

# FORMACIÓN DE IMÁGENES MEDIANTE RESONANCIA MAGNETICA

Luis Zhunio, Fernando Vásquez

Universidad Politécnica Salesiana

[lzhunio@est.ups.edu.ec](mailto:lzhunio@est.ups.edu.ec)

[fvasquez@ups.edu.ec](mailto:fvasquez@ups.edu.ec)

## RESUMEN

**La resonancia magnética o también denominada RMN (resonancia magnética nuclear) produce una formación de imágenes en dos o tres dimensiones, razón por la cual tiene una aplicación totalmente importante en la medicina. El funcionamiento de la resonancia magnética se dará mediante un imán, ondas de radio y un monitor que muestre la imagen.**

### **I. Introducción**

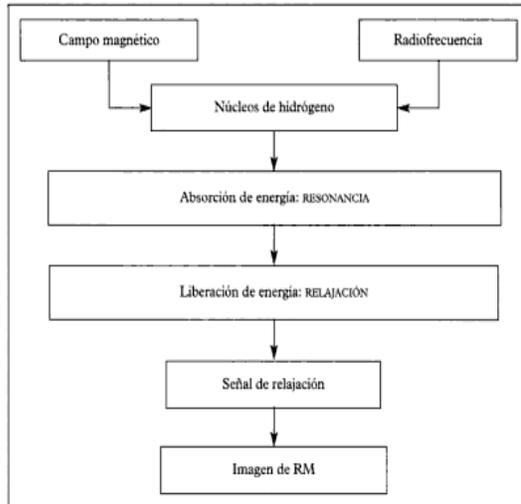
*La Resonancia Magnética Nuclear (RMN) es un fenómeno físico basado en las propiedades magnéticas que poseen los núcleos atómicos permitiendo alinear los campos magnéticos de diferentes átomos en la dirección de un campo magnético externo. La respuesta a este campo externo depende del tipo de núcleos atómicos por lo que esta técnica puede utilizarse para obtener información sobre una muestra., y en general, las moléculas mas utilizadas son el Hidrógeno-1 y el Carbono-13.*

*La resonancia magnética nuclear hace uso de las propiedades de resonancia aplicando radiofrecuencias a los átomos o dipolos entre los campos alineados de la muestra y permite estudiar la información estructural o química de una muestra. La RMN se utiliza también en el campo de la investigación de computadoras cuánticas. Sin embargo sus aplicaciones más frecuentes se encuentran ligadas al campo de la medicina, para la obtención de imágenes del cuerpo.*

## II. Desarrollo de contenidos

*Como se explicó anteriormente, la RM utiliza fuertes campos magnéticos que actúan sobre los átomos que componen diferentes sustancias en el cuerpo como el hidrógeno. Los diferentes tejidos emiten diferentes ondas en función de su densidad y de su contenido en agua. Una computadora traduce los patrones de estas ondas en imágenes muy detalladas de las partes del cuerpo en las cuales se pueden identificar anomalías que pueden ser utilizadas para un diagnóstico médico. La RM produce cortes axiales (trasversales) del cuerpo parecidos a los de la tomografía axial computarizada, pero también puede presentar proyecciones en diferentes planos: coronales y sagitales.[7]*

*La técnica usa equipos con potentes campos magnéticos que oscilan desde 0,2 hasta 2 ó más Teslas, lo que alinea los átomos con un número impar de nucleones, por lo general el Hidrógeno, y al ser sometidos a estas señales de radiofrecuencia se les otorga energía, y cuando esta señal cesa los átomos se realinean con el campo magnético, esto produce liberación de energía en forma de señales electromagnéticas que son recogidas por bobinas y procesadas por medio de una computadora, que se emplean para formar imágenes del cuerpo. [7]*



**Fig.1** Pasos elementales de la RM[1]



**Fig.2** Equipo de IRM [2]

Los equipos de IRM son máquinas con muchos componentes que se integran con gran precisión para obtener información sobre la distribución de los átomos en el cuerpo humano utilizando el fenómeno de RM. El elemento principal del equipo es un imán capaz de generar un campo magnético constante de gran intensidad. Actualmente se utilizan imanes con intensidades de campo de entre 0'5 y 1'5 teslas. El campo magnético constante se encarga de alinear los momentos magnéticos de los núcleos atómicos básicamente en dos direcciones, paralela (los vectores apuntan en el mismo sentido) y anti-paralela (apuntan en sentidos opuestos).<sup>[2]</sup> La intensidad del campo y el momento magnético del núcleo determinan la frecuencia de resonancia de los núcleos, así como la proporción de núcleos que se encuentran cada uno de los dos estados. [7]

*Esta proporción está gobernada por las leyes de la estadística de Maxwell-Boltzmann que, para un átomo de hidrógeno y un campo magnético de 1.5 teslas a temperatura ambiente, dicen que apenas un núcleo por cada millón se orientará paralelamente, mientras que el resto se repartirán equitativamente entre ambos estados, ya que la energía térmica de cada núcleo es mucho mayor que la diferencia de energía entre ambos estados. La enorme cantidad de núcleos presente en un pequeño volumen hace que esta pequeña diferencia estadística sea suficiente como para ser detectada. [7]*

*El siguiente paso consiste en emitir la radiación electromagnética a una determinada frecuencia de resonancia. Debido al estado de los núcleos, algunos de los que se encuentran en el estado paralelo o de baja energía cambiarán al estado antiparalelo o de alta energía y, al cabo de un corto periodo de tiempo, re-emitarán la energía, que podrá ser detectada usando el instrumental adecuado. Como el rango de frecuencias es el de las radiofrecuencias para los imanes citados, el instrumental suele consistir en una bobina que hace las veces de antena, receptora y transmisora, un amplificador y un sintetizador de RF. [7]*

*Debido a que el imán principal genera un campo constante, todos los núcleos que posean el mismo momento magnético (por ejemplo, todos los núcleos de hidrógeno) tendrán la misma frecuencia de resonancia. Esto significa que una señal que ocasione una RM en estas condiciones podrá ser detectada, pero con el mismo valor desde todas las partes del cuerpo, de manera que no existe información espacial o información de dónde se produce la resonancia. [7]*

*Para resolver este problema se añaden bobinas, llamadas bobinas de gradiente. Cada una de las bobinas genera un campo magnético de una cierta intensidad con una frecuencia controlada. Estos campos magnéticos alteran el campo magnético ya presente y, por tanto, la frecuencia de resonancia de los núcleos. Utilizando tres*

*bobinas ortogonales es posible asignarle a cada región del espacio una frecuencia de resonancia diferente, de manera que cuando se produzca una resonancia a una frecuencia determinada será posible determinar la región del espacio de la que proviene.[4]*

*En vez de aplicar tres gradientes diferentes que establezcan una relación única entre frecuencia de resonancia y punto del espacio, es posible utilizar diferentes frecuencias para las bobinas de gradiente, de manera que la información queda codificada en espacio de fases. Esta información puede ser transformada en posiciones espaciales utilizando la transformada de Fourier discreta. [4]*

## **Aplicaciones medicas de la RMN.**

*Entre las técnicas mas utilizadas para obtener imágenes por medio de la RMN son las siguientes:*

- *RMN por difusión.- Esta técnica mide la difusión de las moléculas de agua en los tejidos, esto es a partir de que en los tejidos biológicos la difusión de las moléculas de agua son anisotrópicas, por ejemplo, las moléculas dentro del axón de una neurona tienen poca posibilidad de cruzar la membrana mielina, por lo que la molécula se moverá principalmente a lo largo de de la s fibras del axón y gracias a esto y al conocimiento de que estas moléculas se mueven en una sola dirección y así se puede asumir que la mayoría de las fibras siguen esa dirección.*
- *RMN Angiografía.- Es una técnica de RM que genera imágenes de las arterias para evaluar posibles crecimientos, adelgazamientos o algún malfuncionamiento estructural. La técnica para obtener imágenes de la venas es conocida como venografía.*
- *RMN por Espectroscopia.- Es una técnica que combina la RMN con la espectroscopia y esto permite obtener imágenes por RM que proporcionen una amplia información sobre*

*las propiedades físicas y químicas de la región analizada.*

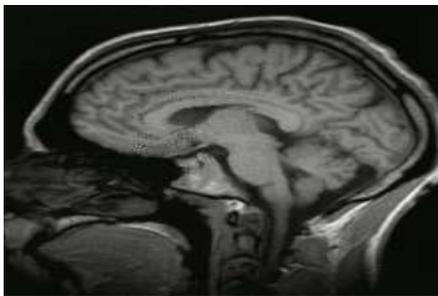
- *RMN Funcional.- Esta técnica mide los cambios de señal en el cerebro que permiten observar el cambio de actividad neuronal. El cerebro es escaneado en una baja resolución, pero se obtienen imágenes más rápido. El funcionamiento se basa en el mecanismo BOLD, la cual aumenta conforme la actividad neuronal aumenta y el sistema vascular responde mandando más hemoglobina oxigenada, la cual decrementa la señal de la RM así puede obtenerse la imagen.*
- *RM Intervencional.- Es la única técnica invasiva utilizada, para poder introducir un escáner al área que se pretende revisar*
- *RM guiada por medio de ultrasonido.- Esta técnica permite enfocar la RM por medio de ondas ultrasónicas, calentando los tejidos y así puede obtenerse una imagen térmica del área en forma tridimensional .*
- *Multi-RM.- El hidrógeno es la molécula más utilizada por la RM, sin embargo es muchas otras moléculas pueden ser polarizadas como el Helio-3, el Carbono-13, el Oxígeno-17, el Sodio-23, Fósforo-31, Xenón-129 entre otras, y esto permite obtener, en ocasiones, imágenes más detalladas de órganos a los que las técnicas usuales con el Hidrógeno y se puede obtener detalles sobre la estructura y función. [5]*

*Los órganos y aparatos que más se estudian con estos métodos son:*

- *Aparato Musculo esquelético.- Sigue constituyendo la primera indicación de la RM, por volumen. A pesar de que la radiología simple sigue siendo la prueba inicial en muchos casos, la RM tiene la virtud de valorar patología de partes blandas, que es invisible en la radiografía: meniscos, ligamentos, músculos y tendones, cartílago, etc. La RM se ha convertido en el estándar en muchas patologías articulares y ha demostrado ampliamente su eficacia en la caracterización de lesiones de partes blandas y en la detección precoz de patología osteoarticular. Todas las articulaciones, y cualquier parte del cuerpo que contenga*

huesos y músculos se benefician de esta aplicación[5]

- **Columna vertebral.-** La RMN complementa la información aportada por las radiografías de columna, valorando discos intervertebrales, partes blandas y médula. Presenta muchas ventajas con respecto al TAC para el estudio de la patología discal y es su capacidad de obtener imágenes sagitales o coronales, con lo que el estudio es más completo. Además, la RM es la técnica de elección para el estudio de médula y saco aracnoideo, con una notable superioridad con respecto a cualquier técnica de imagen. [5]
- **Cráneo.-** La capacidad multiplanar, la resolución espacial y su posibilidad de caracterización tisular son caracteres indiscutibles de la RM que hacen que sea mucho más usada que otras técnicas de imagen. En la actualidad, se puede afirmar que los únicos motivos para indicar un TAC craneal frente a una RM son los de disponibilidad (acceso en el hospital, horario de funcionamiento), situación del paciente y costo (aunque el costo de un TAC con contraste es similar al de una RM sin contraste), además de situaciones puntuales como la hemorragia subaracnoidea y la detección de calcio (escasa sensibilidad de la RM). Dentro de este apartado, han aparecido unas técnicas novedosas, cuyas aplicaciones se están validando actualmente. Algunos de estas técnicas son la difusión, la perfusión y la espectroscopia además de algo conocido como la Resonancia Magnética funcional. [5]



**Fig.3** Imágenes de una cabeza humana obtenidas por resonancia magnética (vista sagital).[2]

- **Abdomen.-** También en los estudios del abdomen, la RMN, esta compitiendo contra la TC, para el diagnóstico de problemas en el

hígado, páncreas, y otros órganos alojados en el abdomen. [5]

- **Pelvis.-** Los avances tecnológicos están permitiendo avanzar en las aplicaciones de la RM. Se ha demostrado la superioridad de la RM en el estadiaje de neoplasias endometriales, debido a su discriminación tisular. También se ha mostrado un gran avance en la detección de cáncer de próstata. [5]
- **Tórax.-** Aunque el porcentaje de estudios de este territorio sigue siendo pequeño, la tendencia es progresiva. [5]



**Fig.4** Caja torácica[3]

- **Corazón.-**(**Fig.4**) La RM actualmente es capaz de realizar estudios del corazón no solo morfológicos sino también funcionales, y se considera el standard en el cálculo de parámetros de función ventricular (fracción de eyección, volumen telesistólico y telediastólico, masa miocárdica). Tiene además un papel importante en la isquemia miocárdica, para determinar la viabilidad del miocardio y predecir por lo tanto la respuesta a un tratamiento de revascularización. Puede aportar información importante en el estudio de las miocardiopatías, displasia arritmogénica del ventrículo derecho y otras patologías.[5]



**Fig.5** Imágenes de un corazón humano bombeando.[3]

## RECOMENDACIONES

*Para realizar el proceso se coloca a la persona dentro de una máquina que es un tubo, que es el escáner, y se debe de permanecer quieto mientras se desarrolla el análisis, pues el movimiento puede afectar seriamente las imágenes obtenidas.*

*La RMN no presenta ningún riesgo, no produce dolor y solo si se necesita inyectar alguna sustancia contrastante, como el gadolino, se puede presentar alguna reacción alérgica. Sin embargo al tratarse de una técnica que utiliza fuertes campos magnéticos y ondas de radio frecuencia debe de cuidarse de que no exista algún elemento metálico dentro o fuera del cuerpo, tales como :[6]*

- *Marcapasos*
- *Dispositivos implantados como bombas de insulina*
- *Grapas o clavos metálicos.*
- *Prótesis metálicas*
- *Joyas o broches de metal*
- *Cualquier otro aparato electrónico o tarjetas con código magnético[6]*

### **III. Conclusiones**

*La medicina actual cuenta con un importante elemento o técnica de investigación como lo es la resonancia magnética nuclear con la cual se puede estudiar algún problema estructural que exista en los órganos o incluso en partes del cuerpo humano, por tratarse de un procedimiento sencillo sin dificultad alguna y además gracias a la informática y avance de esta, la obtención de imágenes a través de la RMN está escalando un puesto por no decir el primero en su aplicación.*

### **IV. Bibliografía**

[1] F.Cabrero, Imagen radiologica(principios físicos e instrumentacion),2da Edicion, España 2004, Aleu s.a

[2] [RR570:Assessment of electromagnetic fields around magnetic resonance \(MRI\) equipment.](#) MCL-T Ltd, London

[3] [http://www.tuexperto.com/wp-content/uploads/2009/09/Radiolog%C3%ADa\\_02.jpg](http://www.tuexperto.com/wp-content/uploads/2009/09/Radiolog%C3%ADa_02.jpg)

[4] González G., Series de Fourier, transformadas de Fourier y aplicaciones. Divulgaciones matemáticas 1997

[5]Siegelman,Resonancia Magnetica torax,abdomen y pelvis(Aplicaciones Medicas), editorialmedica-panamericana,España 2005

[6]C. Poole,H Farach,Teoria de la resonancia magnetica,revérté s.a.,España 1976.

[7]<http://www.quiromasajistas.net/entender/resonancia%20magnetica.pdf>