puede definir que la interpretación por medio del teorema de Fourier consiste en la identificación de patrones eléctricos por medio del análisis de Fourier.

Según el Teorema de Fourier, una onda cuadrada puede ser repre-

sentada por un conjunto de ondas senoidales de diferente frecuencia y fase^{36,138}.

Esta gráfica representa el patrón típico de frecuencia, de manera que la señal eléctrica de un electrocardiograma será descompuesta en su transformada de Fourier y se podrá comparar con otras ondas buscando el mayor grado de similitud, para poderle asociar un diagnóstico. El teorema de Fourier permite también separar por regiones las ondas y poderlas comparar con patrones de las derivadas específicas^{36,139}.

Existen muchas otras formas para el procesamiento de las señales como por ejemplo la utilización de la **dimensión fractal** de las formulas matemáticas propuesta por **Malembrod**, que permiten la representación de casos más complicados que no podrían hacerse con la transformada de Fourier. Sin embargo, es posible que con lo anteriormente expuesto sea suficiente para dar al lector una idea general del procesamiento matemático de las señales eléctricas y su utilización en medicina^{39,41}.

Hasta ahora se habrá podido observar cómo el procesamiento de señales eléctricas puede tener aplicaciones tan prácticas como el diagnóstico médico, el monitoreo de pacientes en estado crítico o para el análisis de muestras en el laboratorio clínico. Sin embargo, este tema implica muchos otros aspectos

más complejos que escapan a las intenciones de este trabajo.

APLICACIONES:

Para hacer un poco más apetitoso el interés del médico veterinario por el procesamiento de las señales eléctricas por computadora, a continuación se presentarán algunos ejemplos de lo que se ha hecho en este campo.

1) Monitoreo continuo de los pacientes en estado crítico en la UTI (Unidad de Terapia Intensiva).

Las computadoras han hallado aplicación en la medicina de asistencia crítica de tantas maneras que es difícil enumerarlas a todas o comentarlas con mucho detalle. Pero podemos encontrar por ejemplo^{38,41,139,143}.

a) Adquisición de datos.

La mayoría de los instrumentos de la UTI tienen salidas analógicas que pueden alimentar una computadora por medio de un convertidor analógico-digital. Con estos datos, la computadora calibra automáticamente los instrumentos, hace funcionar la alarma de los monitores, rechaza las lecturas inaceptables e indica fallas en los instrumentos. Como la computadora acumula datos con gran rapidez, economiza tiempo y reduce errores. La computadora puede programarse para que rastree una

cantidad de camas de pacientes y recoja los datos de alimentación directamente de los sistemas de monitoreo que están junto a las camas. Puede controlar el tiempo y velocidad de muestreo y programarse para identificar y producir un registro de los acontecimientos.

b) Almacenamiento y presentación de datos.

En la UTI la computadora almacena la mayoría de los datos fisiológicos de los pacientes, como presiones, flujos, temperatura, frecuencia cardiaca, arritmias, gases sanguíneos e ingreso y egreso de líquidos. Los programas apropiados permiten que la computadora presente los valores fisiológicos como tendencias. Por ejemplo, se pueden presentar las tensiones de oxígeno y anhídrido carbónico y el pH de las 24 o 48 horas precedentes en forma gráfica o por medio de un histograma. También se pueden hacer presentaciones gráficas de las presiones en las vías aéreas, distensibilidad y arritmias. Con este tipo de análisis de tendencias se discierne mejor la mejoría o deterioro del estado fisiológico del paciente. Los programas disponibles en la actualidad analizan tendencias de 3 a 4 días en la presión sanguínea, temperatura, variables hemodinámicas, gases sanguíneos y parámetros respiratorios.

c) Cálculos.

Muchas variables hemodinámicas y del transporte de oxígeno no se pueden medir directamente y se calculan a partir de otras variables. Estos cálculos se pueden hacer con exactitud y rapidez y presentarse en forma tabular para facilitar su lectura.

d) Sistemas de control de retroalimentación.

Las computadoras digitales pueden emplear los datos del monitoreo para regular el tratamiento. En la actualidad existen instrumentos que controlan la transfusión de líquidos y sangre al paciente de acuerdo con datos obtenidos de la presión (en la cuff pulmonar) o volumen minuto cardíaco. En la actualidad se desarrollan ventiladores que podrían ajustar la ventilación minuto de acuerdo con la tensión de CO₂ que se desee.

e) Sistemas detectores de arritmias.

Los sistemas detectores de arritmias monitorean continuamente el ECG del paciente y se pueden programar para reconocer diversas arritmias peligrosas y otras anomalías del ritmo. Cuando ocurren estas anomalías, las computadoras hacen funcionar una alarma visual y sonora e inician el trazado ECG. También pueden almacenar hasta 48 horas toda anomalía del ritmo cardíaco del paciente. La presentación de estas anomalías puede repetirse

después para que el médico o la enfermera las examinen y se puedan proporcionar como un análisis de tendencias.

f) Análisis e interpretación de los gases sanguíneos.

Si las salidas de los analizadores de gases sanguíneos se envían directamente a la computadora, ésta corrige los valores de acuerdo con la temperatura corporal, calcula los gradientes alveoloarteriales y la saturación de oxígeno e interpreta el resultado con una exactitud razonable. Estos datos se almacenan después en el archivo que la computadora tiene para el paciente.

g) Variables respiratorias.

Las señales analógicas provenientes de los transductores de presión y flujo conectados con el ventilador pueden hacerse pasar por un convertidor analógico-digital hacia la computadora y ésta calcula la distensibilidad y la resistencia, así como la tendencia de estos valores. Los diagramas de las tendencias de la distensibilidad revisten especial utilidad en el manejo del paciente que está en el ventilador. Agregando un espectrómetro de masa al sistema se mide el CO₂ al final de la espiración, respiración por respiración, el volumen y concentración del oxígeno inspirado, el consumo de oxígeno y la producción de CO₂. Se puede calcular y presentar el cociente respiratorio y

calcular en forma secuencial las relaciones de espacio muerto.

2) Microcircuitos electrónicos usados como prótesis para sordera completa:

Un grupo de investigadores tanto de la Universidad de Stanford, bajo la dirección del Prof. White, y de la Universidad Técnica de Viena, dirigido por la Dra. Ing. Ingeborg Desoyer-Hochmair y su esposo el Dr. Ing. Erwin Hochmair del Instituto de Electro-técnica, apoyados por el Dr. K. Burian director del departamento de Oto-Laringología de la clínica universitaria, han logrado desarrollar e implantar con éxito un microcircuito electrónico como prótesis en el oído interno, a fin de restituir a personas afectadas de sordera completa por lo menos una parte de su previa facultad de percepción auditiva.

Es evidente que, cuando hay una estructura dañada a nivel del oído interno, los aparatos de sordera ordinarios son de ninguna utilidad, ya que sólo sirven para amplificar el sonido que llega al tímpano, pero no ayudan a su paso más adelante.

Se ha demostrado que las ondas sonoras que llegan al oído externo se transforman a una secuencia de pulsos eléctricos y estimulan en esta forma las diferentes fibras del nervio acústico. Con microelectrodos conectados a estas fibras, es posible observar estos pulsos y construir un mapeo aproximado de este fenómeno. De esto se

dedujo que era posible lograr esta estimulación también con un circuito electrónico implantado y excitado desde afuera por un dispositivo que le trasmite los pulsos, correspondientes a los sonidos recibidos desde el medio ambiente.

El problema principal que está pendiente es que desafortunadamente todavía se desconocen la mayoría de las relaciones que existen entre las características del sonido y las características de los conjuntos de pulsos que deben de ser asignados a estos sonidos. Este código es todavía la gran incógnita del problema.

A pesar de los progresos en neurofisiología y psicoacústica, aún se desconoce mucho acerca del funcionamiento del sistema acústico normal. No se tiene una idea bastante clara sobre el complejo patrón de la estimulación eléctrica del nervio, para poder asignar ciertas de sus características a las impresiones. Sin embargo, se sabe que la topología de los ductos de la coclea y su membrana basilar, portadora del órgano de Corti, tiene aquí un papel importante. De hecho, la teoría "tonotópica", la cual asigna a cada elemento a lo largo de esta membrana una frecuencia característica para su activación, es universalmente aceptada. Asigna las más altas frecuencias (del orden de 16 KHz) a los elementos de la entrada, las más bajas del orden de 25 Hz a los de la punta del caracol. Pero esta es una teoría que explica nada más parte del fenómeno

y no basta por ejemplo para permitir el análisis del procesamiento del lenguaje hablado. Sin embargo, permite hacer una serie de conclusiones de valor para el desarrollo de una prótesis eficiente: parece ser conveniente usar canales múltiples independientes para la estimulación de las fibras del nervio acústico, de manera que grupos de fibras terminando en diferentes partes de la membrana basilar pueden ser activados uno por uno, o bien simultáneamente. La razón es que la organización tonotópica de estas fibras se conserva también a su salida de la coclea y, se supone, por lo menos para sonidos de baja intensidad, que grupos de fibras bien determinados llevan el mensaje de sonidos con frecuencias bien determinadas a la corteza, tal que el cerebro pueda identificar la frecuencia identificando las fibras activadas por la misma.

El mérito de esta investigación consiste en acercarse a un remedio para un tipo de sordera considerada irreparable anteriormente, pero todavía hay que explorar mucho en el aspecto de la codificación de la información auditiva en el nervio acústico.

El artefacto, que es un circuito electrónico que puede ser programable desde el exterior, consta de un electrodo de 8 canales con 8 pares de alambres de Pt-Ir terminados en bolitas metálicas que se reparten a lo largo de la superficie de la membrana basilar. Este electrodo puede introducirse a través de la ventana redonda en el

ducto de la escala tímpano de la cóclea, siguiendo sus vueltas en espiral y llegando, debido a su flexibilidad, hasta 20-25 mm en el interior del ducto; el diámetro (0.8-1.1 mm en su parte más gruesa) fue adaptado al diámetro interior del ducto, y lo llena casi completamente, acercando las bolitas metálicas en su superficie suficientemente a las terminales de fibras nerviosas allí repartidas, para poder estimularlas con una intensidad adecuada. Con este electrodo se logra estimular hasta fibras con frecuencias características muy bajas cerca de la punta del caracol.

Los alambres que alimentan los contactos metálicos parten de un microcircuito que proporciona los pulsos de estimulación y que viene implantado detrás del hueso promontorio. Es un circuito encapsulado dentro de una caja de vidrio con dimensiones: 20 x 25 x 4 mm que sirve de receptor para la R.F. modulada generada por un dispositivo transmisor externo. El acoplamiento con el dispositivo es inductivo y ningún alambre atraviesa la piel.

Con este tipo de artefactos se han obtenido muy buenos resultados con pacientes que habían oído previamente. Después de un período de entrenamiento es posible lograr el reconocimiento de palabras sueltas tomadas al azar, con aciertos arriba del 60% sin usar la "lectura de labios", y del 80-90% en el caso de combinarla con la lectura de labios, muy superior al obtenido con la lectura de labios

solamente. Basado en los nuevos conocimientos y utilizando los recursos de la microelectrónica, parece ser posible llegar a una comprensión del lenguaje hablado comparable con el de personas de "oído duro" solamente.

A medida que la tecnología avanza y que los costos disminuyen, las computadoras se harán cargo de toda la adquisición y registro de los datos de los pacientes y de las explotaciones pecuarias. Las terminales inteligentes vigilarán sin interrupción las funciones fisiológicas del paciente y presentarán las tendencias con gráficas en colores. Las variables monitoreadas comprenderán todas las funciones del corazón, pulmones, riñones, encéfalo y músculos, así como gases sanguíneos, concentración de los gases inspirados y espirados y sus valores derivados. Los ventiladores tomarán estos datos para mantener automáticamente el nivel apropiado de ventilación. Habrá bombas para infundir sangre y líquidos a una velocidad exactamente correcta. El médico utilizará programas farmacocinéticos para administrar las dosis correctas a una velocidad de infusión óptima. Estos sistemas computarizados mejorarán la eficiencia del médico veterinario y de los productores, permitiéndoles dedicar más tiempo a la asistencia real de los pacientes o del manejo general de las explotaciones, en lugar de trabajar con papeles. Estos sistemas habrán de asegurar una asistencia uniforme que no se verá afectada por el rápido cambio del personal.

CONCLUSION

Las computadoras personales pueden ser fácilmente conectados a los aparatos eléctricos médicos y, mediante programas, analizar la información obtenida de estos para asistir al médico en la interpretación de la información.

Cuando se habla del procesamiento de señales eléctricas por computadora, se está refiriendo a las modificaciones que se realizan en una señal eléctrica para que pueda ser "leída" o captada por una computadora y, a su vez, ésta pueda utilizar esa información para realizar algún proceso de cómputo.

Para lograr esto, es necesario que la computadora cuente con unos dispositivos llamados Interfases o Convertidores Analógico-Digital. La señal eléctrica es muestreada y cuantificada para finalmente ser enviada a la memoria de la computadora en forma de un arreglo de valores, en lo que se conoce como el proceso de digitalización de la señal. En realidad, esta fase corresponde a una etapa previa al procesamiento de la señal²⁸.

Las técnicas de procesamiento de señales eléctricas por computadoras se basan esencialmente en el uso de procedimientos matemáticos efectuados sobre los valores obtenidos de la digitalización, siendo los más usados la derivación y la integración.

Las aplicaciones más comunes del procesamiento de señales por computadora son:

- Procesamientos para la depuración de la señal: amplificación, eliminación de ruido, etc.
- Procesamientos de señales de monitoreo para la generación de reportes (como en el caso de los sistemas utilizados en el monitoreo de los pacientes en las Unidades de Terapia Intensiva).
- Procesamientos de señales de retroalimentación para control (como en el caso de los sistemas de incubadoras y cassetas de ambiente controlado).
- Procesamientos de señales para interpretarlas y poder así emitir un diagnóstico (como en el caso de los sistemas para diagnóstico de electrocardiogramas o electroencefalogramas, etc.).

En el ámbito de la medicina ha sobresalido el uso del Teorema de Fourier para el procesamiento de señales eléctricas de interés médico, aunque cada vez cobra más importancia la utilización de la **dimensión fractal** propuesta por **Malembrod**.

A medida que la tecnología avanza y que los costos disminuyen, las computadoras se harán cargo de toda la adquisición y registro de los datos de los pacientes y de las explotaciones pecuarias. Estos sistemas computarizados mejorarán la eficiencia del médico veterinario y de los productores permitiéndoles dedicar más tiempo a la

asistencia real de los pacientes o del
manejo general de las explotaciones,
en lugar de trabajar con papeles.

CAPITULO VIII

PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMAGENES DE INTERES VETERINARIO

En este capítulo se presentan los conceptos fundamentales del procesamiento digital de imágenes por computadora y sus aplicaciones en la Medicina Veterinaria y la Zootecnia.

En 1895 W.K.Roentgen descubrió que un tubo de rayos catódicos emitía radiaciones que podían atravesar objetos sólidos y dejar impresa la imagen de la estructura interna de un cuerpo en una placa fotográfica. La noticia que dio Roentgen de estos rayos X se difundió con rapidez. Pronto se convirtieron los rayos X en el principal método diagnóstico para fracturas, cálculos renales, así como para localizar en los tejidos orgánicos proyectiles y otros cuerpos extraños. Al mes siguiente de la publicación del descubrimiento, en México funcionaba un aparato creado por Thomas Alva Edison, el cual proyectaba el cuerpo de los enfermos en una pantalla fluorescente, de forma que el médico podía observar directamente los movimientos pulmonares y cardiacos.¹⁴⁸

Conforme las técnicas radiológicas fueron progresando, fue posible estudiar alteraciones en partes blandas como el corazón y los pulmones.

Con los rayos X, los médicos pudieron diagnosticar las enfermedades torácicas y definir sus características con mayor precisión que con el estetoscopio. En 1896, Francis H. Williams, uno de los primeros radiólogos, expresó el punto de vista de muchos otros médicos con las siguientes palabras: "Podemos hoy observar lo que hasta ahora solamente habíamos podido suponer y a veces escuchar o palpar aunque de modo impreciso". Este entusiasmo inicial ocasionó que tanto los médicos como

los enfermos confiaran más en el análisis directo de los trastornos patológicos que se podían ver en una placa que en la intuición médica. Con el tiempo se vieron las limitaciones de esta técnica y se buscaron otras formas de ayuda en el diagnóstico, sin embargo el hombre ya había "fotografiado" algunas enfermedades y la bella experiencia de obtener información visual de los cambios internos de los paciente hizo que se perfeccionaran las técnicas radiológicas y que se encontraran nuevas formas de "ver las enfermedades" o viajar al interior del cuerpo humano. Tal es el caso de la endoscopia en la cual una sonda de fibra óptica introducida en el interior del cuerpo permite obtener imágenes mediante una cámara que las proyecta en una televisión.^{147, 148, 149}

En la actualidad existe una gran diversidad de tipos de imágenes médicas, tales como: radiografías, cortes histológicos, imágenes producidas del feto mediante termografía, imágenes cardiacas obtenidas por ultrasonido o ecocardiografía bidimensional, muchas otras obtenidas por técnicas como la candelografía nuclear, la angiografía digital potenciada con computarización (ADPC), la resonancia magnética, etc. Muchas de las cuales requieren del uso de sistemas de cómputo.^{149, 150}

El procesamiento computarizado de las imágenes médicas ha cobrado gran interés como ayuda en el diagnóstico.

Baste mencionar el éxito obtenido desde 1970 por la Tomografía Axial Computarizada (TAC), para la detección y delimitación precisa de tumores sobre todo en zonas de difícil acceso quirúrgico, las imágenes obtenidas por Resonancia Magnética (MRI), la Tomografía por Emisión de Positrones (PET) y las imágenes de Fuente Magnética (MSI).^{47,118}

Pese a los avances tecnológicos en la formación de imágenes para uso médico, existen dos retos fundamentales: el obtener imágenes de mayor calidad que faciliten el diagnóstico y el contar con métodos auxiliares en la interpretación diagnóstica de las imágenes.

El primero consiste en que muchas veces las imágenes que debe interpretar el médico no están bien definidas, no se ven claramente o las alteraciones son tan pequeñas que escapan a la capacidad visual del médico. Esta situación ha llevado a la idea de manipular o procesar la imagen para obtener otra con mayor claridad que permita evidenciar la existencia o ausencia de cambios patológicos, para lo cual se han diseñado una gran cantidad de dispositivos que permiten aumentar la nitidez de las imágenes, crear mayor contraste para definir con mayor precisión la forma de las estructuras o inclusive hacer un acercamiento-aumento de la imagen o parte de ella, para delimitar y apreciar mejor si hay alguna alteración pequeña, imper-

ceptible o casi imperceptible en las estructuras. En este aspecto los especialistas en computación han desarrollado técnicas mediante las cuales una imagen sometida a una serie de procedimientos matemáticos puede dar como resultado una segunda imagen de mucho mejor calidad. Tal ha sido el éxito de esto que la mayoría de los nuevos sistemas domésticos de video utilizan ya el procesamiento digital de las imágenes para mejorar la calidad de estas.

El segundo reto se refiere a la necesidad de métodos auxiliares en la interpretación de las imágenes que tiene que analizar un médico, la manera más fácil de entender esto consiste en el planteamiento de si una computadora puede analizar una imagen médica y plantear el o los posibles diagnósticos que sean compatibles con lo observado, explicando las razones de sus conclusiones y señalando con precisión las alteraciones. Aunque la solución de este problema sería de gran ayuda en la medicina clínica, se ha logrado sólo en parte y aún queda mucho por hacer.

Partiendo de la situación de que cada vez son más las imágenes utilizadas para el diagnóstico y del hecho de que las nuevas técnicas para el mejoramiento de las imágenes están basadas en el procesamiento digital, se presentan de una manera sencilla los principios en que se basa el procesa-

miento computarizado de las imágenes médicas.

Para abordar el tema se dividirá el presente capítulo en los siguientes apartados:

1. Definición y conceptos básicos.

En este enunciado se presentan las definiciones y conceptos básicos propios de esta área de la informática, que permitirán desarrollar el resto del capítulo de una manera más ágil.

2. El procesamiento digital de imágenes.

A su vez, en este apartado se abordan los fundamentos del procesamiento digital de imágenes puntualizando las principales técnicas utilizadas en el ámbito de la medicina y la investigación.

3. Aplicaciones en la Medicina Veterinaria y la Zootecnia.

Finalmente se presentan, en resumen, algunas de las aplicaciones de estas técnicas reportadas en la literatura especializada y que pueden dar ideas de su posible aprovechamiento en México.

1. DEFINICION Y CONCEPTOS BASICOS.

Se entiende por procesamiento computarizado de imágenes a la

manipulación, mediante procesos matemáticos, de una imagen digitalizada con el objeto de obtener una segunda imagen que aporte una información conveniente.¹⁰⁰

Por otro lado, una imagen digital puede ser definida como un arreglo N-dimensional que contiene valores enteros. Es decir, un conjunto de números que representan la información de una imagen o con los cuales se pueda reproducir, con mayor o menor calidad, una imagen.¹⁰¹

Desde un punto de vista genérico, existe una secuencia básica de pasos a seguir en el manejo de imágenes por computadora¹⁰²:

- a. Captación de la imagen.
- b. Modificación de la imagen o procesamiento de ella.
- c. Almacenamiento de la imagen.
- d. Reproducción de la imagen.

Cada una de estas etapas implica una serie de acciones y equipo particular.

El primer problema es el referente a la captación o captura de la imagen, esto generalmente se logra mediante la utilización de una serie de aparatos genéricamente llamados *scanners* o digitalizadores de imágenes, que en ocasiones en el español se ha traducido como *rastreadores*. Estos digitalizadores toman la imagen y la convierten en un arreglo numérico. Esto es debido a que las computadoras

trabajan con base en dígitos, de ahí la necesidad de convertir la información visual a un equivalente numérico. A este proceso se le conoce como digitalización.¹⁰

En la digitalización, la imagen es dividida en pequeños puntos o unidades de imagen llamados **pixels** de acuerdo a algún patrón; el más común de ellos lo constituye la división por columnas y renglones. A cada pixel se le somete a un proceso de muestreo y cuantización lo cual genera un valor representativo de la característica de luz del pixel (color, tonalidad, intensidad, etc.). Al finalizar este proceso toda la imagen queda representada por una gran matriz constituida por números, lista para ser manejada por la computadora.¹⁰

Los *scanners* o digitalizadores pueden estar colocados junto a una microcomputadora como si fuera una fotocopiadora, en un microscopio, en un aparato de Rayos X o en un satélite artificial, por ejemplo.

Cualquier elemento o aparato que digitalice imágenes tiene características comunes. Un digitalizador de imágenes debe ser capaz de dividir una imagen en pixels, direccionarlos individualmente, medir el nivel de luz de cada pixel y cuantificar dicho nivel. Estas tareas implican la existencia de cuatro elementos básicos en el digitalizador¹⁰:

1. Una ventana de muestreo que permita la elección de uno o un conjunto específico de pixels.
2. Un mecanismo de rastreo de la imagen que implica el movimiento de la ventana de muestreo en una forma determinada.
3. Un sensor que es el encargado de captar el grado de luminosidad y brillantes (en la mayoría de los casos). Se trata comúnmente de un transductor que convierte la intensidad de luz en una señal de voltaje o corriente.
4. Un cuantificador que es el encargado de convertir la salida continua del sensor en valores discretos que se dirigen a las computadoras.

Entre las características específicas más importantes que se deben considerar al seleccionar un digitalizador, se encuentran¹⁰:

- a. El tamaño de la ventana de muestreo.
- b. El espaciamiento entre pixels adyacentes (Resolución).
- c. El tamaño de imagen que puede manejar el digitalizador.
- d. El parámetro físico que mide y cuantiza (relativo a la brillantez u opacidad de la imagen tratada).

e. La linealidad de la digitalización.

f. El número de niveles de gris (tonos o colores) que el aparato maneja.

g. El nivel de ruido.

Por otro lado, se reconocen básicamente dos tipos de técnicas para el rastreo o *scanning*¹⁰:

• **SCAN-OUT**

En este sistema una fuente global de iluminación alumbrará al objetivo y la ventana de muestreo sólo permite al sensor cuantificar un píxel a la vez.

• **SCAN-IN**

En este caso un punto de luz recorre el objetivo y el sensor capta el reflejo de dicho punto.

Todos los *scanners* monocromos o de escalas de gris operan bajo el mismo principio: el papel blanco refleja casi toda la luz, el negro absorbe casi toda y los distintos tonos de gris (o colores) reflejan luz relativa a su densidad.

La mayoría de los *scanners* iluminan la imagen y después miden la luz reflejada con un CCD (*charge-coupled device* -dispositivo de cargas acopladas-). Este último genera voltajes en proporción a la luz que detecta en puntos discretos del original. El programa de control dentro del *scanner* traduce estos voltajes en

patrones de píxeles que se aproximan a la imagen original.¹⁰

Si se está digitalizando una imagen compuesta sólo por blanco y negro (una página de texto, por ejemplo), se debe utilizar el *software* o programa que viene con el *scanner* para poner a éste en el modo de texto, de líneas, bitonal o modo de un bit.¹⁰

Esto establece el umbral medio, o punto de corte, que determina la forma en que el *scanner* interpreta los distintos niveles de voltajes generados por el CCD. Las áreas blancas reflejan mucha luz, y provocan que el CCD produzca un voltaje por encima del umbral establecido. Cualquier cosa por debajo del umbral es interpretado como negro.¹⁰

Para mayor realismo con imágenes de tonos continuos, se necesitan múltiples niveles de umbral que denotan las distintas sombras de gris. Esto se consigue asignando más bits para definir cada píxel.¹⁰

El número de grises que un *scanner* puede distinguir queda determinado por el número de bits que utiliza. Por ejemplo, un *scanner* de 8 bits en teoría puede distinguir entre 256 niveles de gris (2^8).¹⁰

Los *scanners* de color funcionan de la misma manera que los de escala de grises la única diferencia es que cada línea es digitalizada tres veces, cada vez con uno de los tres filtros de color

(rojo, verde y azul). El *firmware* (*software* de la ROM) combina los tres valores en la imagen en color que se obtiene.¹²

2. PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DIGITALES

Resulta interesante saber que la electrónica se desarrollo durante mucho tiempo procesando las imágenes analógicamente, la televisión y las videoreproductoras son un buen ejemplo de esto. Pero en los últimos años, se ha encontrado que transformando las ondas analógicas en números (digitalización) resultaba mucho más fácil manipular la señal y tener mejores resultados. Así por ejemplo, en lugar de intentar usar un circuito analógico para quitar el ruido de una imagen borrosa, se puede utilizar un método numérico sobre la imagen digitalizada para obtener otra de mayor calidad. De hecho, en la electrónica moderna, hay una tendencia cada vez mayor a la digitalización. Y lo mismo sucede con la fotografía aunque esta última sigue teniendo mucha mayor calidad que las actuales imágenes reproducidas por computadora, se empiezan a tener avances importantes en este aspecto, un hecho interesante es la aparición de las nuevas cámaras fotográficas digitales y la tecnología Photo-CD de Kodak.^{13,14}

La fotografía sigue siendo un método económico y de altísima calidad para conservar y reproducir imágenes pero el procesamiento computarizado de las imágenes digitalizadas resulta interesante porque permite obtener información que de otra forma sería muy difícil de tener.

Como se ha venido diciendo, el procesamiento de imágenes digitales se basa en la manipulación matemática de los valores obtenidos al digitalizar una imagen. Dichas manipulaciones pueden ser locales o generales, en la medida de que afecten a toda la imagen o solamente a una parte de ella. En este apartado nos referiremos a las manipulaciones generales principalmente, vamos a ver que pasa cuando hacemos una transformación lineal de una imagen (de pixels), vamos a ver como mejorar la calidad de una imagen, mejorando el contraste por ejemplo. Todas estas técnicas han sido ampliamente utilizadas en medicina.¹⁵

Se puede decir que la computadora potencializa una imagen cuando es capaz de producir una segunda imagen de mejor calidad o que permita apreciar mejor algún detalle.¹⁶

Existen basicamente tres tipos de procesos para manipular una imagen digital: procesos puntiformes, procesos de vecindad y procesos geométricos.¹⁷

Los procesos puntiformes modifican el valor de un pixel o conjunto de pixeles específicos, sin afectar a los

puntos adyacentes. Por ejemplo, en una radiografía subexpuesta se hace una operación sencilla llamada **amplificación lineal**, que agrega un valor constante a cada valor específico de pixel; esto es lo mismo que aumentar el tiempo de exposición y así se compensa la menor luminosidad. También se pueden aumentar o reducir los valores pixel para acentuar el contraste y producir una imagen consistente en negro total sobre blanco.¹⁰⁷

Los procesos de vecindad son mucho más complejos porque cada nuevo valor pixel esta dado por su valor original y también por los valores de los pixeles adyacentes. Estos últimos se modifican de acuerdo con el resultado que se desea. Las operaciones de vecindad se pueden emplear para suavizar bordes, como el borde de una imagen tridimensional del ventrículo izquierdo. Un tipo específico de operación de vecindad, la **transformación de Fourier**, es de particular utilidad para restaurar imágenes borrosas porque permite identificar una diferencia significativa en la luminosidad de la imagen correspondiente al borde de una estructura.¹⁰⁷

En las operaciones geométricas se introducen voluntariamente alteraciones para compensar las distorsiones conocidas de la imagen. Las imágenes del Voyager, por ejemplo, son una composición de varias fotografías obtenidas a distintas distancias y ángulos respecto de

Saturno, pero gracias al procesamiento geométrico estas imágenes fueron convertidas en fotografías compuestas. En cardiología el procesamiento geométrico puede eliminar la llamada **distorsión en puntada de colchonero** que introduce el amplificador de imágenes de un sistema de rayos X.

Aunque los algoritmos para procesar imágenes pueden llegar a ser muy complejos, en particular para **centellografía nuclear**, la ADPC se basa en particular en una combinación de técnicas de procesamiento de puntos directos. Los tres procesos puntiformes más importantes son: la **amplificación logarítmica**, la **sustracción digital** y la **potenciación de contrastes**.¹⁰⁷

Transformación logarítmica

El coeficiente de atenuación de todos los materiales por los cuales pasa un rayo X es **exponencial negativo** a la concentración, es decir, que la absorción de los rayos X que atraviesan un material de contraste yodado no guarda relación lineal con la concentración de yodo. En términos prácticos, es necesario corregir esta no linealidad antes de iniciar el procesado. Esto se hace mediante **amplificación logarítmica** de modo que cada valor pixel se convierte en su logaritmo y se divide entre una constante (K). Por ejemplo, un valor pixel de 128 se convertiría en 7 ($K=1$) porque su logaritmo base 2 es igual a 7. Un valor de 32 ($=2^5$) se convertiría en 5. Al dividir

estos valores entre una constante se restituye la relación lineal entre luminosidad de la imagen y la concentración de yodo. La amplificación logarítmica reviste una importancia crítica para medir volúmenes cardíacos y flujos sanguíneos con la técnica de la videodensitometría.¹⁰¹

Sustracción digital

En angiografía de rutina el material de contraste que pasa por una cámara cardíaca o vaso está enmascarado, en parte por el tejido óseo y muscular circundante o superpuesto, pero al hacer la sustracción digital se eliminan las estructuras que oscurecen la imagen angiográfica porque a los valores digitales del vaso lleno de contraste (postinyección) se le restan los valores digitales previos a la inyección, de modo que se crea una nueva imagen del vaso lleno de contraste pero sin la confusión de las estructuras circundantes.¹⁰¹

En clínica, la sustracción digital se puede hacer en el tiempo o a nivel energético. En la sustracción temporal se digitaliza la imagen previa a la inyección y se envía a la computadora: esta imagen digitalizada se llama máscara. Al hacer pasar después el material de contraste por la cámara o vaso iconografiado, cada cuadro de video se digitaliza y se resta de la máscara y se devuelve a la TV antes de que llegue el cuadro siguiente, unos 30 milisegundos después. La imagen ya procesada se ve directamente y se

registra para su procesamiento adicional ulterior.¹⁰¹

La mayoría de las máscaras son la suma de 30 imágenes registradas en un segundo. Estas máscaras tienen una relación señal-ruido más o menos cuatro veces mayor que la de una memoria normal. Una vez que el primer cuadro entra en la memoria, 1/16 de cada pixel se agrega a los 15/16 del valor pixel que está en la memoria. Aunque es obvio que la máscara representa la suma borrosa del movimiento cardíaco durante su ciclo, la sustracción produce una imagen con un orden de magnitud de aumento de contraste.¹⁰¹

Como este es un proceso temporal, la sustracción de la máscara esta expuesta a artificios por movimiento, de modo que basta el más mínimo movimiento para que los pixeles no concuerden, con lo cual la iconografía se destruye. Los artificios por movimiento pueden eliminarse mediante diferenciación de intervalos cronológicos, que altera progresivamente cada máscara registrando a intervalos fijos los cuadros que van llegando. Por ejemplo, si el intervalo es 30 milisegundos, la máscara para el segundo cuadro es el primer cuadro, el segundo cuadro se convierte en la máscara para el tercer cuadro y si sucesivamente. Si el lapso de actualización de la máscara es breve, se elimina el artificio del movimiento del paciente o del movimiento respiratorio.¹⁰¹

Mientras que la sustracción temporal registra la diferencia de concentración del material de contraste en función del tiempo, la sustracción energética despliega la diferencia en la atenuación de los rayos X entre el material de contraste y el tejido adyacente. Por lo tanto esta menos expuesta a los artificios por movimiento. Entre los niveles altos y bajos debidamente seleccionados de energía de fotones (KeV) el coeficiente de atenuación del yodo cambia mucho, mientras que el de los tejidos blandos y óseos se modifica muy poco. La sustracción de la imagen digitalizada que se obtiene con un KeV bajo, respecto de la imagen idéntica obtenida con un KeV alto, cancela bien a las estructuras circundantes que no contienen yodo. En la práctica, estas imágenes sustraídas de energía dual comprenden una densidad ósea residual. En consecuencia, cuando en una imagen vascular inmóvil predomina el hueso, pueden usarse tres espectros de KeV.

Aunque los métodos de sustracción digital temporal y energético tienen sus ventajas y sus limitaciones, la gran frecuencia de cuadros por segundo y la compatibilidad con los aparatos de rayos X existentes habla en favor del desarrollo comercial de la técnica de sustracción temporal. Esta técnica no requiere la interrupción dinámica del kilovoltaje ni filtros y puede procesar 30 cuadros por segundo, en comparación de 7.5 cuadros por segundo para la sustracción dual de energía. Para el

cardiólogo esta diferencia es crítica porque por lo menos son deseables 15 cuadros por segundo para visualizar el movimiento segmentario de la pared cardíaca durante la sístole.¹⁰¹

Potenciación de contraste

Como en las imágenes ADPC la concentración del medio de contraste en el corazón o en los vasos sanguíneos a menudo es mucho menor que en las imágenes obtenidas mediante inyección directa, en la imagen ADPC predominan los bajos valores pixel, como sucedería en una película oscura subexpuesta. El nivel de "luminosidad" puede aumentarse incrementando de manera uniforme todos los valores pixel y con esta ampliación o transformación lineal se obtiene una imagen nítida pero oscura. El efecto de contraste se logra aumentando sólo los valores pixel que están dentro de un determinado rango numérico (transformación no lineal). Como la ampliación logarítmica afecta más a los altos valores pixel que a los bajos, acrecenta contraste entre el fondo oscuro y la imagen cardiovascular gris-blanca que contiene yodo, por ejemplo. La técnica del contraste se puede potenciar combinando la ampliación no lineal descrita con la logarítmica. Llevada a este límite, la potenciación del contraste produce un fondo puro de blanco sobre negro que reviste particular utilidad para visualizar la contracción y relajación del corazón durante el ciclo cardíaco.¹⁰²

Como se habrá podido observar, al analizar someramente estos tres métodos de procesamiento de una imagen digital, el proceso de reproducir la nueva imagen en la pantalla de la computadora es un poco más complicado que la toma de los valores de la imagen y formación del arreglo representativo. La breve revisión dada anteriormente ha tocado muchas de las variables involucradas pero no ha sido la intención señalar cual es el mejor camino para crear una imagen digital. A continuación se presenta un conjunto de problemas relacionados con la reproducción o despliegue de una imagen digital para que pueda ser observada por los médicos.

Aunque reducir la imagen de un objeto a un arreglo N-dimensional conteniendo valores enteros puede ser problemático en muchos aspectos, puede proveer el beneficio de reducir diferentes clases de objetos a una forma común de imagen de tal manera que estas puedan ser procesadas por técnicas muy similares o idénticas. Algunos de los métodos más utilizados se describen a continuación.¹³¹

Manipulación de la escala de gris

Como se mencionó anteriormente, las propiedades físicas que intervienen para formar la imagen -tales como transmitancia, reflejo de las ondas de luz, rayos X, ondas de ultrasonido, concentración de radioisotopos, ondas

magnéticas, etc.- son normalmente codificadas en forma de un número entero escrito en forma binaria (N-bits). El conjunto de posibles valores de la imagen en cualquier punto del arreglo es referido como la escala de gris de la imagen y el valor de un pixel en particular es conocido como el nivel o valor de la escala de gris o profundidad de gris del pixel. Existen técnicas que operan sobre estos valores y son llamadas técnicas de manipulación de la escala de gris. Una técnica sencilla consiste en reemplazar el valor de gris de cada punto en la imagen con la transformación lineal de sus valores. Matemáticamente se puede representar como:

$$G_p = aG_u + b$$

Donde G_p corresponde al pixel transformado o nivel de gris procesado es decir, el nuevo valor de gris, G_u es el valor original sin procesar, a y b son constantes. Si el valor de a es la unidad, todos los valores de gris serán cambiados por la adición (o sustracción) de la constante b . Esto podría ser de utilidad en las imágenes obtenidas con rayos X (incluyendo el TAC) que están sub o sobre- expuestas. La constante se usa para alterar el contraste en la imagen. Si a es mayor que la unidad, el contraste se incrementará; pero si es menor que la unidad el contraste se disminuirá. En el caso de que a fuera negativo se obtiene el contraste inverso de tal manera que el blanco se torna negro y el negro se vuelve blanco.¹³¹

La transformación lineal de la escala de gris, también conocida como "ventaneo", es comúnmente utilizada en la revisión de imágenes de la tomografía computarizada, ya que la gran cantidad de valores producidos por el sistema TAC excede el número de sombras de gris que pueden ser diferenciados por el ojo humano, esta técnica al ir variando los contraste permite el mapeo de las imágenes facilitando al observador descubrir muchos detalles importantes en ellas.

Una variante de esta técnica llamada "ventaneo dual" o doble ventaneo sirve para mapear diferentes porciones de la escala de gris original dentro de la misma escala de gris procesada, de tal manera que los valores del pulmón y de los tejidos blandos puedan ser revisados simultáneamente.

Los valores procesados de gris pueden también ser manipulados como una función no-lineal. Por ejemplo, si la escala de gris en una imagen es proporcional a la intensidad de rayos X transmitidos a través de un paciente, una transformación logarítmica puede ser usada para hacer que la imagen aparezca de una manera más convencional a las placas típicas de Rayos X.¹⁰

Otra interesante transformación no lineal de la escala de gris que ha sido aplicada a las imágenes digitales es la igualación o transformación a histograma. El histograma de una imagen es simplemente la contabilidad del

número de pixels que tiene cada valor de gris particular. Observando el histograma de una imagen digitalizada se puede obtener información adicional acerca de la imagen de la cual se derivó. Por ejemplo, se puede juzgar la relativa "oscuridad o negrura" o "blancura o pureza" de la imagen. También es posible computar una cantidad matemática llamada el "promedio de información contenida" en la imagen.¹⁰

Técnicas de interpolación y promedio

Todas las técnicas de manipulación de la escala de gris descritas anteriormente comparten la propiedad de que aunque ellas pueden cambiar los valores en una imagen, no alteran la dimensionalidad ni el número de elementos de la imagen. Las técnicas de interpolación y de promedio tampoco pueden cambiar la dimensionalidad, pero si pueden alterar tanto los valores como el número de elementos. Por simplicidad considere una imagen unidimensional con 512 elementos. Si se desea reducir el número de elementos a 256 una técnica sencilla consiste en formar la nueva imagen tomando el valor promedio de dos valores adyacentes a un pixel, por ejemplo;

$$G_p(1) = .5 [G_u(2i-1) + G_u(2i)]$$

La interpolación, también conocida como supermuestreo, tiene el propósito inverso, por ejemplo, producir una imagen con 512

elementos cuando se contaba con una de 256, es decir agrega nuevos pixels entre los existentes. Hay varios caminos para lograr esto, por ejemplo, se puede duplicar simplemente cada elemento original de la imagen sin procesar. Esto es llamado interpolación del "continuo cercano" o "vecino cercano". Una técnica ligeramente más complicada consiste en calcular el valor interpolado a través de una función lineal considerando los dos puntos o valores vecinos en la imagen original. Todos estos métodos pueden generalizarse para imágenes N-dimensionales. La interpolación no añade detalle a la digitalización; simplemente hace un suavizado, proporcionando mejores transiciones entre grises y reduciendo el escalonado.^{12, 101}

Combinación de imágenes

Para comprender este método, considere dos diferentes imágenes bidimensionales, A y B de un mismo objeto. Esto frecuentemente se utiliza para formar una combinación lineal, C, de estas, como sigue:

$$C(i,j) = a \cdot A(i,j) + b \cdot B(i,j) + c$$

Donde a , b y c son constantes numéricas. Por ejemplo, si $a=1$, $b=-1$ y $c=0$, esta fórmula definiría la imagen C como la diferencia entre las imágenes A y B. Si la imagen A se hubiera formado después de la infusión de material de contraste radiográfico y la

imagen B fuera la anterior a la infusión, entonces la imagen C podría proveer una vista de la distribución del material de contraste. Obviamente este método trabajará de forma apropiada únicamente si las dos imágenes son registradas de manera apropiada, por ejemplo, si cada pixel en la imagen representa exactamente la misma posición física en el objeto. Si el paciente se mueve (aún ligeramente) durante la toma de las imágenes será necesario corregir este aspecto antes de que la sustracción sea ejecutada. La técnica de interpolación descrita con anterioridad provee un mecanismo por el cual una imagen puede ser trasladada o rotada para compensar, por lo menos parcialmente, tales movimientos. Combinaciones lineales o cualquier combinación no lineal de imágenes múltiples son usadas no sólo para sustracción temporal sino también para sustracción de energía.¹²¹

Integral de convolución

La integral de convolución provee un mecanismo para realizar una amplia variedad de funciones de procesamiento de imágenes. Matemáticamente, la integral de convolución de una imagen unidimensional $A(i)$ con un núcleo o Kernel $K(i)$, conocido como filtro, puede ser representado como sigue:

$$B(i) = K(i) \cdot A(i) = \sum_{p=1}^n K(i) \cdot A(i-p)$$

Donde m representa el número de elementos en el núcleo. Seleccionando diferentes clases de núcleos la imagen A puede ser alisada, refinada, pulida, bordeada, delimitada, aumentada, etc. Por esta particularidad el núcleo es referido con frecuencia como un filtro.

Proyección y retroproyección

Los radiólogos están acostumbrados a trabajar con proyecciones de objetos tridimensionales sobre tomas planas de dos dimensiones. Obviamente si se cuenta con la imagen tridimensional de un objeto en la computadora, es posible presentar cualquier proyección bidimensional de esta. Ahora, se presenta una técnica que no solamente afecta los valores de la imagen y, en general, el número de elementos en ella, sino también cambia su dimensionalidad.

Los métodos de proyección son usados para construir vistas bidimensionales de imágenes tridimensionales por ejemplo en TAC y para auxiliar en la planeación de tratamientos con radioterapia.

Los métodos de retroproyección constituyen la operación contraria. Por ejemplo, se usan distintas proyecciones unidimensionales para estimar una imagen bidimensional.¹⁰⁷

Hasta aquí se ha hecho una revisión general de los conceptos y técnicas que permite entender la idea del

procesamiento digital de imágenes médicas por computadora. Muchos aspectos importantes del tema han sido omitidos por cuestiones pedagógicas, por ejemplo, técnicas de despliegue de las imágenes -especialmente el uso de escalas de Pseudocolor o color falso-, técnicas para desplegar imágenes en tercera dimensión, el uso de las técnicas de Inteligencia Artificial para extraer la información importante de las imágenes médicas o para identificar patrones de normalidad y anomalía en ellas, no han sido discutidos los aspectos de almacenamiento o archivo de las imágenes registradas, ni se ha tratado el tema de los sistemas de comunicación de imágenes médicas (como PACS) que provee las posibilidades de almacenamiento automatizado, transferencia y recuperación de imágenes digitalizadas a grandes distancias.

3. APLICACIONES EN LA MEDICINA VETERINARIA Y LA ZOOTECNIA.

• Procesamiento de Imágenes para la evaluación de semen.

Todos los métodos de evaluación de semen tienen la desventaja de que el estudio de la muestra recogida se debe analizar manualmente, complicándose más con las técnicas que utilizan video o cine. Sin embargo, la videomicrografía resultó el primer paso para que

luego se acopla la computadora y desarrollar los sistemas CASA (*Computer Assisted Semen Analysis*) o PAS (Programas para el análisis de semen), métodos novedosos que se han diseñado para la evaluación de semen en cualquier especie.¹³

Estos sistemas son capaces de calcular automáticamente la concentración espermática, la evaluación de la motilidad, describir el número de células móviles y no móviles, la concentración espermática de células en movimiento, la velocidad espermática para determinar la viabilidad de la muestra (velocidad promedio e individual), linealidad de recorrido espermático, etc. Los datos son entregados en forma numérica y en histogramas.¹⁴

- **Procesamiento de imágenes de satélites para la preservación de patos silvestre, Canadá.**

Una de las aplicaciones más exitosas del procesamiento digital de imágenes se ha dado en el procesamiento de las imágenes obtenidas desde satélites artificiales. Un ejemplo pueden ser los trabajos realizados por la *Ducks Unlimited* de Canadá y la corporación privada EOSAT para mejorar la administración de las aves acuáticas silvestres de las ciénagas canadienses.¹⁵

D.U. contrata los servicios del satélite Landsat 5 de la EOSAT desde 1988, el satélite envía imágenes de las zonas a ser estudiadas, después de 2 o 3

semanas de procesamiento en la computadora, se obtienen imágenes a color completamente inventariadas que se presentan en forma de mapas o fotografías. Sus colores codifican tres tipos de hábitat en la cuenca de una ciénaga e indica el total de hectáreas para cada uno.¹⁶

El satélite Landsat 5 puede "ver" y grabar áreas tan pequeñas como 30 m² mientras se encuentra en órbita a unos 700 kilómetros de la Tierra. Cada uno de esos 30 m² de tierra corresponderá a un *pixel*; si se juntan 42 millones de pixels se tendrá un escenario o panorama que comprende más de 3 millones de kilómetros de la Tierra.¹⁴

A simple vista estas escenas parecen fotografías convencionales de la superficie de la Tierra, sólo que no fueron generadas con un lente y un rollo de película. Las forma la computadora con base en una serie de números enviados desde el satélite que corresponden al nivel de radiación promedio de los objetos existentes en el área muestreada.

Todos los objetos de la Tierra emiten ciertos niveles de radiación. El trazador TEMÁTICO DE MAPAS (TTM) es un sensor en el satélite que mide y graba la cantidad de radiación que emite la vegetación, el agua, los ranchos o granjas, casas, edificios de la ciudad, carreteras o cualquier otro objeto animado o inanimado. Explora cada pixel con seis bandas de luz llamadas bandas espectrales: azul visible, la longitud de

ondas verde y roja, y tres niveles de ondas infrarrojas. El trazador de mapas asigna seis números a cada pixel, marcando el nivel de radiación medida en cada banda espectral. Estos números son los "primeros datos" que envía el satélite a la Tierra, con los cuales se forman las perspectivas o escenas en la computadora.¹⁴⁴

Estos pixeles numerados, se archivan en una cinta de computadora, cada escena es guardada por separado y son estas cintas las que se venden y cargan en las computadoras.

Con estos primeros datos la computadora puede generar una imagen en blanco y negro para cada banda espectral de información. Como podrá imaginarse, las características de la tierra responden de diferente manera a las diversas bandas de luz. Así, un lago puede aparecer oscuro, en las bandas infrarrojas medias, mientras que la tierra que lo rodea puede verse de color muy claro. Esta diferencia entre las bandas espectrales juega un papel importante para identificar las ciénagas y otros tipos de hábitat.¹⁴⁴

La información de las seis bandas debe combinarse para producir una imagen factible de una escena. Un programa de computadora compila la información en tres bandas, las cuales pueden proyectarse en la pantalla de una computadora como una sola imagen. Para añadir el color, el técnico hace que la computadora muestre cada banda en rojo, verde y azul, que

a su vez se combinan para crear los diferentes colores en la escena. En esta etapa el ojo entrenado puede distinguir varios tipos de hábitat: el área negra corresponde a áreas abiertas de agua; el verde claro representa tierras labrantías que no están en uso; el rojo fuerte es vegetación verde sana. Para obtener una perspectiva más detallada de tipos de hábitat, los técnicos tienen que consultar los primeros datos presentados por la imagen de seis bandas.¹⁴⁴

Idealmente, cada tipo de hábitat produce un efecto en una forma única a través de las seis bandas espectrales originales, como se mencionó para el lago. Cada patrón de respuesta se llama *sintonía del espectro*. Los técnicos de Landsat usan esta sintonía para ayudarse a identificar, en la computadora, cuáles pixeles contienen áreas abiertas de agua, ciénagas profundas y ciénagas superficiales. Los técnicos elaboran programas que calculan sintonías del espectro por cada pixel y después clasifican estadísticamente los que tienen sintonías similares.¹⁴⁴

Después de analizar la lista de números y estadísticas resultante, el personal de D.U. agrupa los pixeles en tres tipos de hábitat: áreas de agua abierta, ciénagas profundas y superficiales, y carga esa información en la computadora. A cada tipo de hábitat se le asigna un color, de modo que la computadora puede destacar estas áreas en la pantalla.¹⁴⁴

El paso final es de refinamiento o detallado y consiste en quitar la confusión o ruido. El sensor del satélite recoge las lecturas que aparentan ser ciénegas superficiales, pero en realidad no lo son. A esto de le llama confusión y una de las fuentes principales de confusión es la tierra cubierta por sombras de nubes y los cambios topográficos. También la tierra mojada por una tormenta, que aún retiene una buena cantidad de humedad aparecerá como una ciénega superficial en la computadora. El personal de D.U. debe seleccionar estos pixeles confusos para obtener un inventario exacto de las ciénegas. Ellos hacen esto comparando las perspectivas de la computadora con mapas existentes del área y con información de la gente en el campo. Además, dependen de su entrenamiento para poder distinguir las verdaderas ciénegas. Una vez que borran la confusión la imagen está lista para que la usen los biólogos de campo.¹³⁴

Debido al ángulo de la órbita del satélite, la escena medida por un trazador temático de mapas no está orientada en una verdadera dirección norte-sur como lo están los mapas topográficos comunes, la imagen aparece ligeramente inclinada. Para poder crear una imagen comparable a la de los mapas convencionales, los técnicos deben ajustarla manualmente. A este proceso se le llama REFERENCIA GEOGRÁFICA O GEOREFERENCIA.¹³⁴

El resultado final son mapas e información que facilita las tomas de decisiones, con un considerable ahorro de tiempo y dinero.¹³⁴

- **Estimación de la composición corporal de cerdos a través de tomografía computarizada.**

Desde hace tiempo se han inventado diversas maneras para tratar de estimar la composición corporal de animales vivos. La Tomografía Computarizada en la actualidad permite la presentación de información anatómica en forma de secciones o cortes planos bidimensionales del cuerpo obtenidas de imágenes de rayos X tomadas desde diferentes ángulos o direcciones. Permitiendo tener una excelente predicción de la composición corporal comparado con los resultados que se pueden obtener con otras técnicas como ultrasonido o eléctricas.¹³⁵ Esto ha justificado su introducción como un elemento más en los rastros o empresas grandes.

- **Procesamiento digital de imágenes (PDI) en problemas de microscopía óptica y electrónica.**

Por lo general, en los laboratorios de investigación clínicos y de docencia, el análisis de preparaciones biológicas se lleva a cabo de manera manual, es decir, el biomédico realiza la prospección de elementos a cuantificar en el microscopio y cada vez que localiza uno de estos elementos, oprime el

botón de un contador mecánico. Para realizar medidas morfométricas, observa las preparaciones a través de una rejilla instalada en el ocular del microscopio para contar los elementos del área en la región que desea medir, o bien, con la ayuda de una cuadrícula calibrada superpuesta a una fotografía tomada del microscopio. Esto representa semanas de trabajo rutinario y tedioso de personal especializado.³⁴

A continuación se presentan cuatro proyectos en donde se ha utilizado una computadora PC-AT IBM compatible y el paquete IMAGENIA de la compañía francesa BLOCOM, para enfrentar este problema.

El primero se desarrolla en el área de la toxicología y pretende, a través de las técnicas de PDI, automatizar la evaluación de los efectos citotóxicos de sustancias de uso común.

En el modelo utilizado para este tipo de estudio se utilizaron cultivos de linfocitos y se evaluaron las alteraciones en el índice mitótico y la cinética de proliferación, así como alteraciones en el número o estructura de los cromosomas. Para llevar a cabo la evaluación se requiere la lectura y análisis al microscopio óptico de cientos de células, que le llevan a un citogenetista aproximadamente un año de ocho horas diarias observando al microscopio, en el estudio de una sola sustancia. Es por ello la necesidad del PDI para optimizar el tiempo de los investigadores, eliminar la subjetividad

de los evaluadores y analizar un mayor número de sustancias. Además, se considera que la sensibilidad del digitalizador descubre efectos imperceptibles al ojo humano.³⁵

En el área de la neuropatología, se utiliza el análisis digital de imágenes de cortes histológicos para identificar nuevos parámetros posiblemente relacionados con la etiología de la enfermedad de Parkinson. La causa de esta enfermedad degenerativa es hoy una gran incógnita. La investigación básica al respecto se apoya fundamentalmente en técnicas histológicas, es decir, en el estudio microscópico de cortes de cerebro humano encaminado a descubrir los parámetros que podrían llevar a la comprensión de la muerte neuronal en estas enfermedades.³⁶

Dentro del campo de acción del PDI en biomedicina, existen aplicaciones en citología e histología. En citología el PDI ha contribuido considerablemente a la automatización del análisis de las preparaciones (por ejemplo frósis y conteo de glóbulos, etc.).³⁷

Por otro lado, en oftalmología se ha utilizado para la determinación automática de la morfología del endotelio corneal humano, indispensable en las evaluaciones pre y post operatorias.³⁸

También ha sido utilizada para el análisis tridimensional de cortes transversales de núcleos celulares vistos a través del microscopio electró-

nico para entender la manera cómo se distribuye espacialmente la cromatina."

CONCLUSIONES

El procesamiento computarizado de las imágenes médicas está siendo de gran ayuda para los clínicos prácticos, quienes han encontrado no sólo el beneficio de poder mejorar enormemente la calidad visual de las imágenes utilizadas para el diagnóstico, sino también el poder almacenar las imágenes en *cassettes* de video o discos de computadora con el consecuente ahorro de espacio y la ventaja de que las imágenes no pierden calidad o nitidez con el tiempo, además de poder obtener de ellas tantas copias como sean necesarias a un costo (de tiempo y esfuerzo) mucho menor de lo hasta ahora imaginado. Pero sobre todo, lo importante es que actualmente auxilia a los médicos en el diagnóstico de enfermedades a través del análisis de las alteraciones estructurales. Tal es el caso de la Angiografía Digital Potenciada por Computadora (ADPC), técnica que en los últimos años ha tomado predominancia para el diagnóstico de problemas cardiovasculares ya que el estudio de las imágenes obtenidas mediante esta técnica y procesadas por una computadora permiten no sólo mejorar la calidad visual de las imágenes sino que también permite obtener mediciones cuantitativas reproducibles

de variables fisiológicas importantes como volúmenes cardíacos, flujo sanguíneo, perfusión miocárdica y movimiento mural regional.

Por esta y muchas otras razones resulta importante que tanto el clínico como los responsables de los centros de salud -funcionarios, administradores, etc.- tengan una idea general, pero clara, de lo que es el procesamiento de las imágenes médicas por computadora, ya que esto permitirá un mejor aprovechamiento de los recursos, además de una mayor comprensión de las necesidades de los médico y personas responsables de desarrollar estas técnicas.

CAPITULO IX

USO DE LAS COMPUTADORAS EN LA EDUCACION MEDICA

En este capítulo se da una visión general de los trabajos realizados acerca del uso de las computadoras en la educación veterinaria.

En los últimos años la educación ha sido seriamente cuestionada. Se han desarrollado una gran cantidad de teorías pero casi todas coinciden en algunos aspectos, por un lado se propone que las escuelas y colegios se vuelvan centros donde se capacite a las personas a "aprender a aprender", y por otro lado, se requiere que la gente aprenda a resolver problemas de una manera óptima, es decir, la resolución rápida de los problemas pero con el mínimo de costos o esfuerzos, siguiendo los conceptos de costo/efectividad¹⁰.

Dentro de esta situación mundial, la educación veterinaria también ha sido cuestionada. De este cuestionamiento han surgido muchas reformas que se han estado aplicando a las escuelas de veterinaria del mundo. Sin embargo, estas reformas también contemplan de manera muy importante la necesidad de que el alumno cada vez se vuelva más un autodidacta debido a la gran cantidad de información que se produce en las áreas médicas, veterinarias y zootécnicas. Además las situaciones actuales exigen que los alumnos recién egresados de las escuelas sepan resolver problemas del área que les compete de una manera práctica, lo cual implica mayor horas de entrenamiento adecuadamente supervisadas.

Ante esta situación, surgen grupos que realizan estudios y proponen nuevas alternativas. Uno de ellos, que esta considerado como uno de los intentos más serios, fue el realizado por

la *Asociación Americana de Colegios de Medicina* en noviembre de 1984. Los resultados de esta reunión de representantes de los principales colegios de medicina de los Estados Unidos fue publicado dentro de un número especial del *Journal of Medical Education* titulado *Physician for the Twenty First Century* (Médicos para el Siglo XXI). Esta reunión se realizó con el fin de establecer cuales deberían ser los cambios que deberán realizar las escuelas de medicina para poder contender con los avances científicos y tecnológicos, y preparar el camino para la adecuada formación de los médicos del futuro¹¹.

Dentro de los resultados publicados de esta reunión se presentan una serie de recomendaciones de gran importancia para la educación médica. A manera de síntesis, se presentaran algunas de estas:

- a) Debido a la gran cantidad y calidad de información médica que continuamente se esta produciendo, es imposible que toda esta sea presentada en los salones de clases. Por lo que los alumnos deben tener la capacidad de autoaprender aquellas cosas que les puedan ser útiles para resolver sus problemas particulares. Así, una de las primeras propuestas es que a las escuelas de medicina sólo entren los que ya probaron su capacidad de autoeducarse y significa que se seleccionen los estudiantes por su capacidad autodidacta. En base a esta

propuesta es posible que las escuelas de medicina se transformen eventualmente en una guía para el estudio de la medicina dejando atrás la tendencia del instructor que repite palabra por palabra todos los conocimientos acumulados¹¹.

b) Otra recomendación es la propuesta de que se disminuyan las "horas de pizarrón" al mínimo en las escuelas de medicina en beneficio de horas de biblioteca, cómputo, quirófano, laboratorio, prácticas de campo o simplemente tiempo libre que el alumno pueda aprovechar para estudiar.

c) La siguiente propuesta es que se necesita el uso de sistemas computarizados para que el estudiante pueda estudiar adecuadamente, obtener la información actualizada y tener el entrenamiento necesario¹².

Esta última propuesta es la introducción formal de la informática médica dentro de la curricula de las escuelas de medicina. Haciendo incapie en que la informática médica no es nada más el problema del manejo administrativo sino mucho más¹³.

En esta misma reunión se advierte que para que las escuelas y colegios de medicina puedan tener éxito es necesario que los alumnos que ingresan tengan ya una adecuada preparación. Dicha preparación se puntualiza en los siguientes aspectos:

- Que los estudiantes hallan desarrollado sus capacidades autodidactas.
- Que desde el bachillerado reciban una adecuada educación en "solución de problemas" para lo cual se requiere que obtengan una adecuada cultura computacional.
- Y que hayan desarrollado una adecuada habilidad en el manejo de la información automatizada sobre todo de la información médica aunque todavía no la sepan interpretar.

Resulta interesante que en esta reunión, la comisión de clínicos propone que se entrene a los alumnos en algunas técnicas probabilísticas para que implementadas en computadoras les permitan entender mejor la clínica.

Estas citas presentan la importancia que le dan las escuelas y colegios de medicina de los Estados Unidos a las computadoras en la educación médica¹⁴.

El papel de las computadoras dentro de la educación veterinaria puede ser muy diferente dependiendo del nivel al que va dirigido, así no serán lo mismo en los primeros años de la escuela comparando con su uso posterior en la clínica, o a nivel de licenciatura y entrenamiento de posgrado¹⁵.

Dentro de la escuela de veterinaria, en términos generales, pueden distinguirse dos grandes tipos de áreas: por un lado, las aulas de clases y los salones de lecturas, y por el otro,

los de laboratorio, quirófanos y hospitales. Cuando se considera el uso de las computadoras para la educación, cada medio ambiente ofrece oportunidades y retos propios. Así, las computadoras pueden aportar distintas cosas para cada una de las materias pero en términos generales se han usado para reemplazar lecciones específicas o lecturas, recuperar información bibliográfica, simular fenómenos de laboratorio, generar experiencias clínicas para ser discutidas en pequeños grupos, o generar exámenes que miden el grado de avance y complementar los conocimientos del alumno en una relación individual e interactiva³¹.

Hace unos 15 años que se empezó a apreciar el potencial educacional de las computadoras y su marcado desarrollo reciente se ha visto favorecido por el desarrollo de las computadoras personales o microcomputadoras. Además, debido al espectacular desarrollo de la electrónica cada vez es más fácil la utilización del material audiovisual y tecnología de comunicaciones junto con las computadoras lo cual también esta favoreciendo sus aplicaciones en educación, de hecho es ya casi imposible de hablar del uso de las computadoras en la educación sin considerar su inminente fundición con la tecnología de video y los sistemas de comunicación³².

Al analizar el papel de las computadoras en la educación se pueden distinguir dos niveles: el primero es

el nivel rutinario o de usuario en el cual el alumno utiliza las computadoras y tecnologías asociadas para estudiar algunos temas o ejercitarse en la solución de problemas, en este nivel el alumno utiliza las computadoras sin la necesidad de que comprenda como funciona la computadora y sin participar en la programación de esta. El segundo nivel es el creativo o de programador, para este nivel el estudiante debe haber recibido previamente un entrenamiento en el funcionamiento de la computadora para que el pueda aprovechar el potencial de esta y la utilice como una herramienta para la colección, almacenamiento, manejo y análisis de la información. Esta diferenciación se debe a que además de que se usen las computadoras para revisar lecciones independientes, hacer pruebas de autoevaluación o resolver problemas en pacientes simulados, los estudiantes deben adquirir la experiencia necesaria para usar las computadoras como una herramienta de proposito general que será usada a lo largo de sus carreras profesionales³³.

En la generación de programas para ser usados rutinariamente por los alumnos, ya sean lecciones, simuladores, etc., se han ensayado una gran variedad de técnicas. El tema de las computadoras en la educación médica aparece en la literatura desde la década de 1960 y principalmente en la década de 1970, anticipan que parte de la educación médica podría ser hecha más efectiva y eficiente a través

de la automatización. Se crean los primeros programas educativos para medicina en una gran variedad de áreas tales como anatomía¹⁷⁸, anestesiología¹⁷⁹, bioquímica¹⁸⁰, bioestadística¹⁸¹, cardiología¹⁸², urgencias médicas¹⁸³, medicina familiar¹⁸⁴, medicina general¹⁸⁵, hematología¹⁸⁶, inmunología¹⁸⁷, medicina interna¹⁸⁸, microbiología¹⁸⁹, neurología¹⁹⁰, patología¹⁹¹, pediatría¹⁹², farmacología¹⁹³, fisiología¹⁹⁴⁻¹⁹⁶, cirugía¹⁹⁷, etc.

Resultan muy interesantes estos primeros trabajos y muchos aspectos son importantes. La mayoría de estos reportes hablan de trabajos realizados por pequeños grupos generalmente de miembros de las facultades de medicina cuyos programas de computación fueron desarrollados usando computadoras de tipo *mainframe* o minicomputadoras y escasos recursos de software.⁸⁵

Durante la década de 1980 el interés por las computadoras en la educación médica se incrementó teniendo una fuerte tendencia hacia el uso de las microcomputadoras, ejemplo de las nuevas investigaciones puede ser halladas en anestesiología^{71,112,136}, cardiología¹³⁷, química clínica¹³⁸, urgencias médicas¹³⁹, medicina familiar^{132,133}, teoría de decisiones médicas¹⁴⁰, neurología¹⁴¹, farmacología¹⁴², fisiología¹⁴³ y radiología¹⁴⁴.

Cabe aclarar que las computadoras en la educación médica no sólo han servido para entrenar a los estudiantes

de medicina sino también para la educación de los pacientes o público general. Una experiencia interesante fue llevada a cabo en Minnesota⁷⁷, se desarrolló un grupo de "programas conversacionales" para la enseñanza de las conductas apropiadas frente a ciertos aspectos generales de la salud y frente a aspectos concretos, como las enfermedades cardiovasculares y la obesidad. Programas conversacionales significa que la computadora va haciendo preguntas y que sólo hay que ir contestando, como si se tratara de una "conversación". No hace falta tener ninguna formación previa en informática. Los programas fueron evaluados en un total de 420 voluntarios, teniendo en cuenta tanto la utilidad como la popularidad de cada módulo. La aceptación global fue excelente, pero los programas sobre aspectos globales de la salud fueron mejor aceptados. Programas de este tipo se han llevado a cabo sobre, por ejemplo, las normas de salud que deben seguir los diabéticos o para explorar el nivel de conocimientos farmacológicos de la población^{77,81}.

• Características y clasificación de los sistemas educativos por computadora:

Para comprender mejor lo que son y como están estructurados este tipo de programas se presenta una panorámica del uso de las computadoras en la educación médica pero vista a través de la historia de las computadoras en la educación que lo sugieren T. O'Shea & Self J.¹³². No se trata

rigurosamente de una historia cronológica sino de una manera de describir los esfuerzos que se han hecho en la educación utilizando las computadoras y sus aplicaciones dentro de la medicina. La mayoría de estos programas siguen siendo vigentes independientemente de la técnica utilizada.

1.- Programas lineales:

Uno de los primeros tipos de programas educativos que aparecieron fueron los llamados programas lineales. Existen muchos ejemplos de este tipo de programas. Un ejemplo típico de este tipo de programas son los trabajos de Last^m en 1979, quien elaboró un programa que enseña alemán. El principio pedagógico involucrado está derivado del conductismo (condicionamiento operante - Skinner), cuya característica es hacer una presentación sistemática seguida de un reforzamiento de las ideas mediante un efecto de autocontrol del paso de aprendizaje. Un ejemplo que puede ayudar a entender la forma de este tipo de programas se puede hallar en los textos programados, pero implementados en una computadora. Así, un programa de este tipo presenta conocimiento atomizado en cantidades muy pequeñas y después realiza una pequeña prueba para ver si se ha comprendido bien lo que se presentó. En caso de que el alumno no apruebe, se hace un reforzamiento y vuelve a presentar la prueba. Una vez que el alumno aprueba significa que se

comprendió lo anterior y se le puede presentar un nuevo conocimiento que seguirá el mismo proceso. Viendo el tema en pequeñas partes y haciendo evaluaciones continuas para que sólo se avance cuando se han comprendido las primeras partes. Posteriormente llega el momento de integrar todos los conceptos vistos previamente y si el alumno no puede resolver una prueba que integra todas las partes entonces el sistema regresa a revisar los conceptos^m.

En síntesis, estos programas aplican la filosofía del conductismo, para lo cual parten de conceptos muy concretos y se van reforzando las ideas hasta finalmente intentar integrar todo lo visto. Una característica muy importante es que el alumno va determinando la velocidad de educación de acuerdo a su capacidad de asimilación.

2. Los programas ramificados:

Una variación de los programas lineales son los programas ramificados o arborecentes. Los programas ramificados se caracterizan porque tienen una retroalimentación correctiva, además en cierta manera son adaptivos es decir, se adaptan a la respuesta del estudiante. Pueden tener diálogos tutoriales y frecuentemente hacen uso de "lenguajes de autor" es decir, estos sistemas frecuentemente van acompañados de un subsistema que permite construirlos. Los "lenguajes de autor" son lenguajes de programación muy sencillos y

especialmente diseñados para la elaboración de lecciones por computadora. De tal manera que cualquier maestro pueda construir una lección sin mayores problemas.

Los más antiguos de este tipo de programas, no en medicina sino en general, son los programas de Ayscough⁸ en 1977¹¹.

3. Programas de tipo generativo:

Este tipo de programas tienen la característica de que el sistema es capaz de generar problemas, el ejemplo típico de este tipo de programas son los trabajos desarrollados por Palmer y Oldehoeft¹² en 1975. Estos sistemas están frecuentemente destinados a lo que en los Estados Unidos se conoce como *Drill-and-practice*, que corresponde al concepto de ejercicios de práctica o habilidad. Se asemeja mucho a los ejercicios que aparecen con frecuencia al final de cada capítulo en los libros de matemáticas. Este conjunto de ejercicios insiste una y otra vez sobre lo mismo hasta que se crea una habilidad o se aprende un aspecto en particular. Generan problemas hasta lograr un adiestramiento¹³.

Otra característica de estos sistemas es la palabra inglesa TASK cuya traducción más cercana, a nuestro lenguaje cotidiano, sería la de "chambas", y significa que este tipo de programas son buenos cuando el trabajo que hay que hacer está muy bien definido. Por ejemplo, si lo que se

quiere resolver es un proceso matemático que está muy bien definido como sumas, divisiones o ecuaciones de segundo grado, etc. Así, el sistema es capaz de generar 20 o 30 ecuaciones distintas todas de segundo grado y supervisar la solución correcta y el procedimiento¹³.

La mayoría de estos sistemas son capaces de dar diversos grados de dificultad es decir, generar problemas específicos para estudiantes principiantes, medios o avanzados. Con esto se puede dosificar el aprendizaje de los estudiantes dependiendo del grado de avance que tenga este.

El esquema general de estos sistemas es¹⁴:

1. Despliega una pregunta para el estudiante.
2. Juzga la respuesta del estudiante.
3. Da una retroalimentación al estudiante.
4. Despliega la siguiente pregunta.

Este tipo de programas son ampliamente recomendados cuando se requiere de la memorización¹⁴.

Un ejemplo muy viejo y muy conocido de estos sistemas son los sistemas que permiten enseñar a sumar o multiplicar a los niños. Estos sistemas generan un número y luego generan otro número, luego pregunta al niño cuál es el valor de la suma entonces el niño contesta, si la respuesta es correcta le dice que

están de acuerdo y genera otros dos número y vuelve a preguntar, pero si la respuesta es incorrecta le advierte que el resultado no está bien y que lo intente de nuevo, si vuelve a fallar el sistema le dice cuál es la respuesta correcta y si el niño quiere le puede explicar porque, finalmente vuelve a generar otro problema y se vuelve a iniciar el proceso indefinidamente hasta que se cansa el niño o comprenda bien el tema y quiera pasar a otro nivel o a otro tema. Estos programas de computación fueron hechos hace muchos años y actualmente se usan mucho para este tipo de cosas¹⁷⁶.

Es importante señalar que en este tipo de programas el grado de dificultad es determinado por el mismo alumno así, el niño tiene la posibilidad de decir por ejemplo de cuantos dígitos quiere la suma. Esta autodosisificación es típica de estos sistemas¹⁷⁷.

Otra característica de estos sistemas es que frecuentemente están dotados de respuestas a las preguntas del estudiante tales como el porqué de una solución y el sistema entonces comenta parte por parte el proceso necesario para llegar a la solución justificando así su respuesta.

Un ejemplo de este tipo de programas generativos aplicado a la medicina es IATRON un programa desarrollado en 1985¹⁷⁸. Este es un sistema simulador que inventa pacientes. Se presenta una descripción muy rápida de la

mecánica de este inventor de pacientes.

La idea es generar un paciente a partir de la situación descriptiva normal de los libros de texto de medicina. Ejemplo: "los individuos que tienen tal padecimiento normalmente están entre los 40 y 80 años de edad y en un 70% de los casos son hombres". Si se considera solamente esta información, la computadora para generar un paciente con esta enfermedad, primero generaría un número entre 40 y 80 que corresponderá a la edad del paciente. Posteriormente para determinar el sexo, el sistema toma el valor de una especie de ruleta en donde el 70% corresponde al sexo masculino y un 30% al femenino¹⁷⁹.

Del mismo modo que con la edad y el sexo, el sistema va determinando los signos y síntomas del paciente. A veces generar un paciente se torna una situación más compleja cuando los textos describen algo así como: "este tipo de pacientes presentan frecuentemente uno de estos síntomas", entonces la máquina escoge uno al azar. A veces los textos dicen "algunos de estos síntomas", entonces el sistema interpreta como uno, dos, tres o todos los síntomas, entonces escoge uno o varios de la lista de síntomas. Además el sistema tiene un sistema de decisión condicional; si se trata de este síntoma entonces ocurre esta sintomatología asociada, pero si se trata de este otro síntoma entonces ocurre esta otra sintomatología. La

mayoría de estas decisiones condicionadas son del tipo de decisión binaria.

De esta forma, de manera aleatoria, el sistema escoge un caso y le va presentando los datos, signos o síntomas que pertenecerían al paciente que esta generando. Es importante señalar que nuestro generador de pacientes va estableciendo también un conjunto de parámetros fisiopatológicos que hechan a andar o "disparan" un modelo biofísico. Este modelo biofísico produce sus variables es decir, que como cualquier modelo biofísico hay entrada de parámetros y salida de variables, pero las variables de este modelo biofísico son interpretadas otra vez como síntomas y signos que enriquecen el cuadro clínico inicial¹⁹.

En resumen este generador de pacientes lo que hace es tomar un texto médico, lo interpreta como un caso particular, hecha a andar un modelo biofísico, el modelo tiene parámetros que entran al modelo y el modelo produce variables, las variables son transformadas otra vez en síntomas que se agregan al caso particular inicial, pero como el sistema tiene la peculiaridad de que las variables pueden transformarse en síntomas y estos a su vez se pueden transformar en cambios de parámetros del modelo, entonces el sistema puede evolucionar. La idea de que un paciente evolucione en el tiempo es porque sus parámetros estan cambiando, el hecho

de que se produzca este ciclo en el que hay un caso particular que a su vez hecha a andar un modelo que genera síntomas y los síntomas modifican al modelo, hace que el sistema-paciente pueda evolucionar como un paciente en el tiempo. Se habla de tiempo de máquina que es mucho más rápido que el real, y finalmente el paciente puede morir, estabilizarse o curarse¹⁹.

IATRON es un sistema de adiestramiento que se puede presentar por ejemplo a un grupo de médicos novicios para que diagnostiquen y traten o simplemente aprendan a distinguir todos los casos posibles de hipertensión arterial. El sistema esta presentando casos de hipertensión arterial una y otra vez, de repente presenta un caso de hipertensión de origen renal o un caso de feocromocitoma y así continuamente hasta que el individuo aprende a diferenciar las hipertensión o desiste¹⁹.

El sistema no tiene implementado medidas de dificultad ya que resulta muy difícil hacer que el sistema reconozca cuales son los casos sencillos y cuales los complicados o cuales tienen una solución muy clara y cuales no. Por otro lado lo que equivale a que el estudiante haga preguntas al sistema es el hecho de que el estudiante puede intentar tratar al paciente. Tratar al paciente es lo que en este sistema equivale a hacer preguntas al sistema ya que si el estudiante escoge la opción de terapia entonces el sistema produce un menú

de posibles medicamentos que se pueden dar a pacientes hipertensos o no, puede tener ahí por ejemplo digitoxina o cosas que no tengan nada que ver esencialmente con el problema de hipertensión. De ese menú el estudiante puede elegir alguna de las terapias, esa terapia hecha a andar un pequeño sistema que es capaz de modificar los parámetros del modelo principal lo que puede causar mejoría en el paciente cuando la medicación es adecuada pudiendo llegar a provocar una modificación lo suficientemente buena como para que desaparezcan los síntomas del paciente. O por otro lado, puede ocurrir también que frente a una modificación inadecuada que también modifica los parámetros del modelo principal ocasionando que el modelo empiece a presentar síntomas que no tenía antes y que son típicamente iatrogénicos pudiendo culminar con la "muerte del paciente".

Esto es un sistema de aprendizaje por computadora del tipo generativo o *drill-and-drill*. La escuela de veterinaria de la Universidad de Tuskegee utiliza un sistema de este tipo que contiene una gran cantidad de preguntas similares a las del examen estatal y nacional para poder obtener el permiso de ejercicio profesional. Después de sus clases los estudiantes pueden utilizar este servicio para preparar sus exámenes²⁴.

4. Modelos matemáticos del aprendizaje

Este tipo de programas no son muy aplicables a la medicina porque generalmente se refieren al uso de estadísticas de aprendizaje. Son sistemas cuya conducta depende de una curva de aprendizaje y de desaprendizaje. El sistema tiene un pequeño modelo de aprendizaje y va "observando" al estudiante mediante una contabilidad de aciertos y fallas e insiste en la presentación de problemas en los cuales el estudiante esta fallando o esta deficiente, hasta que la curva de aprendizaje-desaprendizaje se corrija y entonces se empiezan a reforzar otras áreas^{25,26}.

Los trabajos más representativos son los de Laubsch y Chiang²⁷ en 1974 quienes deciden aplicar las teorías de estadísticas de aprendizaje para poder hacer de alguna manera un análisis de la sensibilidad de la respuesta. En medicina no existe, al parecer, ningún representante interesante²⁸.

5. El proyecto TICCIT

Auspiciado por la *National Science Foundation of America* (NSF) se desarrolla el proyecto TICCIT (*Time-Shared Interactive Computer Controlled Information Television*), el cual tiene el propósito de ser un sistema que permita el uso simultáneo de información televisada de tipo interactivo controlada por computadora y además en tiempo compartido. La dirección de este proyecto fue

concedida a la Corporación MITRE y el objetivo era demostrar que la educación asistida por computadora es capaz de proveer una mejor educación a un menor costo comparado con la instrucción tradicional en los colegios comunitarios (MITRE Corporation, 1974). Una de las características de este tipo de programas es que para la realización del material del curso intervienen una gran cantidad de profesionales y técnicos. Hace también gran énfasis en que el material de aprendizaje del curso sea controlado por el estudiante por medio de un lenguaje de comandos de alto nivel es decir, muy sencillo, muy claro y natural, como por ejemplo: repite, continua, salta, ayuda, ejemplo, práctica, etc.¹²⁷

De esta manera, el estudiante cuenta con un televisor a colores, un teclado de la computadora y una videocasetera, a veces puede contar con otros periféricos que sean necesarios como lápiz óptico, graficadoras, etc. Los sistemas TICCIT fueron implementados en minicomputadoras y se probaron en dos colegios comunitarios para dos cursos: uno de matemáticas y otro de composición en inglés. Los resultados iniciales no fueron muy alentadores sobre todo desde el punto de vista económico y del esfuerzo necesario para crear el material del curso. Sin embargo, existe una gran cantidad de programas en la actualidad que siguen esta línea.¹²⁸

6. El proyecto PLATO:

Otro de los proyectos de la NSF estuvo basado en el sistema PLATO (*Programmed Logic for Automatic Teaching Operation*) desarrollado por el laboratorio de investigación en educación basada en computadoras de la Universidad de Illinois. El sistema PLATO tiene una larga historia desde 1960. Las características fundamentales son que inicialmente se trataba de un sistema multiterminal interactivo, actualmente hay versiones para microcomputadoras, otra característica es que dependía mucho de sistemas visuales o desplegados visuales además de que inicia lo que desde entonces se conoce como "*open shop approach*" que quiere dar a entender algo así como "entrale cuando llegues" o "la función comienza cuando tu llegas", finalmente se pensó que con este sistema se podría abatir costos es decir, estos sistemas se desarrollaron esencialmente pensando en costos.

Los primeros trabajos de este tipo y muy representativos son los trabajos de Bitzer en 1976, aunque en la actualidad existe una gran cantidad de trabajos de este tipo.¹²⁹

Inicialmente se pensó que este sistema estaría soportado en una computadora grande del tipo de *Mainframe* que pudiera atender a una gran cantidad de terminales que pudieran estar disponibles para los estudiantes de una escuela o universidad, lo que se conoce como

uso abierto de tiempo. Así, el estudiante podría usarla cuando quisiera teniendo una relación de tipo interactivo es decir que una vez que el estudiante le contestaba o hacía una petición al sistema, la máquina inmediatamente le respondía. Todo esto estaba muy apoyado o dependiente de sistemas visuales ya que desde entonces se pensaba que había que aprovechar las capacidades gráficas y de video de las computadoras cuando estas se utilicen para la enseñanza. Esto que en la actualidad resulta algo muy natural en ese entonces era una idea muy novedosa es decir, pensaban que podrían utilizar la pantalla para representar figuras más o menos complejas, coloridas, en movimiento controlable, etc.¹²⁷

La idea esencial era generar un lenguaje autor. Este lenguaje de autor permite a un profesor que no conoce nada de programación poder hacer un programa educativo de este tipo o de cualquier otro tipo, para un curso cualquiera de cualquier cosa, dándole la posibilidad de que la máquina maneje diapositivas, sonidos, video-discos, etc.

El sistema PLATO en realidad terminó por ser un sistema muy complicado, tan difícil de aprender como cualquier otro lenguaje de programación, en realidad defraudó un poco la intención original de que todo mundo lo pudiera usar, sin embargo se continuó la idea porque se presentaron una gran cantidad de

trabajos, se abandonó la idea de que un profesor cualquiera sin entrenamiento hiciera un programa y se generaron un conjunto de especialistas que programaban PLATO para producir material educativo, creándose una gran industria de software para producir lecciones animadas. Se produjeron una gran cantidad de trabajos para la enseñanza de la medicina en los Estados Unidos, además de que se ha usado para ayudar al profesor en la preparación de sus lecciones¹²⁸.

7. La simulación:

La simulación se inicia en el campo general de la educación con los trabajos de McKensy¹²⁹ en 1977, en el campo de la medicina la simulación ha tomado un papel preminente para la educación. En el último congreso de MEDINFO se presentaron por lo menos 50 trabajos referentes a la simulación de muy distintas características y tipos, hasta los chinos presentaron una simulación de la medicina tradicional para enseñar la medicina.

Imagínese todo lo que puede simularse: el intercambio de iones en los eritrocitos, el intercambio de gases en los pulmones, la circulación pulmonar, la invasión de los tejidos por el cáncer, etc. La simulación es un campo muy promisorio que se produce ahora a una velocidad gigantesca y se vende mucho. Las principales características de este tipo de sistemas es de que parten de la idea de sustituir

el laboratorio por la computadora como un laboratorio, para lo cual tienen que contar con gráficas interactivas es decir, que se puede interactuar directamente con las gráficas ya no desde el teclado, para lo cual se pueden usar sistemas con pantallas sensibles al tacto, lápices electrónicos, mouse, etc.¹²²

Un ejemplo típico de estos sistemas en medicina es el producido por Peterson, quien desarrolla un sistema de un laboratorio simulado para la enseñanza de la mecánica del corazón. Este sistema es muy renombrado porque fue denominado por la revista BYTE como uno de los ejemplos más importantes y avanzados del uso de las computadoras para la enseñanza en general, no solamente de la medicina.

El trabajo de Peterson parte de la idea de la preparación corazón-pulmón del laboratorio de fisiología. Es una preparación particularmente difícil, además de ser cara y cuya ejecución requiere de una gran habilidad por lo que es fácil tener un fracaso. Por eso es que muchas universidades de medicina habían decidido no enseñarla para evitarse problemas desafortunadamente, porque la preparación corazón-pulmón es una de las preparaciones más importantes para aprender la fisiología del aparato cardiovascular. Quizá por eso sea que a Peterson y col. se les ocurrió simular la preparación de una manera muy

completa, muy buena y en tiempo real¹²³.

El simulador presenta un registro de la preparación con sus pajillas tipo fisiógrafo en el que aparece: la presión venosa pulmonar, la presión arterial sistémica, el volumen cardiaco, la presión intracardiaca, etc. todo en el instante en que esta ocurriendo. Pudiendo el alumno interactuar a través de la pantalla y modificar las condiciones del experimento, simular que mueve el frasco que contiene la sangre venosa de tal manera que artificialmente se aumente la presión venosa del sistema y ver que pasa con la frecuencia cardiaca, que pasa con el volumen cardiaco, etc. Representando exactamente lo que ocurre en una preparación corazón-pulmón en tiempo real. Esto ha sido tan exitoso que Peterson ha vendido su sistema a casi la mitad de las universidades de los Estados Unidos donde la preparación se había abandonado. Es posible que en muy poco tiempo esta característica de interactuar directamente con la pantalla se aplique también en la simulación de pacientes de manera que el estudiante interactúe de una manera más directa con su paciente en una simulación clínica pero ya no a través de teclas sino como si estuviera tocando al paciente, moviéndolo, inyectándolo, etc.¹²³

Este tipo de programas enseñan a los estudiantes cómo valorar los hechos, cómo evaluar el conjunto de información y cómo pensar lógicamente

para formular acciones adecuadas. Son muy valiosos para adiestrar en la toma de decisiones. El Dr. Roy Pollock de la Universidad de Cornell desarrolló una colección muy valiosa de simuladores de casos clínicos para veterinarios³². Otro ejemplo interesante es el sistema de videodisco laser interactivo para la enseñanza de los sonidos cardíacos en perros desarrollado en 1985 por C. Branch y B. Robertson³³.

En general, los sistemas simuladores son mucho más complejos y difíciles de desarrollar, pero también son los más deseables porque permiten que el estudiante tenga una experiencia similar al de la vida real y poder cometer una gran cantidad de errores sin que pague el precio y las consecuencias de haberlos cometido en la vida real³⁴.

8. Los juegos educativos:

Uno de los tipos de sistemas educativos por computadora más llamativos son los juegos educativos de computadora³⁵. Este tipo de sistemas parte del ideal de "aprender jugando". Las características más importantes de estos son:

- a) Utilizan mucho efectos de video y de audio para presentar una situación o ambiente de juego y lograr una motivación en el estudiante.
- b) Generalmente tiene como objetivo el desarrollo de una habilidad en el estudiante.

c) Usualmente incorporan elementos fantásticos tales como naves especiales, monstruos, etc.

d) El hecho de presentar un *score* hace que el estudiante tenga una idea de su propia capacidad es en cierta medida un modo de evaluación.

Los juegos se conocen desde hace mucho tiempo, son muy motivantes pero desgraciadamente frecuentemente carecen de buenos objetivos educacionales y no se cumple lo que se pretende con ellos³⁶.

Un juego que de alguna manera se acerca a la medicina y que es muy divertido es el llamado "ANTIGENOS" que esta disponible para computadoras Commodore. Este juego consiste en dirigir al sistema inmunológico de manera similar al PAC-MAN, se dirige el sistema inmunológico de un paciente o individuo y se trata de ir hábilmente resolviendo los problemas a través de los distintos procedimientos de tipo inmunológico, si no se le gana al sistema entonces el paciente no se cura pero si se le gana entonces el paciente se cura. El sistema desarrolla verdaderas guerras internas que resultan en un juego muy divertido sin dejar de ser profundo en su aspecto de enseñanza, ya que introduce conceptos inmunológicos a un buen nivel³⁷.

Existe también el caso del programa BABY desarrollado en 1985 por John F. Edmonds y Gordon A. Tait del

Hospital de Pediatría de Toronto, Ontario, y que aunque los autores le llaman un juego de primera cirugía en realidad es una especie de simulador. BABY es un programa para la enseñanza de los cuidados post-operatorios en pediatría y que está ambientado a manera de juego para motivar más a los estudiantes. El programa simula a un paciente pediátrico después de un cirugía de corazón y el contador del juego (*score*) está determinado por la capacidad del usuario para mantener los parámetros fisiológicos del paciente dentro de los límites aceptables¹⁹.

9. Sistemas de Solución de Problemas

Estos sistemas lo que en realidad hacen es generar una atmósfera de solución de problemas y el ejemplo típico son las atmósferas en solución de problemas creadas por LOGO²⁰.

LOGO es un lenguaje de inteligencia artificial derivado de LISP, que se ha usado para los niños quienes hacen que una "tortuga" ejecute ciertas construcciones. Lo que pretende es educar al niño en solución de problemas abstractos a través del uso de esta tortuga. Fue ideado por Pater en 1973 y ha tenido un éxito internacional muy grande, en muchas escuelas del mundo se ha desarrollado entusiastamente el LOGO. Su desarrollo consiste en un problema que es planteado por el maestro y el alumno con su computadora y su lenguaje de LOGO trata de resolverlo, por eso se

dice que lo único que hace es crear una atmósfera para solución de problemas²¹.

Obviamente no se ha usado para resolver problemas específicos como los de medicina sino que se utiliza para la solución de problemas abstractos²².

10. Los Medios Emancipatorios:

Estos sistemas si han sido ampliamente utilizados en medicina y consisten en el uso de bases de datos para resolver problemas médicos. Enseñar al estudiante de medicina a usar bases de datos para las múltiples cosas que tiene que hacer le podrían facilitar enormemente su vida como estudiante, por eso se les llaman medios emancipatorios²³.

Los principales medios emancipatorios de computación que pueden ser grandes herramientas para el estudiante son los sistemas de bases de datos, los procesadores de palabras y las hojas electrónicas de cálculo. Estas herramientas de computación han demostrado ser de gran beneficio y utilidad para los estudiantes, y se trataron a detalle en el capítulo III de este escrito.

11. Los sistemas de diálogo:

El siguiente tipo de sistemas educativos que se presenta son los sistemas dialogantes o sistemas de diálogo. Este tipo de sistemas pertenecen a la clase de sistemas inteligentes desarrollados dentro del

área conocida como Inteligencia Artificial. Se trata de sistemas en los cuales se confronta al estudiante con un sistema experto, un sistema experto es un sistema inteligente desarrollado para resolver un problema concreto como puede ser el caso de MYCIN o de INTERNIST, etc. Estos son sistemas expertos que resuelven problemas médicos y los sistemas dialogantes lo que hacen es que el sistema experto resuelve un problema y le presenta ese mismo problema al estudiante y dialoga con el estudiante para ver como lo resolvería. De esta manera, el sistema tiene una idea de quien es el estudiante o que tipo de estudiante tiene enfrente y de acuerdo con las conclusiones a que llega el sistema, le pregunta al estudiante. Debido a que es a través de un diálogo como el sistema identifica el grado de conocimientos del estudiante en turno, puede determinar cual es el tipo de preguntas que estarían adecuadas para el nivel de ese estudiante¹²⁹.

Las principales características de estos sistemas de diálogo son que el lenguaje que utiliza con el usuario es un lenguaje casi natural, tanto el sistema como el usuario pueden hacer preguntas en cualquier momento según vayan necesitando información, el tópico de la conversación puede ser cambiado por iniciativa del usuario o del sistema, si este así lo considera pertinente, usa representaciones complejas del conocimiento, utiliza estrategias tutoriales, etc.¹³⁰

Desde 1970 Carbonel y col. empezaron a trabajar bajo la línea de construir sistemas para la enseñanza asistida por computadoras tratando de simular un tutor humano. El primer sistema fue SCHOLAR y servía para revisar los conocimientos de los estudiantes con respecto a la geografía de sudamérica. Sin embargo, quizá el más famoso de este tipo de sistemas es un sistema para la enseñanza de la medicina y se llama GUIDON¹³¹.

GUIDO es un sistema inteligente que es capaz de discutir en el caso de un enfermo que tiene un problema infeccioso, así como el tipo de droga o antibiótico que se le debe suministrar¹³².

Todo este tipo de sistemas se conocen también como sistemas tutoriales inteligentes o ITS (Intelligent tutorials systems) y se dice que son inteligentes porque tienen la capacidad de poderse crear una imagen intelectual del usuario es decir, que van juzgando lo que el usuario esta haciendo. Para esto tiene que estar el sistema resolviendo el mismo problema que el usuario, al mismo tiempo para que lo tome como marco de referencia para juzgar al usuario, para poder hacer esto debe contener un sistema experto.

Una vez que el sistema ha creado una imagen del estudiante como resolvidor de problemas, analizando las reglas que este utiliza o las que debería utilizar, si el individuo no puede

resolver el problema entonces le proporciona pistas adecuadas a su nivel o conocimiento en el caso de que sea necesario, pero si el estudiante resuelve bien el problema entonces le pregunta como le hizo⁶⁴.

Los principales problemas de este tipo de sistemas, por el momento, es que el modelo de razonamiento de la máquina es el único válido, aunque cubre casi todas las resoluciones imaginables, no puede adaptarse a los grados de aprendizaje de los individuos.

12. Sistemas Interactivos con MULTIMEDIA.

Estos sistemas se han desarrollado fuertemente durante los últimos años y esto ha sido posible gracias a los avances tenidos en la microcomputación y en la electrónica. Multimedia es la combinación de texto, sonido y video, de manera simultánea, para presentar información y esta considerada como una de las herramientas de aprendizaje más revolucionaria de nuestros tiempos. Es la forma de interacción con la información esto incluye: texto, dibujo, gráficas, fotografía, video, animación y audio⁶⁵.

El concepto de multimedia ha venido a revolucionar el concepto de la comunicación moderna⁶⁶.

Una de las experiencias más serias en el desarrollo de este tipo se puede encontrar en el Proyecto CONVINCe de los Estados Unidos y su filial en

México: el Proyecto de Sistemas Interactivos con Multimedia en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. En esta última, durante el último año se han producido más de 35 lecciones por computadora abarcando muy diversas áreas de la veterinaria, como lenguaje de autor se ha utilizado el programa IDEA-LINK del Dr. Fred Smith, de la Escuela de Veterinaria de la Universidad de Georgia.¹⁷¹

A continuación se presenta una breve revisión de las experiencias tenidas con el uso de los sistemas de cómputo en la enseñanza de la medicina.

• Experiencias con el uso de las computadoras en la educación médica:

Una de las primeras experiencias que se tuvieron fue llevada a cabo en 1966 por la Universidad de Ohio^{68,177}. Miembros de la Facultad de medicina prepararon un paquete instruccional con el fin de utilizarlo en la enseñanza de las ciencias básicas de medicina, inicialmente con la mira de sustituir las lecturas además de que el sistema contaba con pruebas de autoaprendizaje que proveían de información acerca de los puntos sólidos y débiles de los conocimientos adquiridos por los estudiantes. Algunos otros colegios de medicina pudieron utilizar este sistema gracias a la red nacional de comunicaciones que fue desarrollada por el *Lister Hill Center* para Comunicaciones Biomédicas y la *National Library of Medicine*⁶⁸.

Por su parte, el departamento de Farmacología del colegio de medicina del estado de Kansas desarrolló su propio programa instruccional⁴⁰. De igual manera, se desarrolló otro ambicioso proyecto en la Universidad de Illinois utilizando el sistema PLATO en una *mainframe*^{41,42}, mientras que en la escuela de medicina de Harvard empieza a ofrecer créditos a los médicos que usaran simuladores de pacientes por computadora para manejo de problemas. Durante las décadas de 1970 y 1980 aparecen una gran cantidad de artículos sobre el uso de las computadoras en la educación médica⁴³.

Al parecer, los casos en que mejores resultados ha dado el uso de computadoras en la educación médica ha sido para la comprensión de procesos biológicos fundamentales, manejo de problemas clínicos en pacientes simulados, evaluación de los estudiantes o personal médico (tanto para la evaluación formal como para la autoevaluación en el proceso de autoaprendizaje) y los programas o sistemas dialogantes.

El uso de las computadoras para simular procesos biológicos fundamentales ha sido ampliamente estudiado ya que presenta una gran cantidad de ventajas, pero virtualmente plantea un serio cuestionamiento para los laboratorios de las ciencias básicas ya que contando con esta nueva herramienta quizá sus objetivos y

alcances puedan variar considerablemente.

Algunas de las ventajas son:

- a) El poder simular fenómenos o partes vivas del cuerpo humano, tales como el sistema cardiovascular, permite que el alumno pueda aprender acerca del funcionamiento dinámico de sistemas complejos. Ya que observando y variando los parámetros del modelo, los alumnos son capaces de conducir sus propios experimentos que le ayuden a probar el conocimiento que tiene de ese proceso biológico⁴⁴.
- b) Los modelos de los fenómenos farmacológicos pueden permitir al estudiante de medicina examinar los efectos de las diferentes dosis de las drogas⁴⁵.

En contraste con el uso de animales de laboratorio como modelos para la enseñanza, las ventajas de los modelos por computadora son las siguientes⁴⁶:

1. En términos generales, los modelos computarizados permiten abatir los costos económicos causados por las pruebas de laboratorio.
2. Reduce enormemente el número y la necesidad de disecciones en animales vivos, reduciendo con esto el sufrimiento de los animales de laboratorio.

3. Permite una mayor participación e interacción de los estudiantes, en comparación con aquellas prácticas donde se cuenta con un número limitado de animales de laboratorio.
4. Permite a los alumnos generar hipótesis y probar sus predicciones manipulando las variables del modelo computarizado.
5. En vez de memorizar interrelaciones entre variables seleccionadas, el estudiante puede descubrirlas por experimentación.
6. Gracias al control de la velocidad del proceso, los modelos computarizados permiten a los estudiantes conducir un gran número de experimentos que normalmente son lentos, en un período corto de tiempo, o por otro lado, extender el tiempo transcurrido de un experimento muy breve, de tal manera que ellos puedan comprender mejor el proceso que está siendo ilustrado. Pudiendo incluso detener los experimentos para estudiar resultados intermedios y volver a ponerlos en marcha, todo bajo la dirección o necesidades del estudiante.
7. Los alumnos pueden constantemente estar regresando el experimento o repetirlo varias veces, hasta que queden satisfechos.
8. Los experimentos que pueden exponer la salud de los estudiantes,

tales como organismos peligrosos, químicos o radiaciones pueden ser llevados a cabo libres de peligro.

En síntesis, los modelos de procesos biológicos simulados por computadora les brindan a los estudiantes la oportunidad de aprender por sí mismo descubriendo las cosas.

Sin embargo, es necesario que se considere que a pesar de las ventajas de los modelos de procesos biológicos hay que cuestionar su validez, ya que la reducción de un sistema biológico complejo a una serie de ecuaciones diferenciales almacenadas en una computadora frecuentemente produce un modelo que es poco perfecto o no responden exactamente a la realidad, aunque se puede pensar que la diferencia en la precisión es insignificante comparado con las ventajas.

Con respecto al uso de las computadoras en la evaluación de los estudiantes las ventajas también son muchas, ya que afecta en gran medida los hábitos y forma de estudio el hecho de que el estudiante sepa de que para aprobar deberá saber aplicar de manera práctica sus conocimientos en la solución de problemas²⁴.

Quizá en ningún otro aspecto de la educación médica, en los últimos 20 años, las computadoras hayan tenido mayor impacto que en el área de la elaboración de exámenes. Desde un principio la evaluación automatizada basada en exámenes de opción múltiple ha eliminado en gran medida

el uso de elaborados y burocráticos exámenes escritos y orales. Aunque en la actualidad esta tendencia esta siendo abandonada ya que se han desarrollado mejores formas para aprovechar las capacidades de las computadoras en la evaluación de los estudiantes²².

CONCLUSIONES:

En el presente capítulo se ha presentado la importancia que tiene el uso de las computadoras en la educación médico veterinaria, las características y clasificación de los sistemas tutoriales, ejemplo de ellos en veterinaria y algunas de las ventajas y desventajas más relevantes de este tipo de sistemas.

CAPITULO X

INTRODUCCION A LA INGENIERIA DE SOFTWARE VETERINARIO

En este capítulo se presenta una introducción general a la Ingeniería de Software con aplicaciones para la medicina veterinaria y la zootecnia.

La mayoría de los médicos veterinarios han oído que las computadoras se están usando en medicina veterinaria y en zootecnia con buenos resultados y si en ocasión han tenido la oportunidad de ver funcionando alguno de estos programas habrán experimentado una doble sensación, de entusiasmo y de preocupación¹²⁴.

La Tomografía Axial Computarizada (TAC); es un excelente ejemplo en el que técnicas computacionales aplicadas a la medicina han reforzado la idea errónea de que para usar las computadoras se requieren de "solicitados" y costosos aparatos, inaccesibles e imprácticos para el médico común¹²⁵.

Otra idea errónea que conviene mencionar son los famosos programas de diagnóstico clínico, los que inicialmente funcionaban a base de cálculos estadísticos. Estos programas dejaron mucha insatisfacción y actualmente, muchos médicos no los consideran como algo serio y confiable sus resultados, fuera del diagnóstico diferencial. Esto ha traído consigo la imagen de que las computadoras no sirven para la medicina clínica y que solamente deben usarse en el manejo de archivos y expedientes¹²⁶.

Lo que ha ocurrido es que hasta ahora sólo se ha visto la actitud pasiva del médico, lo que ha tenido como consecuencia que la mayoría de los programas hayan sido elaborados por personas ajenas a la medicina o con

una escasa intervención de los médicos¹²⁷. Debe reflexionarse que los únicos que tienen el potencial para crear innovaciones y desarrollar una Informática Veterinaria sólida en el futuro son los médicos veterinarios, y que para ello es necesario que conozcan sobre las técnicas de programación y la ingeniería de sistemas lo que les permitirá tener una mejor comunicación con los programadores y con los ingenieros en computación, y entender cuales son los problemas que se enfrentan cuando se pretende crear un programa para uso veterinario.

Para que se puedan desarrollar mejores programas es necesario una participación más activa del médico y que se entere de la programación misma¹²⁸.

La Ingeniería de Software es algo más que la programación en un lenguaje de computación, es la ciencia que se encarga de administrar y coordinar tanto los recursos humanos como los materiales para que pueda realizarse de una manera armoniosa y óptima el trabajo de todos los que intervendrán en el desarrollo de un programa de cómputo más o menos complejo¹²⁹.

Es precisamente en este nivel donde intervendrán los especialistas en Informática Médica junto con todos los programadores, ingenieros en computación, administradores, etc.¹³⁰

Cabe aclarar, para aquellas personas que no están familiarizadas con la terminología usada en computación, que se entiende por **HARDWARE** como las partes físicas de las computadoras, tales como cables, circuitos y en general todo el equipo, mientras que el **SOFTWARE** se refiere a los programas que se corren en ellas³³.

La Ingeniería del Hardware trata del diseño y elaboración de las computadoras o de sus piezas, mientras que la Ingeniería del Software trata del diseño y elaboración de los programas que funcionarán en las computadoras.

La mayoría de los programas que se han creado para uso en veterinaria carecen de una cualidad: utilidad práctica. Esto es debido principalmente a dos factores, el primero de ellos es que casi todos estos programas han sido elaborados por personas ajenas a la veterinaria, que no entienden lo que los médicos desean o que carecen de una visión médica que les permita conceptualizar la problemática real. Y por el otro lado la falta de conocimientos en computación por parte de los veterinarios hace que demanden a los programadores, bien la elaboración de programas muy sencillos, con lo que se desperdicia el potencial de las máquinas, o bien se pida la elaboración de procesos muy complejos, que los programadores no entienden, o no pueden programar³⁴.

El grado de especialización en el lenguaje natural del Ingeniero en Computación y el del Médico Veterinario, hacen casi imposible un buen entendimiento, el resultado de esto se puede apreciar en muchos programas abandonados³⁵.

Este problema ha planteado la necesidad de crear puentes (casi lingüísticos) entre las distintas profesiones y concretamente se propone que haya ingenieros en computación especializados en hacer programas para uso médico para lo cual durante su formación llevarían materias médicas. Y por el otro lado la formación de médicos especialistas en Informática Médica, que estudiarían a fondo la computación³⁶.

A continuación se presentan los conceptos fundamentales de la Ingeniería de Software y su importancia.

• **Comentarios de la Importancia del Software.**

Durante las tres primeras décadas de la informática, el principal desafío era desarrollar el hardware de forma que se redujera el costo de procesamiento y almacenamiento de datos. Debido a los avances en electrónica, se ha tenido una disminución en los costos, por lo que el problema actual es reducir el costo y aumentar la calidad del software³⁷.

- **Evolución del software.**

Durante los primeros años del desarrollo de las computadoras, el hardware sufrió continuos cambios, el software se veía como un simple anexo, de hecho se realizaba sin ninguna planificación además de diseñarse a medida para cada aplicación, es decir no permitían un crecimiento posterior, la documentación no existía; se utilizaba el procesamiento batch (por lote)¹⁴.

La segunda etapa se considera de 1960 hasta 1970, debido a que los sistemas multiusuarios introdujeron nuevos conceptos. Los avances en dispositivos de almacenamiento en línea, condujeron a la primera generación de los sistemas de base de datos, en ésta etapa, el software ya se usaba como producto e iniciaron las casas de software. Pero en ocasiones los programas necesitaban corregirse, modificarse de acuerdo a requerimientos del usuario a esto se le llamó mantenimiento de software¹⁴.

La tercera etapa comenzó a mediados de los 70's y sigue vigente. Los sistemas distribuidos (múltiples computadoras ejecutando funciones concurrentemente y comunicándose entre ellas), las redes de área local, las comunicaciones digitales de gran ancho de banda incrementaron la complejidad de los sistemas informáticos. Se caracteriza además por la llegada de las computadoras personales y el gran uso de microprocesadores¹⁴.

- **Ciclo de Vida Clásico.**

El ciclo de vida es un enfoque secuencial del desarrollo de software que inicia en el nivel del sistema y progresa a través del análisis, diseño, programación, prueba y mantenimiento¹⁴.

Análisis de Sistemas

El análisis de sistemas comprende identificación de necesidades del cliente, evaluación de la viabilidad del sistema, análisis técnico y económico, asignación de funciones a los elementos que intervienen en el como son: hardware, software, personal, base de datos, etc., establecimiento de restricciones de costo y tiempo¹⁴.

Diseño

Contempla la estructura de datos, arquitectura del software (descripción detallada de los elementos). El diseño consiste en traducir los requerimientos en una representación del software que puede ser relacionada directamente con los programas a desarrollar¹⁴.

Programación

El diseño debe traducirse en una forma legible para la máquina, la programación ejecuta esta tarea¹⁴.

Prueba

Se deberán realizar pruebas para asegurar que la entrada definida producirá los resultados que se requirieron realmente¹⁴.

Mantenimiento

El software sufrirá cambios después de que se entregue, debido a que se encuentran errores porque debe adaptarse debido a cambios en el entorno externo¹⁴.

El ciclo de vida puede llegar a presentar algunos problemas como son¹⁴:

- Los proyectos reales raramente siguen un flujo secuencial.
- Normalmente es difícil para un cliente establecer explícitamente al principio todos los requerimientos.
- El cliente debe tener paciencia, ya que una versión funcionando del programa no estará disponible hasta las etapas finales del proyecto.

• Herramientas CASE.

CASE (Computer Aided Software Engineering) es la ingeniería de software asistida por computadora, el término abarca una serie de herramientas que permiten al programador trabajar con un alto nivel de abstracción, concentrándose en el problema que deben resolver. Deben incluir algunas o todas las siguientes herramientas: lenguajes no procedimentales para consulta a bases de datos, generación de informes, manipulación de datos, interacción y definición de pantallas y generación de código, capacidades gráficas de alto nivel y capacidad de hojas de cálculo. Estas herramientas nos proporcionan

un medio ambiente para la planeación, diseño y desarrollo de sistemas¹⁴.

Clasificación de las herramientas.

Las herramientas de análisis poseen 4 componentes básicos:

Diagramas estructurados.- Permiten realización de dibujos, manipulación y ordenamiento de diagramas (diagrama de flujo de datos, diagrama entidad-relación)¹⁴.

Prototipos.- Ayudan a determinar los requerimientos del sistema y predecir su comportamiento. Se auxilia con interfaces de pantallas, de reportes y construcción de menú¹⁴.

Repositorio.- Es un diccionario que permite organizar todos los datos del sistema de software (diccionario de datos); además de la documentación, tienen capacidad para identificar redundancia de datos y resolver discrepancias¹⁴.

Especificación. Permiten crear prototipos más especializados que son usados en sistemas específicos en los cuales se ejecuta varias veces hasta que esté correcto y asegurarse de que el sistema cumple con los requerimientos¹⁴.

Las herramientas de diseño de datos: Soportan el diseño físico y lógico de bases de datos y archivos. Modelado de los datos con una conversión automática a tercera forma normal; generación automática de esquemas

de bases de datos para un manejador en particular¹⁴⁴.

Las herramientas de programación incluyen estructuras jerárquicas, diagramas con chequeo de consistencia, editor en línea, generación de código (en COBOL, PL/I, FORTRAN, C o ADA)¹⁴⁴.

Las herramientas de mantenimiento. Incluyen analizadores de documentación (para evaluar las rutas de ejecución), reestructuración de programas y documentos a un formato estándar¹⁴⁴.

Herramientas de manejador de proyectos. Ayudan al control y reportes de proyectos de software, algunos de ellos incluyen procesadores de palabras, interfaces con correo electrónico, hoja de cálculo, calendario, asignación de tareas y estimación de tiempos¹⁴⁴.

• **Planificación del proyecto de software.**

Para llevar a cabo un proyecto de software se debe comprender el ámbito de trabajo a realizar, los recursos requeridos, las tareas a ejecutar. La planificación es quién nos proporciona estos datos¹⁴⁴.

Planteamiento del problema

Inicialmente se tiene una propuesta, se debe conocer las características que se requieren dado que a partir de ellas

podemos analizar la conveniencia (factibilidad) del proyecto¹⁴⁴.

Para esto se realizan entrevistas con el usuario, tratando de utilizar un lenguaje común, con el fin de recopilar información importante para el sistema¹⁴⁴.

Las entrevistas las podemos dividir en tres categorías:

- a) **PRELIMINAR.**- Se realiza una platica informal, 10 minutos son los importantes durante esta primera entrevista.
- b) **MEDIO.**- Se tienen preguntas elaboradas, ya se tiene una visión de lo que se requiere. No deben ser mayores a 30 minutos.
- c) **DETALLADO.**- Se requiere información específica, se hace resumen de lo que se ha detectado y se le pregunta al usuario si está de acuerdo.

Las entrevistas tienen como objetivo identificar las necesidades y distinguir entre lo que necesita el cliente (elementos críticos para la realización) y lo que el cliente quiere (elementos no esenciales), lo cual es el punto de partida en la evolución del sistema¹⁴⁴.

Al final de las entrevistas se debe tener una visión general de: restricciones de costo y horarios, extensiones futuras, tecnología, mercado y competitividad, requerimientos de fabricación¹⁴⁴.

Estudio de viabilidad.

El desarrollo de un sistema se caracteriza por la escasez de recursos y la dificultad de cubrir los plazos de entrega; por lo que es necesario evaluar la viabilidad de un proyecto¹⁴.

Un estudio de viabilidad se centra en 4 puntos¹⁴:

- a) **VIABILIDAD ECONOMICA.** Se debe realizar una evaluación del costo del desarrollo contra el beneficio producido por el sistema.
- b) **VIABILIDAD TECNICA.** Hacer un estudio de funcionalidad, rendimiento y restricciones que pueden afectar la posibilidad de realizar un sistema aceptable.
- c) **VIABILIDAD LEGAL.** Determinación de alguna irregularidad que pudiera resultar del desarrollo del sistema.
- d) **ALTERNATIVAS.** Evaluación de productos que se aproximen a lo que requerimos.

Análisis económico, técnico y humano.

ECONOMICO: Se deben de marcar los costos del desarrollo del proyecto y compararse con los beneficios tangibles (medido en pesos) y los no tangibles. Varía según las características del sistema, el tamaño relativo del proyecto, y la recuperación esperada de la inversión¹⁴.

TECNICO: Las herramientas disponibles para esto son modelización, probabilidad, estadística, teoría de colas, control, etc. Generalmente la más utilizada es la modelización, se realiza un modelo que realce los factores más relevantes para el problema en cuestión¹⁴.

HUMANO: Se debe tener presente los recursos humanos capaces para el desarrollo de software¹⁴.

Especificación del sistema.

Es la primera documentación del sistema, consta de las siguientes partes¹⁴:

INTRODUCCION

Se describen los objetivos del sistema y del entorno en que operará. Contiene además un resumen que especifica el alcance del desarrollo del sistema, viabilidad, justificación, recursos requeridos, costo y tiempo aproximado.

DESCRIPCION FUNCIONAL

Se describe cada función del sistema, en donde se describe la información de entrada, tareas a realizar, información resultante, y datos adicionales de interface.

RESTRICCIONES

Se enuncian las restricciones que afectan al desarrollo del sistema

COSTO

Se ponen los límites del costo, ya que no se puede hacer una estimación aún del costo total.

PLANIFICACION TEMPORAL

Se determina a partir de una fecha de finalización suministrada por el cliente, se define la información cronológica detallada.

ANALISIS DE REQUERIMIENTOS DEL SOFTWARE.

- Diagramas de flujo de datos.

Es un modelo construido durante el análisis que nos va a permitir tomar un gran problema y particionarlo en módulos pequeños que sean más entendibles, y así poder determinar necesidades simples¹⁴⁴.

Un diagrama de flujo de datos muestra las funciones o procesos a ser ejecutados y los datos que los relacionan.

Los símbolos que se utilizan son:

Un cuadrado doble para indicar la fuente o destino de los datos, se llama elemento de entidad. Son elementos externos, pueden repetirse (por cada repetición una línea adicional), en la esquina superior izquierda se coloca una letra minúscula que va a ser el identificador¹⁴⁵. Una flecha indicando el flujo de datos. Rectángulo con esquinas redondeadas indica el

proceso que transforma el flujo de datos. Se dividen en 3 partes:

- a) Zona de identificación (debe tener un número consecutivo)
- b) Parte central (lo que se va a realizar en el proceso)
- c) Parte inferior (Se indica donde se realiza la función o proceso).

Rectángulo con una orilla abierta que simboliza los almacenes de datos, inician con una letra mayúscula seguida de un número consecutivo.

Son únicamente vistas de una operación (manejadas por los datos que son los que se mueven alrededor de alguna operación).

- Reglas sugeridas para elaborar un DFD¹⁴⁵:

1. Lista cronológica de los elementos que proporcionó el entrevistado. Se realiza un resumen numerando cada línea.
2. Elegir las entidades y los almacenes de datos que van a intervenir.
3. Colocar los almacenes de datos.
4. Poner el proceso más importante en la parte superior izquierda; si hay varios procesos muy importantes deben ir del lado izquierdo. Todos los procesos deben ir en forma simétrica. Se recomienda poner como máximo 9 procesos, en caso de ser más se debe crear otro DFD para cada proceso.

5. En este nivel es válido poner flechas con doble sentido.

Se puede realizar una hoja de referencias en la cual se debe especificar los nombres que se utilizan en el DFD, seguido por un identificador de donde se encuentra en el DFD, en otra columna se especifica en que líneas de la lista cronológica aparece.

- Diccionario de Datos

Permite detallar los almacenes de datos, los procesos, entidades, el flujo de datos y la estructura de datos a utilizar¹⁴⁸.

ELEMENTOS QUE DEBE CONTEMPLAR CADA ESTRUCTURA.

a) dato.

- [Nombre]
- [Descripción]
- [Tipo] (numérico, alfanumérico, etc.)
- [Rangos o valores] (incluyendo decimales)
- [Referencias]
- [Tamaño]
- [Alias]
- [Observaciones]
- [Valor de omisión]

b) estructura de datos:

- [Nombre]
- [Descripción]
- [Grupo]
- [Elemento]
- [Volumen de información]

c) flujo de datos:

- [Nombre]
- [Referencia fuente]
- [Referencia destino]
- [Descripción detallada]
- [Elementos líneas de flujo]
- [Volumen de información]

d) Almacén de datos:

- [Nombre]

- [Descripción]
- [Flujo de datos de entrada]
- [Flujo de datos de salida]
- [Referencia de análisis]
- [Volumen de información]

e) Procesos:

- [Nombre]
- [Referencia de DFD]
- [Descripción]
- [Jerarquía]
- [Entradas]
- [Proceso]
- [Salidas]

f) Entidades:

- [Nombre]
- [Descripción]
- [Referencia de DFD]
- [Información de quienes forman la entidad]

Especificación de procesos.

Contiene una definición precisa de de la transformación que se lleva a cabo en cada proceso. Algunas de las técnicas que se utilizan son¹⁴⁸:

Narrativa simple. El texto describe claramente la transformación que se va a realizar de la entrada, para producir la salida requerida.

Tabla de decisión. Se usan para evaluar una combinación compleja de condiciones y poder evaluar varias acciones. Esta herramienta transiada acciones y condiciones a una forma tabular.

Tabla de Decisión

Las líneas dividen la tabla en 4 cuadrantes, el cuadrante superior izquierdo contiene una lista de todas las condiciones, el cuadrante inferior izquierdo contiene una lista de todas

las las acciones que se pueden dar basándose en combinaciones de las condiciones. Los cuadrantes de la derecha forman una matriz que indica combinaciones de condiciones y las correspondientes acciones que se producirán para cada combinación específica. Por lo que cada columna de la matriz puede interpretarse como una regla de procesamiento¹⁴⁴.

Para desarrollar una tabla de decisión se aplican los siguientes pasos:

1. Listar todas las acciones que puedan asociarse con un procedimiento específico.
2. Listar todas las condiciones durante la ejecución del procedimiento.
3. Asociar conjuntos específicos de condiciones con acciones específicas, eliminando las combinaciones imposibles de condiciones. Alternativamente, desarrollar cada posible permutación de condiciones.
4. Definir reglas indicando que acciones ocurren para un conjunto de condiciones.

Arboles de Decisión.

Lo que se realiza es colocar las combinaciones, ramificando cada posibilidad, hasta obtener en las últimas ramas todas las posibles combinaciones.

Diagramas de Flujo de Pantallas.

Muestran la secuencia y posibles rutas que se van a seguir a través del sistema. La idea es que el usuario pueda entender el flujo que siguen los datos.

Puede ser implantada sobre papel o sobre pantallas (usando un lenguaje de 4ª generación).

DISEÑO DE SISTEMAS DE BASE DE DATOS

Algunos conceptos básicos son los siguientes:

Tipos de objetos: Son objetos predefinidos que no pueden o no deben descomponerse en otros objetos¹⁴⁵.

Objetos compuestos. Un objeto está definido por un conjunto de propiedades las cuales reciben valores de un determinado dominio. Un objeto compuesto es una n -ada (C_1, C_2, \dots, C_n) - donde n es mayor o igual a 2 -, de objetos C_i del tipo μ_i . Al conjunto de todos los componentes de este tipo se le denomina el tipo compuesto $(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$. Si todos los componentes de un objeto compuesto son del mismo tipo, se dice que el objeto es homogéneo¹⁴⁶.

Objetos complejos. Un objeto complejo es un objeto compuesto en el cual el dominio del cual se asignan valores a al menos una de sus

propiedades, es un conjunto de objetos compuestos¹⁴.

Algunos conceptos importantes que se manejan en los sistemas de información son los siguientes¹⁵:

Sistema de archivos

Un sistema de archivos está encargado de la organización lógica de la información. El sistema de archivo trata con colecciones de información no estructurada y no interpretada al nivel del sistema operativo.

Sistema manejador de datos

Un sistema manejador de datos es un sistema de archivos que lleva al cabo una estructuración de la información, por ejemplo: indexado.

Sistema de bases de datos

Un sistema de base de datos es un sistema de archivos que se encarga de la estructuración e interpretación de los datos, por ejemplo, en sistema escolar se podría preguntar cuantos alumnos están inscritos al curso de Bioestadística.

• Base de datos

Una base de datos es una colección de datos almacenados más o menos permanentes en una computadora.

• Sistema manejador de bases de datos

El software que permite la creación, uso y modificación de los datos de una base de datos es un sistema manejador de bases de datos (DBMS - *Data Base Management System*).

Algunas funciones de un DBMS son:

Abstracción. Le permite al usuario tratar con los datos en términos abstractos en lugar de tratar con ellos en la forma que los almacena la computadora.

Seguridad. Este mecanismo protege la base de datos contra usuarios no autorizados, es decir, no cualquier usuario tiene acceso a todos los datos.

Integridad. Este mecanismo se encarga de la consistencia de los datos.

Reducción de redundancia. Evita la duplicidad innecesaria de los datos y el desperdicio de espacios de almacenamiento.

Compartir datos. Da la capacidad de tener acceso de información por otros usuarios autorizados, ya sea concurrentemente o no.

Protección contra fallas y recuperación. Se encarga de proteger la información contra algún tipo de fallas.

Caracterización de los sistemas de información

Un sistema de información se puede describir desde varios puntos de vista. Una forma es describir las tareas que realiza para el sistema objeto, a esta descripción se le denomina **descripción funcional o especificación externa**. Otra forma es describir la estructura interna del sistema de información, es decir, su arquitectura.

Se puede decir en general que un sistema de información (una aplicación) está caracterizado por²⁶:

a) **Propiedades estáticas:** las propiedades estáticas de una aplicación son los objetos y las interrelaciones entre los objetos.

b) **Propiedades dinámicas:** Algunas propiedades dinámicas de una aplicación son:

Las operaciones sobre los objetos, las propiedades de las operaciones, y las interrelaciones de las operaciones.

c) **Restricciones de integridad semántica:** Son reglas usadas para restringir el dominio de algunas propiedades estáticas y/o dinámicas de una aplicación.

EL MODELO RELACIONAL

Una base de datos se considera y expresa en base a un modelo que defina sus propiedades estáticas y dinámicas. Este modelo se representa por dos componentes principalmente:

1.- **Esquema conceptual.** Formado por un conjunto de definiciones de los tipos de objetos, atributos de los objetos, las interrelaciones entre los objetos y restricciones estáticas.

2.- **Transacciones.** Es un conjunto de operaciones que se realizan sobre los objetos de un esquema.

El modelo relacional es un modelo clásico de **modelo de datos** y está basado en el concepto matemático de **Relación**, donde una relación es un conjunto de n -adas $(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)$, también llamados **tuplos**.

El modelo relacional está basado en el concepto matemático de relación. En este modelo se representan los objetos y sus interrelaciones de la misma forma, es decir, un objeto está representado por un conjunto de atributos asociados por medio de una relación, mientras que una interrelación entre objetos, puede verse como un objeto abstracto cuyos atributos son hechos objetos²⁴.

Un **dato** es el valor actual de un atributo. Los datos pueden ser:

a) **Cuantitativos** (Por ejemplo: 20 Kg).

b) **Cualitativos** (Por ejemplo: eficiente).

c) **Descriptivos** (Por ejemplo: originario de Veracruz).

Una **base de datos relacional** es una colección de relaciones. Un **esquema relacional** es una descripción de la

estructura de las relaciones en una base de datos relacional¹⁴.

• EL ALGEBRA RELACIONAL

El álgebra relacional es una colección de operaciones sobre relaciones donde cada relación toma uno o más relaciones como sus operandos y produce otra relación como resultado. Dado que el resultado de una operación del álgebra relacional es una relación, esta a su vez puede ser sujeta a posteriores operaciones algebraicas¹⁴.

En el álgebra relacional presentada aquí, se consideran dos tipos de operadores¹⁴:

Los operadores tradicionales sobre conjuntos:

Unión. La unión de dos relaciones compatibles A y B representado como $A \cup B$ es el conjunto de todos los tuplos que están en A, en B, o en ambos.

Intersección. La intersección de dos relaciones compatibles A y B denotado como $A \cap B$ es el conjunto de los tuplos t que pertenecen a ambos A y B.

Diferencia. La diferencia entre dos relaciones compatibles A y B (en este orden) representado como $A - B$ es el conjunto de tuplos t que pertenecen a A pero no a B.

Producto Cartesiano. El producto cartesiano de dos relaciones A y B denotado como

$A \times B$ (en este orden) es el conjunto de todos los tuplos t , tales que t es una concatenación de tuplos $a \in A$ y un tuplo $b \in B$.

Los operadores especiales¹⁴:

Proyección. Para una relación $R(X, Y)$ donde X y Y son particiones del conjunto de atributos de R, la proyección $R[X]$ se define como el conjunto de todos los tuplos $x \in X$, tal que, Existe $y \in Y$, de manera que $(x, y) \in R(X, Y)$.

Selección. Sea $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$ una relación y P una condición lógica definida sobre el conjunto de los valores posibles de los atributos de la relación. El resultado de la selección de la relación R con respecto a la condición P representado como $R\{P\}$ se define como¹⁴:

$$R\{P\} = \{x \mid x \in R \text{ y } P(x) \text{ es verdadero}\}$$

Join. Sean $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$ y $S(B_1, B_2, \dots, B_m)$ dos relaciones y $X \subseteq \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$, y $Y \subseteq \{B_1, B_2, \dots, B_m\}$ dos conjuntos de atributos, asumiendo que X y Y tienen el mismo número de atributos y que los atributos correspondientes están definidos sobre el mismo dominio, si escribimos¹⁴:

$$Z = \{A_1, A_2, \dots, A_n\} \setminus X$$

$$W = \{B_1, B_2, \dots, B_m\}$$

Entonces, permutando el orden de los atributos, las relaciones R y S pueden reescribirse¹⁴:

$$R(X, Z) \text{ y } S(Y, W)$$

El **Join Natural** de las relaciones R y S sobre los atributos X y Y representado como $R[X=Y]S$ se define como:

$$R[X=Y]S = \{(x,x,w) \mid (x,z) \in R, (y,w) \in S, x=y\}$$

División. Sean $R(X,Y)$ y $S(Z)$ dos relaciones donde X, Y y Z son conjuntos de atributos, asumiendo que Y y Z son conjuntos de atributos, asumiendo que Y y Z contienen el mismo número de atributos y que los dominios de los atributos correspondientes son iguales, el resultado de la división de la relación $R[Y:Z]S$ se define como el subconjunto máximo de la proyección $R[X]$ tal que su producto cartesiano con $S(Z)$ está contenido en $R(X,Y)$.

$$R(X,Y) = R[Y:Z]S \times S(Z) \cup Q(X,Y). \text{ Donde:}$$

$R[Y:Z]S$ es el cociente de la división y $Q(X,Y)$ es el residuo de la división.

En otras palabras, un tuplo $t \in R[X:Y]S$ si para cada tuplo $s \in S(Z)$ existe un tuplo $r \in R(X,Y)$ que satisfaga las siguientes condiciones:

a) $r[Y] = s$

b) $r[X] = t$

A partir de éstas dos condiciones se puede observar que la división se puede representar en función de las otras operaciones como sigue:

$$R[Y:Z]S = R[X] \cdot (R[X] \times S[Z] - R(X,Y)[X])$$

Diagramas Entidad-Relación

• MODELO ENTIDAD-RELACION

El modelo Entidad-Relación es utilizado para el diseño lógico de la base de datos, en este caso de base de datos relacionales. En el modelo Entidad-Relación (E-R) se considera que el mundo real está constituido por entidades e interrelaciones. Este modelo puede lograr un alto grado de independencia de datos y se basa en la teoría de conjuntos y en la teoría relacional. Se pueden identificar en el modelo ER cuatro niveles de las vistas de los datos³⁴:

Nivel 1. Información acerca de las entidades e interrelaciones.

Nivel 2. Estructura de la información.

Nivel 3. Estructura de datos independientes de los caminos de acceso.

Nivel 4. Estructura de los datos dependiente de los caminos de acceso.

Se puede decir en general que nosotros representamos las entidades y las interrelaciones por medio de relaciones denominadas **relaciones de entidad y relaciones de interrelaciones** respectivamente. Por otro lado para cada uno de éstos dos tipos de relaciones, tenemos a su vez, dos formas de relaciones³⁵:

Relaciones de entidad floja: son aquellas que utilizan una interrelación para identificar a las entidades.

Relaciones de entidad regular: son aquellas que no utilizan una interrelación para identificar a las entidades.

Relaciones de interrelaciones flojas.

Relaciones de interrelaciones regulares.

La clasificación anterior es útil para el mantenimiento de la integridad semántica.

• **DIAGRAMAS ENTIDAD RELACION**

El modelo Entidad-Relación cuenta con una representación básica. Los conjuntos de entidades se representan por medio de rectángulos, los conjuntos de interrelaciones por medio de rombos y los conjuntos de valores por medio de círculos.

EL MODELO ENTIDAD-RELACION EXTENDIDO

En el modelado de datos existen conceptos muy importantes para la representación de la semántica de una aplicación. Se mencionan tres conceptos particulares¹⁴⁴:

- 1) Agregación
- 2) Generalización
- 3) Especialización

AGREGACION. Es una forma de abstracción en la cual se considera a una interrelación entre entidades como una entidad de más alto nivel, es decir como un objeto agregado.

GENERALIZACION. Es una forma de abstracción en la cual se relaciona a un conjunto de tipos de entidades similares con un tipo de entidad de mayor nivel, es decir, con un objeto genérico.

Si el tipo de entidad E es el resultado de la generalización de los tipos E_1, E_2, \dots, E_n . Entonces se denomina a E el tipo de entidad genérico de los tipos E_1, E_2, \dots, E_n a los cuales se les denomina subtipos de E.

Para definir E a partir de E_1, E_2, \dots, E_n se ignoran las diferencias entre las E_i ($i = 1 \dots n$) tal que sus atributos comunes constituyen los atributos de la entidad genérica E.

ESPECIALIZACION. Introduce un nuevo tipo de entidad, añadiendo propiedades específicas para dicho tipo que sean diferentes de las propiedades de su tipo genérico.

DEPENDENCIAS FUNCIONALES

Dada una relación $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$ y dos conjuntos X y Y de sus atributos tal que $X \subseteq \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ y $Y \subseteq \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$.

Sea $R[XY]$ la proyección de la relación R en los atributos $X \cup Y$, decimos que

existe una **dependencia funcional** $X \rightarrow Y$ en la relación $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$ si, y solo si, $R[XY]$ es de hecho una función $R[X] \rightarrow R[Y]$ en cualquier instante

De acuerdo con esto se puede definir el concepto de **llave**:

Si $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$ es una relación y $X \subseteq \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$, entonces X es una llave si, y solo si:

a) X determina funcionalmente a todos los atributos de la relación R , es decir, $X \rightarrow A_i \forall (i=1 \dots n)$.

b) No existe un subconjunto propio de X que tenga dicha propiedad, es decir, si $X' \subset X \rightarrow A_j$ para alguna $j \in \{1, n\}$.

Si un conjunto X tiene la propiedad a) pero no tiene la propiedad b), entonces X se denomina una **super llave**.

Formas Normales

PRIMERA FORMA NORMAL

Una relación $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$ está en primera forma normal si, y sólo si, todos sus atributos son simples, es decir, el dominio de valores D_i para cada uno de los atributos $A_i (i=1 \dots n)$ es un conjunto de objetos simples¹⁶.

SEGUNDA FORMA NORMAL

Dependencia funcional parcial: Sean X y Y dos conjuntos de atributos de una relación R , decimos que una dependencia funcional $X \rightarrow Y$ es total

si, y sólo si, para cualquier subconjunto propio de $X (X' \subset X)$ tenemos $X' \not\rightarrow Y$. Si para algún subconjunto propio de $X (X' \subset X)$ tenemos que $X' \rightarrow Y$, entonces la dependencia funcional $X \rightarrow Y$ se denomina **parcial**¹⁶.

Una dependencia funcional parcial indica que la relación representa dos entidades, donde la llave de una de ellas es X y la llave de la otra es el subconjunto propio tal que $X' \rightarrow Y$.

Sea X el conjunto de todos los atributos de la relación $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$ que no participan en ninguna llave de R , decimos que la relación R está en la segunda forma normal si, y solo si, cada atributo de X depende funcionalmente en forma total de cada llave de R .

Los atributos que forman parte de una llave, se denominan **primarios**¹⁶.

Si una relación R no está en segunda forma normal, entonces existe una descomposición de R en un conjunto de sus proyecciones, las cuales están todas en segunda forma normal, esta descomposición es tal que la relación original R se pueda reconstruir aplicando el Join natural a las proyecciones de R ¹⁶.

TERCERA FORMA NORMAL

Dado que la segunda forma normal no es suficientemente rigurosa, existen relaciones que están en la segunda forma normal que presentan las

anomalías de inserción, actualización y borrado".

Dependencia transitiva: Sean X, Y y Z conjuntos distintos de atributos de la relación R(A1, A2, ..., A3), decimos que Z depende transitivamente de X si, y sólo si, se cumplen las siguientes condiciones:

- a) $X \rightarrow Y$
- b) $Y \rightarrow Z$
- c) $X \rightarrow Z$

Donde la dependencia funcional $Y \rightarrow Z$ no es trivial (ZY)

Una relación R está en tercera forma normal si, y solo si, ninguno de sus atributos no primarios depende transitivamente de alguna llave de R.

Si una relación R está en segunda forma normal, se puede subdividir R en un conjunto de subproyecciones que están en tercera forma normal, esta subdivisión es tal que la segunda forma normal se puede reconstruir mediante el Join natural sobre las proyecciones de R".

Visión de los lenguajes de programación

El paso de codificación de la ingeniería del software es un proceso de traducción. Se traduce el diseño detallado a un lenguaje de programación que, por último, es (automáticamente) transformado en

instrucciones ejecutables por la máquina. Las características psicológicas y técnicas de un lenguaje de programación afectan a la facilidad de la traducción del diseño y al esfuerzo requerido para la prueba y el mantenimiento del software. Estas características se pueden aplicar a los lenguajes de programación que entran en una de las cuatro generaciones de lenguajes".

El estilo es una característica importante del código fuente que puede determinar la inteligibilidad de un programa. Los elementos de estilo incluyen la documentación interna, los métodos de declaración de datos, los procedimientos de construcción de sentencias y las técnicas de codificación de la E/S. En todos los casos la claridad y la sencillez son características clave. Una derivación del estilo de codificación es la eficiencia obtenida en tiempo de ejecución y en memoria. Aunque la eficiencia puede ser un requerimiento extremadamente importante, se debe recordar que un programa "eficiente" que sea ininteligible tiene un valor muy cuestionable".

ELECCION DE UN LENGUAJE

Entre los criterios que se aplican durante la evaluación de los lenguajes disponibles están":

- 1) Área de aplicación general;
- 2) Complejidad algorítmica y computacional;

- 3) Entorno en que se ejecutará el software;
- 4) Consideraciones de rendimiento;
- 5) Complejidad de la estructura de datos;
- 6) Conocimiento de la plantilla de desarrollo de software, y
- 7) Disponibilidad de un buen compilador o compilador cruzado.

CONCLUSION

En este capítulo he hecho una introducción general a la Ingeniería del Software, comentado un poco sobre los programas comerciales que se les ofrecen a los médicos y los problemas a que se pueden enfrentar al crear programas para uso veterinario.

CAPITULO XI

ECONOMIA, ADMINISTRACION Y FINANZAS VETERINARIAS

En este capítulo se presenta una revisión general de los tipos de sistemas automatizados que se han desarrollado para auxiliar algunos problemas clásicos que competen a la economía, la administración y las finanzas veterinarias, ilustrando la manera como intervienen dichos sistemas.

El capítulo está dividido en dos grandes apartados: el primero presenta una panorámica de los campos económico-administrativos en veterinaria, donde los sistemas automatizados han sido tradicionalmente aplicados y la manera en que lo han hecho, mientras que en el segundo apartado se presenta el desarrollo de dos ejemplos prácticos; uno habla de un sistema de registro central de pacientes que ilustra los sistemas administrativos y otro trata de un sistema de manejo de materiales enfocándose particularmente al problema de inventario en cuanto a su planeación, para ilustrar los sistemas financieros²⁸.

Resulta interesante reflexionar el hecho de que la informática veterinaria en administración y finanzas se ha desarrollado poco, independientemente de que había sido uno de los primeros campos donde se comenzaron a utilizar las computadoras²⁹.

Aunado a este pobre desarrollo, en general, los centros de producción animal (granjas, ranchos, etc.), clínicas y consultorios veterinarios sufren de una deficiente administración, quizá porque en las escuelas de veterinaria no se había reconocido la importancia en la formación de este campo. La consecuencia de esto es que las funciones administrativas de las explotaciones pecuarias y clínicas han quedado en mano de los administradores, y cada vez son más frecuentes los casos en que decisiones propiamente médicas tengan que ser

juzgadas o queden totalmente dependientes de la decisión de administradores o contadores causando graves conflictos entre el personal médico y el administrativo con su consecuente reflejo en la baja de productividad²⁸.

El problema de la administración veterinaria actualmente se presenta más por lo que dejan de ganar que por las pérdidas, y esa es la diferencia entre el uso de médicos veterinarios y el de administradores de empresas. La administración de una explotación pecuaria o un consultorio veterinario no se puede hacer como si se tratara de una fábrica de lápices o tornillos. El conocimiento de la fisiología animal, el comprendimiento de la variabilidad biológica, los principios de medicina preventiva y epidemiología, el contexto cultural en el que se forman los médicos veterinarios y su relación con los productores, son parte de los elementos básicos que se necesitan para que una empresa pecuaria pueda tener niveles óptimos en su productividad. Los médicos veterinarios zootecnistas deben asumir esta responsabilidad^{21,28}.

La situación es bastante crítica ya que para hacer una buena administración de cualquier sistema veterinario se necesita tanto de conocimientos de medicina veterinaria y zootecnia como de las bases de la administración de empresas. Durante mucho tiempo se ha esperado que funcione eficientemente el trabajo multidisciplinario entre administradores, economos, contado-

res y médicos veterinarios zootecnistas, sin embargo generalmente no se da esto, quizá debido a la gran diferencia en el tipo de formación que modifica incluso la forma de pensar de los distintos profesionales, manifestándose esto en una gran dificultad para una verdadera intercomunicación¹²⁹.

Esta situación ha ocasionado que personas dentro del campo de la medicina veterinaria se metan al campo de la administración y en ocasiones estas personas son capaces de desarrollar cosas nuevas que inmediatamente hacen sentir una mejora en la administración tradicional de las explotaciones de animales^{129,130}.

En cierta ocasión se pudo apreciar como ante un pequeño problema relacionado con el sistema de inventario y planeación de la farmacia de un hospital, en el que trabajaron al mismo tiempo y de manera independiente administradores y un médico que tenía estudios de administración, al terminar sus trabajos el médico presentó una gran cantidad de relaciones y asociaciones, con evidentes beneficios, que los administradores no pudieron vislumbrar debido a la falta de conocimientos de farmacología¹³⁰. Aunque este es un ejemplo muy sencillo, existen caso en los que los resultados son muy importantes. Sin embargo, esto no es lo que comúnmente suele suceder ya que en muy pocas ocasiones los médicos que estudian administración pueden

realmente integrar ambas disciplinas¹³⁰.

El problema no es exclusivo de México sino que tiene alcance mundial, sin embargo este tipo de problemas se acrecienta más en los países pobres¹³⁰.

Afortunadamente las computadoras se presentan como un aliado del médico veterinario para contender con estos problemas, sobre todo porque facilitan enormemente muchas de las tareas tediosas de la administración y contabilidad. De hecho existen ya sistemas comerciales que se han venido usando desde hace ya algún tiempo.

Una buena administración de un centro veterinario debe incluir un buen conocimiento de la especie animal, un buen manejo de esta y un buen sistema de registros.

PANORAMICA DE LOS SISTEMAS AUTOMATIZADOS PARA ECONOMIA, ADMINISTRACION Y FINANZAS VETERINARIAS

Los sistemas automatizados para economía, administración y finanzas veterinarias pueden ser divididos en dos grandes conjuntos: los sistemas administrativos y los sistemas económico-financieros⁷⁹.

• **LOS SISTEMAS ADMINISTRATIVOS:**

Los sistemas administrativos, según Huesing⁷⁸, se pueden clasificar en:

1. Sistemas para registro central de pacientes y registros de producción.
2. Sistemas para la admisión, altas y transferencias de paciente o semovientes.
3. Sistemas para el control de citas, la programación de servicios o calendarios ganaderos.
4. Sistemas para el procesamiento y edición de textos y certificados veterinarios.

Se describe brevemente a continuación en que consisten cada uno de estos sistemas.

a) **Sistemas para registro central de pacientes y registros de producción:**

Estos sistemas permiten tener una base de datos de tipo demográfico, información de clientes, datos clínicos o estadísticos, datos relacionados con la producción y algunos otros datos de interés administrativo.

Se han caracterizado por utilizar una identificación numérica para cada uno de los pacientes, normalmente actúan como sistema base para todos los demás sistemas ya sean clínicos, financieros y administrativos, relacionados con el paciente o los semovientes⁷⁸.

También han sido utilizados como base para obtener datos de poblaciones para modelos de planeación de campañas de salud animal y otras cuestiones de mercado pecuario⁷⁸.

b) **Sistemas para la admisión, altas y transferencias de pacientes o semovientes:**

Estos sistemas fueron hechos principalmente pensando en la identificación rápida de la localización de los pacientes y/o clientes, facilitar la documentación del proceso de admisión y transferencia, así como una información rápida y completa de las altas e inventarios ganaderos⁷⁸.

c) **Sistemas para el control de citas, la programación de servicios y calendarios ganaderos:**

En las clínicas y consultorios veterinarios, estos sistemas facilitan el manejo de las citas para consulta, programación del quirófano y de otros cuartos para tratamientos también como para otros servicios terapéuticos y de diagnóstico, considerando la demanda tanto de los pacientes internos como externos.

En las explotaciones pecuarias estos sistemas facilitan la programación de servicios y actividades dentro de las granjas, permitiendo generar y vigilar el buen desempeño de los

flujogramas y calendarios ganaderos.

Estos sistemas permiten la optimización tanto de los recursos humanos como materiales y minimizan los inconvenientes burocráticos⁷⁹.

Generalmente incluyen mecanismos de reporte que permiten la evaluación de la utilización de dichos recursos⁷⁹.

- d) Sistemas para el procesamiento y edición de textos y certificados veterinarios:

Estos sistemas se han implementado con la idea de facilitar la comunicación dentro de consultorios veterinarios y explotaciones pecuarias⁷⁹.

Su uso se centra principalmente para comunicaciones administrativas de tipo documento así como reportes médicos, recordatorios de vacunación, certificados de salud, etc.

• LOS SISTEMAS ECONOMICO-FINANCIEROS:

En cuanto a los sistemas economico-financieros en veterinaria, que se refieren simplemente como sistemas de economía veterinaria, se presenta una clasificación de cinco posibles sistemas⁷⁹:

1. Sistemas de nómina y de personal.
2. Sistemas de manejo de materiales.

3. Sistemas de cargos y cobros.

4. Sistemas de pagos.

5. Sistemas de contabilidad.

De la misma manera que con los sistemas anteriores se comenta de manera superficial las características de cada uno de estos sistemas.

a) Sistemas de nómina y de personal:

La mayoría de este tipo de sistemas son muy avanzados ya que se parecen mucho a los sistemas bancarios de los cuales toman muchos elementos, están muy dependientes de avances tipo bancario. Deben especificar tiempos de pago, cálculos de pago, descuento sobre sueldo, elaboración automática de cheques o preparación de cheques, depósitos de salarios, cuentas especiales, bases de datos de empleados que permitan recordar categoría, antigüedad, deben poder guardar beneficios acumulativos, deben tener un registro de las evaluaciones del personal, etc.⁷⁹

Estos sistemas están muy trabajados y generalmente son los que saben utilizar los administradores, por eso es que se adueñan de los puestos en los centros de producción animal y demás sistemas veterinarios⁷⁹.

b) Sistemas de manejo de materiales:

Dentro de estos sistemas, quizá lo más importante sean las funciones de

inventario y las ordenes de compra. Esto tiene mucho que ver con la dinámica de cotizaciones, información de precios de proveedores alternativos, registros de proveedores y contratos, control de inflación de abusos, tasa de inflación y toma de cuenta para aprobar la compra de un artículo y evitar abusos, etc.⁷⁹

c) Sistemas de cargos y cobros:

Ya que estos sistemas tienen que ver tanto con individuos asegurados gubernamentalmente como con los no asegurados, estos sistemas están generalmente asociados a los sistemas de administración para admisión, altas y transferencias⁷⁹.

d) Sistemas de pagos:

Estos sistemas agilizan los desembolsos, las bolsas de emergencia, la dinámica del dinero, debe poder generar cheques de pago, generalmente está asociado con los sistemas de manejo de materiales⁷⁹.

e) Sistemas de contabilidad:

Estos sistemas tienen que ver con el mantenimiento y cifrado de cuentas, planeación de presupuestos y estados financieros⁷⁹.

Con esto se ha presentado una panorámica de los sistemas que existen, pero de ninguna manera son todos los tipos de sistemas que hay sino únicamente se mencionaron los que se podrían llamar clásicos dentro de la economía veterinaria. Existen

otros sistemas pueden trabajar independientemente o sincronizados con los ya mencionados, como son: los sistemas de inventario de equipo, los sistemas de mantenimiento de equipo, los sistemas de planeación de presupuestos, los sistemas de análisis de flujo de capital y control, los sistemas de reportes estadísticos, los sistemas de reporte económico, etc.⁷⁹

EJEMPLOS PRACTICOS

Con la intención de ilustrar de manera práctica el desarrollo de este tipo de sistemas, se presentan a continuación dos ejemplos: el primero se refiere a un sistema para registro central de pacientes para un consultorio veterinario, para ilustrar un sistema administrativo, y el segundo se refiere a un sistema de manejo de materiales (inventario), para ilustrar un sistema económico-financiero⁷⁹.

Sistema para Registro Central de Pacientes:

Dentro de los sistemas administrativos sobresalen por su importancia los sistemas para registro central de pacientes y registros de producción. En este caso se va a tocar uno de ellos dado que los demás sistemas administrativos de un consultorio veterinario toman como base al sistema de registro central de pacientes. Estos sistemas obviamente se tratan de bases de datos que para que sean adecuadas debe permitir el acceso a una gran diversidad de

información de utilidad para los otros sistemas administrativos. Así, no sólo se trata de tener una base de datos con la ficha de identificación de los pacientes o con sus datos generales, sino que se debe de tratar de una base de datos importante que permita hacer cálculos que orienten la planeación del inventario de farmacia o permitan hacer planeación de presupuestos, etc.¹²⁶

A continuación se presenta una idea sobre como se podría generar una base de datos que permita un fácil manejo administrativo. La base de datos que se va a presentar emana de dos trabajos muy importantes que han producido un concepto muy poderoso que esta funcionando ya en algunos sistemas medicos en computadoras grandes del tipo mainframe. El concepto sobre el cual se sustenta la estructuración de esa base de datos se llama el "Vector de Eventos Médicos" (MEV)^{63 126}.

El vector de eventos médicos a su vez esta inspirado en un trabajo muy interesante que se llama "An Anamnesic Matrix; Toward a Medical Language" escrito por Brunjes S.²⁷ Este trabajo sirvió como inspiración para otro trabajo que da origen ya más claramente al concepto y operatividad del vector de evento médico y que a su vez más tarde va a dar origen al desarrollo de los sistemas hospitalarios (HIS)¹²⁶.

¿Qué es un evento médico? Un evento médico se puede definir como: un sintoma, una condición, una observación, una medida, una evaluación, una acción, un plan de tratamiento, etc. Cualquiera de estos es un evento médico, por ejemplo: Historia de infarto al miocardio de hace 2 años; otro es, dispnea que comenzo hace dos meses; otro evento es, edema de la rodilla +3; o hematocrito 30%; o fluorosemida 4 mg endovenosa; o regresará a la clínica mañana, etc.⁶³

Un vector se pueden considerar como un arreglo, de manera que si se define a un vector como un arreglo de 10 componentes quiere decir que el primer componente puede ser representado como la variable A subíndice 1, el segundo como A subíndice 2, el tercero como A₃, y así sucesivamente hasta llegar a A₁₀.¹²⁶

El vector de eventos médicos es un vector de 19 componentes o dimensiones: El primer componente se llama "Sujeto del evento", el segundo componente se llama "Valor del evento" y han sido clasificados como *eventos núcleo*. Los siguientes siete componentes del MEV han sido clasificados como *identificadores* y corresponden a los componentes llamados "Número de paciente", "Persona", "Fecha y hora de registro", "Registrador" y "Localización". A continuación se tiene un grupo de 5 componentes que estan clasificados como *modificadores*, dentro de estos

modificadores el primer elemento en realidad representa, a manera de subclasificación, a tres elementos agrupados bajo el concepto de *temporales*, sus componentes son: "Inicio", "Duración" y "Periodicidad"; los otros modificadores corresponden a los componentes llamados "Estatus" y "Modificadores inespecíficos". Finalmente los últimos siete componentes están clasificados como *ganchos* o *conectores organizativos*, aquí se encuentran los componentes "Problema Número", "Tipo de Dato", "Sistema Fisiológico", "Topografía", "Proceso Patológico", "Etiología" y "Severidad Normalizada".

El Vector de Eventos Médicos (MEV) sirve como unidad básica de almacenamiento para cualquier observación médica en un sistema automatizado. Cada dimensión del MEV almacena un atributo por ejemplo fecha de registro, identificación del paciente, sujeto de la observación, tipo de dato, etc. De esta manera síntomas, signos, diagnósticos, resultados de laboratorio, procedimientos y tratamientos, todo puede ser almacenado en un formato estándar.

La ventaja de este formato es que los datos pueden ser almacenados con suficiente detalle para aplicaciones clínicas y pueden ser fácilmente contabilizados para propósitos de investigaciones administrativas. El objetivo de usar un formato único multidimensional y consistente con cualquier información médica, es el de

que esto simplifica enormemente el diseño de las bases de datos para los sistemas de información médica, facilita la manipulación de datos, la organización, recuperación selectiva y desarrollo de software²³.

Para ver como puede utilizarse el vector de eventos médicos se presentan algunos ejemplos. Al tomar el primer componente del vector médico es importante no confundir el sujeto del evento con el paciente mismo, sino que este se refiere un atributo del paciente, que será el atributo central del vector y que tiene un valor asociado. El "sujeto del evento" es análogo a "nombre de la variable" en una consulta de una base de datos. Así por ejemplo, el sujeto del evento podría ser: peso, presión sanguínea, dolor de pecho, sujeto insomne, edema pedal, penicilina, fractura y cualquier otra variable médica que se encuentre en una lista de hallazgos médicos o en un estudio clínico. Como se había mencionado anteriormente, al sujeto del evento se le puede asociar un número o valor que estaría contenido en el componente "Valor del evento", dicho valor puede ser cuantitativo o cualitativo y es establecido por el médico en un momento, lugar y circunstancias específicas²⁴.

En las bases de datos médicas cada observación debe ser identificada por una liga que indique a que paciente pertenece, el día, lugar y hora en que se realizó, además del nombre o

identificación de la persona que fue responsable de registrarla. En el caso del MEV los componentes que permiten almacenar todos estos tipos de datos son los que están clasificados como *Identificadores*⁴¹.

En la mayoría de los sistemas de registros médicos automatizados (ARMS), mucha información no es registrada directamente, pero puede estar definida por la localización en la cual el dato es almacenado. Por ejemplo todos los datos almacenados en un área particular de un archivo pueden pertenecer a un determinado paciente, registrado en una fecha y hora particular. En el caso del MEV toda esta información acerca del evento está localizada en un vector evento al cual es manipulado para recuperar información o generar reportes. Es importante que se entienda que cada evento puede ser considerado como una entidad de información contenida en sí misma, independiente de todos los otros eventos⁴².

Por su parte el evento llamado "localización" permite registrar el lugar donde el evento ocurrió o fue observado. En la mayoría de los casos la localización es la institución donde reside el paciente, pero en el caso de las pruebas de laboratorio llevadas a cabo fuera la localización sería el nombre del laboratorio lo cual es muy importante ya que permite evitar posteriores confusiones con respecto a los valores normales de las pruebas ya

que estos suelen variar de acuerdo con el lugar donde se realizan. De la misma manera este campo permite registrar el lugar donde se le realizó algún procedimiento quirúrgico⁴³.

En el caso de los modificadores se encuentran una serie de componentes que ayudan a aclarar o modificar el significado del sujeto del evento. Así, un evento puede tener modificadores temporales como los de "inicio", "duración" y "periodicidad". El uso de estos modificadores se puede ilustrar con los siguientes ejemplos:

- Dolor severo en el pecho que dura 20 min.
- Angina 3 veces al día.
- Infarto al miocardio a la edad de 35 años.
- Ampicilina 500 mg tid X 10 días.

Los modificadores de "periodicidad" y "duración" son particularmente utilizados para poder registrar el evento de la prescripción, permitiendo calcular automáticamente las dosis, la cantidad de medicamento que se requerirá y el tiempo esperado de recuperación, variables que pueden resultar muy útiles para poder tener una valoración de la seguridad y eficacia del tratamiento o simplemente para ver el apego del paciente al régimen prescrito⁴⁴.

El componente de "status" es usado para almacenar una amplia gama de información que incluso podría cambiar completamente el significado de un evento. El componente status es utilizado para calificar un diagnóstico o problema como "activo", "resuelto", "curado", etc. De manera similar, el

sujeto de un evento podría ser modificado por el contenido del componente status por ejemplo, "fuera de regla", "historia de", "status posterior", etc. Este mismo componente puede ser utilizado también en los casos de prescripción de medicamentos y los valores que podría tomar serían por ejemplo: "ordenado", "especificado", "prescrito" o "dispensado". En el caso de los eventos de laboratorio en donde los valores podrían ser: "ordenado", "pendiente" o "registrado", y en los eventos de tipo quirúrgico como "programado", "catalogado" o "realizado". Cada uno de los valores de status puede incluso invalidar o cambiar el significado total del evento en el sentido de que puede indicar que un diagnóstico hecho no se aplica a un paciente. Esta diferenciación es obviamente necesaria si uno espera ejecutar confiables y significativas búsquedas en la base de datos²³.

El MEV también permite almacenar muchos otros modificadores inespecíficos tales como derecha, izquierda, parado, sentado, rojo, vellos, queso, espeso, largo, etc. En general, esta clase de modificadores más que cambiar o invalidar el significado del sujeto de un evento, lo aclaran un poco más. Aunque en realidad muchos de estos no tienen gran importancia, en la mayoría de los sistemas de recuperación automatizada de registros médicos tienen un componente secundario para almacenar todo este tipo de datos. Así,

para muchos propósitos de recuperación no tiene importancia por ejemplo, si fue una fractura en el fémur derecho o en el izquierdo, pero para cuestiones de cuidado del paciente si es importante saber cual fémur es el fracturado, pero esta información en muy raras ocasiones requiere de una manipulación lógica, por lo que generalmente se maneja como un espacio para 40 caracteres de texto libre²³.

El principal incentivo para el almacenamiento computarizado de la información médica es el poder potencial que tiene para organizar y recuperar selectivamente la información médica.

Un *gancho organizacional* puede ser definido como cualquier unidad o elemento de información que puede ser usado para ordenar un conjunto de datos. Así por ejemplo, en el caso de un diccionario el ordenamiento alfabético de las palabras es el *gancho organizacional*. En el MEV hay varios ganchos organizacionales. Así, dentro de la clasificación de *ganchos o conexiones organizacionales* se encuentran el resto de los componentes²⁴.

El componente llamado "Problema Número", es un gancho que es metido directamente por el usuario. Esto permite al usuario agregar eventos a un grupo de información el cual lo ayudará a entender los problemas de un paciente. Obviamente este

componente esta creado para permitir a los usuarios el implementar un registro médico orientado a problemas. Esto es únicamente uno de los muchos conceptos organizativos disponibles en el MEV⁴².

En el caso del componente "tipo de dato", se permite la recuperación de valores de laboratorio, prescripciones y otro tipo específico de datos que no requieran ser almacenados de manera continua o contigua⁴³.

Los componentes "sistema fisiológico", "topografía", "proceso patológico" y "etiología" son similares a los componentes de los sistemas SNOP o SNOMED (topografía, morfología, función y etiología). En el caso de MEV se separaron los conceptos de topografía o localización en el cuerpo, del de sistema fisiológico, porque frecuentemente ambos conceptos son usados en un mismo evento. Por ejemplo, una "erupción" implica que el sistema tegumentario está implicado, mientras que una "erupción abdominal" además implica indicar una parte del cuerpo. SNOP y SNOMED combinan la topografía y el sistema fisiológico por medio de un código en donde codifican todas las diferentes regiones de la piel en el código de topografía. Por su lado, al separar los conceptos de sistema fisiológico y localización en el cuerpo (topografía) en el cual el proceso está ocurriendo, el MEV permite un grado más fino de agrupamiento y división. Por ejemplo, usando el concepto de

MEV, pie de atleta, ausencia de pulso pedal y fractura metatarsal, pueden todos ser recuperados como eventos que afectan al pie. Esto es más difícil con SNOP o SNOMED⁴³.

El componente "severidad normalizada", es una variable calculada la cual permite que la computadora pueda distinguir los eventos normales (que no indican enfermedad) de los eventos anormales. El evento "diabetes ausente" es normal, mientras que "reflejo patelar izquierdo ausente" es anormal. Obsérvese como el modificador "ausente" o "presente" originalmente no implica normalidad o anomalía. Otro uso que se le pudiera dar a este componente es el de almacenar el grado de anomalía o desviación de la normalidad de los valores de una prueba de laboratorio en el momento en que esta es hecha. Esto provee un método simple y consistente para abanderamiento de resultados anormales⁴³.

En síntesis, los identificadores proveen el qué, cómo y cuándo de un evento. El núcleo dice qué sucedió, mientras que el status y la severidad normalizada nos hablan de la significancia (bueno, malo o indiferente) de dicho evento con respecto a la salud del paciente. Los modificadores proveen un sutil matiz del exacto significado de un evento, mientras que los componentes organizacionales facilitan el trabajo de

la computadora para poder organizar y recuperar selectivamente datos¹¹.

Para ilustrar el poder del MEV lo conveniente es presentar un caso, se usa como ejemplo un caso de fractura de fémur. Cabe aclarar, antes de iniciar el ejercicio, que no forzosamente todos los componentes tienen que ser llenados con información, en muchas ocasiones el componente puede quedar vacío si no procede o puede tener un valor preestablecido por omisión si no se especifica, por ejemplo en el caso de la fractura en el componente status si no se especifica nada el sistema asigna el valor de "activa"¹².

- SUJETO: fractura
- VALOR: ("presente")
- NUMERO DE PACIENTE: referido por el Dr. Cuevas
- PERSONA: ("el paciente mismo")
- FECHA: 22/08/68
- REGISTRADOR: Dra. H. Vega
- LOCALIZACION:

INICIO:

- DURACION:
- PERIODICIDAD:
- STATUS: ("activa")
- MODIFICADOR INESPECIFICO:
 - compuesta, desplazada
- PROBLEMA NUMERO:
- TIPO DE DATO: diagnóstico
- SISTEMA FISIOLÓGICO: hueso (código)
- TOPOGRAFIA: cabeza de fémur (código)
- PROCESO PATOLÓGICO: fractura accidental (código)
- ETIOLOGIA:
- SEVERIDAD NORMALIZADA: anormal

Este evento puede ser recuperado solo o con todos los otros eventos que compartan una característica en común se puede buscar simplemente

como fractura, o como fractura de miembro inferior, o como fracturas desplazadas y muchas otras manipulaciones se podrían hacer¹³.

Donde se puso código quiere decir que el componente se va a llenar con un número que corresponda al cifrado en una lista de problemas, sistemas fisiológicos o procesos patológicos, según se hallan clasificado de acuerdo a los intereses de cada médico, así si a un médico le interesa agrupar a un conjunto de casos dentro de alguna cosa para estudios posteriores entonces les pone el mismo número a todos sus casos, si no se le pone ningún valor entonces no se clasifica dentro de ningún problema como sucede en el caso de eventos que contengan valores de laboratorio, etc.¹⁴

Un sistema que permite el manejo de este concepto del MEV, permite una gran cantidad de cosas útiles en administración, sin dejar de ser útil también para fines médicos, de manejo del paciente o de investigación clínica. Así por ejemplo, si a un administrador le interesa saber cuantos fracturados se presentan en el hospital al año para planear el servicio de ambulancias, o el material para férulas que se necesitará el próximo año, o el sistema de atención a los fracturados, etc. Estos datos son necesarios para la planeación y evaluación del funcionamiento de un hospital. Con este concepto se permite la recuperación de este tipo de datos de manera muy fácil y recuperar muchas

otras cosas como por ejemplo quien refirió a este paciente o cuando entro al hospital, que también son de interés médico, o simplemente donde se localiza al paciente para cobrarle o para tener un seguimiento médico o para cobrarle al Estado el servicio prestado, etc.^{63, 128}

Este sistema ha resultado muy importante también porque pretende establecer una especie de lenguaje médico que quizá pueda facilitar las cosas entre el ingreso y todo el manejo administrativo de los pacientes⁶⁴.

Con esto se presentó un poco de las características de un registro central de pacientes por computadora.

• Sistema de Manejo de Materiales (Inventario):

Lo que en esta ocasión se trata es una visión general del tratamiento de problemas del sistema de manejo de materiales, específicamente el manejo de inventario.

Se puede apreciar que en los consultorios y las granjas existen serios problemas relacionados con el manejo del "stock" o reservas de medicamentos, alimentos, suplementos, en fin todo el almacén que una explotación o clínica tiene. Es un problema no tener las cosas que se necesitan a tiempo, a veces las cosas que se tienen almacenadas por mucho tiempo se hechan a perder, etc. Este tipo de problemas son muy importantes en México y frecuentemente el médico

veterinario tiene que manejar este tipo de problemas¹²⁹.

El siguiente ejercicio trata sobre los sistemas de manejo de materiales y esta tomado del libro "Teoría económica y análisis de operaciones" de Baumol¹³⁰. Supongase que se trata de un almacén y se sabe que se van a requerir N unidades de X elemento perecedero, por ejemplo biológicos (vacunas o sueros, etc.), y el asunto consiste en identificar cuál es la mejor estrategia o alternativa para el manejo de la adquisición de dicho elemento, partiendo de hacer un análisis de costos relativos a tener ese elemento almacenado (todos los costos que tienen que ver con el almacén de ese elemento)¹³⁰.

Una primera opción podría ser por ejemplo, decidir comprar todo el elemento que se necesitará durante el año, el primer día del año. Se compra todo el primero de enero y se va gastando a medida que pasa el tiempo de tal manera que el 31 de diciembre se acaba todo y el 1o de enero del año siguiente se vuelve a comprar (suponiendo que ese gasto tuviera una tendencia de tipo lineal)^{130, 128}.

Una idea importante en este momento es saber cuál es el número promedio de ese elemento que se tiene disponible en el año. La manera de calcularlo es muy sencilla simplemente se divide el número de unidades que se necesita (N) entre 2:

$$\text{Número de unidades promedio} = N/2$$

N = Número de unidades que se necesitan de un elemento en el año.

D = Número de unidades que se adquieren de golpe.

Por lo tanto, $D = N$ en este caso.

Una segunda política de almacenista podría ser comprar la mitad a principio de año y comprar la otra mitad a la mitad del año, debido a que si se compra la mitad a principio de año entonces a la mitad del año se agota el stock. Esta segunda estrategia produce un efecto muy interesante, ahora la cantidad que se tiene que adquirir de golpe (llamada D), en el primer caso N es igual a D, pero en este segundo caso la cantidad total se esta adquiriendo en dos lotes con el efecto de que la cantidad promedio en existencia es diferente que en el anterior, va a ser igual a $D/2$, lo cual se puede resumir de la manera siguiente:

$$D = N/2$$

Número de unidades promedio = $D/2$ que equivale a la cuarta parte de la cantidad del primer caso.

De la misma manera, si se piensa una tercera estrategia podría ser comprar en cuatro veces distribuidas en el año. Aquí se puede concluir lo siguiente:

$$D = N/4$$

Número de unidades promedio = $D/2$ que equivale a la octava parte de la cantidad del primer caso.

Ahora se realizarán algunos cálculos que permitan determinar que estrategia es la más conveniente. Para

poder hacer esto se tiene que tomar en cuenta una gran variedad de consideraciones, algunas de las más importantes son:

1. El problema se produce porque se tienen que considerar dos costos de manera simultánea: el costo del sostenimiento o mantenimiento (almacenamiento) y el costo de la renovación de pedidos^{20, 19}.

Es importante que se recuerde que el hecho de que exista un cierto promedio de elementos almacenados representa un costo. Considerese por ejemplo, la refrigeración, la luz, el personal que lo cuida y lo maneja, etc. De esta manera podemos identificar que existe una cantidad que representa un costo por unidad de elemento que esta guardado, de manera que los costos totales del almacén van a ser iguales a los costos de almacenamiento, pero además a este costo hay que agregarle el costo de pedido como se había mencionado anteriormente. No cabe duda que cada vez que se hace un pedido se tienen costos, por ejemplo hay que mandar una camioneta por el pedido, hay que traerlo, se tiene que movilizar empleados, etc. todo esto representa costos^{20, 19}.

2. También se debe considerar que si se compra poco, el precio unitario es más alto que si se compran cantidades más grandes o que el tiempo que pase puede producir

una inflación en el precio del producto^{20,126}.

3. Otra cosa que se debe considerar es que a los elementos que finalmente se utilizan se les debe cargar el costo de los elementos que se deterioraron, hecharon a perder o que por alguna razón no se pudieron utilizar^{20,126}.
4. En algunas ocasiones es necesario considerar también el costo del local donde se están almacenando o la renta. Cuánto cuesta el m² de terreno que se está destinando a almacenar un elemento, en lugar de utilizarlo para una máquina o para estacionamiento, etc.^{20,126}

Tomando en cuenta todo este tipo de consideraciones se debe encontrar la decisión que más beneficia.

El criterio a seguir para saber que política es la más conveniente se llamará "Costos totales del almacén" para "X" elemento y se buscará cual es la estrategia que ocasiona un menor costo¹²⁶.

Los Costos Totales del almacén para un elemento en realidad representa la suma del costo de almacenamiento de ese elemento más los costos de adquisición o pedido del mismo:

$$\text{Costo total del almacén} = \frac{\text{Costos del almacenamiento}}{\text{Costos de adquisición}}$$

Los costos del almacenamiento se refieren a lo que cuesta mantener almacenado cada elemento y

generalmente se calcula multiplicando el costo unitario de almacenamiento (K) por la cantidad promedio de elementos almacenados. Lo cual se puede representar de la siguiente manera:

$$\text{Costos de almacenamiento} = \frac{\text{Costo Unitario de almacenamiento (K)}}{\text{Cantidad promedio de elementos}}$$

El costo unitario de almacenamiento (K) es un dato que normalmente se tiene y que solamente se tiene que pedir al que lleva la contabilidad del almacén. En caso de que no se tenga se puede calcular de manera muy fácil.

Ahora, como se explicó anteriormente, dependiendo de la política o estrategia que se siga para la adquisición del elemento, se tendrá un número de unidades promedio almacenadas. Esto se puede calcular dividiendo la cantidad de unidades adquiridas en cada compra (D) dividido entre 2, así:

$$\text{Número promedio de unidades almacenadas} = D/2$$

De esta manera se puede tener idea del costo de almacenamiento de un elemento. A continuación se presenta de manera resumida la fórmula que permite calcular el costo de almacenamiento de un producto:

$$\text{Costo de almacenamiento} = K * (D/2)$$

Donde K = costo unitario de almacenamiento y
D/2 = promedio de unidades almacenadas.

Ahora, para poder calcular la fórmula general, sólo falta analizar como calcular los "Costos de adquisición".

Los costos de adquisición o pedidos se pueden calcular multiplicando el número de entregas por el costo de cada pedido del material. Eso se puede representar así:

$$\text{Costos de adquisición} = \frac{\text{Número de entregas}}{\text{Costo de cada entrega del material}}$$

Si se analizan un poco los costos de adquisición o costos de pedidos, se encuentra que además de conocer lo que cuesta hacer cada pedido, es necesario conocer el número de entregas que se van a realizar. Aunque el número de entregas dependerá de la estrategia escogida, se puede momentáneamente decir que el número de entregas es exactamente igual a la cantidad total de unidades que se necesitan en todo el año (N) dividido entre el valor de D (número de unidades que se compran por pedido). Lo cual se puede representar de la manera siguiente:

$$\text{Número de entregas} = N/D$$

Ahora sólo falta ver como hacer para calcular el costo de cada pedido o entrega. Para simplificar el ejemplo y favorecer su comprensión se propone una función muy sencilla del comportamiento de los costos de pedidos, pero en la realidad esta función puede llegar a ser relativamente compleja. Se propone que el costo de pedido es un función lineal que depende de D, es decir que depende de la cantidad que se hace en cada pedido^{10, 12a}.

Supongase que se contrata flete para realizar el pedido o entrega, aunque el problema sería muy similar si se enviara una camioneta a recogerlo ya que en ambos casos los costos son claramente dependientes del volumen que se va a manejar. Si consideramos el caso del flete se encuentra que independientemente de la cantidad que se vaya a transportar siempre existe un costo, este es un costo fijo que existe desde el momento de contratar el servicio, a este costo que pudiera corresponder a lo que se le va a pagar a los macheteros, se le llamará *a*. Pero además, la compañía de fletes cobra una cantidad determinada, una especie de porcentaje extra, por cada unidad unidad del material, esta cantidad se designará como *b* comportandose como una sencilla función lineal y esto quiere decir que se trata de una constante *a* más otra constante *b* que esta multiplicada por D. Este es un modelo muy sencillo de fletes que finalmente se puede representar de la manera siguiente^{10, 12a}:

$$\begin{aligned} \text{Costo de entrega de cada pedido} &= a + (b \cdot D) \\ &= a + bD \end{aligned}$$

Lo que se ha hecho hasta ahora es formalizar las operaciones necesarias para poder calcular la fórmula general que se decidió tomar como criterio. A continuación se sustituirán los conceptos de las fórmulas por sus operaciones. Así:

$$\begin{aligned} \text{Costo de cada entrega} &= a + bD \\ \text{Número de entregas} &= N/D \end{aligned}$$

Por lo tanto:

$$\begin{aligned}\text{Costos de adquisición} &= N/D * (a + bD) \\ &= Na/D + NbD/D \\ &= Na/D + Nb\end{aligned}$$

Por otro lado:

$$\begin{aligned}\text{Unidades promedio en existencia} &= D/2 \\ \text{Costo unitario de almacén} &= K\end{aligned}$$

Por lo tanto:

$$\text{Costo de almacenamiento} = K * D/2$$

Con lo cual se puede reconstruir la fórmula general:

$$\begin{aligned}\text{Costos de almacenamiento} &= K * D/2 \\ \text{Costos totales del almacén} &= \frac{K * D^2}{2} + Na/D + Nb \\ \text{Costos de adquisición} &= Na/D + Nb\end{aligned}$$

Esta fórmula que se ha calculado se puede ahora utilizar para tratar de determinar cuál es el valor de D que más conviene, es decir tratar de encontrar el tamaño del pedido que más convenga.

Para poder realizar los cálculos se debe conocer N, K, a y b, y lo único que se hará será ir dando valores distintos a D hasta encontrar cuál es el valor de D que arroja un menor costo, una vez identificado D se puede deducir cuál es la estrategia que más conviene.

Antes de continuar, se aclarar que existen procedimientos de cálculo diferencial que permiten resolver este problema de manera muy sencilla, simplemente hay que aplicar la fórmula que diga exactamente cuanto vale D sin tener que hacer ninguna compu-

tación, sin embargo existe ocasiones en que las ecuaciones no son fácilmente derivables sino que hay que de todas maneras hacer el cálculo numérico¹⁹.

Ahora se muestra un programa de cómputo que resuelve esto. En síntesis el programa ejecutará varias veces la ecuación general presentada dándole en cada ocasión un valor distinto a D e irá escribiendo una lista donde mostrará el valor de D y su costo total de almacén, así se podrá saber cuál es la que más conviene²⁰.

A continuación se presenta el programa escrito en lenguaje BASIC:

Lista del programa escrito en BASIC:

```
10 rem "Programa estrategia de inventario"
11 print " PROGRAMA ESTRATEGIA DE
INVENTARIO"
15 print
20 print "Este programa sirve para calcular el
costo total del almacén para un elemento"
25 print: print
30 print "Antes de hacer el cálculo necesito
algunos valores:"
40 input "Cuál es el número total de unidades de
este elemento que se necesitan en todo el año?
"; N
50 input "Cuál es el mínimo de unidades que se
pueden comprar?"; MIND
60 input "Cuál es el valor de a? "; A
70 input "Cuál es el valor de b? "; B
80 input "Cuál es el costo unitario de
almacenamiento para este elemento? "; K
90 let D = 0
100 let D = MIND + D
110 let CTA = (D*K)/2 + (N*A)/D + (N*B)
115 print: print
120 print " Los resultados son: "
130 print "Para D = ";D;" unidades, el costo es de
"; CTA
140 if D = N then print " F I N "; stop
150 goto 100
```

Para ilustrar una corrida de este programa suponganse los siguientes valores:

- 1) La cantidad total de unidades por año (N) = 10
- 2) El costo unitario de almacenamiento (K) = 1
- 3) La cantidad mínima de unidades que se pueden comprar en cada adquisición ($MIND$) = 1
- 4) El valor de a es = 2
- 5) El valor de b es = 1

Ahora corrase el programa en la computadora y respondase las preguntas con estos valores. Aparecera en la pantalla lo siguiente:

• PROGRAMA ESTRATEGIA DE INVENTARIO

Este programa sirve para calcular el costo total de almacén para un elemento.

Antes de hacer el cálculo se necesitan algunos valores:

- Cuál es el número total de unidades de este elemento que se necesitan en todo el año? 10
- Cuál es el mínimo de unidades que se pueden comprar? 1
- Cuál es el valor de a ? 2
- Cuál es el valor de b ? 1
- Cuál es el costo unitario de almacenamiento para este elemento? 1

Los resultados son:

- Para $D = 1$ unidades, el costo es de 30.5
- Para $D = 2$ unidades, el costo es de 21
- Para $D = 3$ unidades, el costo es de 18.16667
- Para $D = 4$ unidades, el costo es de 17

- Para $D = 5$ unidades, el costo es de 16.5
- Para $D = 6$ unidades, el costo es de 16.3333
- Para $D = 7$ unidades, el costo es de 16.35714
- Para $D = 8$ unidades, el costo es de 16.5
- Para $D = 9$ unidades, el costo es de 16.72222
- Para $D = 10$ unidades, el costo es de 17

FIN

Con la información presentada en la lista se puede analizar cuál es la estrategia que más conviene. A primera vista se ve que el menor costo se da cuando D vale 6 unidades, esto quiere decir que se deben de comprar 6 unidades en cada adquisición y que el número de entregar (N/D) que conviene es 1.66, es decir conviene el criterio de dos compras al añoTM.

Con esto se ilustró el uso de los sistemas automatizados en las cuestiones de la administración y economía en medicina veterinaria y zootecnia.

CONCLUSION:

En este capítulo se presentó una revisión general de los tipos de sistemas automatizados que se han desarrollado para auxiliar algunos problemas clásicos que competen a la economía, la administración y las finanzas veterinarias, ilustrando la manera como intervienen dichos sistemas.

El capítulo está dividido en dos grandes apartados: el primero presenta una panorámica de los campos económico-administrativos en veterinaria, donde los sistemas automatizados han sido tradicionalmente aplicados y la manera en que lo han hecho, mientras que en el segundo apartado se presenta el desarrollo de

dos ejemplos prácticos; uno habla de un sistema de registro central de pacientes que ilustra los sistemas administrativos y otro trata de un sistema de manejo de materiales enfocándose particularmente al problema de inventario en cuanto a su planeación, para ilustrar los sistemas financieros⁷⁸.

CAPITULO XII

DECISIONES MEDICAS Y COMPUTACION

La intención de este capítulo es la de presentar una visión general del uso de la computadora como una herramienta práctica en el marco del análisis de decisiones dentro de las labores médicas cotidianas.

Los médicos en su práctica diaria tienen que tomar decisiones continuamente, algunas rutinarias, otras un poco más complejas, todas afectando a sus pacientes en cuanto a la recuperación de su salud. En algunas ocasiones las situaciones o circunstancias están lo suficientemente claras como para que cualquier médico, con un buen entrenamiento pueda decidir correctamente, sin gran dificultad, otras ocasiones las situaciones no son tan claras cuando el médico se enfrenta a la toma de decisiones, frente a la incertidumbre de las circunstancias¹².

Si analizamos un poco la profesión médica se encontrará que existen varias fuentes de incertidumbre que suelen dificultar las decisiones, algunas de las más importantes son¹³:

- Errores en los datos clínicos por registros inadecuados, mala observación, error de instrumentos, mala interpretación, etc.
- La detección y registro de los síntomas y signos de los pacientes varía de acuerdo con la capacidad de observación del examinador, además de que cada uno de los examinadores suele dar diferentes interpretaciones a los hechos.
- La relación entre los signos clínicos y los síntomas en una enfermedad no son los mismos en cada paciente.
- La incertidumbre en los efectos del tratamiento agrega problemas de interpretación ya que los fármacos no siempre producen el mismo efecto en los pacientes.

Otra característica de las condiciones de las decisiones médicas, aparte de la incertidumbre, es la continua necesidad de tener que valorarlas dependiendo de los riesgos que impliquen. Por ejemplo, el riesgo de muerte de una

cirugía cardíaca está justificado o no en términos de la probabilidad de una vida más larga o una mejor calidad de vida¹⁴.

La toma de decisiones acertadas bajo las condiciones de incertidumbre y riesgo, es lo que ha hecho que la medicina se defina como un "arte" (no se tome la palabra "arte" como sinónimo de irracional). Este arte tiene sus propias reglas y patrones que se pueden estudiar sistemáticamente hasta que se dominen con una gran perfección. De hecho, se puede entrenar a los estudiantes en los métodos sistemáticos para la toma de decisiones acertadas en el cuidado de los pacientes, sin menoscabo de su libre ejercicio de la inteligencia¹⁵.

Cabe aclarar que el estudio de reglas y patrones agrupados en métodos sistemáticos están encaminados a complementar y mejorar, y no a reemplazar, el juicio clínico, este viene únicamente con la experiencia¹⁶.

Todos estos métodos sistemáticos pertenecen a la **teoría de decisiones médicas o análisis de decisiones médicas**. La teoría se refleja básicamente, en un conjunto de técnicas que han sido desarrolladas para tomar decisiones bajo condiciones de incertidumbre, apoyándose generalmente en la probabilística, la bioestadística, la epidemiología, algunos conceptos económicos y en los conocimientos médicos, desde luego¹⁷.

La teoría de análisis de decisiones médicas tiene su origen en los trabajos de Ledley y Lusted en 1959¹⁰⁶. Para 1968, Lee Lusted de la Universidad de Chicago publica su libro "Introducción al análisis de decisiones". Un libro clásico que presenta un análisis muy amplio de decisiones enfocadas a la medicina. Lo que escribieron Feinstein y Fineberg en 1980, bajo el título "Clinical Decision Analysis", esta inspirado en ese libro y este capítulo a su vez en el de estos últimos autores¹²⁸.

El análisis de decisiones cobra cada vez más importancia en la medicina y auxiliado por las computadoras constituye una herramienta idónea para su aplicación en la práctica diaria. De hecho, la mayoría de los sistemas de diagnóstico médico basados en el uso de probabilidades y cálculos de riesgo. Es importante aclarar que, en términos generales, si el sistema computarizado de diagnóstico utiliza un procesamiento matemático para llegar a una decisión se puede afirmar que pertenece al análisis de decisiones clásico (feinsteniano), pero si el sistema pretende simular un razonamiento real, entonces pertenecen a los sistemas de Inteligencia Artificial, aunque muchas veces estos sistemas utilizan también, de manera complementaria, el cálculo probabilístico. Quizá, los modernos sistemas de diagnóstico asistido por computadora estén cada vez más inclinados al uso combinado y complementario de los métodos que ofrece la teoría clásica de análisis de decisiones con el de las

técnicas desarrolladas por la Inteligencia Artificial¹²⁸.

Bajo este enfoque deben verse todos los sistemas automáticos de diagnóstico: la computadora como una herramienta "laica" para la toma de las mejores decisiones médicas¹²⁸.

Los sistemas de Inteligencia Artificial serán tratados en el siguiente capítulo. A continuación se presentan dos ejemplos de sistemas clásicos de análisis de decisiones. Algo más que se mostrará es el hecho de que este tipo de sistemas pueden ser fácilmente implementados en la computadora, incluso sin conocer algún lenguaje de programación. Para ilustrar esto los dos ejemplos que se presentan se han pueden desarrollado en una hoja electrónica de cálculo¹²⁸.

• LOS "ARBOLES" DE DECISION

Una de las maneras más simples de representar tanto el conocimiento como el proceso de decisión diagnóstica es mediante su representación en un "árbol" de decisiones o diagrama de decisiones^{24,25}.

Los árboles de decisiones están compuestos de nodos como rectángulos y/o como círculos; los rectángulos son llamados "nodos de decisión", mientras que a los círculos se les llama "nodos de eventos". Cada uno de estos nodos tiene una entrada y varias salidas^{24,25}.

El árbol de decisión sirve para presentar de manera esquemática la secuencia lógica de un problema de decisión considerando las acciones y sus consecuencias posibles²⁴.

Supongase que la decisión a tomar es si se va a operar o no un paciente con un posible problema de apendicitis. A continuación se puede un árbol con un primer nodo de decisión cuyas salidas posibles son: operar o no operar²⁴.

A cada uno de los eventos posibles se les puede asociar sus consecuencias, en este caso, el que se decida operar con apéndice, (y con cualquiera otra situación) las consecuencias importantes es de que muera²⁴.

Nótese que el árbol comienza con un nodo de decisión y termina muchos nodos.

Ahora se cuenta ya con un pequeño árbol de decisión en su forma más simple, aunque burdo sirve para formalizar la idea conducente a una toma de decisiones.

Para poder saber cual es la decisión que más conviene es necesario asociar más información al árbol. Normalmente los hospitales tienen un manual de procedimientos o "políticas" de lo que se debe hacer en casos bien definidos y la decisión de operar o no en el caso de una apendicitis no aguda puede depender de la política del hospital y no de un análisis como el que se está explicando²⁵.

La información que se puede usar podría ser la de valor asociado a cada nodo terminal por ejemplo cual es la probabilidad calculada en "este hospital", de que se presente un paciente perforado, o con proceso inflamatorio o no séptico²⁵.

Una vez que se tiene esta información lo primero que hay que calcular es "La esperanza matemática o cálculo de utilidad". La utilidad es el producto de un valor de riesgo de beneficio (en este caso de mortalidad) multiplicado por la probabilidad de que el evento ocurra²⁵.

La esperanza total para la decisión de no operar es la suma de las esperanzas parciales de cada rama, por ejemplo:

Muertes esperadas al operar:

$$.03 \times 27 + 0.13 \times 1 + 0.7 \times 0.84 = 1.528$$

Muertes esperadas al no operar:

$$.03 \times 500 + 0.13 \times 500 + 0.84 \times 0 = 80$$

La decisión obvia es naturalmente el operar en cualquier caso de apendicitis.

Nótese, en el ejemplo, que la esperanza final se calcula cuando la utilidad se propaga en sentido inverso del árbol (de las ramas al tronco)²⁵.

Cómo se podría programar esto en la computadora?. Ya se ha visto lo que es la programación en un lenguaje de computación como es el BASIC, ahora se presenta cómo utilizar uno de los programas comerciales para uso

general para que resuelva este problema. Como el problema es numérico y consiste en asociar distintos valores, este es un caso típico que puede ser resuelto en una hoja electrónica de cálculo como de las que se habló en el capítulo III.

Cada casilla de la hoja electrónica está direccionada por "las coordenadas" de la matriz (columna y renglón), es decir su localización está dada por la letra de la columna y por el número de línea, así se tiene la casilla A1, o la B5, o la G10, etc.

Las hojas electrónicas tienen la virtud de estar activas en todo momento es decir, que si se tiene un grupo de números con los que se están haciendo operaciones y se decide cambiar uno de los números, automática e inmediatamente se actualizan de nuevo todas las operaciones.

A continuación se presenta el proceso para hacer el cálculo de beneficio para una decisión utilizando la hoja electrónica de cálculo llamada LOTUS 123 que es muy popular. Usted puede seguir el ejercicio utilizando su propia computadora. Del lado izquierdo se pondrá el nombre de la casilla a la que se está direccionando y del lado derecho lo que se tiene que hacer en esa casilla o su contenido.

A1 - APENDICE
 A5 - OPERAR
 A6 - NO OPERAR
 B1 - ESPER-OP

B2 - D2 * E2
 B3 - D3 * E3
 B4 - D4 * E4
 B5 - SUM(B2:B4)

C1 - ESP-NO-OP
 C2 - D2 * E5
 C3 - D3 * E6
 C4 - D4 * E7
 C6 - SUM (C2:C4)

D1 - PROBABILIDADES
 D2 - .03
 D3 - .13
 D7 - 0.7

E1 - MUERTES
 E2 - 27
 E3 - 1
 E4 - .87
 E5 - 500
 E6 - 500
 E7 - 0

Si se mete este "programa" en lotus 123, se podrá lograr una matriz como la siguiente:

	a	b	c	d	e
1	apendic	esper-op	esp-no-op	probab	muertes
2		0.81	15.00	0.03	27.00
3		0.13	65.00	0.13	1.00
4		0.59	0.00	0.70	0.84
5	OPERAR	1.53			500.00
6	NO-OPER		80.00		500.00
7					0.00
8					

En la matriz anterior se puede observar que la decisión final la tomará

el médico, consultando las casillas B5 y C6. Se toma ahora un caso más detallado, el publicado en el libro de medicina interna de Hurts, es una situación en que no se puede diferenciar entre varios procesos patológicos y en la que se debe tomar una decisión sobre tratamiento o manejo. El caso es: Ictencia, prurito, antecedentes alcohólicos, malestar en el cuadrante superior derecho, hepatomegalia, coluria y heces pálidas. Con la información disponible no se puede diferenciar una hepatitis alcohólica o de una colangitis¹⁸.

Se hará el ejercicio de la decisión diagnóstica que más conviene al caso.

Ante este caso las posibles decisiones serían: Cirugía, tratamiento clínico o biopsia de hígado que corresponderían a cada una de las ramas del árbol¹⁹.

El algoritmo para la decisión consiste en ir llenando los cuadrados y los círculos del árbol con valores derivados desde las ramas hacia la raíz del árbol²⁰.

La utilidad del evento cirugía (círculo 1) es:

$$(50 \cdot 0.9) + (90 \cdot 0.1) = 45 + 9.0 = 54 \text{ sobreviven en promedio.}$$

La utilidad del evento tratamiento clínico (círculo 2) es:

$$(15 \cdot 0.9) + (25 \cdot 0.1) = 67.5 + 2.5 = 70.0 \text{ sobreviven en promedio.}$$

La utilidad "de la decisión cirugía/no-cirugía frente a una biopsia positiva (cuadrado 1) es:

$$\text{máximo } (50,75) = 75 \text{ sobrevivientes es mejor que } 50.$$

La utilidad de la decisión cirugía/no-cirugía frente a una biopsia negativa (cuadrado 2) es:

$$\text{máximo } (90,25) = 90 \text{ sobrevivientes es mejor que } 50.$$

La utilidad del evento "sobrevivientes a la biopsia" (círculo 3) es de los cálculos anteriores:

$$75 \cdot 0.9 + 90 \cdot 0.1 = 67.5 + 9 = 76.5 \text{ sobrevivientes promedio}$$

La utilidad del evento "biopsia" (círculo 4) es:

$$76.5 \cdot 0.998 + 0.002 = 76.3 \text{ sobrevivientes}$$

La utilidad de la decisión (cirugía/tratamiento/biopsia) es finalmente:

$$\text{máximo } (54, 70, 76.3) = 76.3$$

¡La decisión será siempre la de tomar una biopsia!

• EL TEOREMA DE BAYES

Dentro de la Teoría de Decisiones Médicas, sobresale el Teorema de Bayes como recurso para la toma de decisiones clínicas. Esta técnica ha sido muy utilizada en la elaboración de programas para la asistencia en el diagnóstico médico. La predicción es una tarea fundamental del clínico y el Teorema de Bayes se presenta como un valioso auxiliar para ello en virtud de que este teorema efectúa una reevaluación de la probabilidad *a priori* (antes de información adicional) de un

cierto evento cuando se adiciona una información previamente no disponible (a posteriori)¹⁴.

Para iniciar el ejemplo supongase que llega un paciente cuyo motivo de la consulta es dolor en el epigastrio. Si este fuera el único dato y se le pidiera una opinión, quizá se sugerirían los siguientes posibles diagnósticos: Úlcera gástrica, Úlcera duodenal, Cáncer del estómago, Litiasis, Hernia hiatal, Dolor funcional, etc. Inmediatamente se argumentaría que para poder precisar más un diagnóstico se necesita más información del paciente, pero supongase que se insiste en que, considerando este único síntoma diga por cual de las enfermedades mencionadas se inclinaría. Aquí, quizá se evocaría los pacientes que ha tratado con dolor en el epigastrio y cual ha sido el diagnóstico más frecuente. Hasta cierto punto lo que se esta haciendo es manejar un contabilidad subjetiva, que permite estimar cuál sería el diagnóstico más probable¹⁵.

Ya sea con propias probabilidades (subjetivas) o con probabilidades documentadas a partir de los expedientes de un consultorio o de un hospital, lo que se esta preguntando se podría resumir como: ¿cuál es la probabilidad de que un enfermo del que sólo se conoce un síntoma tenga tal enfermedad?¹⁶

Ahora supongase que se da la oportunidad de revisar los expedientes

del consultorio y se toma todos los casos de pacientes con dolor en el epigastrio, se suman y después los agrupa por el diagnóstico final. Se obtendría por ejemplo, el total de pacientes con dolor en el epigastrio con diagnóstico confirmado, a cuantos se les diagnóstico ulcera gástrica, a cuantos cancer en el estomago, y así sucesivamente para cada uno de los diagnósticos. Finalmente si el número de casos para cada uno de los diagnósticos se divide entre el total de los pacientes, se obtendría, según la propia casuística, cuál es la probabilidad de cada una de las enfermedades dado el sintoma de dolor en el epigastrio. Se podría haber producido una tabla como la siguiente:

De un total de 365 expedientes de pacientes con dolor en el epigastrio, solo se obtuvieron 300 expedientes con diagnóstico confirmado. De estos, 57 fueron Hernia hiatal, 82 Úlcera duodenal, 36 Úlcera gástrica, 50 Litiasis biliar, 59 Dolor funcional y 16 Cáncer gástrico¹⁴.

Enfermedad		%P(e)
Hernia hiatal	57/300	0.19
Úlcera gástrica	82/300	0.27
Úlcera duodenal	36/300	0.12
Litiasis biliar	50/300	0.17
Cáncer de estómago	16/300	0.05
Dolor func. epig.	59/300	0.19
	300/300	Sum = 1.000

Según lo visto hasta ahora, si se vuelve a preguntar por cual enfermedad iniciaría el diagnóstico de presunción, al consultar la tabla,

seguramente se contestaría que quizá se trate de una Úlcera duodenal, dado que esta enfermedad es la que presenta más alta probabilidad de ocurrir⁽¹⁾.

Lo que se ha hecho se puede formalizar de la siguiente manera:

$P(e)$ = Suma de los pacientes que tuvieron esa enfermedad / Suma de todos los pacientes que presentaron ese síntoma

Esto se conoce como la probabilidad *a priori* de una enfermedad. Quizá se este pensando que este conocimiento es de poca utilidad. Sin embargo, esto conduce a un método que puede ser mucho más predictivo si en lugar de utilizar un solo síntoma o signo utiliza varios signos y síntomas bien seleccionados, se recalcula la probabilidad de cada una de las enfermedades dado un conjunto de signos y síntomas. Vease primero los datos "en bruto" de los que se dispone⁽²⁾:

CUADRO 1

DOLOR EPIG. ANGUL. BREVE ALM. CONEZ. AGRAV. PERDIDA DOLOR										
14 SUP. DER. TIEMPO J. HOREG. AL MEN. ALIM. POSIC. PESO PER. SE										
como un 7 por cada síntoma de los pacientes										
HERN. HAT.	2.00	4.00	13.00	8.00	8.00	11.00	1.00	4.00		
ULC. DUOD.	3.00	18.00	7.00	24.00	1.00	1.00	1.00	3.00		
ULC. GAST.	1.00	4.00	4.00	8.00	4.00	3.00	1.00	4.00		
LIT. BIL.	11.00	1.00	18.00	3.00	13.00	1.00	2.00	3.00		
FUNCIONAL.	3.00	3.00	1.00	10.00	8.00	3.00	0.00	4.00		
CANCER.	1.00	0.00	1.00	1.00	4.00	1.00	2.00	5.00		

Antes de continuar es importante que quede claro como se elabora este tipo de tablas. Primero se partió de un signo o síntoma, en este caso dolor epigástrico, lo cual permitió escoger un grupo de enfermedades que se

caracterizan por ese síntoma. Este grupo de enfermedades constituirá la lista de diagnósticos a diferenciar. Posteriormente se calcula cuál es la probabilidad *a priori* de cada una de estas enfermedades. A continuación se escoge una serie de síntomas que pueden resultar útiles para poder diferenciar entre las distintas enfermedades y se escriben en un renglón de tal manera que permita junto con la lista de enfermedades en una columna, crear una matriz en donde las columnas están formadas por los síntomas y los renglones por las enfermedades. Para calcular ahora la probabilidad de que se presente cada uno de estos síntomas en cada una de estas enfermedades (casillas de la tabla) lo que se hace es sumar el número de pacientes que presentaron un cierto síntoma en cada enfermedad y dividirlo entre el número de individuos que padecieron esa enfermedad. Si por ejemplo, se toma el caso de los enfermos con cáncer en el estómago lo que se quiere es calcular el porcentaje de estos enfermos que presentaron el síntoma pérdida de peso. Este cálculo para todos los síntomas considerados se resume en el siguiente cuadro:

CUADRO 2

PROBABILIDADES CONDICIONADAS										
HERN. HAT.	0.11	0.21	0.68	0.42	0.42	0.38	0.08	0.21		
ULC. DUOD.	0.11	0.47	0.28	0.88	0.04	0.04	0.04	0.11		
ULC. GAST.	0.08	0.33	0.33	0.87	0.33	0.17	0.08	0.33		
LIT. BIL.	0.86	0.08	0.94	0.12	0.76	0.08	0.12	0.18		
FUNCIONAL.	0.18	0.15	0.08	0.50	0.40	0.16	0.00	0.30		
CANCER.	0.30	0.00	0.30	0.20	0.80	0.20	0.80	1.00		

Una vez que se ha entendido como se calcularon cada uno de los valores de

las casillas del cuadro 2, se puede intentar obtener un diagnóstico probabilístico Bayesiano. Lo primero será obtener los datos de un paciente problema. Si en la entrevista se entera que el paciente tiene este dolor desde hace mucho tiempo, que antes se le calmaba tomando antiácidos pero que actualmente ya no le surten efecto, que el dolor se agrava cuando empieza a tomar alimentos, que el dolor se agrava con los cambios de posición, que actualmente suele persistir hasta por un mes y que ha perdido peso últimamente (más de 10 Kg en los últimos 6 meses), se puede seleccionar para el cálculo Bayesiano las columnas del cuadro 2 que correspondan a la sintomatología ^(Meyers 1974).

Para poder orientar el diagnóstico diferencial se puede aplicar la "regla de Bayes", la cual calcula la probabilidad de ocurrencia de cada una de las enfermedades dados los síntomas del caso mencionado. Esto se puede apreciar en el siguiente cuadro ¹²⁴:

CUADRO 3

DOLOR EPID	IND ALIM	AGRAV POSIC	PERD PESO	DOLOR PERIS
DOLOR HAT	0.43	0.58	0.08	0.31
ULCERA DUOD	0.04	0.04	0.04	0.11
ULCERA GAST	0.33	0.17	0.06	0.33
ULCERA BC	0.76	0.06	0.12	0.16
FUNCIONAL	0.40	0.16	0.05	0.30
CANCER	0.80	0.20	0.80	1.00

La probabilidad de padecer cada una de las enfermedades, dado los síntomas especificados - $P(e|s)$ -, se expresa en la última columna de este cuadro. Para este caso, la enfermedad

con más alta probabilidad es ahora la de cáncer gástrico (0.93 %).

El cálculo de Bayes puede ser formalizado y generalizado en la siguiente fórmula:

$$p(C_i | S_k, S_e, S_m, \dots) = \frac{p(C_i) p(S_k|C_i) p(S_e|C_i) p(S_m|C_i) \dots}{\text{Suma para toda } p(C_i) p(S_k|C_i) p(S_e|C_i) p(S_m|C_i) \dots}$$

Suma para toda: $p(C_i) p(S_k|C_i) p(S_e|C_i) p(S_m|C_i) \dots$

Esta fórmula quiere decir que entre un conjunto de diagnósticos, exclusivos y exhaustivos, la probabilidad de estar en presencia de una enfermedad dada C, teniendo en cuenta un signo o un conjunto de síntomas y/o signos $[S_k, S_e, S_m]$, esta dada por la fórmula presentada, en la cual el numerador representa el producto de la probabilidad de cada síntoma S, dada para la enfermedad por la probabilidad *a priori* de la enfermedad C_i ; el denominador esta representado por la suma de los cálculos que se hicieron para cada renglón ¹²⁴.

Desafortunadamente, estos métodos estadísticos y probabilísticos usados para el diagnóstico, tanto en los árboles de decisiones como el método de Bayes simple, no son capaces de contender con los casos de los pacientes que presentan más de una enfermedad de manera simultánea o son incapaces de identificar el caso de las enfermedades de rara aparición ¹²⁴.

El uso de las computadoras en la toma de decisiones médicas no se limita al diagnóstico solamente sino que también puede ponderar el diagnóstico, bajo riesgo terapéutico, lo

cual, eventualmente permitirá representar los intereses del paciente en la toma de las decisiones médicas que lo afecten. Esto no pretende quitarle responsabilidad al médico, lo que se busca es que el sistema pueda adaptarse a una gran cantidad de preguntas e inquietudes del paciente, que emita respuestas que le ayuden a comprender de una manera lógica y sistemática cuáles son las alternativas de manejo de sus padecimientos y cuál manejo puede ser el que más le conviene¹².

CONCLUSION

Los métodos que hemos mencionado han sido ampliamente utilizados y gozan de una gran fama, sin embargo, hay otros métodos estadísticos muy importantes que deben de ser considerados cuando se pretenda realizar un trabajo sobre el asunto, algunos de los más importantes son: medidas de incertidumbre (Shanon), regresión múltiple, análisis discriminante o mapa territorial, etc.

CAPITULO XIII

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN MEDICINA VETERINARIA

El objetivo de este último capítulo es presentar una visión sencilla y clara de los fundamentos de la Inteligencia Artificial aplicada a la medicina.

La Inteligencia artificial ha tenido y sigue teniendo un amplio desarrollo en la informática médica y de alguna manera ya se ha hablado de ella en capítulos anteriores. Lo ideal sería poder definir con claridad lo que es la Inteligencia Artificial pero desafortunadamente todas las definiciones que existen siempre tienen algún defecto. Para efecto de poder comenzar la discusión se puede definir a la Inteligencia Artificial como:

EL ARTE DE RESOLVER PROBLEMAS POR COMPUTADORA CUANDO SU SOLUCION, SI FUERA ENCONTRADA POR UNA PERSONA, SE CALIFICARIA DE INTELIGENTE¹⁰.

La Inteligencia Artificial ha tenido su principal utilización en medicina en la elaboración de programas para diagnóstico, aunque no es la única aplicación si es la más sobresaliente¹².

Hay tres modos de utilizar la Inteligencia Artificial en el diagnóstico, modos que se basan en paradigmas del conocimiento. El término paradigma ha permeado a lo largo de muchos años en toda la filosofía de la ciencia reciente y se ha venido usando mucho por eso se hablan unas cuantas palabras sobre el concepto paradigma¹³.

La ciencia está construida por lo general con base en teorías y modelos. Generalmente se produce ciencia "nueva" cuando se descubran nuevos hechos con ayuda de ciertos modelos y dentro de ciertas teorías, esto es lo que se podría llamar ciencia de segunda clase. La ciencia de segunda clase es una ciencia que dentro de

ciertas teorías, a partir de ellas, genera modelos que se usan para producir nuevos hechos, nuevos argumentos. Otra manera de hacer ciencia que podría llamarse de primera clase, es aquella ciencia en la que no solamente los individuos se dedican a descubrir hechos sino que proponen nuevas teorías, y para que ocurra esto, necesita haber una cierta anomalía observada entre los hechos y la teoría vigente. Esta anomalía, es una anomalía que se detecta colectivamente y cuesta mucho trabajo ponerla en evidencia porque el primer intento de una ciencia de segunda clase es tratar de meter algunos hechos que no casan bien con las teorías o dentro de las teorías de manera un poco forzada hasta que llega un momento en que la comunidad científica del mundo se da cuenta de que las anomalías no pueden ser ya tratadas de esa manera y entonces aparecen proposiciones de nuevas teorías. Pero existe otra opción más, la de desechar todas las teorías existentes y generar un conjunto nuevo; esta nueva clase de las teorías es lo que se denomina paradigma. Un paradigma famoso que por mucho tiempo funcionó muy bien pero finalmente fue desechado, fue el paradigma planetario para la producción de hechos pertinentes a la física atómica.

- **Paradigmas de la representación del conocimiento**

Se ha tratado el concepto de los paradigmas de la ciencia porque al

hablar de Inteligencia Artificial se tiene que tocar el aspecto de la representación del conocimiento, el cual ha tenido que partir de ciertas proposiciones. Son tres los paradigmas desarrollados: uno es el de redes causales, el segundo es el de reglas de producción y el tercero es el que por el momento se define como de memoria asociativa^{126 129}.

1) Las redes causales:

La idea en redes causales es la siguiente: se puede representar el conocimiento médico estableciendo la idea de que se puede representar el conocimiento con un nodo causa y un nodo efecto esperado, unidos por una flecha de manera que la dirección de la flecha indica cuál es el nodo causa y cuál el nodo efecto. A su vez, el nodo causa puede ser efecto de otro nodo causa y así sucesivamente.

2) Las reglas de producción:

Las reglas de producción son la manera como la lógica lo expresa en sus forma *modus ponendo ponens* es decir, se cuenta con uno o más hechos llamados premisas cuya presencia permite concluir otro hecho llamado conclusión, esto se puede representar formalmente de la siguiente manera:

$A \wedge B \wedge C \rightarrow D$

(Se lee: Si A y B y C entonces D)

Esta representación dice que que si estas tres premisas son ciertas entonces la conclusión es cierta, pero si las premisas no son ciertas entonces

la conclusión es falsa. Para ilustrar un poco más como es que se representa el conocimiento medico bajo este paradigma, sustituyase la premisa A por "POLIURIA", la premisa B por "POLIDIPSIA", la premisa C por "NIVELES ELEVADOS DE GLUCOSA SANGUÍNEA ESTANDO EL PACIENTE EN AYUNAS", y finalmente la conclusión D por "POSIBLE PACIENTE DIABÉTICO". Ahora, la representación formal de: $A \wedge B \wedge C \rightarrow D$, podría ser leída como: Si el paciente presenta POLIURIA y POLIDIPSIA y TIENE LOS NIVELES ELEVADOS DE GLUCOSA SANGUÍNEA ESTANDO EL PACIENTE EN AYUNAS, entonces se trata o es verdad que sea un POSIBLE PACIENTE DIABÉTICO.

3) La forma de memoria asociativa:

La idea bajo esta forma de representación del conocimiento es que todo objeto de conocimiento está clasificado, conectado o relacionado con otro, no necesariamente del mismo tipo que el primero. Estos "objetos" a su vez están relacionados con otros de una manera infinita de manera como si en la memoria se pudiera imaginar el conocimiento médico como un conjunto de datos asociados a un nodo, pero conectados con otros nodos vecinos, nodos que a su vez están conectados con otros vecinos. Imagínese que los datos que produce un enfermo se van clasificando en síndromes, síntomas, enfermedades: entidades de distinta naturaleza, las cuales a su vez están conectadas con otras. De tal manera que los datos de los síntomas y signos del paciente pueden ser relacionados mentalmente hasta conducir a otro dato llamado

enfermedad o grupo de enfermedades que a su vez se asocia a otros datos llamados terapia.

Cada una de estas formas de representación del conocimiento constituye un paradigma. En algunos trabajos se han mezclados estos paradigmas, pero lo que a continuación se presenta son los paradigmas originales que fueron desarrollados a partir de éstos^{128,170}.

El primero de los tres paradigmas fue desarrollado por MIT por el grupo de Kulkowski y Weiss¹²⁸, conocido con el nombre de CASNET (acrónimo de las palabras inglesas "Causal Net" cuya traducción corresponde al concepto de redes de causalidad o redes de causa-efecto). A continuación se presenta el modelo CASNET.

Este modelo supone que existe un cierto plano, el de las observaciones del paciente, en el que una cierta observación, esta cierta observación se conecta con algún estado fisiopatológico (en un segundo plano), el plano de los estados fisiopatológicos. Estos estados fisiopatológicos pueden a su vez conectarse en el mismo plano con otros estados fisiopatológicos. Una cierta observación clínica puede derivar hacia un estado fisiopatológico, pero una vez que esto ocurre es también posible que exista un estado fisiopatológico que podría naturalmente traducirse en búsqueda de nuevas observaciones. Naturalmente que en un tercer plano,

el de los estados diagnósticos, no hay evolución. Si bien en el anterior plano existe una red causal, en este plano no la hay, sólo hay relaciones, es decir, pueden existir relaciones entre dos estados diagnósticos diferentes en caso de que un individuo pueda tener más de una enfermedad o en caso de enfermedades concomitantes. Finalmente este último, el diagnóstico, está conectado con un área diferente muy importante, la de los estados de tratamiento¹²⁸.

El siguiente prototipo corresponde al del paradigma de memoria asociativa.

Imagínese que se organiza la memoria de la computadora como un conjunto de cuadros sinópticos (FRAMES) conectados entre sí. Un ejemplo concreto sería el cuadro sinóptico o "machote" de glomerulonefritis aguda. Si se quiere diagnosticar problemas de glomerulonefritis aguda, lo que no se quiere es confundirla con glomerulonefritis crónica, pero esta glomerulonefritis crónica es a su vez otra estructura de datos compleja. Como la glomerulonefritis aguda puede complicarse, se puede establecer una ligadura llamada "complicado o se complica de", en el caso, el *frame* se conectaría con el síndrome nefrótico¹²⁸.

Dentro de otras posibles ligaduras se puede considerar la "causa de" y ahí se puede poner otro marco (*frame*) que podría corresponder a retención de sodio. Nótese que éste último marco no

es ya una entidad nosológica sino una entidad fisiopatológica¹²⁸.

El último paradigma que se ilustra es el que corresponde a las reglas de producción. Este modelo atomiza el conocimiento en reglas lógicas del tipo "si...entonces...". Esta formalización lógica permite el uso de la regla aristotélica *modus ponens* cuya dinámica se ilustra con el proceso de deducción que se explica a continuación¹²⁸.

Las reglas están escritas a manera de implicación, de manera que se pueden leer como: "si el paciente presenta el síndrome A y el síndrome B y el síntoma D, entonces tiene la enfermedad Z", por ejemplo¹²⁸.

Al conjunto de reglas que representan el conocimiento médico en el sistema se le llama Base de Conocimiento, para que el proceso de deducción ocurra con esta base de conocimientos es necesario contar con una parte de la memoria de la computadora reservada para la acumulación de los hechos o datos concretos del caso. Todos estos datos, las reglas de conocimiento y los datos del caso, son manejados por un programa de control llamado Máquina o Motor Inferencial, el cual se encarga de establecer una estrategia de búsqueda para la solución del problema¹²⁸. Tan sólido es esto que uno de los sistemas más famosos llamado MYCIN se basa en este modelo.

Supongase que el paciente se presenta a consulta aquejado por el síntoma X y exhibe el signo Z. El sistema de diagnóstico de tipo MYCIN establece entonces un diálogo con el usuario bajo la siguiente mecánica¹²⁸:

- a) Detecta en su memoria que se han registrado los hechos: X y Z.
- b) La computadora busca en su base de conocimientos alguna regla cuyas premisas incluyan los hechos X y Z.
- c) Al localizar alguna regla concluye una primer hipótesis, la cual tiene que ser validada a través de la existencia de las demás premisas que constituyen la regla, entonces pregunta por la existencia o ausencia de las demás premisas-hechos.
- d) En caso de que no se cumplan las premisas, entonces busca una nueva regla a validar, hasta encontrar una que cumpla con las condiciones o agotar las posibilidades.

Debe concebirse que una regla puede a su vez ser una premisa de otra regla, por lo que la deducción lógica puede estar encadenada hasta ir resolviendo todas las reglas.

Cuando el sistema ha llegado a una conclusión, generalmente la computadora emite una recomendación terapéutica asociada a esta¹²⁸.

Normalmente estos sistemas exceden de 200 reglas. Ya con este número de reglas se produce conflicto entre los médicos que las elaboran, por lo que estos sistemas requieren un tiempo muy largo de maduración, pues primero se proponen un conjunto de reglas que se discuten y se ensayan; luego, si algo no está bien, hay que modificar las reglas hasta ajustarlo. Esta dinámica generó la idea de usar un sistema para facilitar la discusión y adquisición de las reglas. Uno de estos sistemas se llama TEIRESIAS³⁷. Este programa actúa en el ambiente de MYCIN y facilita la discusión con la máquina de las reglas admitidas, así como su consistencia³⁷.

Finalmente, otro ejemplo muy interesante desarrollado con base al modelo de reglas de producción es el caso de GUIDON³¹. Este es un sistema que intermedia entre el sistema experto

de diagnóstico de MYCIN y un estudiante que quiere discutir un caso, a manera de diálogo³⁸. Los casos clínicos que ha resuelto MYCIN correctamente los presenta parcialmente al estudiante (v.g. edad, sexo, signos, síntomas, etc.) y le pregunta al estudiante la interpretación de la información que le presenta, discutiendo las respuestas³⁸.

CONCLUSION

En el presente capítulo se presentaron las principales estructuras para la representación del conocimiento médico, el concepto de los sistemas expertos para la solución de problemas como el del diagnóstico médico y algunos de los más famosos sistemas de inteligencia artificial relacionados con la medicina y la medicina veterinaria.

CONCLUSIONES

Al terminar el trabajo, se logró presentar a manera didáctica, los conceptos básicos de la informática aplicada en las ciencias veterinarias y la zootecnia:

- Se realizó una reseña histórica de los hechos que dieron origen a la Informática Veterinaria.
- Se explicó de manera sencilla la estructura y funcionamiento de las computadoras, señalando los cuidados básicos en el manejo del equipo.
- Se analizaron las aplicaciones más importantes de las microcomputadoras en la oficina y el consultorio veterinario.
- Se presentó el concepto de SISTEMAS, lo que permitió comprender lo que son los Sistemas de Información Veterinarios, analizándose un sistema hospitalario.
- Se introdujo al manejo automatizado de la información veterinaria a través de las "Bases de Datos personales" y de los grandes "Bancos de Información" públicos y profesionales, orientados a la medicina veterinaria y la zootecnia.
- Se presentaron los fundamentos del procesamiento de textos médicos por computadoras, señalando la importancia que tiene el desarrollo de estas técnicas en el avance de la medicina veterinaria y la zootecnia.
- Se revisó en general el procesamiento de las señales eléctricas mediante el uso de computadoras, enfocándose a su aprovechamiento en medicina veterinaria y zootecnia.
- Se indicaron los principios y conceptos básicos del procesamiento digital de imágenes por computadora y sus aplicaciones en la medicina veterinaria y la zootecnia.
- Se analizaron los trabajos realizados con el uso de las computadoras en la educación veterinaria señalando sus características.
- Se instruyó en los fundamentos de la ingeniería de software.
- Se revisaron los tipos de sistemas desarrollados para auxiliar a la economía, la administración y las finanzas veterinarias.
- Se mostró a la computadora como una herramienta práctica en el marco del análisis de decisiones dentro de las labores médicas cotidianas.
- Se planteó una visión sencilla de los fundamentos de la Inteligencia Artificial aplicada a la medicina.

Siendo este un escrito que permite introducir al uso de las computadoras en la medicina veterinaria.

DISCUSION

La amplitud del tema y la carencia de material bibliográfico específico no permitieron una adecuada profundización en algunos de los temas, dificultándose particularmente su ejemplificación en la práctica veterinaria. Considero que es necesaria la formalización de la enseñanza de la informática veterinaria en las universidades así como el establecimiento de líneas de investigación que permitan su adecuado aprovechamiento en el país.

Frente a otras publicaciones relacionadas con el tema, este documento tiene la ventaja de establecer de manera formal el marco teórico. Siendo de ayuda para aquellos interesados en la investigación.

LITERATURA CITADA

1. Abdulla, A. M., Watkins, L. O. and Henke, J. S.: Usefulness of computer-assisted instruction for medical education. *Am. J. Cardiol.*, 54:905-907 (1984).
2. Allwood, G. G.: Computer-assisted revision system in immunology. *J. Med. Educ.*, 10:512-513 (1976). (Allwood 1976)
3. Anónimo: Las computadoras y sus aplicaciones. *México-Holstein*, 16(9):12-14 (1985). (Mex-holst 1 1985)
4. Anónimo: El programa de control de producción y las computadoras. *México-Holstein*, 16(9):26-32 (1985). (Mex-Holst 2 1985)
5. Anónimo: ALTOS: Organizador de oficina computarizada. *Cero Uno Cero*, 7(8):12-14 (1987).
6. Anónimo: La computadora en la producción animal. *Síntesis Avícola*, 6(9):16-22 (1988).
7. Anónimo: La industria de la información. *Alta Tecnología de México*, enero-febrero:42-44 (1990).
8. Anónimo: Aplicaciones CD-ROM. *El Ordenador Personal*, 85:22-26 (1990).
9. Anónimo: Directorios de Bases de Datos en CD-ROM. *LILACS CD-ROM Informativo*, 1:4 (1990).
10. Anónimo: Estudio a fondo sobre scanners. *Mac User España*, 7:78-109 (1990). (Mac User 7,1990)
11. Antonoff, M.: Un procesador de palabras para cada necesidad. *Personal Computing*, 2(19):70-73 (1989).
12. Antonoff, M.: La magia de las imágenes. *Personal Computing*, 28:26-31 (1990).
13. Appleby, E. C., Hayward, A. H. and Renyard, P.: The use of a computerised record system in the analysis of 391 cases of suspected neoplasia. *Vet. Rec.*, 89(21):547-552 (1971). (Appleby 1971)
14. Association of American Medical Colleges: Physicians for the twenty-first century: report of the panel on the general professional education of the physician and college preparation in medicine. *Special Report*, USA, 1984.
15. Ayala, G.: Introducción a la computación. *DGSCA-UNAM*, México, 1983.

16. Ayscough, P.: CALCHEMistry. *Brit. J. of Ed. Tech.*, 8:201-203, 1977. (Ayscough 1977)
17. Barbee, D.: Computers applications: an overview. *The Veterinary Clinics of North America Small Animal Practice*, 16(4):615-624 (1986).
18. Barnett, G.O.: Strategies, potentials, and problems of computerized assisted instruction. *Physiologist*, 16:621-625 (1973). (Barnett 1973)
19. Barnett, G.O.: The application of computer based medical record systems in ambulatory practice. *New England J. of Medicine*, 310(25):1643-1651 (1984).
20. Baumol, W. J.: Teoría económica y análisis de operaciones. 6a. ed., Ed. *Herrero Hermanos*, México, 1977. (Baumol 1977)
21. Bemmel, V., Strackee, J., Gelsema, E., Hasman, A. and Smith, J.: Education of professionals in medical informatics. MEDINFO 83, Amsterdam, 1983, 1043-1046, Ed. Jan H. van Bemmel, North Holland (1983). (Bemmel 1983)
22. Blake, R.W., Shumway, C.R. and Tomaszewski, M.A.: Select sires for profit with PV5 sire summary. *Dairy Herd Manager*, 22(4):26 (1985).
23. Bocco, G., Palacio, J. L. y Valenzuela, C. R.: Integración de la percepción remota y los sistemas de información geográfica. *Ciencia y Desarrollo*, 17(97):79-88 (1991).
24. Boom, A. R. y Avila, A. P.: Análisis de decisiones y computación en medicina. Ed. *Científicas*, México, 1985. (Boom 1985)
25. Branch, C. and Robertson, B.: Interactive video disk for teaching heart sounds in the dog. In: Proceeding of the Third Symposium on Computer Applications in Veterinary Medicine. Texas, 1985, 5-7, *Texas A&M University, USA* (1985). (Branch 1985)
26. Brian, P.: Computer searching of the medical literature. *Annals of Internal Medicine*, 103:812-816 (1985).
27. Brunjes, S.: An anamnestic matrix toward a medical language. *Comput. Biomed. Res.*, 4:571-584 (1971). (Brunjes 1971)
28. Burch, J. G. et al.: Computer-aided instruction in clinical neurology. *J. Med. educ.*, 53:693 (1978). (Burch 1978)
29. Burnum, J. F.: What one internist does in his practice. Implications for the internist's disputed role and education. *Ann. Intern. Med.*, 78:437-444 (1973). (Burnum 1973)
30. Churchman, C.W.: El enfoque de sistemas. Ed. *Diana*, México, 1973.
31. Clancey, W.: Use of MYCIN's rules for tutoring. In: Rule-Based Expert Systems, Buchanan B. G. and Shortliffe E. H., 464-506, *Addison Wesley Reading, USA*, 1986.
32. Cobb, H.: Computer applications in veterinary medical education. *The Veterinary Clinics of North America Small Animal Practice*, 16(4):703-708 (1986).
33. Coggan, P. G., Hoppe, M. and Hadoc, K.: Educational applications of computers in medical education. *J. Fam. Pract.*, 19:66-71 (1984).

34. Corkidi, G. et al: El procesamiento digital de imágenes biomédicas. *Ciencia y Desarrollo*, 17(97):96-112 (1991).
35. Creus, A.: Informática para médicos. Ed. *Gustavo Gili*. Barcelona, 1987.
36. Davidson, W. D. and Davidson, S. M.: Teaching dialysis kinetics with a minicomputer. *Am. J. Nephrol.*, 4:19-26 (1984).
37. Davis, R. and Buchanan, B. G.: Meta-level knowledge. In: *Rule-Based Expert Systems*, Buchanan B. G. and Shortliffe E. H., 507-562, *Addison Wesley Reading*, USA, 1986.(Davis 1985)
38. Desmedt, P.: Ordenadores portátiles: la generación superdotada. *El Ordenador Personal España*, 75:58-63 (1989).
39. Díaz, G. y Barrán, E.: Microprocesadores y Microcomputadoras. *Cero Uno Cero*, 8(19):16-20 (1988).
40. Díaz, M.: Correo electrónico: escenarios y aspectos técnicos. *Cero Uno Cero*, 4(8):21-26 (1984).
41. d'Ivernois, J. R., Dagenais, G. R., Christen, A. et al.: Computer assisted instruction for retraining family doctors in hypertension and hyperlipoproteinemia. *J. Med. Educ.*, 13:356-358 (1979).
42. Doporto, J.M.: La computación impulsa la producción. *Síntesis Porcina*, 6(4):16-24 (1987). (Doporto1 1987)
43. Doporto, J. y Trujillo, M.E.: Establecimiento de presupuestos, flujos de producción y el cálculo de espacios. *Síntesis Porcina*, 6(4):27-38 (1987). (Doporto2 1987)
44. Doporto, J. y Trujillo, M.E.: Los registros manuales y la computación en granjas porcinas. *Síntesis Porcina*, 6(4):39-43 (1987). (Doporto3 1987)
45. Doporto, J. y Trujillo, M.E.: Planeación control y análisis de granjas porcinas. *Síntesis Porcina*, 6(4): 52-53 (1987). (Doporto4 1987)
46. Domído, S. y Mellado, M.: La revolución informática. *Temas Claves #54, Salvat*, Barcelona, 1981.
47. Dugdale, A. E., Chandler, D. and Best, G.: Teaching the management of medical emergencies using an interactive computer terminal. *Med. Educ.*, 16:27-30 (1982).
48. Dujardin, R.J.A.: Hospital Information System and word processing. *MEDINFO 83*, Amsterdam, 1983, 100-103, Ed. *Jan H. van Bemmel*, North Holland (1983).
49. Dvorak, J. y Anis, N.: Telecomunicaciones para PC. *Osborne/McGraw Hill*, España, 1992.
50. Esparza, H. D.: *Cómputo Azteca*. Ed. *Diana*, México, 1975.
51. Essex, D. L. and Sorlie, W. E.: Effectiveness of instructional computers in teaching basic medical sciences. *Med. Educ.*, 13:189-193 (1979).

52. Farber, P.: History of computers in veterinary practices. *The Veterinary Clinics of North America Small Animal Practice*, 16(4):609-614 (1986).
53. Feigenbaum, A. y McCorduc, P.: La Quinta Generación. Ed. Planeta, México, 1987.
54. Feinstein, M. C. and Fineberg, H. V.: Clinical decision analysis. W. B. Saunders Co., USA, 1980.
55. Folk, R. et al: Individualizing the study of medicine: The OSU collage of medicine independent study program. *Westinghouse Learning Corporation*, New York, 1976.
56. Friedman, R. B., Beatty, E., Korst, D. and Friedman, P.: A diagnostic aid for medical education. *J. Med. Educ.*, 52:935-937 (1977).
57. Gamboa, F. y Navarrete, F.: Endoscopia médica: viaje al interior del cuerpo humano. *Información Científica y Tecnológica*, 6(98):5-7 (1984).
58. Gane, Ch. and Sarson, T.: Structured systems analysis. *Professional Services Company*, USA, 1991.
59. Garduño, S.G.: Programa experto para facilitar el trabajo diagnóstico de enfermedades diarreicas en cerdos. En: Memorias de la III. Conferencia Internacional: Las computadoras en las Instituciones de Educación "La educación y los sistemas de información en la frontera del siglo XXI". UNAM, 1987, 151-153, *DGSCA-UNAM*, México, 1987.
60. Gell, G.: Free text processing in medicine. MEDINFO 83, Amsterdam, 1983, 96-99, Ed. *Jan H. van Bemmel*, North Holland (1983).
61. Georgia Tech Research Institute: La computadora en la granja avícola. *Tecnología Avipecuaria*, 2(19):23-25 (1989).
62. Gjerde, C. L.: Integration of computers into a course on biostatistic. *J. Med. Educ.*, 52:687-688 (1977).
63. Gleser, M.: The Medical Event Vector. *Meth. Inform. Med.*, 18(3):128-131 (1979).
64. Goffman, W.: Informatics in schools of medicine. MEDINFO 83, Amsterdam, 1983, 1037-1039, Ed. *Jan H. van Bemmel*, North Holland (1983).
65. Gonick, L.: Aprenda Divirtiéndose Computación. 5a. ed., Ed. *Harla*, México, 1985.
66. Goroll, A. H. et al.: Teaching differential diagnosis by computer: a pathophysiological approach. *J. Med. Educ.*, 52:153-154 (1977).
67. Gutiérrez, A.: Computación en medicina. *Miter y Asociados*, México, 1988.
68. Gutiérrez, A. y Negrete, J.: Inteligencia Artificial en el entrenamiento médico. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas*, 9(1):2-3 (1985).
69. Halverson, J. D. and Ballinger, W. F.: Computer-assisted instruction in surgery. *Surgery*, 83:633-638 (1978).

70. Hardaker, J. B.: Farm planning by computer. *Ministry of Agriculture, Fisheries and Food*, London, Inglaterra, 1971.
71. Harper, D., Butler, C., Hodder, R. *et al.*: Computer-assisted instruction and diagnosis of radiographic findings. *J. Med. Syst.*, 8:115-120 (1984).
72. Hearn, D. y Baker, M. P.: Gráficas por computadora. *Prentice-Hall Hispanoamericana*, México, 1988.
73. Heffernan, P. B. *et al.*: Teaching the uptake and distribution of halothane. A computer simulation program. *Anaesthesia*, 37:9-17 (1982).
74. Hertog, A., Hofdijk, W. and Heijser, W.: Integration of facilities for reporting based on free text processing in radiology subsystem of a HIS. MEDINFO 83, Amsterdam, 1983, 104-107, *Ed. Jan H. van Bommel*, North Holland (1983).
75. Hoffer, E. P., Barnett, G. O. and Farquhar, B.: Computer simulation model for teaching cardiopulmonary resuscitation. *J. Med. Educ.*, 47:343-348 (1972).
76. Hoffer, E. P.: Computer-aided instruction in community hospital emergency departments: a pilot project. *J. Med. Educ.*, 50:84-86 (1975).
77. Huertas-Portocarrero, D.: Iniciación en el uso de los pequeños ordenadores en medicina. *Salvat Editores*, España, 1985.
78. Huesing, S. A.: Administrative and financial systems. MEDINFO 83, Amsterdam, 1983, 208-211, *Ed. Jan H. van Bommel*, North Holland (1983).
79. Hurts, J. W.: Medicina Interna: tratado para la práctica médica. *Ed. Médica Panamericana*, Buenos Aires, 1988.
80. Hustead, D. R.: Equine nutrition analysis in basic. *Veterinary Computing*, 3(2):suplement (1985).
81. Ibáñez, A.: Modems: una forma sencilla de comunicarse. *PC World*, 50:109-132 (1989).
82. IBM: Historia de la Computación. 2a. ed., *IBM de México*, 1987.
83. Jacoby, C. G., Smith, W. L. and Albanese, M. A.: An evaluation of computer-assisted instruction in radiology. *AJR*, 143:675-677 (1984).
84. Jamsa, K.: La magia de multimedia para Windows 3.1. *Ed. McGraw-Hill Interamericana*, México, 1993.
85. Javitt, J.: Computers in medicine. Applications and possibilities. *W.B. Saunders Company*, U.S.A., 1986.
86. Johannsen, L.: Computadoras nuestras aliadas. *Mexico-Holstein*, 16(9):9 (1985).
87. Jones, E.: Aplique Dbase III plus. *Ed. Diana*, México, 1984.
88. Jones, N. A., Olafson, R. P. and Sutin, J.: Evaluation of a gross anatomy program without dissection. *J. Med. Educ.*, 53:198-205 (1978).

89. Kahn, N. and Bigger, J. T., Jr.: Instruction in pharmacokinetics: a computer-assisted demonstration system. *J. Med. educ.*, 49:292-295 (1974).
90. Kasatkin, V.: ¿Qué es la cibernética?. *Ed. Quinto Sol*, México, 1986.
91. Kember, N. F.: Introducción a las aplicaciones de los ordenadores en medicina. *Salvat Editores*, Barcelona, España, 1985.
92. Kenny, G. N. and Davis, P. D.: The use of a micro-computer in anaesthetic teaching. *Anaesthesia*, 34:583-585 (1979).
93. Kulikowski, C. and Weiss, S.: Representation of expert knowledge for consultation: the CASNET and EXPERT projects. In: Artificial Intelligence in Medicine, P. Szolovits, 21-53, *Westview Press*, Boulder, USA, 1982.
94. Kurz, D. G.: Microcircuitos electrónicos usados como prótesis para sordera completa. En: Memorias del VII Congreso de la Academia Nacional de Ingeniería, Oaxaca, 1981, 105-107, México (1981).
95. Lal, S. and Wood, A. W.: Computer-assisted learning in the teaching of physiology [proceedings]. *J. Physiol.*, 270:11-12 (1977).
96. Last, R.: The role of computer-assisted learning in modern language teaching. *Assoc. for Literary and Linguistic Computing Bull.*, 7:165-171 (1979).
97. Laubsch, J. and Chiang, A.: Application of mathematical models of learning in the decision structure of adaptive computer-assisted instruction system. In: International Computing Symposium, Amsterdam, 1973, 97-99, *A. Gunther (ed.)*, Amsterdam, (1973).
98. Lawrence, S.R.: Using Databases. The Veterinary Clinics of North America Small Animal Practice, 16 (4): 647-668 (1986).
99. Le Breton, J.L. et al.: 1976-1987: La saga de las micros. *El Ordenador Personal España*, 75:6-40 (1989).
100. Ledley, R.S. and Lusted, L.B.: Reasoning foundations of medical diagnosis. *Science*, 130(3366):9-21, 1959.
101. Lehr, J.: Digital imaging processing. MEDINFO 83, Amsterdam, 1983, 402-405, *Ed. Jan H. van Bemmel*, North Holland (1983).
102. Lipsky, J. A. et al.: A computerized instructional and self-evaluation program for learning medical physiology. *Physiologist*, 22:31-35 (1979).
103. List, M., Goodger, W. and Christiansen, V.: An easy guide to computing the dairyman's losses from mastitis. *Veterinary Medicine*, november:1417-1420 (1984).
104. Lobo, A. A.: Mirando los ecosistemas: la imagen digital en ecología. *Mundo Científico*, 107(10):1074-1082 (1991).

105. Lusted, B. and Ledley, R. S.: Electronic computer aids to medical diagnosis. In: Proc. 2a. Conferencia Internacional de Medicina Electrónica, París, 415-424, Francia (1959).
106. Lusted, L.B.: Computers in medicine. A personal perspective. *J. Chron. Dis.* 19:365-372 (1966).
107. Lustk, D. L.: Introduction to medical decision making. *C. Thomas Published*, Springfield, USA, 1968.
108. Madsen, B. W. and Bell, R. C.: The development of a computer assisted instruction and assessment system in pharmacology. *Med. educ.*, 11:13-20 (1977).
109. Martin, J.: Organización de las Bases de Datos. *Prentice Hall*, Bogotá, 1977.
110. Martin, S. W. and Meck, A. H.: The interpretation of antimicrobial susceptibility patterns. *Can. J. comp. Med.*, 45:199-202 (1981).
111. Matheson, N. and Lindberg, D.: Physician for the twenty-first Century: Subgroup Report on median information science skills. *J. Med. Educ.*, 59(11):155-160, parte 2, (1984).
112. McIntyre, J. W.: Computer-aided instruction as a part of an undergraduate programme in anaesthesia. *Can. Anaesth. Soc. J.*, 27:68-73 (1980).
113. McKensie, J.: Computers in the teaching of undergraduate science. *Brit. J. Ed. Tech.*, 8:214-224 (1977).
114. McMahon, R.T, Blake, R.W., Shumway, C.R., Leatham, D.S. and Tomaszewski, M.A.: Effects of planning horizontal conception rate on profit-maximizing selection of artificial insemination sire. *J. Dairy Sc.* (in printer).
115. Meind, J.D.: Chips for advanced computing. *Scien. Amm.*, 221:42-54 (1990).
116. Meyer, J. H. F. and Beaton, G. R.: An evaluator of computer-assisted teaching in physiology. *J. Med. Educ.*, 49:295-297, (1974).
117. Miller, E.: Servicios computarizados de información especializada: un esbozo de problemas y proyecciones en América Latina. *CEPAL-CLADES*, Santiago de Chile, 1983.
118. Miller, R.A.: Ethical and legal issues related to use of computers in Medicine. *Ann. of Int. Med.*, 102(4):529-537 (1985).
119. Morrison, M.: The magic of image processing. *Sams Publishing*, USA, 1993.
120. Moya, LL.M. y Huber, W.: Lingüística computacional. *Ed. TEIDE*, Barcelona, 1986.
121. Muirhead, M.R.: El papel del médico veterinario como asesor en la administración de la producción porcina. *Porcivama*, 10(116):5-15 (1986).
122. Murray, T. S., Cupples, R. W., Barber, J. H., et al.: Teaching decision making to medical undergraduates by computer-assisted learning. *J. Med. Educ.*, 11:262-264 (1976).

123. Needleman, T.H.: Microprocesadores para ordenadores. *Ed Norma*, Colombia, 1985.
124. Negrete, M. J.: Un paciente difícil: invitación a la investigación de la práctica médica. *Prensa Médica Universitaria*, México, 1974.
125. Negrete, M. J.: Popper vs Bayes vs Hempel: un diálogo entre robots. *Ed. Maya*, México, 1981.
126. Negrete, M.J.: Anatomía, fisiología e higiene de una microcomputadora. *Cero Uno Cero*, 6(1):49-55 (1986).
127. Negrete, M.J.: Inteligencia experimental en computadoras. *Ed. Limusa*, México, 1988.
128. Negrete, M. J. y López, B. G.: Informática Médica. *Ed. Limusa*, México, 1991.
129. Nelson, C. et al: A medical computer game utilizing deductive reasoning. *J. Med. Educ.*, 54:55-56 (1979).
130. Newberne, P. M.: Computers: Their application to veterinary medical research and teaching. *Am. J. Vet. Res.*, 33(1):209-210 (1972).
131. Norris, D. et al: Microcomputers in clinical practice. *Ed. John Wiley & Sons*, USA, 1985.
132. Oliveira, B.: Bases de datos - primeros datos. *Boletín Informativo*, 5:58-83 (1981).
133. O'Shea, T. & Self, J.: Learning & teaching with computers: artificial intelligence in education. *Pretince-Hall*, New York, 1983.
134. Palacios, A. A.: Uso de la computadora en la evaluación de semen. *Rev. Vet. Mex.* 24(2):93-95 (1993).
135. Palmer, B. and Oldehoeft, A.: The design of an instructional system on problem-generators. *Int. J. Man. Mach. Stud.*, 7:249-271 (1975).
136. Parbrook, G. D. et al.: The microcomputer in self-assessment for examination of anaesthesia. *Anaesthesia*, 36:1136-1137 (1981).
137. Patrick, L.: Essentials of canine and feline electrocardiography. *W. B. Saunders*, New York, 1987.
138. Payne, F. A.: Computer-assisted decision-making in veterinary practice-1. *Veterinary Medicine*, march:409-416 (1984).
139. Payne, F. A.: Computer-assisted decision-making in veterinary practice-2. *Veterinary Medicine*, april:558-564 (1984).
140. Pazdernik, T. L. and Walaszek, E. J.: A computer-assisted teaching system in pharmacology for health professionals. *J. Med. Educ.*, 58:341-348 (1983).
141. Peled, A.: The next computer revolution. *Sc. Amm.*, 257(4):35-43 (1987).
142. Peterson, H.E.: Hospital and health system. MEDINFO 83, Amsterdam, 1983, 2-5, *Ed. Jan H. van Bemmel*, North Holland (1983).

143. Peterson, N. S. and Campbell, K. B.: Simulated laboratory for teaching cardiac mechanics. *Physiologist*, 27(31):165-169 (1984).
144. Pollack, R.: Computer-assisted diagnosis and medical decision support. *The Veterinary Clinics of North America Small Animal Practice*, 16(4):669-684 (1986).
145. Pressman, R. S.: Ingeniería del software. Un enfoque práctico. 2a. ed., *McGraw Hill*, México, 1988.
146. Quintana, J.A.: Avitecnia. *Ed. Trillas*, México, 1988.
147. Raj, P. P. Kricka, L. J. and Clewett, A. J.: Microcomputer simulations as aid in medical education: application in clinical chemistry. *Med. Educ.*, 16:332-342 (1982).
148. Ramiírez, M. B. *et al*: Procesamiento digital de imágenes en microcomputadoras. *Ed. FMVZ-UNAM*, México, 1990.
149. Rennels, G.D. and Shortliffe, E.: Advanced computing for medicine. *Sc. Ann.*, 10:108-116 (1987).
150. Reiser, S.: Influencia del estetoscopio en el desarrollo de la medicina. *Investigación y Ciencia*, 31:94-100 (1979).
151. Rivkin, L.: Using Databases. *The Veterinary Clinics of North America Small Animal Practice*, 16(4):647-668 (1986).
152. Rosenblatt, R. A. and Gaponoff, M.: The microcomputers as a vehicle for continuing medical education. *J. Fam. Pract.*, 18:629-632 (1984).
153. Rude, F.: Computerized medical record-keeping. *The Veterinary Clinics of North America Small Animal Practice*, 16(4):625-646 (1986).
154. Rude, K.: El pixel: pequeña imagen que vale más que mil palabras. *DUMAC*, 10(4):15-18 (1988).
155. Ruiz, A.: Administración de Bases de Datos. *CENID-CONICYT*, Santiago de Chile, 1979.
156. Sametz, L.: Bancos de información en medicina veterinaria. *Ed. FMVZ-UNAM*, México, 1990.
157. Samsonnet, J-P.: La arquitectura de los nuevos ordenadores. *Mundo Científico*, 9(87):10-19 (1989).
158. Schildt, H.: Turbo Prolog. Programación avanzada. *Ed. Osborne/McGraw Hill*, España, 1988.
159. Schneiderman, H. and Muller, R. L.: The diagnostic game. A computer based exercise in clinical problem solving. *J.A.M.A.*, 219:333-335 (1972).
160. Segarra, M. D. y Gayan, J.: LOGO para maestros. *Ed. Gustavo Gill*, Barcelona 1985.

161. Segura, S.: En la búsqueda de un servicio completo y eficiente en bibliotecas de la UNAM. *PC Journal*, 91:4 (1991).
162. Shapiro, A.R.: Text processing in medicine and medical information science. MEDINFO83, Amsterdam, 1983, 92-95, Ed. Jan H. van Bemmel, North Holland (1983).
163. Shoemaker, W., Thompson, W. y Holbrook, P.: Tratado de medicina crítica y terapia intensiva, Ed. Médica Panamericana, Buenos Aires, 1987.
164. Smith, B.: Foreword: Computers in veterinary practice. *The Veterinary Clinics of North America Small Animal Practice*, 16(4):607-608 (1986).
165. Smyth-Staruch, K. and Littenberg, B.: Using microcomputers to teach sensitivity analysis to medical students. *Med. Decision-Making*, 3:9-13 (1983).
166. Soriano: Primera década de la computación en México. *Ciencia y Desarrollo*, 61:170-177 (1985).
167. Sorlie, W. and Jones, L.: Description of a computer-assisted testing system in a independent study program. *J. Med. Educ.*, 50:81-83 (1975).
168. Stevens, C. B., Enzor, M., Phillips, T. and Small, P. A.: An evaluation of self-instructional package on amino acid and protein chemistry. *J. Med. Educ.*, 48:276-297 (1973).
169. Stevens, F.: Special medical applications of computers. *The Veterinary Clinics of North America Small Animal Practice*, 16(4):685-702 (1986).
170. Szolovits, P.: Artificial intelligence in medicine. *Westview Press*, Boulder, 1982.
171. Trigo, T. F., López, B. G., Aubert, I., Domínguez, M.: La enseñanza de la patología a través de programas interactivos con videodisco. En: Memorias del II Congreso de la Sociedad Mexicana de Patología Veterinaria, México, 1993, 13, *SMPV* (1993).
172. Valerino, J.A.: Interconexión de bancos de datos y telemática. *Cero Uno Cero*, 3(4):24-27 (1984).
173. Vangen, O. and Skjervold, H.: Estimating body composition in pigs by computerized tomography. *Pig News and Information*, 2(2):153-154 (1981).
174. Velázquez, E.: Supercomputadoras, esos pequeños monstruos. *Personal Computing México*, 39:38-41 (1991).
175. Veloski, J. and Blacklow, R.: The Integration of the computer into medical education. In: *Computers in Medicine*. Javitt, J., 147-155, *W.B. Saunders Company*, Philadelphia, 1986.
176. Weber, J.C. and Hagamen, W. D.: ATS: A new system for computer-mediated tutorials in medical education. *J. Med. Educ.*, 47:637-644 (1972).
177. Weinberg, A.: CAI at the Ohio State University college of medicine. *Comput. Biol. Med.*, 3:299-305 (1973).

178. Weller, R.E., Trauger, G. and Park, J-F.: Application of a systematized nomenclature of veterinary medicine (SNOVET) to diagnostic coding and retrieval of clinical data by computer. *Laboratory Animal Science*, 33(5):508 (1983).
179. Wilcox, M.L., Shumway, R.W., Blake, R.W and Tomaszewski, M. A.: Selection of artificial insemination sires to maximize profit. *J. Dairy Sci.* 67:2707 (1984).
180. Winston, T. V.: Software review: veterinary manager. *Veterinary Computing*, 3(2):supplement (1985).