

Tema de actualidad \*\*

# La Minicomputadora, una Nueva Promesa en Computación Médica

Dr. ALBERTO BUDKIN \*

## RESUMEN

*La rápida evolución actual de los microsistemas de computación, diseñados alrededor de microprocesadores, introduce una nueva dimensión en el campo de la computación médica. Al reducirse notablemente los costos de adquisición y mantenimiento de equipos, las técnicas de procesamiento de datos se colocan al alcance de instituciones de recursos económicos limitados, y aun de individuos. Los avances recientes en el terreno de la interfase humana, que permiten la comunicación verbal o visual con la microcomputadora, prometen generalizar el uso de sus aplicaciones médicas al eliminar muchas de las limitaciones de los sistemas convencionales de computación.*

El uso de la computadora electrónica digital en aplicaciones médicas en los E.E. U.U. se inicia seriamente a fines de la década de 1950 con intentos de automatizar la interpretación de electrocardiogramas (1,2) y el estudio de la función pulmonar (3). Al mismo tiempo, el teorema de probabilidad condicional enunciado por Bayes en 1763 comienza a ser utilizado extensamente con el propósito de diagnosticar enfermedades cardíacas congénitas (4) y trastornos de la glándula tiroidea (5,6) o de la sangre (7). Muchos de estos esfuerzos iniciales no sobrevivieron la prueba del tiempo, o no pasaron de la etapa de demostración o estudio piloto (8). Más tarde, el desarrollo progresivo de técnicas de automatización de laboratorios clínicos, de cateterismo cardíaco y de investigación animal se llevó a cabo aprovechando las posibilidades que ofrecían nuevos sistemas híbridos, que permitieron el procesamiento analítico de funciones con-

tinuas en tiempo real a través del uso de equipos de conservación analógico-digital (9, 10,11). El desarrollo de este tipo de programas fue limitado inicialmente a centros de investigación que disponían de los recursos financieros necesarios, que generalmente contaron con el apoyo de la industria de sistemas de computación y donde pudo crearse condiciones que favorecieron el contacto interdisciplinario. El alto costo de estos esfuerzos iniciales (12) limitó no sólo el número de nuevos programas de investigación, sino también la difusión y aplicación práctica de programas ya operacionales.

La integración de equipos de comunicaciones en sistemas de computación(13), y el desarrollo de sistemas operativos de tiempo compartido (time sharing) que permiten el uso simultáneo de la computadora por un alto número de usuarios a través de estaciones terminales remotas "en línea" hicieron posible la aparición de varios sistemas de información en gran escala para hospitales. (14, 15, 16, 17) Si bien este paso fue facilitado en los E.E. U.U. por el hecho que ya alrededor de 1970 un buen número de hospitales utilizaban servicios de computación propios o comerciales para el procesamiento de datos de oficina, aún hoy los sistemas de información hospitalaria en gran escala no han alcanzado en ese país la difusión esperada. Además, existen numerosos ejemplos de fracasos estrepitosos, que llevaron al desmantelamiento de instalaciones con el subsiguiente retorno a la metodología manual en uso previamente a la automatización. Se han propuesto numerosas

\* Director, Computer Services Division.  
Miami Heart Institute.  
4701 North Meridian Ave.  
Miami Beach, Florida 33140, U.S.A.

\*\* Los temas de actualidad publicados por la revista reflejan los puntos de vista del autor y no necesariamente representan los del Comité de Redacción de la Revista Argentina de Cardiología.

razones para explicar la falta de popularidad de este tipo de programas: entre otras, las más comunes son su alto costo, y la resistencia que despierta en futuros usuarios la amenaza de cambio agudo que la implementación de este tipo de sistema presupone (18).

A pesar del continuo adelanto en materia de sistemas operativos, y de los importantes incrementos en velocidad de computación y capacidad de almacenamiento que ha alcanzado la industria en sucesivas generaciones de sistemas de computación, la aplicación práctica de la tecnología de procesamiento de datos a problemas de naturaleza médico-hospitalaria se ha visto limitada por el alto costo inicial de los equipos, el continuo costo obligado de mantenimiento, la dificultad inherente en desarrollar programas que demandan cooperación interdisciplinaria y la falta de apoyo o reconocimiento por parte de la población profesional médica en general, poco familiarizada aun con esta nueva tecnología.

### **LA MINICOMPUTADORA**

Se esperó que la minicomputadora, con sus ventajas sobre sistemas tradicionales (menores costos iniciales y de mantenimiento, fácil instalación y movilidad, tamaño reducido, mínima necesidad de control ambiental, etc.) contribuiría a la difusión del uso de técnicas de computación en medicina, y esta expectativa se vio parcialmente compensada. Sin embargo, la minicomputadora no resolvió el problema fundamental heredado de los sistemas tradicionales: la interfase humana, en nuestro caso, la comunicación entre médico y máquina. Los mecanismos periféricos de acceso a sistema de computación son los mismos, es decir, tarjetas perforadas, teletipos, estaciones remotas con o sin osciloscopio, etc. Los medios de almacenamiento tales como cinta y discos magnéticos, o tarjetas perforadas, y otros, aun son costosos o poco prácticos. Desde el punto de vista del profesional médico, la minicomputadora representa nada más que una nueva generación en la evolución de maquinaria convencional. Si bien su costo de adquisición o mantenimiento relativo a sistemas en gran escala es menor, este costo es aun prohibitivo en muchos casos, no sólo en países en vías de desarrollo, sino aun en los E.E.U. y en Europa.

Aun así, la minicomputadora ha encontrado su lugar en el armamentario médico. En el

campo de la cardiología, que ha sido desde el comienzo uno de los más fértiles para a aplicación de técnicas de computación en medicina, existen sistemas comerciales dedicados a tareas específicas, preprogramados 'de fábrica', generalmente poco flexibles, y cuya reprogramación a pedido del usuario individual es a veces imposible, otras veces poco práctica, y casi siempre muy costosa. Estos sistemas sirven, entre otras aplicaciones, a laboratorios de cateterismo y función pulmonar, salas de terapia coronaria, o interpretan electrocardiogramas. Puede decirse en general que al igual que los sistemas convencionales en gran escala, su uso no se ha popularizado. No obstante, en otras especialidades tales como medicina nuclear, o en laboratorios de análisis clínicos, la minicomputadora ha hecho avances notables.

### **MICROPROCESADORES Y MICROCOMPUTADORAS**

El microprocesador, concebido pocos años atrás como una herramienta para el control de procesos industriales, o de artefactos de uso personal o doméstico, etc., comenzó a ser usado por individuos (generalmente empleados en la industria de procesamiento de datos) en hobbies caseros durante los dos últimos años. Así aparecieron grupos aislados de aficionados a la computación doméstica, especialmente en California y en el nordeste de los E.E.U.U., que rápidamente alcanzaron a tener miembros en todo el país, constituyéndose en sociedades. Así mismo, numerosos comercios aparecieron en las grandes ciudades, ofreciendo al público microprocesadores, productos asociados, literatura, asesoramiento, y reparaciones a costo módico. Se demostró así que el microprocesador, un núcleo elemental de poco costo, podía ser usado como el procesador central en un sistema de computación simple y económico. Así nació la microcomputadora, que contiene un microprocesador a cargo de las funciones aritméticas, lógicas y de control, complementado en el mismo envase compacto por varios tipos de memoria de capacidad variable, y por mecanismos de entrada y salida de información. Una gran variedad de equipos asociados tales como discos magnéticos flexibles y audiocassettes para almacenamiento, estaciones de video, impresoras portátiles, sintetizadores de lenguaje, y muchos otros, ofrecen capacidades similares a los equipos periféricos de compu-



tadoras convencionales, pero a costo muy reducido.

Los sistemas de microcomputación están introduciendo cambios fundamentales en la industria de procesamiento de datos. Nuevos conceptos y cambios radicales se suceden rápidamente tanto en el terreno del diseño y construcción de equipos (hardware) como en el campo de los lenguajes y sistemas operativos (software). Por primera vez en la historia de la computación electrónica vemos serios esfuerzos (hasta ahora exitosos por la mayor parte) destinados a estandarizar interfases, promoviendo de esta manera la compatibilidad entre equipos diseñados y construidos por grupos diversos. Por primera vez, la computación electrónica se coloca al alcance de entidades con recursos financieros limitados, y aun de individuos. En países en desarrollo, donde muchas veces el talento disponible excede los recursos monetarios en proporciones alarmantes, la microcomputadora se presenta como una herramienta de inagotables posibilidades.

Entre las ventajas económicas ofrecidas por los sistemas de microcomputación merece destacarse, además del bajo costo inicial, el hecho que el mantenimiento es mínimo. En muchos casos, los componentes defectuosos pueden ser descartados y reemplazados en pocos minutos. El bajo costo de componentes claves del sistema permite mantener piezas de repuesto en cantidad al alcance de la mano, reduciendo la necesidad de interrumpir servicios en caso de fallas.

Los equipos de microcomputación, en general, no requieren mayores controles ambientales tales como temperatura, humedad, etc., y su consumo de electricidad es comparable con el de artefactos de uso doméstico común. Gracias al alto índice de estandarización alcanzado, el reemplazo parcial de componentes es posible en la mayoría de los casos en corto tiempo y bajo costo si se desea incorporar los últimos adelantos en materia de almacenamiento, computación, o entrada y salida de información.

Entre las áreas de aplicación donde esta nueva tecnología pudiera tener éxito inmediato podría mencionarse la automatización de laboratorios de cateterismo, salas de terapia intensiva o coronaria, quirófanos, salas de recuperación, y otras situaciones donde se procesa voltajes continuos tales como

electrocardiogramas o curvas de presión, donde se obtiene datos discretos en forma de valores numéricos, y donde generalmente se pierde mucha información porque la metodología en uso no permite la adquisición inmediata o el almacenamiento en gran volumen necesario para poder llevar a cabo estudios estadísticos a largo plazo.

La interfase humana, es decir, la interacción del médico y la computadora, ha sido a través de los años el mayor obstáculo a la difusión de sistemas de computación en medios asistenciales, aun cuando se considera los obvios beneficios que el uso de esta tecnología implica (19). Es difícil lograr que el médico práctico acceda a usar teletipos de respuesta lenta, estaciones terminales de manejo complicado, tableros con botones de colores o llaves numeradas, y otros aparatos extraños a su rutina diaria (8), especialmente cuando esta nueva tecnología aparentemente no le favorece en forma directa e inmediata, y el beneficiario de su esfuerzo no es necesariamente su enfermo, sino la institución que promueve y costea la instalación del equipo. Los sistemas de microcomputación prometen alterar esta situación al permitir la comunicación directa e instantánea con la máquina mediante el uso de la simple palabra hablada o escrita, o la representación gráfica en colores, por medio de equipos periféricos de diseño reciente y costo reducido.

Ciertas limitaciones de la microcomputadora serán eliminadas en un futuro inmediato si las tendencias actuales de la industria se mantienen. Entre estas limitaciones se cuenta la longitud de la palabra (ocho, y en algunos casos, 16 "bits"), la capacidad de la memoria, el restringido repertorio de instrucciones y su tiempo de ejecución, etc. Otras limitaciones han sido superadas; así es que vemos lenguajes de alto nivel (Fortran, Basic) en uso, sistemas operativos que permiten tiempo compartido y computación en tiempo real, etc.

Como ejemplo de la confianza depositada en esta nueva tecnología, merece destacarse que el Miami Heart Institute, que cuenta en la actualidad con un sistema de información hospitalaria que sirve más de cien estaciones terminales en laboratorios, salas de internación y oficinas administrativas, ha iniciado hace pocos meses el desarrollo de un sistema piloto de microcomputación. Este sistema incorpora interfases para palabra

hablada y estaciones remotas con capacidad de producir gráficos en colores, además de medios tradicionales de alimentación y almacenamiento. Se espera que este tipo de equipos pueda reemplazar las dos computadoras actualmente en uso (máquinas convencionales de tercera generación) en el curso de los próximos años.

## GLOSARIO

**Interfase:** Punto de contacto o elemento común entre dos o más sistemas complejos (tales como la computadora y sus estaciones remotas) o entre partes diversas dentro de un sistema.

**"Bit":** (Dígito binario) el dato mínimo que la computadora puede reconocer, y que tiene solo dos estados posibles: 0 ó 1. Datos más complejos son representados como combinaciones de "bits" que forman números binarios.

**Número binario:** Cantidad expresada en un sistema numérico que usa solamente dos dígitos (0 y 1). El sistema decimal de uso prácticamente universal utiliza diez dígitos (0 a 9).

- **Sistema híbrido:** Una computadora esencialmente digital, pero con componentes de tipo analógico añadidos, capaz de aceptar, procesar y/o producir voltajes continuos y variables.

**Tiempo compartido** ("Time sharing"): Un número variable de usuarios pueden utilizar simultáneamente los servicios de un sistema de computación.

**Tiempo real:** La computadora responde instantáneamente a cambios en los eventos que analiza o los procesos que controla.

**Microprocesador:** Computadora digital electrónica de reducido tamaño, bajo costo, y ciertas limitaciones, diseñada originalmente para el control de procesos industriales.

**Microcomputadora:** Sistema de computación de evolución reciente, compacto y de relativamente bajo costo, basado en uno o más microprocesadores.

**Sistema operativo:** Un grupo de programas a veces también llamado "monitor" o "ejecutivo", cuya función consiste en organizar y controlar las actividades de otros programas (programas de aplicación), coordinar el flujo de información, asignar prioridades y distribuir recursos en un sistema de computación.

**Programa de aplicación:** Una serie de instrucciones que permite a la computadora cumplir una tarea específica.

## BIBLIOGRAFIA

1. Stallman, F. W. y Pipberger, H. V.: Automatic recognition of electrocardiographic waves by digital computer. *Cir. Res.*, 9, 1138, 1961.
2. Cáceres, C. A.; Steinberg, C. A.; Abraham, S.; Carbey, W. J.; McBride, J. M.; Tolles, W. E. y Rikli, A. E.: Computer extraction of electrocardiographic parameters. *Circ.*, 25, 356, 1962.
3. Shonfeld, E. M.; Kerekes, J.; Rademacher, C. A.; Wehrer, A. L.; Abraham, S.; Silver, H. y Cáceres, C. A.: Methodology for computer measurement of pulmonary function curves. *Dis. Chest*, 46, 427, 1964.
4. Warner, H. R.; Toronto, A. F.; Veasey, L. G. y Stephenson, R.: A mathematical approach to medical diagnosis. *JAMA*, 177, 177, 1961.
5. Crooks, J.; Murray, I. P. C. y Wayne, E. J.: Statistical methods applied to clinical diagnosis of thyrotoxicosis. *Quart. J. Med.*, 28, 211, 1959.
6. Overall, J. E. y Williams, C. M.: Conditional probability program for diagnosis of thyroid function. *JAMA*, 183, 307, 1963.
7. Lipkin, M.; Engle, R. L.; Davis, B. J.; Zworykin, V. K.; Ebal, R.; Sendrow, M. y Berkley, C.: Digital computer as aid to differential diagnosis. *Arch. Intern. Med.*, 108, 124, 1961.
8. Friedman, R. B. y Gustafson, D. H.: Computers in clinical medicine, a critical review. *Comp. Biomed. Res.*, 10, 199, 1977.
9. Stauffer, W. M.: Computers in physiological analysis and simulation. *Clin. Pharmacology and Therapeutics*, 8, 194, 1967.
10. Day, P. y Krejci, H.: An operating system for a central real-time data-processing computer. *Proceedings, Fall Joint Computer Conference*, 1187, 1968.
11. Harrison, D. C.; Ridges, J. D.; Sanders, W. J.; Alderman, E. L. y Fanton, A.: Real-time analysis of cardiac catheterization data using a computer system. *Circulation*, 44, 709, 1971.
12. Macdonald, L. K.; Gardner, R. M.; Pryor, A. T. y Day, C. W.: An exploratory study of the costs and costs implications in the operation of a MEDLAB time-sharing computer system — a physiological measurement facility. *Comp. Biomed. Res.*, 3, 586, 1971.
13. Gardner, R. M. y Ostlund, J. J.: Communications systems for remote access to a biomedical digital computer. *Proceedings 19th Ann. Conf. Eng. Med. Biol.*, 8, 141, 1966.
14. Pryor, T. A. y Warner, H. R.: Time-sharing in biomedical research. *Datamation*, 12, 54, 1966.
15. Singer, J. P.: Computer-based hospital information systems. *Datamation*, May 1969, 38.
16. Barnett, G. O. y Castleman, P. A.: A time sharing computer system for patient-care activities. *Comp. Biomed. Res.*, 1, 41, 1967.
17. Watson, R. J.: A large-scale professionally oriented medical information system. *J. Med. Systems*, 1, 3, 1977.
18. Sobolewski, J. S.: Towards the implementation of successful medical computer applications. *Proceeding, First Ann. Symp. on Comp. Appl. in Med. Care*, 84, 1977.
19. Valentino, H. N.: Real-time HIS hasta medical uses. *Hospitals, JAMA*, 48, 55.