

# Teoría y aplicaciones de las imágenes en medicina.

R. Durán, J. Oliva y R. Cárdenas, Departamento de Medicina Nuclear  
Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología  
A. Calderín, Centro de Investigaciones Metalúrgicas-SIME

## INTRODUCCIÓN

---

Hasta alrededor de 1960, los rayos x y las sustancias radiactivas, proporcionaban al médico, solamente, imágenes fotográficas (radiografías o gammagrafías) las cuales eran analizadas de forma visual. La interpretación de dichas imágenes se realizaba, por lo tanto, de forma cualitativa. Pero a partir de esa fecha, se dio un vuelco en este sentido al poderse obtener imágenes electrónicas susceptibles de cuantificación y registro computarizado. Con el desarrollo de la tomografía axial computarizada, se han podido obtener cortes consecutivos de órganos, gracias a las minicomputadoras. Se han obtenido las curvas elementales de actividad contra tiempo, a nivel de un "pixel", y mediante diferentes métodos de análisis, seleccionar una función matemática que describa un proceso fisiológico determinado, a través del comportamiento dinámico de todos los "pixel" generándose imágenes funcionales que reproduzcan el proceso en función de algunos parámetros.

De forma paralela a estos desarrollos, han surgido nuevos métodos de imágenes que ya no se basan en radiaciones ionizantes, como son las técnicas de formación de imágenes basadas en resonancia magnética nuclear.

En el presente trabajo, se exponen de forma sencilla las bases físicas, técnicas y algunos ejemplos clínicos de los principales sistemas formadores de imágenes en medicina.

## TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA (TAC) ---

En los equipos de TAC que por lo general existen actualmente, se gira alrededor del paciente el tubo de rayos x (que emite un abanico de radiación) y un sistema detector electrónico, situado en el plano de la imagen que registra los fotones que emergen del paciente en cada posición. La distribución de transmisiones o valores de atenuación de Rx en cada corte a través del cual ha pasado la radiación, es captada por el sistema detector, se convierten en señales digitales y se inyectan a una computadora que, correlaciona y almacena las imágenes en forma digital. Las incertidumbres relativamente importantes, propias de este procedimiento, se compensan por tratamiento matemático: logaritmización, convolución, retroproyección, etcétera, de los perfiles de rayos x detectados detrás del paciente. La imagen final obtenida, ofrece una gama de contrastes que abarca cerca de 4000 tonos de gris, permitiendo reproducir las más pequeñas diferencias de absorción del tejido.

La calidad de la imagen en TAC, depende fundamentalmente, de la resolución espacial, sensibilidad a las variaciones de tejido y dosis de radiación, siendo estos los principales factores limitantes del equipo.

## FORMACIÓN DE IMÁGENES POR RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR (RMN) ---

El más reciente de los métodos de diagnóstico por imágenes, se basa en el empleo del fenómeno de RMN, para la exploración de cortes seccionales del cuerpo. La formación de la imagen por RMN, no requiere energía externa, pues la información proviene de las señales de alta frecuencia emitidas bajo ciertas condiciones de excitación, por los núcleos de hidrógeno u otros elementos contenidos en el cuerpo humano. Para obtener estas imágenes, se sitúa al paciente en un campo magnético intenso inducido por un electroimán de gran tamaño. Un generador de ondas cortas, transmite a través de una antena pulsos secuenciales de alta frecuencia, al interior del cuerpo. Después de cada pulso de excitación, un receptor de ondas cortas recibe una señal de la misma frecuencia, durante un intervalo de un segundo aproximadamente. Estas señales de réplica, se convierten de analógicas a digitales y se alimentan con ellas a una computadora. Para producir una imagen de un corte seccional del paciente debe deformarse el campo magnético estático creado por el electroimán mediante bobinas adecuadas, de forma tal que, solo un elemento de escaso volumen, tenga la intensidad adecuada, para producir una señal de resonancia, a una frecuencia de excitación dada, o sea, que cumpla con la ecuación de Larmor. De esta forma los elementos discretos de volumen del corte seccional del paciente se miden en orden secuencial, se someten a conversión analógica-digital y se alimenta con ellos a una computadora, que los ordena en una matriz de imagen. Después se hace una conversión digital-analógica, para presentar las imágenes en una pantalla de TV.

Con el empleo de algoritmos matemáticos de reconstrucciones de imágenes y tratamiento de las mismas, se logra excitación simultánea de un corte entero o hasta de una región del cuerpo de tres dimensiones, el tiempo de exploración se puede reducir a pocos minutos.

## FORMACIÓN DE IMÁGENES RADIOISOTÓPICAS

---

Entre los más modernos equipos de diagnóstico por imágenes radioisotópicas, tenemos la cámara gamma de Anger, la cual es un dispositivo estacionario que permite visualizar las imágenes de distribución de material radiactivo, mediante una combinación de colimación y circuitos electrónicos que determinan la posición. Sus componentes principales son: un sistema detector formado por un cristal de  $\text{Na}(\text{Tl})$ , un arreglo de tubos fotomultiplicadores y un conjunto de circuitos electrónicos encargados de determinar la posición del destello producido en el cristal, sobre la pantalla de un osciloscopio, y un sistema procesador de datos de configuración general conocida y que comprende los siguientes elementos: computadora digital, unidad de memoria externa, monitor de TV, consola de control y dispositivo de impresión de imágenes en placas de Rx.

La radiación gamma emitida desde el órgano bajo estudio, atraviesa los orificios del colimador e incide sobre el cristal de centelleo, en un punto cuya posición es equivalente a la de procedencia de la radiación. En este punto se originan destellos luminosos que inciden sobre el arreglo de tubos fotomultiplicadores, los cuales tienen como salida, pulsos de voltaje, cuyas alturas estarán en dependencia de la cercanía de cada tubo al punto de producción del destello. Estas señales alimentan circuitos que determinan las señales de posición de dichos destellos sobre el cristal. El conjunto de estos destellos, producidos en el cristal según el órgano emisor dan lugar a la imagen de la distribución radiactiva en el mismo. A través de una interfase entre la cámara y el sistema procesador de datos, es posible obtener estas imágenes en forma digital y a su vez para la obtención y evaluación clínica de las imágenes se deben caracterizar aquellos parámetros que identifican la calidad de la misma, describiendo estos y sus efectos en forma cuantitativa. Las imágenes de medicina nuclear están muy influidas por las señales de ruido. La mayor parte de los procesamientos de imágenes en medicina nuclear están relacionados con la obtención de filtros matemáticos utilizados en la manipulación de las mismas. La presencia de movimiento en algunos órganos, causa desplazamiento de las imágenes en función del tiempo, disminuyendo la calidad de las imágenes. De forma general, los principales parámetros que influyen sobre la calidad de una imagen radioisotópica son: resolución, sensibilidad, uniformidad y linealidad.

## APLICACIONES DIAGNÓSTICAS DE ESTAS TÉCNICAS

Dentro de las diferentes técnicas de imágenes, las radioisotópicas ocupan un lugar relevante, dado que, permiten la realización de estudios funcionales, aunque de hecho ninguna de ellas compiten entre sí, sino que se complementan y conociendo las posibilidades de cada una, se puede decidir la estrategia en los estudios a realizar. Las figuras 1, 2 y 3 constituyen estudios realizados con las tres técnicas de imágenes descritas en este trabajo.

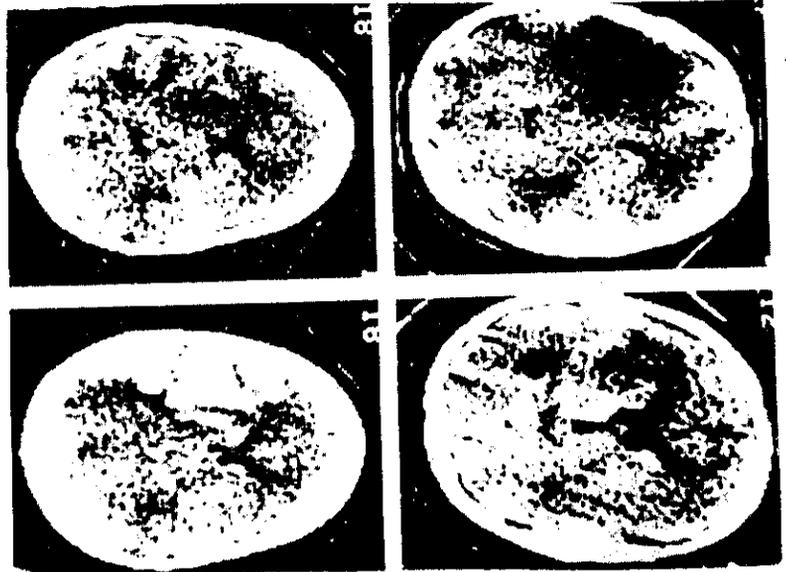


Figura 1. Infarto de la parte media cerebral izquierda, con TAC.

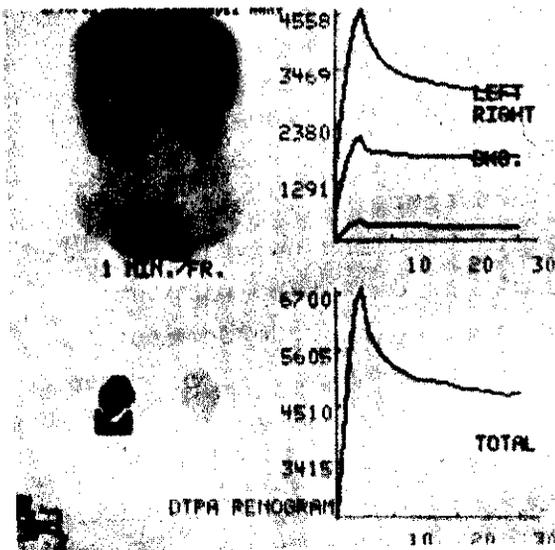


Figura 2. Nefrograma radioisotópico realizado con cámara gamma.

Figura 3. Corte sagital por el centro de la cabeza con RMN.



## BIBLIOGRAFÍA

---

1. Bryan, P.J. et al  
Correlation of computer tomography, gray scale ultrasonography and radionuclide imaging of the liver in detecting space occupying processes. *Radiology*: 124: 387-393, 1977.
2. Stig, A. Larsson  
Gamma Camera Emission Tomography. *Acta Radiológica. Suplemento* 363, 1980.
3. Sorenson, J.A.  
*Physics in Nuclear Medicine*, 1980.
4. Proceedings of the Third World Congress of Nuclear Medicine and Biology, 1982.
5. Zubovsky, G.A.  
Diagnóstico radioisotópico en pediatría. Editorial Meditzina, Leningrad, 1983 (en ruso).
6. Laic, C.M. et al  
True 3 dimensional image reconstruction by RMN. *Phys. Med. Biol.*, 851-856, 1981.
7. Cooks, L. et al.  
Tomography of hydrogen with NMR. *Radiology*: 136: 701-706, 1980.
8. Computer Vision, Graphic and Image Processing. New York. Vol. 22, números 1, 2 y 3 de 1983 y Vol. 25, No. 1, 2 y 3 de 1984.

# EL PAPEL DE LA COMPUTACION EN EL DESARROLLO DE LA EDUCACION SUPERIOR

1. El Ministerio de Educación Superior convoca a un concurso cuyo propósito es estimular la utilización de la computación en el perfeccionamiento de la enseñanza universitaria, mediante la realización de investigaciones científicas al más alto nivel en este campo, la generalización de las experiencias y la modernización de la formación de los especialistas.

2. El concurso tendrá como tema central:

## PERFECCIONAMIENTO DE LA EDUCACION SUPERIOR MEDIANTE LA COMPUTACION

3. Pueden participar todos los profesores, científicos y profesionales del país cuyos trabajos contribuyan al desarrollo actual y prospectivo del tema central del concurso.

Por el papel que desempeña la juventud en la asimilación y utilización de la computación se desea estimular la participación de estudiantes universitarios, de cualquier especialidad, por lo que este concurso se abre también para ellos.

4. Los trabajos que se presenten deben ser resultados de la investigación científica útiles al país y que influyan al mismo tiempo en la elevación de la calidad de profesores, científicos y estudiantes; experiencias novedosas en la educación de posgrado y en la formación de especialistas; instalaciones que amplíen la base material de la educación superior y otras similares.

5. Los trabajos e ideas que contribuyan al tema central convocado deben tratar

sobre las temáticas siguientes:

5.1. Aseguramiento Matemático para los Sistemas Automatizados de Proyecto.

5.2. Software para el desarrollo de aplicaciones.

5.3. Inteligencia artificial.

5.4. Desarrollo del Aseguramiento Técnico.

5.5. Sistema de Automatización orientados a la enseñanza.

6. Se otorgará un premio por temática a los mejores trabajos presentados y las menciones que el jurado considere conveniente otorgar en función de la calidad de los mismos. El jurado se reserva el derecho de dejar vacante algunos de los premios cuando los trabajos no cumplan con los requisitos establecidos. El fallo del Jurado es inapelable.

7. Los premios se entregarán en acto público y consistirá en:

- un obsequio que simbolice la vida científica universitaria
- la divulgación de las razones del premio
- un diploma acreditativo al respecto
- la publicación de los trabajos premiados

8. Los premios se entregarán al mejor de los trabajos que cumpla los requisitos siguientes:

- tener significación social y/o económica - constituir ideas, conceptos o experiencias concretas cuyo conocimiento y extensión contribuya al desarrollo de la computación y a su utilización en la educación superior
- adjuntar un aval del usuario en caso de haber sido introducidos los resultados del trabajo, o del Consejo Científico de su área en caso de ser de otro carácter.

9. La organización del concurso, la evaluación y selección de los trabajos se realizará por la dirección de Sistemas Automatizados de Dirección del Ministerio de Educación Superior, con la asesoría de los Consejos Científicos del ISPJAE, UH y UCLY.

10. El Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" conservará en su Biblioteca los originales de todos los trabajos presentados al concurso y establecerá un servicio informativo sobre ellos.

11. Los trabajos se presentarán atendiendo a los requisitos siguientes:

- extensión de 5 a 30 cuartillas escritas a 2 espacios a máquina
- el papel será de 8 y media por 11 pulgadas, con dos márgenes laterales de 1, a 1 y media pulgadas de cabecera.
- original y dos copias presilladas y debidamente enumeradas
- los gráficos y tablas deben venir con suficiente claridad
- en anexo una ficha de autores
- pueden presentarse medios auxiliares si estos son imprescindibles (video cassettes, films, fotos, etcétera).

12. El formato de cada trabajo constará de:

- portada señalando: título y autor o autores, consignando el cargo, categoría y centro
- introducción
- desarrollo del trabajo
- conclusiones y recomendaciones
- bibliografía utilizada
- avales del Consejo Científico o del usuario.

13. El plazo de presentación de los trabajos se extenderá hasta el 30 de diciembre de 1987 y los premios se darán a conocer el 28 de febrero de 1988.

14. Los trabajos deben enviarse en sobres dirigidos a:

Concurso sobre Computación,  
Dirección de Sistemas Automatizados

de Dirección  
Ministerio de Educación Superior  
23 y F, Vedado

Ciudad de La Habana

# CONCURSO CIENTIFICO TECNICO

## EL PAPEL DE LA COMPUTACION EN EL DESARROLLO DE LA EDUCACION SUPERIOR