

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA**  
**UNAN-MANAGUA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS**  
**HOSPITAL BAUTISTA**



**HALLAZGOS DE PERFUSIÓN CEREBRAL POR RESONANCIA  
MAGNÉTICA EN PACIENTES CON PATOLOGÍAS  
NEUROLÓGICAS ATENDIDOS EN EL ÁREA DE RESONANCIA  
DEL HOSPITAL BAUTISTA EN EL PERÍODO COMPRENDIDO DE  
AGOSTO 2014-AGOSTO 2016.**

Tesis para optar al título de:  
**ESPECIALISTA EN RADIOLOGÍA**

**Autor:**

Dra. Sara Raquel Larios Miranda

**Tutor:**

Dra. Nieves Gisselle Eva Torres  
Médico Radiólogo  
Subespecialista en Neurroradiología.

**Asesor metodológico:**

Dr. Pablo Antonio Cuadra  
Epidemiólogo e Investigador en salud

Managua, Nicaragua

Marzo 2017

## Dedicatoria

A mis padres, por todo el apoyo durante mi formación académica.

A los pacientes que día a día ponen su confianza en nuestras manos y nuestra mente; y sin saberlo ayudan a formar al profesional del mañana.

"En cada acto médico debe estar presente el respeto por el paciente y los conceptos éticos y morales, entonces la ciencia y la conciencia estarán siempre del mismo lado, del lado de la humanidad".

René Favaloro (1923-2000)

## Agradecimientos

A Dios por darme vida, salud y poner en mi camino personas que fueron fundamentales para lograr finalizar esta meta.

A mis padres por todo el apoyo brindado a lo largo de esta carrera.

A Carlos Vega por su apoyo incondicional e incentivarme a ser mejor cada día en el ámbito personal y profesional, así como toda su ayuda en la elaboración de este trabajo.

A Dra. Nieves Gisselle Eva Torres por su disposición a ser mi tutora, gracias por el tiempo brindado, su paciencia y por sus conocimientos en el tema.

A todas las personas que de una u otra forma han contribuido en mi formación académica.

## Opinión del tutor

Los hallazgos de la perfusión cerebral por resonancia magnética en patologías neurológicas de los pacientes que acudieron al área de resonancia del Hospital Bautista en el período agosto 2014 – agosto 2016 constituye la primera experiencia a nivel nacional del comportamiento de la perfusión cerebral en nuestra población. Dado el alta gamma de patologías neurológicas y las limitaciones diagnósticas con las secuencias convencionales, en este trabajo se pretende dar a conocer a los médicos tratantes la disponibilidad de la secuencia funcional en nuestra institución y su gran utilidad para discernir entre las diferentes patologías como tumores, radionecrosis, infartos isquémicos, entre otras. Una de las limitantes sobre el tema fue la falta de un protocolo para recolección de la historia clínica del paciente por lo cual recomendamos usar una historia clínica estandarizada para nuestras necesidades. El presente estudio es el inicio de la experiencia de perfusión cerebral y una guía para valorar el seguimiento a los pacientes con patologías tumorales, así como descartar o confirmar recidiva y/o radionecrosis.

Dra. Nieves Gisselle Eva Torres

Médico Radiólogo

Subespecialista en Neurorradiología

## Resumen

La perfusión cerebral por resonancia magnética corresponde a las imágenes dinámicas obtenidas durante el paso de un bolo de contraste por la circulación intracraneal para determinar el estado de la microcirculación cerebral. En este estudio monográfico se tuvo como objetivo dar a conocer los hallazgos de la perfusión cerebral por resonancia magnética en los pacientes con patologías neurológicas atendidos en el área de resonancia del Hospital Bautista en el período de agosto 2014-agosto 2016 con el fin de contar con un aporte científico documentado de las perfusiones realizadas dando a conocer la incidencia de las patologías y hallazgos encontrados en nuestra población para que sea de utilidad a médicos tratantes y la institución.

Es un estudio descriptivo, observacional, retrospectivo de corte transversal, con una muestra de 80 pacientes. Se elaboró una ficha de recolección de la información y una base de datos en el programa SPSS para el análisis de los resultados. Se encontró que el sexo predominante fue el sexo femenino, el grupo etario de mayor frecuencia fue el de 26-35 años. Los antecedentes patológicos más frecuentes en ambos sexos fueron hipertensión, diabetes mellitus e insuficiencia cardíaca. Las lesiones se localizaron con mayor frecuencia en el hemisferio cerebral derecho y las patologías más frecuentes según los hallazgos de perfusión fueron infartos isquémicos, tumores y enfermedades tipo desmielinizantes. Las secuencias de perfusión cerebral por resonancia magnética en conjunto con otras secuencias funcionales constituyen una poderosa herramienta para las diversas patologías que se puedan encontrar y así discernir entre ellas.

Palabras claves: Perfusión, resonancia magnética, tumores cerebrales, infartos, esclerosis múltipl

## Índice

### Contenido

#### pág.

Dedicatoria .....	ii
Agradecimientos.....	iii
Opinión del tutor .....	iv
Resumen .....	v
I. INTRODUCCION .....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
III. JUSTIFICACION.....	7
IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
V. OBJETIVOS.....	9
Objetivo general:.....	9
Objetivos específicos: .....	9
VI. MARCO TEORICO.....	10
6.1 Flujo sanguíneo cerebral .....	10
6.2 Resonancia magnética.....	11
6.3 Perfusión cerebral por resonancia magnética.....	13
6.4 T2* y el bolus tracking: La susceptibilidad magnética.....	16
6.5 Perfusión cerebral: Parámetros medibles.....	17
6.6 Protocolo del examen de perfusión cerebral por resonancia magnética.....	20

6.7 Dificultades y artefactos de la perfusión cerebral por resonancia magnética.....	21
6.8 Aplicaciones clínicas de la perfusión cerebral por resonancia magnética.....	22
VII. DISEÑO METODOLOGICO.....	35
VIII. RESULTADOS .....	42
IX. DISCUSION Y ANALISIS .....	46
X. CONCLUSIONES.....	50
XI. RECOMENDACIONES .....	51
XII. BIBLIOGRAFIA.....	52
XIII. ANEXOS.....	56
TABLAS .....	59
GRAFICOS .....	68

## I. INTRODUCCION

La perfusión cerebral se define como el estado estacionario de liberación de nutrientes y oxígeno por vía sanguínea por unidad de volumen o masa y se mide típicamente en mililitros de sangre por 100 gramos de tejido por minuto. (Mora & Correa, 2014)

La resonancia magnética (RM) se ha convertido en un poderoso instrumento clínico para la evaluación de la anatomía cerebral. Los avances en la tecnología han extendido sus aplicaciones a la evaluación de la función cerebral vía al acceso de numerosos parámetros funcionales y metabólicos. Uno de estos parámetros es la perfusión cerebral, que describe el paso de la sangre a través de la red vascular cerebral.

La perfusión por resonancia magnética (PRM) se refiere a técnicas desarrolladas y usadas para la obtención de medidas no invasivas de parámetros hemodinámicos, como el volumen sanguíneo cerebral (VSC), el flujo sanguíneo cerebral (FSC), el tiempo de tránsito medio (TTM), el tiempo al pico (TP), o el tiempo máximo (T<sub>máx</sub>).

La PRM es de gran utilidad para el diagnóstico y seguimiento de enfermedades cerebrovasculares como el ictus, incluyendo la evaluación de enfermedades neurodegenerativas, la valoración no invasiva de la histología de los tumores, así como la determinación de los efectos de medicamentos usados en estas condiciones, entre otras.

Muchos son los estudios que se han realizado a nivel mundial para determinar la utilidad de la secuencia de perfusión cerebral por resonancia magnética; en el país no hay registro de estudios realizados sobre perfusión cerebral por resonancia magnética.

## II. ANTECEDENTES

La resonancia magnética (RM) dio sus primeros pasos en 1946 de la mano de Félix Bloch en la universidad de Stanford y de Edward Purcell en la universidad de Harvard. Sin embargo, no fue hasta 1976 cuando Raymond Damadian obtuvo la primera RM en un ser vivo, un ratón, en la Universidad de Aberdeen. En esta universidad fue dónde en la década de los 80 se realizó la primera RM a un ser humano.

Desde entonces la evolución de la RM ha sido fulgurante, convirtiéndose en una técnica de imagen de elección para el estudio del sistema nervioso central (SNC) a principios de los años 80 en EE.UU. La RM supera en resolución de contraste a otras técnicas de imagen como el ultrasonido, cuyo uso en el SNC está limitado por la interposición de la calota, y mejora la sensibilidad de la tomografía computarizada (TC) para la mayoría de las lesiones cerebrales (excepción de lesiones óseas y calcificaciones).

En 1983, Runge y colaboradores demostraron la utilidad del Gadolinio (Gd) como contraste para RM al reducir el tiempo de relajación T1 en el medio circundante, constituyendo un incuestionable complemento de la RM con muchas menos complicaciones que el contraste yodado empleado con la TC. Las secuencias de RM desarrolladas en los años 80 y principios de los años 90 aportaban una importante información morfológica con una resolución de contraste y espacial superior a la que se puede obtener con otros métodos diagnósticos no invasivos. (Cabrera et al.,2009)

Se han realizado diversos estudios a nivel internacional acerca de la utilidad de la perfusión cerebral como método diagnóstico, sobre todo en la evaluación de tumores y eventos cerebrovasculares.

En España se realizó un metaanálisis, *Resonancia magnética, perfusión en la diferenciación de gliomas cerebrales*, con el objetivo de estimar parámetros para la perfusión por resonancia magnética (sensibilidad, especificidad, cociente de probabilidad positivo y cociente de probabilidad negativo). Realizaron una revisión sistemática de la literatura seleccionando 15 estudios en que se comparaban resultados de histopatología como prueba de referencia. Los resultados de los parámetros estimados fueron: sensibilidad 0.95, especificidad 0.80, cociente de probabilidad positivo de 3.923 y cociente de probabilidad negativo de 0.086, concluyendo que la perfusión por resonancia magnética puede obtener buenos resultados en la diferenciación del grado de malignidad de los gliomas cerebrales, así como tener una función complementaria como prueba adicional en los casos en que las pruebas diagnósticas realizadas previamente no hayan logrado despejar la duda sobre el grado de malignidad de un glioma (Cerezo, Villegas, Llanos, Rodríguez & Vivancos, 2008).

En Madrid, España, se llevó a cabo un análisis nosológico con parámetros de perfusión tisular de RM obtenidos mediante los modelos monocompartimental y farmacocinético en los glioblastomas cerebrales con el objetivo de clasificar las áreas tumorales en pacientes con astrocitoma de grado IV mediante el cálculo y análisis estadístico de parámetros cuantitativos de perfusión por RM. Se evaluaron 15 pacientes, con el modelo monocompartimental se cuantificó el volumen sanguíneo cerebral (VSC), el tiempo de tránsito medio (TTM) y el flujo sanguíneo cerebral (FSC). Con el farmacocinético se midió la constante de permeabilidad ( $K^{\text{trans}}$ ), el coeficiente de extracción ( $K_{ep}$ ), la fracción de volumen del espacio intersticial ( $V_e$ ), la fracción de volumen vascular ( $V_p$ ), la permeabilidad en primer paso ( $K_{fp}$ ) y el volumen vascular en primer paso ( $V_{pfp}$ ).

Para cada parámetro se obtuvieron los histogramas del área tumoral total, peritumoral y sana. Se concluyó que el VSC es el parámetro que aisladamente permitió diferenciar mejor entre área tumoral, peritumoral y sana. La función clasificatoria generada a partir de VSC y  $K^{\text{trans}}$  consiguió mejorar estos resultados haciendo más eficaz la clasificación por áreas (Revert, Sanz, Martí, Jornet & Piquer, 2010).

En España realizaron un estudio retrospectivo de casos y controles con el objetivo de estudiar la utilidad de los parámetros de perfusión en RM para identificar la pseudoprogresión tumoral en astrocitomas de alto grado. Compararon el volumen sanguíneo cerebral relativo (VSCr), el porcentaje de recuperación de intensidad de señal relativo (PRSr) y la altura relativa del pico (relative Peak Height [rPH]) en una muestra de 17 casos de astrocitomas anaplásicos y glioblastomas diagnosticados de pseudoprogresión (mediante biopsia o control evolutivo), con otra muestra de 17 tumores tratados, histológicamente parecidos, y diagnosticados anatomopatológica o evolutivamente de progresión. Se evaluó la precisión de tales parámetros y su correlación. La significación estadística se estableció con una  $p < 0,05$ . Los resultados del VSCr, PRSr y rPH fueron estadísticamente distintos entre ambos grupos. Se concluyó que la rPH y el VSCr fueron útiles para diferenciar los casos de pseudoprogresión tumoral de los de progresión verdadera. El PRSr también fue un parámetro muy sensible, aunque el solapamiento de valores entre las muestras lo hacen a priori menos útil (Martínez & Martínez, 2014).

En Nicaragua el primer resonador fue introducido en el año 1997. El Hospital Bautista de Managua en el año 1999 adquirió un resonador de 0.5 T<sup>1</sup> considerado como el primero de buena calidad en nuestro país.

Producto a la necesidad de la gran demanda que tiene la población y el incremento de las patologías neurológicas, en el 2008 el Hospital Antonio Lenin Fonseca recibió como donación por parte del gobierno de Venezuela el primer resonador magnético abierto de 0.35 T. (Fisher, 2013)

El hospital Bautista desde el año 2014 cuenta con un resonador marca General Electric modelo Brivo MR355 de 1.5 T que incluye software para pruebas funcionales como BOLD, espectroscopía, tractografía y perfusión.

La perfusión cerebral por resonancia magnética es una secuencia funcional nueva tanto en éste hospital como a nivel nacional, ya que actualmente sólo hay tres centros diagnósticos en el país que tienen un resonador que incluye el software para realizar esta secuencia.

En el país no hay registro de estudios ni publicaciones realizadas sobre perfusión cerebral por resonancia magnética.

---

<sup>1</sup> T: Tesla (unidad en que se mide la densidad del flujo magnético, nombrado así en honor a Nikola Tesla).

### III. JUSTIFICACION

Las imágenes convencionales de resonancia magnética son un método efectivo para la detección y localización de lesiones intracraneales; sin embargo, se han desarrollado nuevas técnicas de imagen que pueden mostrar la función cerebral normal y anormal. La perfusión por resonancia magnética entrega una correlación visual de la dilatación de los vasos sanguíneos y permeabilidad útil en la evaluación de tumores cerebrales y otras enfermedades neurodegenerativas. Las aplicaciones clínicas de la perfusión cerebral ya han sido ampliamente estudiadas; sin embargo muchos médicos desconocen la presencia de la secuencia de perfusión en nuestra institución, por lo tanto la importancia de realizar este estudio es contar con un aporte científico documentado de todas las resonancias magnéticas en las que se ha valorado la perfusión cerebral en el Hospital Bautista, dando a conocer la incidencia de las patologías y los hallazgos encontrados en nuestra población, para que sea de utilidad a los médicos tratantes y a la institución.

## IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los hallazgos de perfusión cerebral por resonancia magnética en pacientes con patologías neurológicas atendidos en el área de resonancia del Hospital Bautista en el período comprendido de agosto 2014 - agosto 2016?

## V. OBJETIVOS

### Objetivo general:

Identificar los hallazgos de la perfusión cerebral por resonancia magnética en pacientes con patologías neurológicas atendidos en el área de resonancia del Hospital Bautista en el período comprendido de agosto 2014 - agosto 2016.

### Objetivos específicos:

1. Describir el perfil sociodemográfico de los pacientes en estudio.
2. Determinar la frecuencia de los antecedentes patológicos según los hallazgos en perfusión cerebral por resonancia magnética.
3. Correlacionar las manifestaciones clínicas en los pacientes estudiados según los hallazgos de perfusión cerebral por resonancia magnética.
4. Conocer la frecuencia de la localización de la lesión según los hallazgos en la perfusión cerebral por resonancia magnética.
5. Identificar los hallazgos de la perfusión cerebral en los diferentes grupos de patologías encontradas.

## VI. MARCO TEORICO

El sistema nervioso central (SNC) comprende el cerebro y la médula espinal y está constituido por unos 10.000 millones de neuronas rodeadas de células gliales. La complejidad del cerebro es enorme y nuestros conocimientos escasos. Sin embargo, la monitorización del sistema nervioso central está viviendo un período de gran expansión desde el inicio de la década de los 90. La neuromonitorización constituye la base de la prevención y de la identificación de los estados con riesgo de isquemia cerebral frecuentes, no solamente en neurocirugía, sino también en cirugía cardíaca, en neurorradiología intervencionista o en cirugía carotídea (Fábregas & Valero, 2001).

### 6.1 Flujo sanguíneo cerebral

Entre el 15 y el 25% del gasto cardíaco está dirigido al cerebro, con un flujo sanguíneo cerebral (FSC) de 40-50ml/100g de tejido cerebral/min. El FSC está determinado por el consumo metabólico de oxígeno cerebral (CMRO<sub>2</sub>), vía autorregulación mediante la resistencia vascular cerebral (RVC) y por la presión de perfusión cerebral (PPC), que es la diferencia entre la presión arterial media (PAM) y la presión intracraneal (PIC).

El CMRO<sub>2</sub> corresponde, en un 40%, al gasto energético basal (en su mayor parte para mantener el potencial de membrana, por lo que no es modificable por fármacos, pero sí termosensible) y en un 60% al gasto energético funcional (no termosensible pero sí modificable por fármacos). El 90% de este CMRO<sub>2</sub> corresponde al tejido neuronal y solo un 10% al tejido de sostén o glía (el cual supone más del 50% del volumen encefálico). El CMRO<sub>2</sub> se encuentra entre 4-6ml/100g de tejido cerebral/min. Así, situaciones patológicas como la anemia o la hipoxia reducirán el contenido arterial de oxígeno, pudiendo determinar una entrega cerebral de oxígeno inadecuada.

La autorregulación cerebral se basa en la modificación de la RVC (vasodilatación o vasoconstricción) con el fin de mantener un FSC acorde a las necesidades metabólicas cerebrales de oxígeno (O<sub>2</sub>) de cada momento. Está determinada en gran parte por la presión parcial arterial de dióxido de carbono (PaCO<sub>2</sub>), por la presión arterial media (PAM) y, en menor medida, por la presión parcial arterial de oxígeno, la adenosina, el pH, etc. Así, cuando la PaCO<sub>2</sub> cerebral es alta (mayor trabajo metabólico), la RVC cae (vasodilatación), aumentando el FSC y la entrega cerebral de oxígeno (CDO<sub>2</sub>). Lo contrario ocurre cuando la PaCO<sub>2</sub> disminuye (menor trabajo metabólico; vasoconstricción). Se estima que el FSC varía en un 4% por cada mmHg de CO<sub>2</sub>, en normotensión. Con la PAM ocurre algo similar, regulándose el FSC para proteger al tejido cerebral de caídas o alzas bruscas de presión que pudiesen comprometer la CDO<sub>2</sub>. Sin embargo, estas autorregulaciones tienen límites por encima o por debajo de los cuales el FSC se torna absolutamente dependiente de la PAM (Rodríguez, Rivero, Gutiérrez, & Márquez, 2015).

## 6.2 Resonancia magnética

La imagen por resonancia magnética (IRM) se basa en la capacidad de algunos núcleos para absorber ondas de radiofrecuencia cuando son sometidos al efecto de un campo magnético. Dicha capacidad genera una señal que es detectada por un receptor y tratada en un ordenador de manera similar a como lo hace la tomografía computarizada (TC) para producir imágenes.

La RM se usa cada vez más por sus ventajas como permitir cortes más finos y en varios planos, ser más sensible para demostrar accidentes vasculares cerebrales, tumores y otras patologías y no utilizar radiaciones ionizantes. Como desventajas tiene su

mayor costo económico, el prolongado tiempo para obtener las imágenes y el tener que excluir a portadores de marcapasos y prótesis metálicas.

Para obtener una IRM se necesita: 1) una fuente creadora de un campo magnético (imán), 2) una antena que emita pulsos de radiofrecuencia de diversos valores y separados a intervalos de tiempo adecuados (secuencias de pulso), 3) una antena que reciba las señales emitidas por los tejidos examinados y 4) un ordenador con un sistema de representación de imágenes.

Un volumen de tejido del organismo tiene una densidad específica en núcleos de hidrógeno. Cuando los núcleos de hidrógeno son sometidos a un campo magnético y a absorber energía de radiofrecuencia entran en resonancia. Cada unidad de volumen o *vóxel*<sup>2</sup> resonará de forma diferente a los otros por las diferencias en densidades de hidrógeno y un mismo *vóxel* resonará de forma diferente según la secuencia de pulso a que sea sometido. El exceso energético de los núcleos en resonancia será liberado en forma de emisión de radiofrecuencia en un proceso denominado relajación. Durante la relajación se induce una señal eléctrica que es captada por la antena receptora que envía información a la computadora para obtener la imagen. Esta imagen está determinada fundamentalmente por la densidad de los *vóxels*, por la secuencia de pulsos a la que se someten los *vóxels* así como por el tiempo de repetición o TR (tiempo en que se repiten las secuencias de pulso a lo largo de la obtención de la imagen) y por el tiempo de eco o TE (tiempo transcurrido entre la excitación de los núcleos de hidrógeno y la recogida de la señal).

---

<sup>2</sup> Vóxel: Es la unidad cúbica que compone un objeto tridimensional. Constituye la unidad mínima procesable de una matriz tridimensional y es, por tanto, el equivalente del píxel en un objeto 3D.

Existen tres tipos básicos de secuencias de pulso: 1) SE (*Spin-Echo*) que pueden potenciar las imágenes en T1, T2 y densidad protónica. Es la secuencia más utilizada por sus posibilidades diagnósticas, 2) IR (*Inversion-Recovery*), que potencia la imagen en T1, y 3) GE (*Gradient-Echo*), que potencia las imágenes en T1, T2 y T2\*.

El uso de contraste intravascular paramagnético proporciona información de la integridad de la barrera hematoencefálica (Cabrera et al., 2009).

### 6.3 Perfusión cerebral por resonancia magnética.

Se conoce como resonancia magnética por perfusión cerebral las imágenes dinámicas obtenidas durante el paso de un bolo de contraste por la circulación intracraneal.

El examen de perfusión se hace en resonadores superconductores de alto campo magnético (a partir de 1.5 T), que aporta imágenes de alta resolución y permite la concepción tridimensional. Es un método no invasivo, excepto la utilización de una dosis de gadolinio a 0.2 mmol/kg en forma de bolo a 5 ml/s., de preferencia con inyector automático. El contraste empleado es gadolinio, precisamente porque cuando se encuentra intacta la barrera hematoencefálica (BHE), evita que el contraste acceda al espacio extravascular.

En la actualidad se dispone de contrastes basados en gadolinio que, por sus propiedades, están especialmente indicados para los estudios de perfusión. Frente al contraste convencional 0,5 mmol/L, el gadobutrol 1,0 mmol/L (Gd-BT-DO3A; Gadovist® Bayer-Schering AG, Berlín, Alemania) presenta una formulación con una concentración dos veces mayor. De esta forma, puede administrarse la misma cantidad de gadolinio con una menor cantidad de volumen del bolo de contraste que con el contraste convencional.

Esto permite obtener con el gadobutrol una geometría más adecuada del bolo de contraste, con un pico más afilado y un aumento más rápido de la concentración de gadolinio en sangre en el primer paso.

Otro contraste también especialmente útil en la PRM es el gadobenato de dimeglumina (Gd-BOPTA; MultiHance®; Bracco Imaging SpA, Milán, Italia). Este agente de contraste presenta unos valores de relajatividad T1 y T2 en sangre dos veces superior, debido a la débil y transitoria interacción del quelato Gd-BOPTA con las proteínas séricas. Una dosis estándar tanto de gadobenato de dimeglumina como de gadobutrol permite un descenso de señal similar, de aproximadamente 30%, pero sustancialmente mayor que la caída de señal obtenida con los agentes de contraste convencionales. Tanto con el gadobenato de dimeglumina como con el gadobutrol pueden obtenerse mapas de alta calidad para la cuantificación del VSC y del FSC, pero sin demostrarse diferencias significativas entre los mismos. (Mora & Correa, 2014)

Como protocolo se utiliza los llamados eco-planares, obteniéndose múltiples cortes secuenciales del encéfalo en el escaso tiempo que el gadolinio entra y sale del encéfalo, prácticamente en 10 a 15 segundos. Se necesitan por lo menos 5 imágenes secuenciales por cada corte, para confeccionar una curva señal- tiempo (Castro, Mosto, & Díaz, 2002).

El análisis de los datos se hace de dos modos: A) Análisis visual modo cine. En las cuales las áreas normalmente más perfundidas, como la sustancia gris experimentan una caída en la señal por el pasaje de gadolinio. Las zonas normalmente menos perfundidas (ej.: sustancia blanca) así como las áreas con poca o ninguna perfusión (tejido isquémico)

sólo utilizan una pequeña cantidad de gadolinio y por lo tanto esa zona da una leve hiperseñal, comparativamente a la zona contraria. B) Análisis cuantitativo de las curvas señal-tiempo. A base del estudio comparativo de las regiones de interés (ROI) en las cuales es posible medir distintas características de la curva: volumen sanguíneo cerebral regional relativo, tiempo al pico y tiempo de tránsito medio. Últimamente, con la aplicación de programas especiales, se puede confeccionar mapas de estos parámetros cerebro-vasculares mediante el cálculo píxel<sup>3</sup> por píxel.

Existen tres técnicas principales para realizar estudios de PRM: imagen de susceptibilidad magnética ponderada en T2\*, perfusión dinámica ponderada en T1 y técnicas Arterial Spin Labelling. Todos estos métodos se basan en los cambios de señal que acompañan el paso de trazador por el sistema cerebrovascular, que puede ser endógeno (agua) o exógeno (quelatos de gadolinio).

La técnica más utilizada es la imagen de susceptibilidad magnética ponderada en T2\* y se basa en la propiedad paramagnética de los contrastes de gadolinio a su paso por el sistema cerebrovascular que producen una caída de señal T2 y, fundamentalmente, T2\* debido al cambio de la susceptibilidad magnética local.

El quelato de gadolinio intravenoso constituye un trazador no difusible desde el lecho vascular al parénquima cerebral. Este confinamiento en el espacio vascular ocasiona que el efecto dominante sea el de susceptibilidad magnética. Así pues, el agente paramagnético se comporta como una serie de cilindros magnetizados que producen una influencia en el tejido circundante alterando los campos magnéticos locales. Si el campo magnético fuera perfectamente homogéneo, todas las moléculas de agua precesarían a la

---

<sup>3</sup>Píxel: Unidad básica de una imagen digitalizada en pantalla a base de puntos de color o en escala de grises.

misma frecuencia; sin embargo, cuando el agente paramagnético de gadolinio altera el campo magnético, las moléculas de agua en el tejido circundante precesan a distintas frecuencias.

Se ha demostrado que existe una relación lineal entre la concentración del agente de contraste y el porcentaje de cambio de señal T2. (Guzmán, Fernández, Mateos, & Desco, 2012).

#### 6.4 T2\* y el bolus tracking<sup>4</sup>: La susceptibilidad magnética.

Al inyectar el bolo de medio de contraste pueden suceder dos cosas, el bolus puede pasar a través del vóxel y tomar cierta cantidad de tiempo, o puede ser dispersado entrando al drenaje de las vénulas en una concentración diluida. La concentración de este bolus dependerá de la cantidad de agente contrastante entrando al vóxel por unidad de tiempo, como también del retraso intravoxel y la dispersión.

Las secuencias potenciadas en T2\* se basan en aprovechar su alta sensibilidad a las heterogeneidades del campo magnético, en este caso estas heterogeneidades son producidas por los efectos paramagnéticos del gadolinio aplicado como medio de contraste. En otras palabras, el gadolinio cambia notoriamente la susceptibilidad magnética entre el vaso y su medio extravascular, produciendo una disminución transitoria de la señal.

Los parámetros de perfusión son extraídos por el post-procesado de las curvas de señal y aparecen en forma de imágenes paramétricas. Dos técnicas principales son empleadas para esto: 1) Modelando la señal de curva (gamma-fit) para eliminar la

---

<sup>4</sup> Bolus tracking: Técnica que evalúa la perfusión basándose en los cambios de susceptibilidad magnética generados en la microvasculatura por el primer paso de un bolo de agente de contraste.

contribución de la recirculación del trazador proveyendo solamente una cuantificación relativa de la data de perfusión. 2) Deconvolución<sup>5</sup> por la función arterial entrante (FAE), tomar en cuenta la dispersión del bolus en tiempo y la función cardíaca del paciente. (Alvarez & Muñoz, 2014)

Hay dos ventajas de la inyección en bolo: una ventaja es que se pueden lograr temporalmente mayores concentraciones de medio de contraste en la sangre mediante una dosis suministrada en bolo que después de que el medio se mezcle en la vascularización y los tejidos. Con dichas concentraciones se puede observar un cambio de la señal mucho mayor, facilitando la detección de los efectos del medio de contraste sobre la imagen. La segunda ventaja es que se necesita una concentración variable con el tiempo para inferir la perfusión a partir del cambio de la señal. En términos generales, la duración del bolo debería ser menor que el tiempo de tránsito a través del tejido para medir la perfusión con la mayor sensibilidad. (Scott W. Atlas)

Para obtener el mapeo final de la imagen de perfusión por RM, es necesario realizar un post-procesado de datos a través de un gráfico señal versus tiempo (Fig.1).

### 6.5 Perfusión cerebral: Parámetros medibles.

**Tiempo de llegada (T<sub>0</sub>):** Se define como el tiempo desde el momento de inyección del contraste hasta que se detecta su llegada al vóxel.

**Tiempo hasta el pico (time to peak: TTP):** Equivale al tiempo que transcurre desde el inicio de la inyección del medio de contraste hasta que se obtiene el máximo cambio de señal en el vóxel.

---

<sup>5</sup> Deconvolución: se refiere a las operaciones matemáticas empleadas en restauración de señales para recuperar datos que han sido degradados por un proceso físico.

**Tiempo de Transito Medio o de Perfusión (TTM):** Es un concepto un poco más complejo. Debido a que el tiempo de tránsito de la sangre a través del parénquima cerebral varia en dependencia de la distancia recorrida entre la entrada arterial (*arterialinflow*) y la salida venosa (*venous outflow*), el TTM se define como el promedio de tiempo de tránsito de la sangre a través de una determinada región del cerebro, de acuerdo con el principio de volumen central que establece que  $TTM = VSC/FSC$ .

**Volumen Sanguíneo Cerebral (VSC):** Se define como el total de volumen sanguíneo en una región determinada del cerebro. El VSC se mide en unidades de ml de sangre por 100 g de tejido cerebral (ml/100 g). Se representa en el área bajo la curva y es el volumen ocupado por un tejido.

**Flujo Sanguíneo Cerebral (FSC):** Se define como el volumen de sangre atravesando una determinada zona cerebral por unidad de tiempo, medido en mililitros de sangre por 100 gramos de tejido por minuto (ml/100 g/min), representa el flujo capilar en el tejido. Es el cociente entre el VSC y el TTM. El FSC normal es típicamente mayor que 50-60 ml/100 g/min.

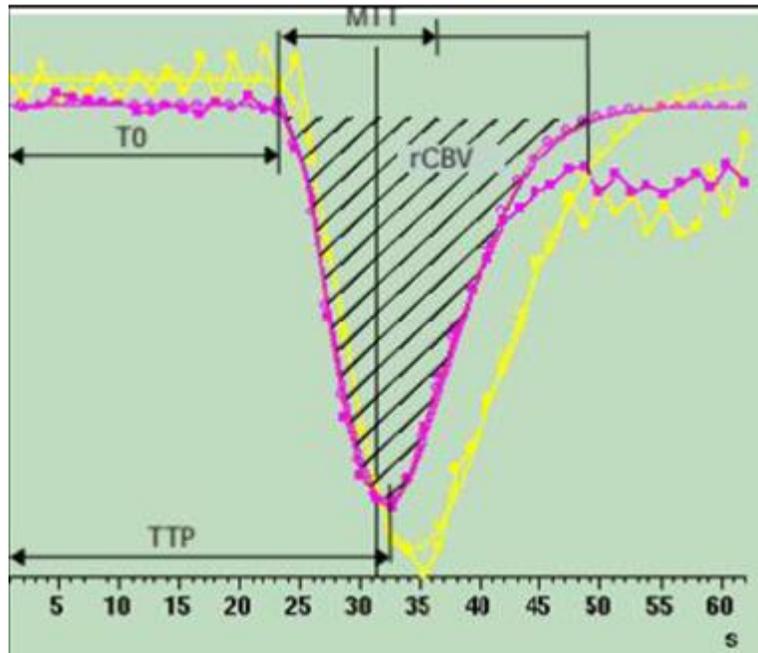


Fig. 1 Curva dinámica de susceptibilidad al paso de contraste

Los parámetros más usados en perfusión por RM cerebral son el VSC, el TTM, TTP y el FSC. Y para FSC y VSC se usan sus valores relativos para las mediciones.

El rVSC es una medida relativa y por tanto este cálculo es cuantitativamente menos exacto debido a que se obvian circunstancias que varían entre los pacientes, por ejemplo, la arquitectura vascular subyacente, factores fisiológicos como el gasto cardíaco o aspectos de la adquisición por RM como las condiciones de inyección del contraste.

Determinando los parámetros medibles de la perfusión cerebral por resonancia magnética se puede saber si el área de interés se encuentra hiperperfundida o hipoperfundida.

## 6.6 Protocolo del examen de perfusión cerebral por resonancia magnética.

Dependiendo del centro, el cuadro clínico y la solicitud médica, se varían las secuencias usadas, no obstante, según los estudios y la bibliografía, se necesitan al menos secuencias FLAIR axiales, T1W post contraste y la secuencia T2\* para la perfusión.

Los parámetros aproximados para el T2\* GRE:

Parámetro		Parámetro	
TR	627 ms	Matriz	128x128
TE	30 ms	Número de adquisiciones	1
Angulo	30°-40°	Series dinámicas	20-40
Espesor	4-5 mm (Variable)	Secuencia	FFE-EPI T2* multishot
FOV	230 mm	Tiempo de adquisición total	1:10 – 1:15 minutos
SCAN%	70	Tiempo de cada serie dinámica	Depende del número de cortes. Aproximadamente 40 segundos.
Número de cortes	15-16	Número total de imágenes	Aproximadamente 600

Tomando como base y referencia el protocolo estándar de Siemens, los pasos son los siguientes:

1. Realizar la inyección de contraste intravenosa.
2. Verificar que la vía venosa es segura para continuar (no muestra resistencia al flujo ni extravasación de contraste).
3. Luego de realizar las secuencias estándar, es recomendable realizar la perfusión antes del examen post-contraste t1.
4. Se recomienda que las orientaciones axiales de los cortes se hagan en la misma

orientación que FLAIR y T2.

5. La dirección de codificación de fase debe ser de anterior a posterior para reducir los artefactos de susceptibilidad.

Luego de terminado el examen realizar el post-procesado, se abre el examen de perfusión y se realiza una selección de la zona de interés (region of interest, o ROI's) que puede ser infartada o tumoral, por ejemplo, usando los ROI sobre los cuales el software calcula la función arterial entrante (arterial input function, FAE), y debería generar muchos gráficos en función de la FAE, se eligen los más representativos.

Adicionalmente, se selecciona el gráfico que registró los movimientos y se colocan las tres líneas de rango de tiempo en su lugar, la primera al comienzo del punto de partida o punto de referencia, la segunda en la entrada de gadolinio (que se expresa como la caída en el gráfico), y la tercera en el "peak" de la recuperación. Con esto

podremos obtener las imágenes que representan el VSC y el FSC. (Nader, Marcel, Helmuth & Franklin, 2012).

### 6.7 Dificultades y artefactos de la perfusión cerebral por resonancia magnética.

Una de las fuentes de error es un bajo gasto cardíaco, ya que el flujo no es suficiente para llevar el medio de contraste e inducir el cambio de señal y obtener mapeos de perfusión adecuados.

En cuanto a la velocidad de inyección del contraste, tasas inferiores a 3 ml/s ocasionan una subestimación de los valores de VSC, mientras que valores superiores a 5 ml/s no muestran beneficios. En general se emplean tasas de inyección entre 3-5 ml/s.

La discontinuidad de la BHE, al no estar dentro del vaso, la concentración de medio de contraste no será la adecuada dando valores erróneos.

Por otra parte, cuando aumenta la permeabilidad de la BHE aparecen los efectos de fuga tanto T1 como T2 (o T2\*), como fuente de error en la cuantificación de los parámetros de perfusión. El efecto de fuga T1 es debido a que los contrastes de gadolinio tienen efecto T1 adicional al efecto T2\*. El efecto no esperado T1 está provocado por extravasación del material de contraste y se identifica como un aumento de señal por encima de la línea basal tras la caída inicial. El área por encima de la línea de base es interpretada por el algoritmo como volumen sanguíneo negativo y se sustrae del área por debajo de la línea de base causada por la señal T2\* lo que provoca una subestimación del VSC. (Guzmán et al., 2012)

## 6.8 Aplicaciones clínicas de la perfusión cerebral por resonancia magnética.

### **6.8.1 Accidentes cerebrovasculares.**

Los accidentes cerebrovasculares (ACV) constituyen la tercera causa de muerte en los países occidentales y la mayor causa de discapacidad de larga evolución, llegando a ser uno de los mayores generadores de gastos en salud. A pesar de la magnitud del problema ocasionado por los ACV isquémicos, no existían tratamientos activos hasta mediados de los años noventa, período en que se desarrolló la terapia trombolítica, tanto intravenosa como intraarterial.

En la actualidad, los mayores determinantes del tratamiento del ACV isquémico son la presentación clínica, el tiempo de evolución y los hallazgos negativos en la tomografía computarizada (TC) sin contraste. Sin embargo, existe la oportunidad para mejorar la eficacia y monitorizar el tratamiento gracias a la información que brinda la aplicación de imágenes fisiológicas de la RM. Probablemente, el estudio de la patología isquémica cerebral es la aplicación más

difundida de la perfusión por TC o por RM, y se ha validado tanto en modelos animales como en estudios clínicos. Algoritmos básicos, como el TTM, ofrecen información esencial para tomar decisiones cruciales. Tanto las técnicas de TC como de RM son sencillas, rápidas y altamente eficaces en el diagnóstico de infarto isquémico agudo, y son necesarias para seleccionar los candidatos a trombólisis durante las primeras 3-6 horas.

Normalmente la sustancia gris tiene valores de perfusión (FSC) de 60 mL/min/100g, lo que varía en un estrecho margen por mecanismos de autorregulación. Reducciones en el FSC por debajo de 20 mL/min/100g causan disfunción neuronal y marcan el límite de isquemia reversible, pudiendo pasar dos o más horas antes de que ocurra el infarto. En cambio, valores de FSC por debajo de 10-12 mL/min/100g pueden causar muerte neuronal en cuestión de minutos. (Fayed et al., 2010)

En la patogénesis progresiva de isquemia a infarto, pueden observarse cambios en la perfusión cerebral. Al momento de iniciarse el insulto vascular, la presión de perfusión es reducida, seguido de vasodilatación arteriolar y reclutamiento capilar hacia la región isquémica (mecanismo de autorregulación). Dado lo anterior, se pierde la viabilidad tisular, con reducción del volumen sanguíneo capilar, muy por debajo de los valores normales. (Vargas, Ayala & Sánchez, 2011)

El volumen sanguíneo cerebral (VSC) puede actuar como marcador de la cascada bioquímica de la fisiopatología de la isquemia regional cerebral. Cuando los mecanismos de autorregulación fallan, se producen una marcada reducción en el flujo sanguíneo cerebral (FSC), lo cual representa la “fase final” ó fase irreversible del infarto. (Salgado et al., 2002)

En las áreas de disminución grave del flujo, la citotoxicidad y la muerte por necrosis celular ocurren en minutos. Estas áreas son el llamado centro (core) del infarto. Sin embargo, las

células en la zona periférica reciben aporte de la circulación colateral. Esta región periférica se llama 'penumbra isquémica'. (Fayed et al., 2010)

En neuroimagen, las secuencias funcionales de Difusión y Perfusión han demostrado ser complementarias. Las áreas hiperintensas, en la primera fase de la Difusión (DWI), son identificadas como la extensión del infarto, y en la secuencia de Perfusión (los mapas de VSC) como disminución de la señal. Dado lo anterior, la literatura y la experiencia de otros autores sugieren que la señal hiperintensa en DWI e hipointensa en ADC representan la zona con daño celular irreversible. En consecuencia, estas áreas hiperintensas en DWI representan el centro del infarto. El área de penumbra se caracteriza por el incremento de la actividad metabólica, con mejor flujo sanguíneo que en el centro del infarto y que puede ser potencialmente salvado con neuroprotectores ó terapia trombolítica.

La forma más aceptada para la determinación de la penumbra isquémica es mediante la diferencia de volumen que existe entre la zona de disminución de los valores de los coeficientes aparentes de difusión (ADC) determinados mediante técnicas de difusión por RM, que representa el núcleo o centro del infarto, y la zona de hipoperfusión, más extensa, valorada mediante la PRM. Esta diferencia de volúmenes es conocida comúnmente con el término inglés de mismatch («desacoplamiento») entre las anomalías de perfusión y difusión (Fig.2). (Guzmán et al., 2012)

La discrepancia entre difusión y perfusión denuncia la presencia de tejido cerebral hipoperfundido y con riesgo de infartarse. Dicho tejido hipoperfundido, pero no infartado, es disfuncional tanto en su metabolismo como en su fisiología. (Restrepo, 2006)

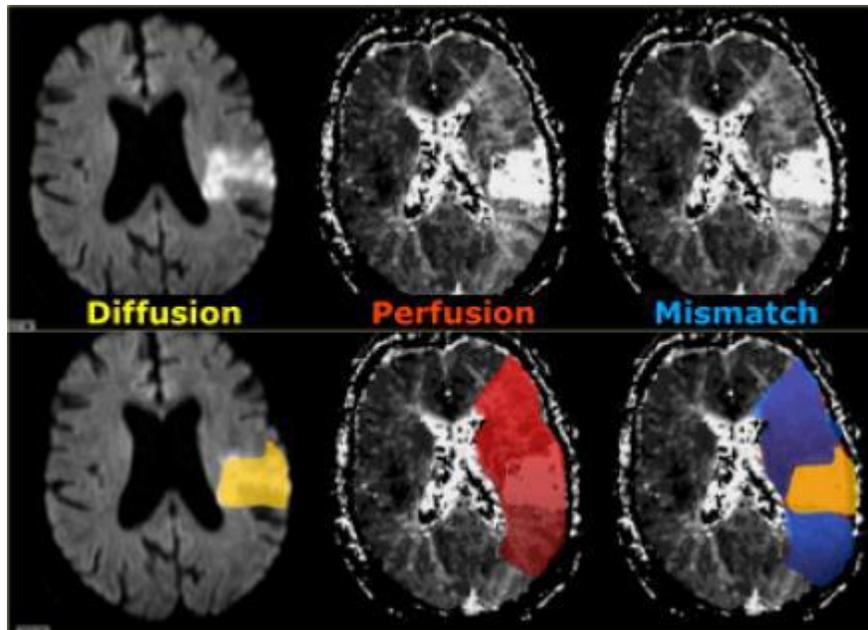


Fig.2 Mapeo de Difusión y Perfusión

Según estudios, la caída del FSC por debajo del 35% del flujo cerebral normal sugiere un aumento en el riesgo de hemorragia en los pacientes con ACV. En los casos de infartos subagudos, es posible evaluar la hiperemia perilesional, caracterizada por un aumento en el VSC, alrededor del centro del infarto, aunque el FSC puede estar disminuido por la prolongación del tiempo de tránsito. Kassner et al encontraron que los valores altos en los mapas de permeabilidad son predictores de la transformación hemorrágica de los infartos isquémicos.

Estos hallazgos pueden utilizarse para seleccionar los pacientes que pueden recibir terapia trombolítica. La PRM se puede usar antes y después del uso de vasodilatadores, como dióxido de carbono, anhidrasa carbónica o acetazolamida. Producto de una pobre respuesta al uso de agentes vasodilatadores, la PRM puede mostrar otras alteraciones en el hemisferio cerebral ipsilateral a la estenosis carotídea grave u oclusión, como retraso en el tiempo de llegada del contraste, TTP y un prolongado TTM. (Fayed et al., 2010).

### **6.8.2 Tumores cerebrales**

El principio básico de PRM en la imagen oncológica es el aumento de las demandas metabólicas debido al rápido crecimiento celular y al aumento del recambio celular. La hipoxia e hipoglucemia que se producen estimulan la actividad angiogénica a través de la producción de citoquinas. Como consecuencia, estos tumores presentan una mayor proporción de vasos inmaduros y, por tanto, un incremento patológico de su permeabilidad. Esta neoangiogénesis puede cuantificarse mediante la PRM. (Guzmán et al., 2012)

La morfología vascular y el grado de angiogénesis son elementos importantes a la hora de evaluar los diferentes tipos de tumores y determinar la agresividad biológica de las neoplasias intracraneales. La angiogénesis es un proceso complejo imprescindible para el crecimiento y metástasis de los tumores malignos. Un crecimiento del tejido sólido tumoral más allá de 1-2 mm no puede darse sin un adecuado soporte vascular. (Revert et al., 2014)

Al realizar estudios de PRM en tumores, el parámetro hemodinámico que se debe evaluar es el rVSC. Las regiones con alto rVSC representan las áreas de mayor densidad capilar y, por tanto, de mayor agresividad tumoral. Este método es seguro cuando la fuga o escape vascular de contraste es bajo. Sin embargo, cuando el escape vascular es alto, el valor del rVSC puede ser subestimado. Las medidas de rVSC en estudios de técnicas con contraste de susceptibilidad magnética dinámica (DSC) han mostrado correlación con los datos de la angiografía convencional e histología. (Fayed et al., 2010)

La gradación de los tumores cerebrales es de gran importancia puesto que, en la mayoría de los casos, los tumores de alto grado (grado III y IV de la OMS y las metástasis) necesitan de tratamiento complementario mediante quimioterapia y radioterapia tras la cirugía

mientras que en las neoplasias de bajo grado (grado I y II) es más controvertida la utilización de tratamientos adicionales tras la resección quirúrgica. El grado tumoral también se relaciona con el pronóstico de la enfermedad puesto que el tiempo de supervivencia es significativamente menor en los tumores de alto grado. (Guzmán et al., 2012)

La mayoría de los artículos publicados acerca de la determinación del grado tumoral se basan en gliomas.

Hay estudios que establecen valores de corte para categorizar el grado tumoral en base a los resultados de los estudios de perfusión, de tal forma que valores intratumorales de CBV < 2.5 se asocian a bajo grado, mientras que los de alto grado superan los 3.5. También se estudia la periferia tumoral atendiendo a los mismos datos (bajo grado <1.9, alto grado >1.9), en base a la infiltración tumoral de los tejidos circundantes (neovascularización en periferia asociada a la infiltración). En los gliomas de alto grado se observa el fenómeno de recirculación. (Alemán et al., 2012)

En pacientes que reciben quimioterapia, la PRM puede ser un método no invasivo para ver cambios en el rVSC y monitorizar la eficacia terapéutica. Los mapas de rVSC han detectado progresión tumoral antes que otras modalidades de imagen. En un estudio que siguió la evolución de 59 pacientes con mapas de rVSC, se detectó progresión tumoral 4,5 meses antes que con RM en el 32%, 4,5 meses antes que el SPECT en el 63%, y unos 6 meses antes que las manifestaciones clínicas en el 55%. Los astrocitomas de bajo grado tienen un rVSC menor con respecto al de los astrocitomas anaplásicos o glioblastomas. Esto es útil para indicar el lugar donde realizar biopsias estereotáxicas y para disminuir la tasa de errores de la histología en gliomas de alto grado debido a la heterogeneidad del tumor, siendo esto particularmente interesante en tumores que no captan contraste.

La presencia de rotura de la BHE predice malignidad tumoral con un 92% de sensibilidad y un 90% de especificidad. Los estudios de DSC también son útiles en la diferenciación entre masas intra y extraaxiales, en los que típicamente las masas extraaxiales tienen valores más altos de rVSC. Los resultados de un estudio preliminar sugieren la diferencia de susceptibilidad en las curvas de intensidad señal-tiempo si un meningioma recibe aporte vascular dural o pial. (Fayed et al., 2010)

Los linfomas representan neoplasias que presentan una relativa disminución de los valores de VSC. Esto se explica porque presentan un patrón de infiltración angiocéntrica donde las células tumorales forman capas concéntricas perivasculares sin que la neovascularización sea un hallazgo prominente. (Guzmán et al., 2012)

El linfoma primario cerebral es una neoplasia de alto grado de malignidad que por imagen puede confundirse con un glioblastoma, metástasis e incluso procesos infecciosos, particularmente la toxoplasmosis cerebral. Su diagnóstico diferencial es importante por las diferencias en los enfoques terapéuticos entre las diferentes lesiones mencionadas. Los linfomas presentan valores bajos de rVSC (media:  $1,44 \pm 0,67$ ) en comparación con los glioblastomas (media:  $5,5 \pm 4,5$ ). También existen diferencias entre el linfoma, con aumento de rVSC en éste, y disminución en la toxoplasmosis. Establecer diagnóstico diferencial, entre abscesos y tumores quísticos es complicado con los métodos convencionales. La cápsula de los abscesos presenta valores bajos de rVSC ( $0,76 \pm 0,12$ ) comparado con la sustancia blanca contralateral. Los gliomas y las metástasis presentan valores altos de rVSC en la porción capsular, siendo éstos  $5,51 \pm 2,08$  y  $4,58 \pm 2,59$ , respectivamente. (Fayed et al., 2010)

La perfusión puede ser necesaria para diferenciar un glioma de una metástasis. Las medidas de rVSC en las regiones perilesionales son mayores en el caso de un glioma de alto grado,

debido a que éste presenta un edema infiltrativo, y menores en el caso de metástasis, ya que el edema es puramente vasogénico. El edema vasogénico acompañante está constituido por una fuga de agua de los capilares y las células tumorales no están presentes fuera de la masa neoplásica. Este líquido que migra desde el sistema vascular destruye la microcirculación y disminuye el flujo sanguíneo cerebral. Sin embargo, en los gliomas las células tumorales están presentes en el edema peritumoral, por tanto, en esta zona la vascularización está relativamente preservada. Los datos obtenidos en la periferia de la lesión dan como resultado que las metástasis tienen menor VSC (<1.1-1.2; las metástasis tienen bordes bien definidos y menor infiltración). Excepciones a esta regla son las metástasis de tumor de células pequeñas anaplásico y algunos melanomas. (Alemán et al., 2012)

La radioterapia resulta tóxica en el parénquima cerebral normal aún a niveles terapéuticos. Se ha observado disminución significativa de los volúmenes sanguíneos a nivel de la sustancia gris (6.3 mm<sup>3</sup>/ 100 grs) y sustancia blanca (3.1 mm<sup>3</sup>/ 100 grs) en las regiones cerebrales que fueron irradiadas.

En relación con la presencia de lesiones recidivantes o recurrentes, deben considerarse ciertos factores de riesgo como son la angiogénesis que puede determinar el flujo sanguíneo, el metabolismo y la tasa de crecimiento de la lesión residual o recurrente sobre el lecho vascular tumoral, que han sido demostrados en modelos experimentales. En resumen, altas tasas metabólicas y elevados valores de flujo sanguíneo que están en relación con la angiogénesis, coinciden con un rápido crecimiento tumoral. En la experiencia de algunos autores, los lechos tumorales con antecedentes de radioterapia que presentaron baja señal en los mapas de rVSC, se interpretaron como radionecrosis. Las lesiones donde se observó incremento de la señal en los mapas de rVSC se describieron como recidiva ó recurrencia tumoral. Aronen y colaboradores

refieren que la necrosis puede ser diferenciada de tumor por la presencia de restricción en los mapas del rVSC con relación a los mapas observados de la sustancia blanca en el hemisferio contralateral. La diferenciación entre el tumor viable y la sustancia gris adyacente es más difícil debido a que este tejido puede observarse isointenso en los mapas de VSC. (Salgado et al., 2002)

### ***6.8.3 Epilepsia***

La RM convencional se ha utilizado extensamente para detectar los cambios en el tejido cerebral producidos por las crisis convulsivas crónicas o para el diagnóstico de lesiones que originan las crisis. Sin embargo, en muchas ocasiones no se asocian a cambios observables en la RM convencional.

La PRM es sensible a cambios fisiológicos que ocurren en el cerebro en períodos ictales e interictales. Se ha demostrado una hiperperfusión cerebral usando la PRM durante los períodos ictales. Las áreas con aumento de perfusión demostradas con RM concuerdan en forma racional con las regiones que se cree que son epileptogénicas, basadas en los síntomas y exámenes clínicos. En períodos interictales, muchos estudios muestran hipoperfusión. Aunque se ha descrito una asimetría en los mapas de FSC en la región temporal mesial de un 5% en sujetos normales, asimetrías mayores se han descrito en pacientes con epilepsia del lóbulo temporal. Las zonas de hipoperfusión también son útiles para localizar el foco epileptogénico.

### ***6.8.4 Esquizofrenia***

Los estudios de perfusión de pacientes esquizofrénicos están casi siempre limitados por razones logísticas. En un estudio de PRM de 10 pacientes esquizofrénicos, se observó aumento del VSC en ambas cortezas occipitales, ganglios basales y cerebelo. Otro estudio ha encontrado disminución en la perfusión de la corteza prefrontal en los pacientes con esquizofrenia.

### **6.8.5 Migraña**

Los estudios de imagen están indicados en los casos de cefaleas atípicas. Las nuevas modalidades funcionales de imagen nos han permitido dilucidar y explorar múltiples aspectos en la patogénesis de la migraña.

Durante los ataques, el 74% de los pacientes presentó una hipoperfusión focal unilateral, principalmente en la región occipital. Las áreas de bajo flujo generalmente correspondieron con el sitio de dolor. En las migrañas con auras se observaron zonas de hipoperfusión en dos tercios de los pacientes.

Durante los ataques se observó una marcada reducción de flujo en la mayoría de los pacientes (85%), principalmente en la región parietooccipital. Un estudio encontró que durante las auras hay un descenso significativo del rFSC (27%) en la corteza occipital contralateral al hemisferio visual afectado. En las migrañas sin auras no se observaron cambios hemodinámicos. Estos hallazgos sugieren que los cambios en el flujo sanguíneo del lóbulo occipital son más característicos de las migrañas con auras.

### **6.8.6 Esclerosis múltiple**

Desde hace mucho tiempo se conoce que el proceso inflamatorio vascular cerebral es un evento crítico en la patogénesis de la esclerosis múltiple, y que las placas típicas de esclerosis múltiple se desarrollan a lo largo de las estructuras venosas, por lo que la perfusión cerebrovascular puede estar potencialmente alterada debido a la estrecha relación entre la esclerosis múltiple y la patología vascular. Ge et al estudiaron las características de perfusión de las lesiones de esclerosis múltiple con PRM, y encontraron una disminución en la perfusión en las lesiones y sustancia blanca

contralateral de apariencia normal de los pacientes al compararlos con los controles.

Al comparar las lesiones de esclerosis múltiple que realzan con contraste con la sustancia blanca contralateral de apariencia normal, encontraron un aumento significativo del VSC, lo que indica la presencia de vasodilatación por el proceso inflamatorio. La PRM también ha demostrado utilidad en diferenciar lesiones desmielinizantes tumefactivas de los tumores que pueden simularlas, encontrando diferencias estadísticamente significativas en los valores de rVSC de las lesiones desmielinizantes tumefactivas y los tumores.

#### ***6.8.7 Enfermedad de Alzheimer (EA) y otras demencias.***

Es un trastorno neurodegenerativo que provoca una pérdida progresiva de la memoria y de las funciones cognitivas. El daño neuropatológico es más grave en la región temporal posterior, lóbulo parietal inferior y estructuras límbicas, con escasa afectación de la corteza motora y sensitiva primaria. Inicialmente, las medidas cuantitativas (estudios de volumetría) de las estructuras mediales del lóbulo temporal describieron diferencias significativas entre la EA y los otros tipos de demencias. Los test cognitivos pueden demostrar demencias caracterizadas por problemas de memoria y déficit del lenguaje en pacientes con TC o RM normales para su edad. Esto ha llevado al desarrollo y aplicación de nuevas técnicas capaces de detectar alteraciones en estos pacientes para el diagnóstico, predicción y seguimiento. Harris et al encontraron que las ratios de rVSC (tomando como referencia el rVSC del cerebelo) en la corteza temporoparietal eran un 20% más bajas en los pacientes con EA, presentando una sensibilidad del 95% en pacientes con EA moderada y del 88% en los casos leves. La especificidad fue del 96%. También se ha encontrado disminución en las ratios de rVSC en la corteza temporoparietal en EA, con una sensibilidad y especificidad del 91 y 90%, respectivamente.

González refiere, en un estudio de 10 pacientes con demencia senil del tipo Alzheimer, 78% de concordancia entre los hallazgos observados en los mapas de rVSC y los estudios de tomografía de emisión de positrones. En otro estudio comparativo de pacientes con enfermedad de Alzheimer y los sujetos controles, se encontró disminución ( $P < 0.01$ ) en los mapas de rVSC en 17%, en las regiones temporoparietales de los pacientes con Alzheimer y reducción en un 85 % en las regiones sensitivo-motoras. Los mapas de rVSC fueron normales en los sujetos controles.

Valores más bajos de sensibilidad y especificidad se obtuvieron en la corteza sensitivo-motora e hipocampo. Johnson et al encontraron que los pacientes con EA presentaban hipoperfusión en la corteza parietal inferior derecha, ambas circunvoluciones del cíngulo posterior, ambas circunvoluciones frontales superiores y medias, y, con menos frecuencia, en el lóbulo parietal inferior izquierdo. Callen et al demostraron que los pacientes con EA muestran una significativa disminución de la perfusión en las estructuras límbicas.

La perfusión del cíngulo posterior permitió discriminar entre pacientes con EA de controles normales con una efectividad del 93% (sensibilidad del 95% y especificidad del 88%). La EA debe diferenciarse de la depresión mayor. Los estudios de perfusión también han demostrado utilidad en diferenciar estas entidades.

Recientemente, se han realizado estudios para tratar de establecer un diagnóstico diferencial de los diferentes tipos de demencias. Se ha descrito que la perfusión occipital medial es significativamente menor en la demencia por cuerpos de Lewy que en la EA. La enfermedad de Parkinson sin demencia presenta menos flujo parietal y frontal al compararla con los controles normales.

Cuando los pacientes con enfermedad de Parkinson presentan demencia, la reducción del flujo se extiende a otras áreas, incluyendo la región occipital. La enfermedad de Parkinson con demencia y la demencia de cuerpos de Lewy muestran patrones de reducción de flujo similares, aunque el flujo frontal está más reducido en la demencia por cuerpos de Lewy (Fayed et al., 2010).

## VII. DISEÑO METODOLOGICO

### 7.1 Tipo de estudio:

Descriptivo, observacional, retrospectivo de corte transversal.

### 7.2 Área de estudio:

Se realizó en el área de resonancia magnética del Hospital Bautista.

### 7.3 Población y periodo de estudio:

Todos los pacientes que se realizaron perfusión cerebral por resonancia magnética durante el período de agosto 2014 - agosto 2016.

### 7.4 Muestra:

No probabilística por conveniencia, correspondiente a 80 pacientes.

### 7.5 Unidad de Análisis:

Los pacientes con afectaciones neurológicas a los que se les realizó perfusión cerebral por resonancia magnética.

### 7.6 Criterios de inclusión:

- ✓ Se incluyeron los pacientes que se realizaron el estudio de perfusión cerebral por resonancia magnética durante el periodo de estudio.
- ✓ Pacientes mayores de 15 años de edad. Sin importar sexo, procedencia, escolaridad y condición social, o que haya sido referido de otra institución de salud afiliada o bien sean por demanda espontánea.

## 7.7 Criterios de exclusión:

- ✓ Estudios de perfusión cerebral no valorables.

## 7.8 Variables del estudio

- ✓ Primer objetivo: Edad, Sexo, Escolaridad y ocupación.
- ✓ Segundo objetivo: Antecedentes personales patológicos.
- ✓ Tercer objetivo: Manifestaciones clínicas.
- ✓ Cuarto objetivo: Localización de la lesión.
- ✓ Quinto objetivo: perfusión normal, hipoperfusión, hiperperfusión, hipo/hiperperfusión, hiper/hipoperfusión.

## Operacionalización de variables.

Variable	Sub variable	Definición	Indicador	Valor o Categoría de variable	Tipo de Variable
Primer objetivo					
Características sociodemográficas	Edad	Tiempo de vida transcurrido desde el nacimiento hasta la edad cumplida en años al momento del estudio.	Años o grupos etarios.	15-25 años 26-35 años 36-45 años 46-55 años 56-65 años 66-75 años 75-100 años No especificado	Cuantitativa Discreta
	Sexo	Condición orgánica que distingue a los hombres de las mujeres.	Género	Femenino Masculino	Cualitativa Nominal dicotómica
	Escolaridad	Nivel académico que alcanzó el individuo hasta el momento del estudio.	Nivel	Analfabeto Primaria Secundaria Universitario No registrado	Cualitativa Ordinal

	Ocupación	Actividad laboral a la que se dedica.	Trabajo	Ama de casa Medico Estudiante Chofer Profesor Ingeniero Abogado Chef Otro No especificado	Cualitativa Nominal
Segundo objetivo					
Antecedentes	Antecedentes personales patológicos	Información sobre la salud de una persona lo cual permite manejar y darle seguimiento a su propia información de salud.	Patología	Hipertensión Diabetes Osteoartritis Asma Hipotiroidismo Hipertiroidismo Migraña Alergias Epilepsia LES Esclerosis múltiple Cardiopatías Cáncer Otro Negado Desconocido	Cualitativa Nominal
Tercer objetivo					
Manifestación clínica		Signos y síntomas que presenta el paciente por lo cual acude a realizarse el estudio.	Signo o síntoma	Cefalea Disminución de la fuerza muscular Mareo Vértigo Síncope Epistaxis Hemiplejía Disartria Dislalia Convulsiones Fiebre Vómito Epigastralgia Parestesia Desviación de la comisura labial Retención urinaria Movimientos involuntarios Pérdida de la atención	Cualitativa Nominal

				Dolor cervical Pérdida de la visión Hipoacusia Otra Sin datos clínicos	
<b>Cuarto objetivo</b>					
Localización de la lesión	_____	Región anatómica del cerebro donde se produce la alteración funcional, orgánica o psíquica, consecutiva tanto a factores internos como externos.	Sitio anatómico	Hemisferio cerebral derecho Hemisferio cerebral izquierdo Ambos hemisferios cerebrales Hemisferio cerebeloso derecho Hemisferio cerebeloso izquierdo Puente Mesencéfalo Tálamo Ganglios basales Ventrículo lateral derecho Ventrículo lateral izquierdo III Ventrículo IV Ventrículo Cuerpo caloso Hipotálamo Vermis cerebeloso.	Cualitativa Nominal
<b>Quinto objetivo</b>					
Perfusión	_____	Cantidad de sangre transportada a la red capilar de un bloque de tejido durante cierto período de tiempo.	Flujo	Normal Hipoperfusión Hiperperfusión Hipo/Hiperperfusión Hiper/Hipoperfusión	Cualitativa Nominal

### 7.9 Método e instrumento para recolección de la información:

Fuente de información:

Secundaria: tomada de los documentos (cuaderno de historias clínicas de resonancias) que se encuentran en archivos del Hospital Bautista y de los reportes agregados en una base de datos computarizada en el servicio de radiología (Clinsis).

Para cumplir con los objetivos del estudio se elaboró un instrumento de recolección de la información (ficha) que contiene los datos generales del paciente, antecedentes personales patológicos, las manifestaciones clínicas, así como los hallazgos de perfusión que incluyen la localización de la lesión y la interpretación del flujo en dicha área.

Se verificó el instrumento como muestra de prueba piloto para validarlo y poder ser utilizado para la recolección definitiva, donde se pudo observar que cumplía con el requisito y permitía recolectar la información esperada según los objetivos específicos del estudio.

#### Procedimientos:

Una vez formulado el instrumento de recolección de la información se procedió a solicitar el permiso a la dirección del hospital y al jefe de servicio para acceder a los datos e imágenes de los estudios realizados.

Los estudios de perfusión cerebral se efectuaron en un resonador marca General Electric modelo BRIVO MR 355 de 1.5 Tesla. Se realizaron secuencias convencionales de RESONANCIA DE ENCEFALO en fase simple y secuencia funcional de PERFUSION. Para el estudio se tomó en cuenta sólo la secuencia de perfusión.

La perfusión por resonancia magnética (PRM) se basó en el monitoreo dinámico del paso de medio de contraste: Gadolinio (Gadovist: Gadobutrol 1mmol/ml) en la microcirculación cerebral a dosis de 0.2 ml/kg, aplicado con bomba inyectora a 4 ml/seg.

Los parámetros utilizados en el estudio de perfusión en nuestra institución fueron los siguientes:

<b>Parámetro</b>		<b>Parámetro</b>	
TR	1800	Matriz	96 x 96
TE	40	Número de adquisiciones	1
Angulo	60°	Series dinámicas	40
Espesor	5 mm	Secuencia	Multi-Phase ASSET Gradient Echo EPI
FOV	24 cm	Tiempo de adquisición total	1:12 minutos
Plano	Oblicuo	Tiempo de cada serie dinámica	40 segundos.
SCAN%	70	Número total de imágenes	960
Número de cortes	24	Modo	2D

Hay que tener en cuenta que aproximadamente un 60 % de los estudios de perfusión se realizaron con inyección manual de medio de contraste endovenoso, ya que el inyector se adquirió hasta el 2016.

#### 7.10 Método e instrumento para analizar la información:

Para el procesamiento de datos y su posterior análisis estadístico se utilizó el programa informático IBM SPSS Statistics versión 20, así mismo se usó Microsoft Excel 2016 para la elaboración de las gráficas en base a las tablas obtenidas en SPSS.

A los resultados obtenidos del programa SPSS se les determinó frecuencias y porcentajes.

#### 7.11. Aspectos éticos:

La información recolectada se utilizó con fines investigativos. Cabe destacar que fue anónima y que los resultados se dieron a conocer en la institución donde se realizó

el estudio para que contribuya de alguna manera en la mejora de la atención a la población demandante del servicio. Se pidió el consentimiento a la dirección del hospital y al jefe del servicio de radiología.

## VIII. RESULTADOS

En el estudio se incluyeron 80 pacientes, de los cuales 49 fueron del sexo femenino y 31 del sexo masculino. El grupo etario de mayor frecuencia en el sexo femenino fue el de 26-35 años correspondiente al 22.4 % (11) y en el sexo masculino fueron los grupos etarios de 15-25 años y 46-55 años, cada uno representando el 19.4 % (6). (Ver tabla #1)

Con respecto a la ocupación de los pacientes se encontró que del 100 % de pacientes (49) del sexo femenino: 46.9 % (23) no tenían especificada su ocupación, 30.6 % (15) eran ama de casa, 12.2 % (6) estudiante, 2% (1) médico y 8.2 % (4) otra ocupación. En el sexo masculino del 100 % de pacientes (31): el 67.7 % (21) no especificaron su ocupación, 19.4 % (6) estudiante, 6.5 % (2) chofer, 3.2 % (1) ingeniero y 3.2 % (1) médico. (Ver tabla #2)

Con respecto a los antecedentes patológicos se encontró en el 100 % (49 pacientes) del sexo femenino que el 34.7 % (17) no presentó ninguna patología crónica, 14.3 % (7) hipertensión, 8.2 % (4) migraña, 8.2 % (4) insuficiencia cardíaca, 6.1 % (3) diabetes mellitus, 6.1 % (3) LES, 4.1 % (2) cáncer de mama, 4.1 % (2) hipertiroidismo, 2 % (1) esclerosis múltiple, 2 % (1) osteoartritis, 2 % (1) asma, 2 % (1) hipotiroidismo y 6.1 % (3) desconocidos. Del 100 % (31 pacientes) del sexo masculino: 29 % (9) presentaron hipertensión, 16.1 % (5) no tenían ninguna enfermedad crónica al momento del estudio, 9.7 % (3) asma, 6.5 % (2) epilepsia, 6.5 % (2) diabetes mellitus, 3.2 % (1) leucemia, 3.2 % (1) migraña, 3.2 % (1) otras y 22.6 % (7) desconocidos. (Ver tabla #3)

En cuanto a los hallazgos de perfusión cerebral por resonancia magnética en función al sexo se encontró que del 100 % (37 pacientes) de las perfusiones normales, el 65 % (24) correspondió al sexo femenino y 35 % (13) al sexo masculino. Del 100 % (15 pacientes) de hiperperfusión; 67 % (10) son del sexo femenino y 33 % (5) del sexo masculino. Del 100 % (25 pacientes) de la hipoperfusión; 56 % (14) son del sexo femenino y 44 % (11) del sexo masculino. Del 100 % (1 paciente) de hipo/hiperperfusión correspondió al sexo femenino y del 100 % (2 pacientes) de la hiper/hipoperfusión correspondieron al sexo masculino. (Ver tabla #4)

Los patrones de perfusión cerebral según los antecedentes personales patológicos fueron los siguientes: en los pacientes con perfusión normal (37 pacientes) se encontró que 11 presentaron hipertensión, 9 no presentaron ninguna patología crónica, 5 presentaron migraña, 3 diabetes mellitus, 3 lupus eritematoso sistémico, 2 con antecedentes patológicos desconocidos, 1 con epilepsia, 1 con hipertiroidismo, 1 con leucemia y 1 con asma. De los pacientes con hiperperfusión (15 pacientes), 7 de ellos negaron tener alguna enfermedad crónica, 4 con antecedentes patológicos desconocidos, 1 con hipertensión, 1 con esclerosis múltiple, 1 con insuficiencia cardíaca y 1 con diabetes mellitus. De los pacientes con hipoperfusión (25 pacientes), 5 pacientes negaron patología crónica, 4 hipertensión, 4 con antecedentes patológicos desconocidos, 2 con cáncer de mama, 2 con insuficiencia cardíaca, 2 con asma, 1 con epilepsia, 1 con hipertiroidismo, 1 con diabetes mellitus, 1 con osteoartritis, 1 con hipotiroidismo y 1 con otra enfermedad. Se encontró un paciente con insuficiencia cardíaca que presentó hipo/hiperperfusión. De los 2 pacientes con hiper/hipoperfusión, 1 de ellos tiene antecedente patológico de asma y 1 niega antecedente de patología crónica. (Ver tabla #5)

El patrón de perfusión cerebral por resonancia magnética según el cuadro clínico fue el siguiente: Se encontraron 37 pacientes con perfusiones normales de los cuales 15 de ellos manifestaron cefalea, 5 convulsiones, 3 mareo, 3 dolor cervical, 2 pérdida de la visión, 2 parestesia, 1 disminución de la fuerza muscular, 1 retención urinaria, 1 movimientos involuntarios, 1 hipoacusia, 1 vértigo, 1 síncope y 1 otra manifestación. De los 25 pacientes que presentaron hipoperfusión, 6 de ellos refirieron cefalea, 5 convulsiones, 4 sin datos clínicos, 2 hemiplejía, 2 disartria, 1 epistaxis, 1 vómito, 1 disminución de la fuerza muscular, 1 desviación de la comisura labial, 1 pérdida de la atención y 1 pérdida de la visión. De 15 pacientes con hiperperfusión, 4 de ellos no tenían datos clínicos, 3 con convulsiones, 2 cefalea, 2 disminución de la fuerza muscular, 1 dislalia, 1 fiebre, 1 movimientos involuntarios y 1 mareo. Se encontró que un paciente con hemiplejía presentó hipo/hiperperfusión y de los 2 pacientes que presentaron hiper/hipoperfusión 1 de ellos manifestó cefalea y 1 convulsiones. (Ver tabla #6)

Con respecto a los patrones de perfusión cerebral por resonancia magnética según la localización de la lesión se encontró que se presentó perfusión normal en 34 pacientes donde el parénquima cerebral no mostró ninguna lesión; sin embargo, se observó perfusión normal en 3 pacientes que tenían lesión 1 de ellos en ambos hemisferios cerebrales, 1 en el hemisferio cerebral derecho y 1 en el hemisferio cerebral izquierdo. Se encontró hiperperfusión en 8 pacientes con lesiones localizadas en el hemisferio cerebral derecho, 3 en el hemisferio cerebral izquierdo, 2 en ambos hemisferios cerebrales, 1 en el hipotálamo y 1 en el mesencéfalo. Se demostró hipoperfusión en 13 pacientes con lesión en el hemisferio cerebral derecho, 7 en el hemisferio cerebral izquierdo, 3 en ambos hemisferios cerebrales, 1 en el hemisferio cerebeloso derecho y 1 en el hemisferio

cerebeloso izquierdo. Se encontraron 2 pacientes con hiperperfusión/hipoperfusión en el hemisferio cerebral izquierdo. Por último, se encontró un paciente con hipoperfusión/hiperperfusión en el hemisferio cerebral derecho. (Ver tabla #7)

En cuanto a las patologías diagnosticadas según los hallazgos de perfusión cerebral por resonancia magnética se encontraron 34 pacientes en los cuales su perfusión fue normal sin encontrar ninguna patología, así como 2 pacientes con perfusión normal cuya patología fue esclerosis mesial temporal y 1 paciente con perfusión normal cuyo diagnóstico fue encefalitis herpética. Se encontró hiperperfusión en pacientes con las siguientes patologías: 3 con infarto isquémico hiperagudo, 2 con infarto isquémico agudo, 1 con displasia cortical, 1 con hiperperfusión temporal, 1 con astrocitoma, 1 con meduloblastoma, 1 con lesión glial de bajo grado, 1 con lesión glial de alto grado, 1 con residual tumoral, 1 con neurocisticercosis en fase nodular, 1 con meningoencefalitis y en 1 con esclerosis múltiple. Se observó hipoperfusión en pacientes que presentaron las siguientes patologías: 3 con lesiones de la sustancia blanca tipo desmielinizante, 3 con quiste aracnoideo, 3 con infarto lacunar, 3 con infarto isquémico subagudo, 3 con hipoperfusión temporal, 2 con infarto isquémico agudo, 2 con infarto isquémico crónico, 2 con neurocisticercosis, 1 con proceso preictal, 1 con lesión metastásica, 1 con radionecrosis y 1 con absceso. Se encontró hipoperfusión periférica/hiperperfusión en el centro en 1 paciente con carcinomatosis meníngea. Se observó hiperperfusión periférica/hipoperfusión en el centro en 1 paciente con glioblastoma multiforme y en 1 paciente con tumor de células ganglionares. (Ver tabla #8)

## IX. DISCUSION Y ANALISIS

La perfusión cerebral es un parámetro fisiológico y fisiopatológico que puede ser evaluado de forma no invasiva con resonancia magnética. Las técnicas de perfusión por resonancia magnética (PRM) permiten la valoración de la microvasculatura cerebral mediante los cambios de señal debidos al paso intravascular de un trazador. La técnica más empleada se basa en la susceptibilidad magnética del gadolinio en secuencias T2\*, y los parámetros más comúnmente valorados son el volumen sanguíneo cerebral, el flujo sanguíneo cerebral y el tiempo de tránsito medio. En los estudios de PRM deben considerarse diversos aspectos técnicos, como la secuencia empleada y la dosis o la velocidad de inyección del contraste. Se utiliza cada vez más en la práctica clínica para clasificar gliomas, diferenciar diferentes tipos de tumores cerebrales y distinguir tumores de lesiones no neoplásicas.

Sobre las bases de las consideraciones anteriores, se realizó la presente investigación con la finalidad de conocer los hallazgos de la perfusión cerebral por resonancia magnética en los pacientes con patologías neurológicas que acudieron al área de resonancia del Hospital Bautista durante agosto 2014 – agosto 2016. Los resultados del presente trabajo señalan que el grupo etario con mayor número de estudios de perfusión de la población evaluada correspondió a la edad de 26-35 años. Se encontró que este grupo etario seleccionado no significa un factor catalizador en función a los hallazgos encontrados. En primer lugar, es bien sabido que el envejecimiento normal va acompañado de una atrofia cerebral. Según la bibliografía consultada durante muchos años, múltiples estudios de imagen han informado de una disminución en el flujo sanguíneo cerebral (FSC) con el avance de la edad, principalmente en las regiones frontal y parietal. El

adelgazamiento de la corteza produce una mayor contaminación de los vóxeles de materia gris por la sustancia blanca y el LCR, lo que reduce la perfusión de la materia gris medida (y por lo tanto aumenta la aparente reducción de la perfusión con la edad). En general, estas reducciones de FSC se han interpretado como una consecuencia de la reducción de la actividad cerebral, como la reducción de las tasas metabólicas cerebrales de glucosa y oxígeno, con el avance de la edad. Sin embargo, también hay evidencia de compromiso de la integridad cerebrovascular con la edad avanzada que podría ser una causa de la reducción de FSC. Específicamente, se ha reconocido que los vasos pequeños, es decir, las arteriolas, experimentan alteraciones morfológicas con el avance de la edad, tales como el engrosamiento y el daño de las paredes de los vasos que dan lugar a una disminución de la adherencia arterial. Desde esta perspectiva, una reducción del FSC (y el metabolismo) podría ser un efecto secundario de la actividad cerebral reducida en lugar de un factor dependiente. (Liu et al., 2011)

Con respecto al género el más frecuente fue el femenino, encontramos que no hubo interacciones significativas entre el avance de la edad y el género, lo que implica que los efectos de género fueron independientes de la edad. Los hallazgos también sugieren que los efectos de la edad junto con las diferencias entre los géneros deben ser tenidos en cuenta al estudiar la perfusión cerebral (Liu et al.,2011).

En relación a los hallazgos de perfusión cerebral según los antecedentes patológicos presentados por los pacientes estudiados, las afecciones más frecuentes fueron la tríada de hipertensión, insuficiencia cardíaca congestiva y diabetes mellitus. Según la literatura estas patologías son consideradas factores de riesgo para desarrollar eventos

cerebrovasculares, lo que se corresponde con lo encontrado en nuestra muestra de infartos isquémicos. (Restrepo, 2006)

En cuanto a las manifestaciones clínicas los más predominantes fueron cefalea y convulsiones siendo éstos de los principales indicadores neurológicos para diferentes patologías, según la literatura la relación entre migraña (o cefalea en general) y epilepsia es conocida desde hace siglos, pero sigue sin comprenderse en su totalidad. En 1898, un editorial en la Revista de la Asociación Médica Americana señalaba la necesidad de encontrar «una explicación plausible a las afinidades reconocidas desde hace tiempo entre migraña y epilepsia». Más de 100 años después, estas afinidades mantienen su relevancia clínica y científica. Migraña y epilepsia son ambos trastornos episódicos, caracterizados por ataques paroxísticos de disfunción cerebral transitoria. Presentan una elevada comorbilidad, y en ocasiones se confunden desde el punto de vista clínico. (Caminero & Manso, 2014)

Según los hallazgos en localización de la lesión por perfusión cerebral encontramos que la mayoría de los pacientes muestra un parénquima normal de perfusión, mientras tanto nuestros principales hallazgos de hipoperfusión se encuentran localizados en el hemisferio cerebral derecho, se analizó estos datos en base a la literatura sin encontrar ningún estudio en el que se encuentre alguna relación de la perfusión cerebral con la localización de la lesión.

Con respecto a la impresión diagnóstica según los hallazgos de la perfusión cerebral encontramos que lo referido en la literatura se asemeja a los hallazgos de nuestra población. Según Fayed et al (2010) en infartos isquémicos en estadios agudos es posible evaluar la hiperemia perilesional, caracterizada por un aumento en el VSC, encontrando en

nuestro estudio 5 casos de infartos isquémicos con hiperperfusión. Salgado et al (2002) mencionan que se produce una marcada reducción en el flujo sanguíneo cerebral (FSC) en fase irreversible del infarto, así mismo se encontró en nuestro estudio 8 casos de infarto en estadio subagudo y crónico que mostraban hipoperfusión, lo cual se corresponde con la literatura. En el caso de los tumores encontramos hiperperfusión en 4 tipos de estirpe tumoral, que se relaciona a lo que menciona Fayed et al. (2010) en la literatura. Se encontró un caso de metástasis cerebral que presentaba hipoperfusión, así como menciona Alemán et al (2012), que los datos obtenidos en la periferia de la lesión de las metástasis tienen menor VSC. Se encontró un caso de radionecrosis y un caso de residual tumoral con hallazgos corresponden a lo que menciona Salgado et al., en donde se dice que se ha observado disminución significativa de los volúmenes sanguíneos a nivel de la sustancia gris y sustancia blanca en las regiones cerebrales que fueron irradiadas y que en los lechos tumorales donde se observó incremento de la señal en los mapas de rVSC se describieron como recidiva o recurrencia tumoral. Se tuvo un caso de absceso cerebral en el que se encontró hipoperfusión y según Fayed et al (2010) la cápsula de los abscesos presenta valores bajos de rVSC comparado con la sustancia blanca contralateral. También se encontró un caso de esclerosis múltiple encontrando hiperperfusión lo cual se relaciona al aumento significativo de VSC encontrado por Fayed al comparar las lesiones de esclerosis múltiple que realzan con contraste con la sustancia blanca contralateral de apariencia normal.

## X. CONCLUSIONES

1. El sexo más afectado fue el sexo femenino y el grupo etario predominante fue el de 26-35 años.
2. Los antecedentes patológicos que predominaron fueron hipertensión, insuficiencia cardíaca y diabetes mellitus.
3. Las manifestaciones clínicas más frecuentes fueron cefalea y convulsiones.
4. La localización más frecuente de las lesiones fue el hemisferio cerebral derecho.
5. De los hallazgos de perfusión cerebral por resonancia magnética las patologías encontradas fueron infartos isquémicos en diferentes estadios, tumores, enfermedades infecciosas como abscesos y lesiones de tipo desmielinizante.

## **XI. RECOMENDACIONES**

1. La resonancia magnética continúa demostrando su alta versatilidad y sensibilidad frente a distintos cuadros patológicos, si bien la perfusión por sí sola no es opción para medición o diagnóstico con alta seguridad, su uso en conjunto con difusión, secuencias de angioresonancia, secuencias convencionales de resonancia magnética y el uso de espectroscopia, constituyen una poderosa herramienta para las diversas patologías que se puedan encontrar. A pesar de que no todos los centros cuentan con la secuencia de perfusión cerebral por resonancia magnética, por su rapidez y eficacia diagnóstica, es un estudio altamente recomendado.

2. Se recomienda desarrollar una base de datos externa en donde se pueda dar seguimiento a las diferentes patologías encontradas (tumores, esclerosis múltiple, entre otras) para el análisis de futuros estudios relacionados con la secuencia de perfusión y el seguimiento de los pacientes en estas diferentes patologías.

3. Implementar un formato de historia clínica del paciente que cumpla con todos los datos de interés para el neurorradiólogo, neurólogo y neurocirujano para realizar adecuadamente futuros estudios y evaluaciones. (Ver formato en anexos)

## XII. BIBLIOGRAFIA

Alemán, L., Puerto, A., Sánchez, L., Cegarro, F., Alemán, C. & Martínez N. (2012)

Técnicas avanzadas de imagen en resonancia magnética para la evaluación de la patología del sistema nervioso central. Obtenido de:

[http://seram2010.seram.es/modules/posters/files/difusin\\_perfusin\\_y\\_espectroscopia.pdf](http://seram2010.seram.es/modules/posters/files/difusin_perfusin_y_espectroscopia.pdf)

Alvarez, J., Muñoz, O. (2014) Perfusion cerebral por resonancia magnética. Chile:

Universidad de viña del mar. Obtenido de: <https://www.scribd.com/doc/225732027/Perfusion-Cerebral-Por-Rm>

Cabrera , A., Fernández-Ruanova, M. B., Saralegui, I., & Astigarraga, E. (2009).

Análisis de la adecuación de las indicaciones diagnósticas de las siguientes técnicas de aplicación de la RM cerebral: Espectroscopia por RM, Difusión, Perfusion de gadolinio y RM funcional, activación cerebral en el diagnóstico neurológico avanzado. Investigación comisionado. Vitoria Gasteiz. Departamento de sanidad. *Biblioteca general del gobierno vasco*. Obtenido de:

<http://www.euskadi.net/ejgvbiblioteka>

Caminero, A., Manso, R. (2014) Vínculos existentes entre cefalea y epilepsia:

terminología y conceptos actuales. *Revista de Neurología*; 29: 453-63. Obtenido de:

<http://www.elsevier.es/es-revista-neurologia-295-articulo-vinculos-existent-entre-cefalea-epilepsia-S0213485311004476>

Castro, C., Mosto, F., & Díaz, M. (2002). Perfusion cerebral por resonancia

magnética. *Revista de Neuro-psiquiatría*; 65:63-69. Obtenido de :

[http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/neuro\\_psiquiatria/V65\\_n1/pdf/perfusion\\_resonancia.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/neuro_psiquiatria/V65_n1/pdf/perfusion_resonancia.pdf)

Cerezo, J., Villegas, R., Llanos, A., Rodríguez, R., Vivancos, J. (2008) Resonancia magnética perfusión en la diferenciación de los gliomas cerebrales. Metaanálisis y evaluación económica. Agencia de evaluación de tecnologías sanitarias de Andalucía. Obtenido de:

[http://www.aetsa.org/download/publicaciones/antiguas/AETSA\\_2006-12\\_RMPerfusion.pdf](http://www.aetsa.org/download/publicaciones/antiguas/AETSA_2006-12_RMPerfusion.pdf)

Fábregas, N., Valero, R. (2001) Fisiología cerebral y monitorización neurológica y de la profundidad anestésica. Obtenido de: <http://scartd.org/arxius/neurofisiologia.pdf>

Fayed, N., Castillo, J., Medrano, J. (2010) Perfusión por resonancia magnética: bases físicas y aplicación clínica. Revista de neurología; 50:23-32. Obtenido de:

[www.neurologia.com](http://www.neurologia.com)

Fisher, L. (2013) La historia de la radiología en Nicaragua: un resumen actualizado. Obtenido de: <http://colegionicaraguenseradiologia.blogspot.com/2013/03/la-historia-de-la-radiologia-en.html>

Guzmán, J. A., Fernández, P., Mateos, J. M., & Descó, M. (2012). Estudio de la perfusión cerebral mediante técnicas de susceptibilidad magnética: técnica y aplicaciones. Elsevier. Radiología 54 (3): 208-220. Obtenido de: <http://www.elsevier.es/es-revista-radiologia-119-articulo-estudio-perfusion-cerebral-mediante-tecnicas-S0033833811002153>

González, R.G. Molecular and Functional Magnetic Resonance Neuroimaging for the Study of Dementia. En: The Neurobiology of Alzheimer is Disease, Annals of the New York Academy of Sciences, New York, 1996; 777: 37 – 48. Obtenido de:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8624115>

Liu, Y., Zhu, X., Feinberg, D., Guenther, M., Rosen, H., Weiner, M & Schuff, N. (2011) AGE AND GENDER RELATED ALTERATIONS IN BRAIN PERFUSION DYNAMICS.

Obtenido de: <http://cds.ismrm.org/protected/11MProceedings/files/779.pdf>

Martínez-Martínez, A., & Martínez-Bosch, J. (2014). Resonancia magnética de perfusión en astrocitomas de alto grado: el volumen sanguíneo cerebral, la altura del pico y el porcentaje de recuperación de intensidad de señal ¿pueden discriminar entre progresión y pseudoprogresión? *Elsevier, Radiología* 56(1): 35-43. Obtenido de : <http://www.elsevier.es/es-revista-radiologia-119-articulo-resonancia-magnetica-perfusion-astrocitomas-alto-S0033833813000945>

Mora, E., Correa, L. (2014) Utilidad del estudio de la perfusión cerebral por resonancia magnética en los tumores cerebrales. Obtenido de: <https://www.scribd.com/document/339568167/Correa-Arroyave-Luz-Maria>

Nader, B., Marcel, M., Helmuth S., Franklin, M. (2012) Brain perfusion; How & Why [en línea], EEUU, Magnetom flash, Técnicas de perfusión, artículo pdf. Obtenido de: [https://www.healthcare.siemens.com/siemens\\_hwem-hwem\\_sxa\\_websites-context-root/wcm/idc/groups/public/@global/@imaging/@mri/documents/download/mdaw/mtix/~edisp/brain\\_perfusion\\_how\\_why-00093544.pdf](https://www.healthcare.siemens.com/siemens_hwem-hwem_sxa_websites-context-root/wcm/idc/groups/public/@global/@imaging/@mri/documents/download/mdaw/mtix/~edisp/brain_perfusion_how_why-00093544.pdf)

Restrepo, L. (2006) Diagnóstico del ACV con neuroimágenes. *Acta Neurología Colombia*; 22: 31-41. Obtenido de: [http://www.acnweb.org/acta/2006\\_22\\_1\\_31.pdf](http://www.acnweb.org/acta/2006_22_1_31.pdf)

Revert, A., Sanz, R., Martí, L., Pallardo, Y., Jornet, J., Gaspar, C. (2014) La heterogeneidad del flujo sanguíneo en resonancia magnética, biomarcador para clasificar por grados los astrocitomas cerebrales. *Elsevier, Radiología*; 56 (4): 328-338 Obtenido de: <http://www.elsevier.es/es-revista-radiologia-119-linkresolver-la-heterogeneidad-del-flujo-sanguineo-S0033833812001075>

Revert, A., Sanz, R., Martí, L., Jornet, J., Piquer, J., Cremades, A., & Carot, J. (2010). Análisis nosológico con parámetros de perfusión tisular de RM obtenidos mediante modelos monocompartmental y farmacocinético en los glioblastomas cerebrales. *Elsevier, Radiología* 52(5),

432-441. Obtenido de: <http://www.elsevier.es/es-revista-radiologia-119-articulo-analisis-nosologico-con-parametros-perfusion-S0033833810001682>

Rodríguez, G., Rivero, M., Gutiérrez, R., & Márquez, J. (2015). Conceptos básicos sobre la fisiopatología cerebral y la monitorización de la presión intracraneal. *Elsevier.Neurología*; 30 (1): 16-22. Obtenido de: <http://www.elsevier.es/es-revista-neurologia-295-articulo-conceptos-basicos-sobre-fisiopatologia-cerebral-S0213485312002691>

Salgado, P., Delgado, R., Rojas, R., Sánchez, J., Reynoso, G., Barrios, F. (2002) Aplicaciones clínicas de la resonancia magnética funcional. *Anales de Radiología México*; 2: 431-446. Obtenido de: <http://www.medigraphic.com/pdfs/anaradmex/arm-2002/arm022g.pdf>

Scott W. Atlas Resonancia magnética de cabeza y columna. Imagen de RM de perfusión. En D. Alsop Volumen I Cap. 8, (pp 215-236).

Vargas, A., Ayala, F., Sánchez, K. (2011) Determinación de la perfusión cerebral mediante el análisis densitométrico por medio de la tomografía craneal en pacientes hospitalizados por ECV isquémico. *Anales de Radiología México*; 2: 84-90. Obtenido de: <http://www.medigraphic.com/pdfs/anaradmex/arm-2011/arm112d.pdf>

# XIII. ANEXOS



## FICHA DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACION

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

UNAN – MANAGUA

Hospital Bautista



Tema: Hallazgos de perfusión cerebral por resonancia magnética en pacientes con patologías neurológicas atendidos en el área de resonancia del Hospital Bautista en el período comprendido agosto 2014 - agosto 2016.

### 1. Características sociodemográficas

Edad: \_\_\_\_\_ años. Escolaridad: \_\_\_\_\_

Sexo: \_\_\_\_\_ Ocupación: \_\_\_\_\_

### 2. Antecedentes personales patológicos. Marque con una X.

Patología		Patología	
Hipertensión		Epilepsia	
Diabetes		Migraña	
Asma		ACV	
Osteoartritis		Esclerosis múltiple	
Cardiopatías		Cáncer	
Nefropatías		Alergias	
Hipertiroidismo		LES	
Hipotiroidismo		Otro	
Desconocido		Negado	

**LES: Lupus eritematoso sistémico. ACV: Accidente cerebrovascular.**

### 3. Manifestaciones clínicas (Signos y síntomas). Marque con X.

Manifestación clínica		Manifestación clínica	
Cefalea		Hemiplejía	
Disminución de la fuerza muscular		Disartria	
Mareo		Dislalia	
Vértigo		Convulsiones	
Síncope		Fiebre	
Epistaxis		Vómito	
Movimientos involuntarios		Epigastralgia	
Dolor cervical		Parestesia	

Hipoacusia		Desviación de la comisura labial	
Retención urinaria		Pérdida de la atención	
Sin datos clínicos		Pérdida de la visión	
Otra			

**4. Localización de la lesión. Marque con una X.**

- a) Hemisferio cerebral derecho \_\_\_\_\_ izquierdo \_\_\_\_\_
- b) Hemisferio cerebeloso derecho \_\_\_\_\_ izquierdo \_\_\_\_\_
- c) Puente \_\_\_\_\_ d) Mesencéfalo \_\_\_\_\_ e) Tálamo \_\_\_\_\_
- f) Ganglios basales \_\_\_\_\_ g) Ventrículo lateral derecho \_\_\_\_\_
- h) Ventrículo lateral izquierdo \_\_\_\_\_ i) III Ventrículo \_\_\_\_\_
- j) IV Ventrículo \_\_\_\_\_ k) Cuerpo calloso \_\_\_\_\_
- l) Hipotálamo \_\_\_\_\_ m) Vermis cerebeloso \_\_\_\_\_
- n) Parénquima normal \_\_\_\_\_ o) Ambos hemisferios cerebrales \_\_\_\_\_

**5. Interpretación del flujo vascular del lado afectado en relación al lado sano.**

- Perfusión normal \_\_\_\_\_ Hipoperfusión/Hiperperfusión \_\_\_\_\_
- Hipoperfusión \_\_\_\_\_ Hiperperfusión/Hipoperfusión \_\_\_\_\_
- Hiperperfusión \_\_\_\_\_

**6. Interpretación diagnóstica según hallazgos de perfusión**

\_\_\_\_\_

# TABLAS

TABLA #1

**FRECUENCIA SEGÚN GRUPOS ETARIOS Y GÉNERO DE LOS PACIENTES A LOS CUALES SE LES PRACTICO EL ESTUDIO DE PERFUSION CEREBRAL POR RESONANCIA MAGNETICA EN EL HOSPITAL BAUTISTA PERIODO**

Grupos Etarios por Género		Género			
		Femenino		Masculino	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Grupos etarios	15-25 años	6	12.2%	6	19.4%
	26-35 años	11	22.4%	4	12.9%
	36-45 años	9	18.4%	3	9.7%
	46-55 años	7	14.3%	6	19.4%
	56-65 años	8	16.3%	3	9.7%
	66-75 años	2	4.1%	3	9.7%
	76-100 años	3	6.1%	3	9.7%
	No especificado	3	6.1%	3	9.7%
Totales		49	100%	31	100%

**COMPRENDIDO ENTRE AGOSTO 2014 – AGOSTO 2016.**

**Fuente: Ficha.**

TABLA #2

**FRECUENCIA DE OCUPACIONES SEGÚN GENERO DE LOS PACIENTES CON  
 PATOLOGIAS NEUROLOGICAS ATENDIDOS EN EL HOSPITAL BAUTISTA  
 PERIODO COMPRENDIDO ENTRE AGOSTO 2014 – AGOSTO 2016.**

Ocupación por Géneros de pacientes		Sexo			
		Femenino		Masculino	
		Frecuencia	Porcentajes%	Frecuencia	Porcentajes %
Ocupación	Ama de casa	15	30.6%		
	Estudiante	6	12.2%	6	19.4%
	Otros	4	8.2%		
	Chofer			2	6.5%
	Profesor				
	Ingeniero			1	3.2%
	Abogado				
	Medico	1	2.0%	1	3.2%
	Enfermero				
	Chef				
	No especificado	23	46.9%	21	67.7%
Totales		49	100%	31	100%

**Fuente: Ficha**

TABLA #3

ANTECEDENTES PATOLOGICOS SEGÚN GÉNERO DE LOS PACIENTES A LOS CUALES SE LES PRACTICO EL ESTUDIO DE PERFUSION CEREBRAL POR RESONANCIA MAGNETICA EN EL HOSPITAL BAUTISTA PERIODO COMPRENDIDO ENTRE AGOSTO 2014 – AGOSTO 2016.

Antecedentes Patológicos por Género		Sexo			
		Femenino		Masculino	
		Frecuencia	Porcentaje %	Frecuencia	Porcentaje %
Antecedentes Personales Patológicos	HTA	7	14.3%	9	29.0%
	Negados	17	34.7%	5	16.1%
	Epilepsia			2	6.5%
	Hipertiroidismo	2	4.1%		
	LES	3	6.1%		
	Leucemia			1	3.2%
	Esclerosis Múltiples	1	2.0%		
	Cáncer de mama	2	4.1%		
	Insuficiencia cardíaca congestiva	4	8.2%		
	DM	3	6.1%	2	6.5%
	OA	1	2.0%		
	Asma	1	2.0%	3	9.7%
	Hipotiroidismo	1	2.0%		
	Migraña	4	8.2%	1	3.2%
	Alergias				
	Otras			1	3.2%
	Desconocidos	3	6.1%	7	22.6%
Totales		49	100%	31	100%

Fuente: Ficha.

TABLA #4

**HALLAZGOS DE PERFUSION CEREBRAL SEGÚN GENERO DE LOS PACIENTES CON PATOLOGIAS NEUROLOGICAS ATENDIDOS EN EL HOSPITAL BAUTISTA PERIODO COMPRENDIDO ENTRE AGOSTO 2014 – AGOSTO 2016.**

Hallazgos de Perfusion cerebral en resonancia magnetica por Género		Hallazgos Resonancia									
		Perfusión normal		Hiperperfusión		Hipoperfusión		Hipoperfusión perifera/Hiperperfusión centro		Hiperperfusión perifera/Hipoperfusión centro	
		Frecuencia	Porcentajes %	Frecuencia	Porcentajes %	Frecuencia	Porcentajes %	Frecuencia	Porcentajes %	Frecuencia	Porcentajes %
Sexo	Femenino	24	▲ 65%	10	▲ 67%	14	▲ 56%	1	▲ 100%	0	▼ 0%
	Masculino	13	▼ 35%	5	▼ 33%	11	▼ 44%	0	▼ 0%	2	▲ 100%
Totales		37	▲ 100%	15	▲ 100%	25	▲ 100%	1	▲ 100%	2	▲ 100%

**Fuente: Ficha**

TABLA #5

**HALLAZGOS DE PERFUSION CEREBRAL POR RESONANCIA MAGNETICA  
SEGUN ANTECEDENTES PATOLOGICOS DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS  
EN EL HOSPITAL BAUTISTA PERIODO COMPRENDIDO ENTRE AGOSTO  
2014 – AGOSTO 2016.**

Antecedentes Personales Patologicos por Hallazgos de Perfusión		Hallazgos Resonancia				
		Perfusión normal	Hiperperfusión	Hipoperfusión	Hipoperfusión periférica/ Hiperperfusión	Hiperperfusión periférica/ Hipoperfusión
		Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia
Antecedentes Personales Patologicos	HTA	— 11	▼ 1	▼ 4		
	Negados	— 9	— 7	— 5		▼ 1
	Epilepsia	▼ 1		▼ 1		
	Hipertiroidismo	▼ 1		▼ 1		
	LES	▼ 3				
	Leucemia	▼ 1				
	Esclerosis Múltiples		▼ 1			
	Cáncer de mama			▼ 2		
	Insuficiencia cardíaca congestiva		▼ 1	▼ 2	▼ 1	
	DM	▼ 3	▼ 1	▼ 1		
	OA			▼ 1		
	Asma	▼ 1		▼ 2		▼ 1
	Hipotiroidismo			▼ 1		
	Migraña	— 5				
	Alergias					
	Otras			▼ 1		
	Desconocidos	▼ 2	▼ 4	▼ 4		
<b>Totales</b>	▲ 37	▲ 15	▲ 25	▼ 1	▼ 2	

Fuente: Ficha.

**TABLA #6**  
**CUADRO CLINICO PRESENTADO POR LOS PACIENTES SEGÚN**  
**HALLAZGOS DE PERFUSION CEREBRAL POR RESONANCIA MAGNETICA**  
**DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS EN EL HOSPITAL BAUTISTA PERIODO**  
**COMPRENDIDO ENTRE AGOSTO 2014 – AGOSTO 2016.**

Cuadro clinico en Hallazgos de perfusion cerebral por resonancia magnetica		HallazgosResonancia				
		Perfusión normal	Hiperperfusión	Hipoperfusión	Hipoperfusión periferia/Hiper perfusión centro	Hiperperfusión periferia/Hipoperfusión centro
CuadroClinico	Cefalea	▲ 15	▼ 2	— 6		▼ 1
	Epistaxis			▼ 1		
	Hemiplejía			▼ 2	▼ 1	
	Disartria			▼ 2		
	Dislalia		▼ 1			
	Convulsiones	— 5	▼ 3	— 5		▼ 1
	Fiebre		▼ 1			
	Vómito			▼ 1		
	Disminución de la fuerza muscular	▼ 1	▼ 2	▼ 1		
	Parestesia	▼ 2				
	Desviación de la comisura labial			▼ 1		
	Retención urinaria	▼ 1				
	Otros	▼ 1				
	Sin datos clínicos		▼ 4	▼ 4		
	Movimientos involuntarios	▼ 1	▼ 1			
	Pérdida de la atención			▼ 1		
	Dolor Cervical	▼ 3				
	Pérdida de la visión	▼ 2		▼ 1		
	Mareo	▼ 3	▼ 1			
	Hipoacusia	▼ 1				
Vértigo	▼ 1					
Síncope	▼ 1					
<b>Totales</b>		<b>37</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

**Fuente: Ficha.**

TABLA #7

**LOCALIZACION ANATOMICA CEREBRAL DE LA LESION SEGÚN HALLAZGOS DE PERFUSION CEREBRAL POR RESONANCIA MAGNETICA EN ESTUDIOS REALIZADOS EN EL HOSPITAL BAUTISTA PERIODO COMPRENDIDO ENTRE AGOSTO 2014 – AGOSTO 2016.**

Localizacion de la Lesion segun hallazgos por Perfusion en resonancia magnetica		HallazgosResonancia				
		Perfusión normal	Hiperperfusión	Hipoperfusión	Hipoperfusión periferia/ Hiperperfusión centro	Hiperperfusión periferia/ Hipoperfusión centro
		Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia
Localizacion de Lesion	Parénquima normal	▲ 34				
	Hemisferio cerebeloso derecho			▼ 1		
	Hemisferio cerebeloso izquierdo			▼ 1		
	Hipotálamo		▼ 1			
	Ambos hemisferios cerebrales	▼ 1	▼ 2	▼ 3		
	Hemisferio cerebral derecho	▼ 1	— 8	— 13	▼ 1	
	Hemisferio cerebral izquierdo	▼ 1	▼ 3	— 7		▼ 2
	Mesencéfalo		▼ 1			
<b>Totales</b>		<b>37</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

**Fuente: Ficha.**

TABLA #8

**DIAGNÓSTICOS SEGUN HALLAZGOS DE PERFUSION CEREBRAL POR RESONANCIA MAGNETICA EN PACIENTES ATENDIDOS CON PATOLOGIAS NEUROLIGICA REALIZADOS EN EL HOSPITAL BAUTISTA PERIODO COMPRENDIDO ENTRE AGOSTO 2014 –AGOSTO 2016**

Impresion Diagnostica por Hallazgo de Perfusión por Resonancia Magnetica		HallazgosResonancia				
		Perfusión normal	Hiperperfusión	Hipoperfusión	Hipoperfusión periferia /Hiperperfusión centro	Hiperperfusión periferia /Hipoperfusión centro
		Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia
Impresion Diagnostica	Normal	▲ 34				
	Esclerosis mesial temporal	▼ 2				
	Displasia cortical		▼ 1			
	Proceso preictal			▼ 1		
	Hiperperfusión temporal		▼ 1			
	Hipoperfusión temporal			▼ 3		
	Infarto isquémico hiperagudo		▼ 3			
	Infarto isquémico agudo		▼ 2	▼ 2		
	Infarto isquémico subagudo			▼ 3		
	Infarto isquémico crónico			▼ 2		
	Infarto lacunar			▼ 3		
	Quiste aracnoideo			▼ 3		
	Astrocitoma		▼ 1			
	Meduloblastoma		▼ 1			
	Lesión glial de bajo grado (I-II)		▼ 1			
	Lesión glial de alto grado (III-IV)		▼ 1			
	Glioblastoma multiforme					▼ 1
	Tumor de células ganglionares					▼ 1
	Carcinomatosis meníngea				▼ 1	
	Lesión metastásica			▼ 1		
	Radionecrosis			▼ 1		
	Neurocisticercosis			▼ 2		
	Residual tumoral		▼ 1			
	Neurocisticercosis fase nodular granular		▼ 1			
	Encefalitis herpética	▼ 1				
	Meningoencefalitis		▼ 1			
	Absceso			▼ 1		
	Lesiones de la sustancia blanca tipo desmielinizante			▼ 3		
	Esclerosis múltiple		▼ 1			
	<b>Totales</b>		<b>37</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>1</b>

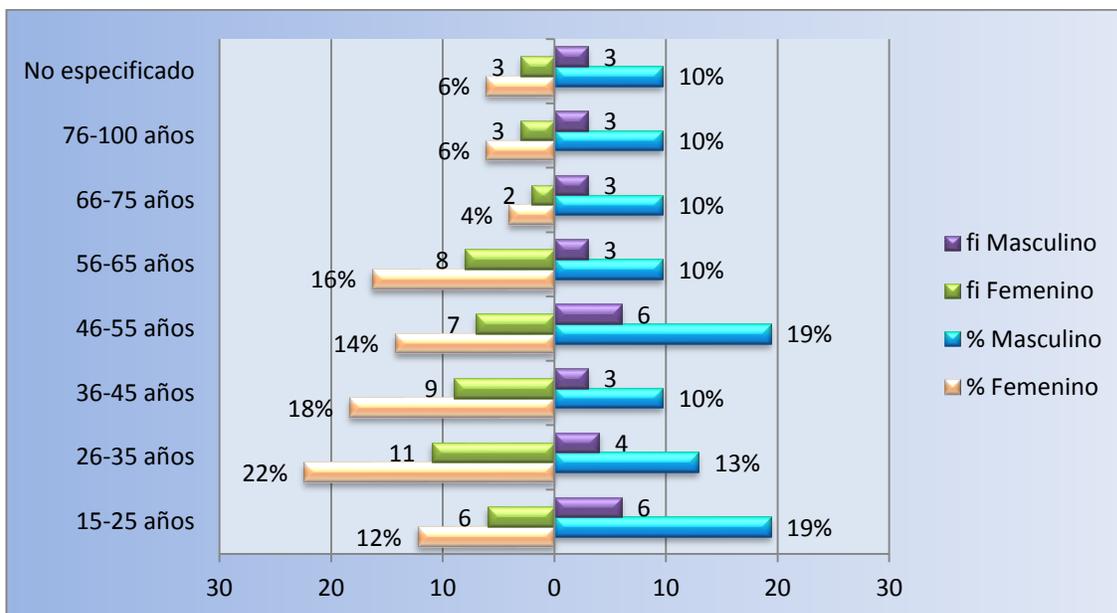
Fuente: Ficha

# GRAFICOS

### GRAFICO #1

**FRECUENCIA SEGÚN GRUPOS ETARIOS Y GÉNERO DE LOS PACIENTES A LOS CUALES SE LES PRACTICO EL ESTUDIO DE PERFUSION CEREBRAL POR RESONANCIA MAGNETICA EN EL HOSPITAL BAUTISTA PERIODO COMPRENDIDO ENTRE AGOSTO 2014 – AGOSTO 2016**

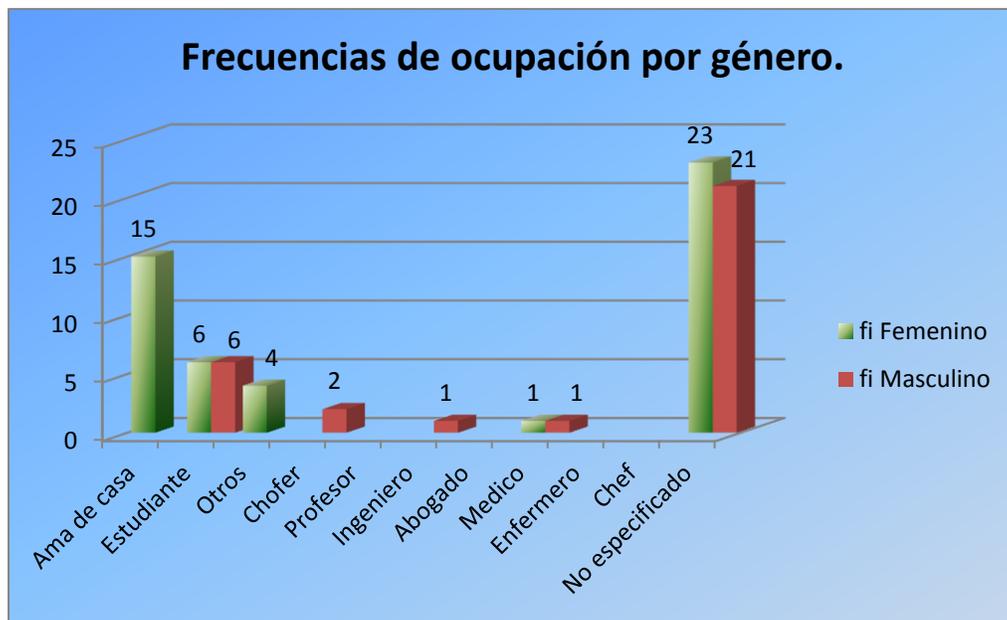
**TIPO DE GRÁFICO BIDIRECCIONAL, N=80.**



**Fuente: Tabla #1**

## GRAFICO #2

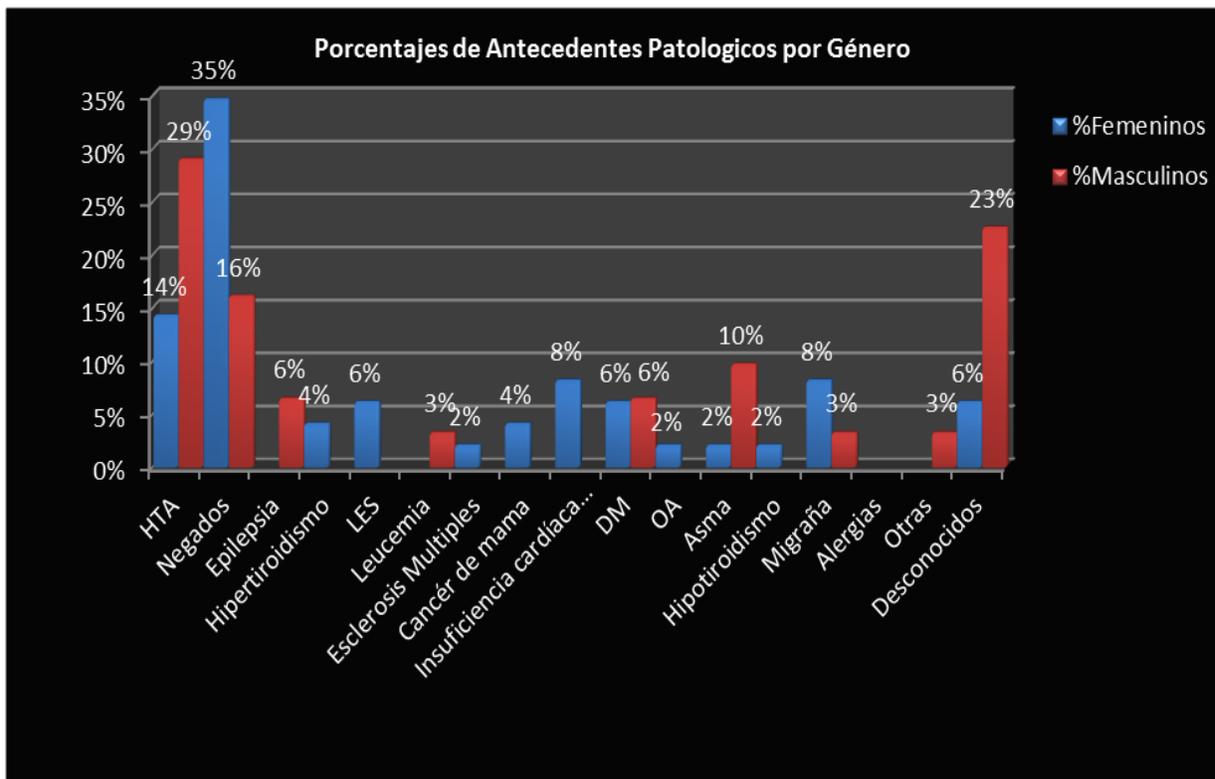
**FRECUENCIA DE OCUPACION POR GÉNERO DE LOS PACIENTES A LOS CUALES SE LES PRACTICO EL ESTUDIO DE PERFUSION CEREBRAL POR RESONANCIA MAGNETICA EN EL HOSPITAL BAUTISTA PERIODO COMPRENDIDO ENTRE AGOSTO 2014 – AGOSTO 2016.**



**Fuente: Tabla #2**

### GRÁFICO #3

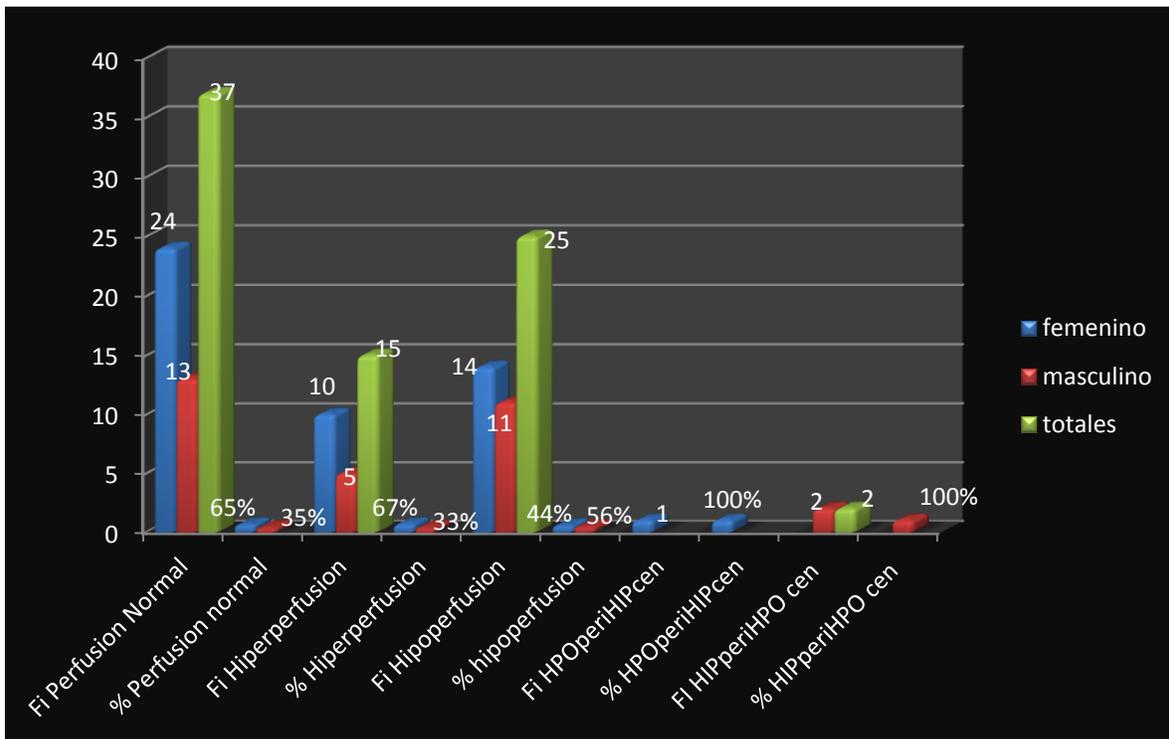
ANTECEDENTES PATOLOGICOS SEGÚN GÉNERO DE LOS PACIENTES A LOS CUALES SE LES PRACTICO EL ESTUDIO DE PERFUSION CEREBRAL POR RESONANCIA MAGNETICA EN EL HOSPITAL BAUTISTA PERIODO COMPRENDIDO ENTRE AGOSTO 2014 – AGOSTO 2016



Fuente: Tabla #3

## GRÁFICO #4

**HALLAZGOS DE PERFUSION CEREBRAL SEGÚN GENERO DE LOS  
PACIENTES CON PATOLOGIAS NEUROLOGICAS ATENDIDOS EN EL  
HOSPITAL BAUTISTA PERIODO COMPRENDIDO ENTRE AGOSTO 2014 –  
AGOSTO 2016.**



**Fuente: Tabla #4.**

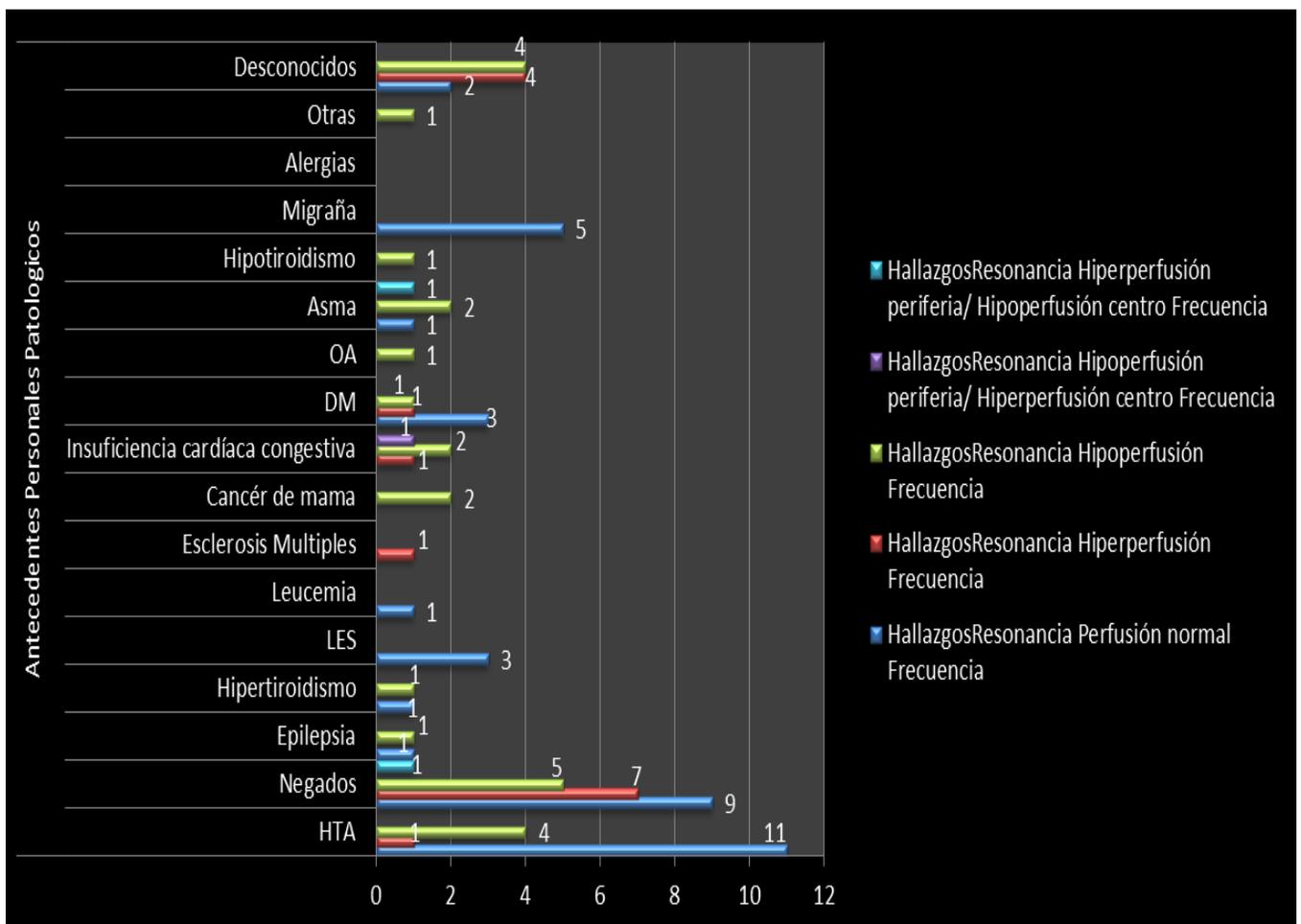
Abreviaturas:

HPOperiHIPcen: Hipoperfusión periférica/Hiperperfusión centro

HIPperiHPOcen: Hiperperfusión centro/Hipoperfusión centro

## GRÁFICO #5

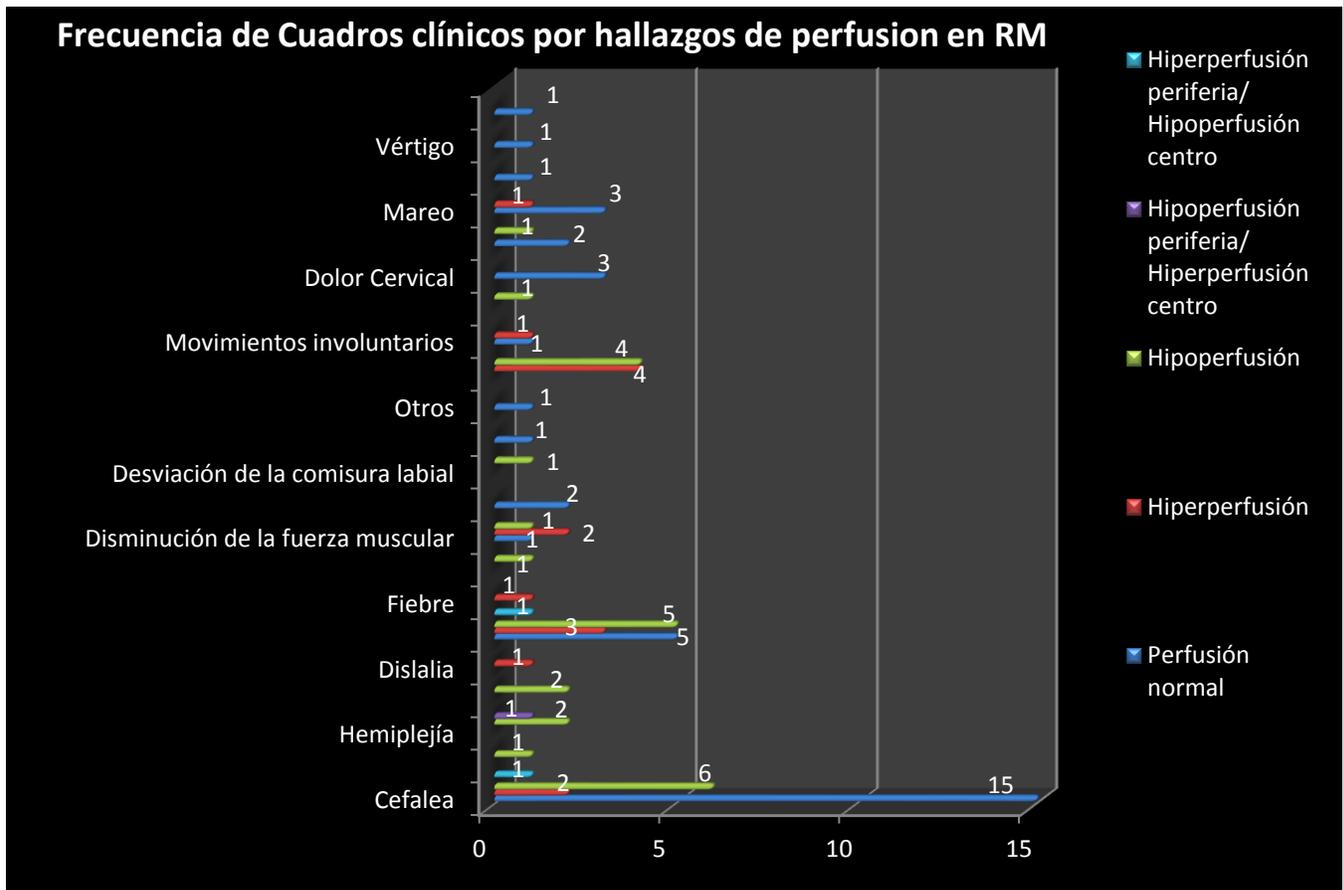
**HALLAZGOS DE PERFUSION CEREBRAL POR RESONANCIA MAGNETICA  
SEGUN ANTECEDENTES PATOLOGICOS EN LOS ESTUDIOS REALIZADOS  
EN EL HOSPITAL BAUTISTA PERIODO COMPRENDIDO AGOSTO 2014 –  
AGOSTO 2016.**



Fuente: Tabla #5.

### GRAFICO #6

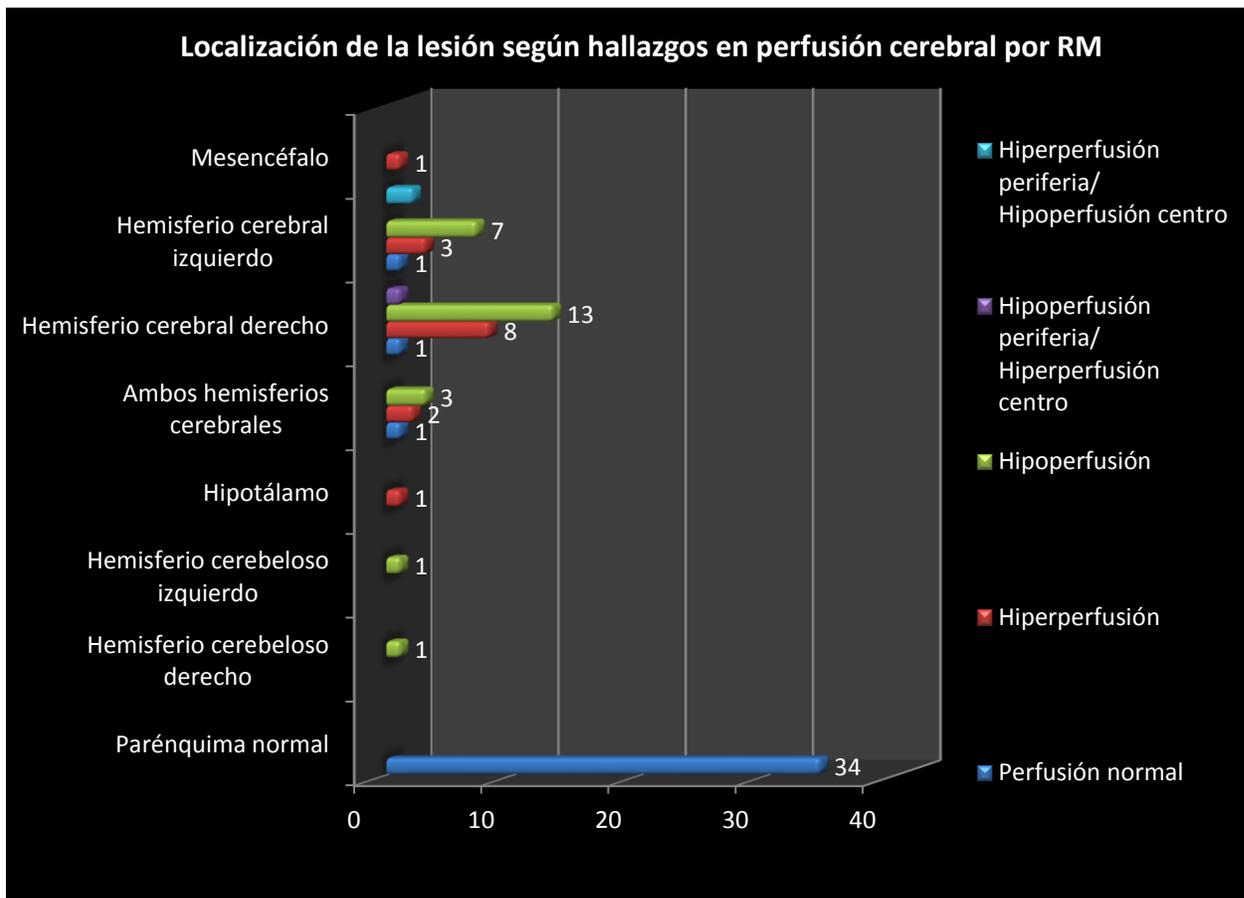
**CUADRO CLINICO PRESENTADO POR LOS PACIENTES SEGÚN HALLAZGOS DE PERFUSION CEREBRAL POR RESONANCIA MAGNETICA DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS EN EL HOSPITAL BAUTISTA PERIODO COMPRENDIDO ENTRE AGOSTO 2014 – AGOSTO 2016.**



**Fuente: Tabla #6**

### GRAFICO #7

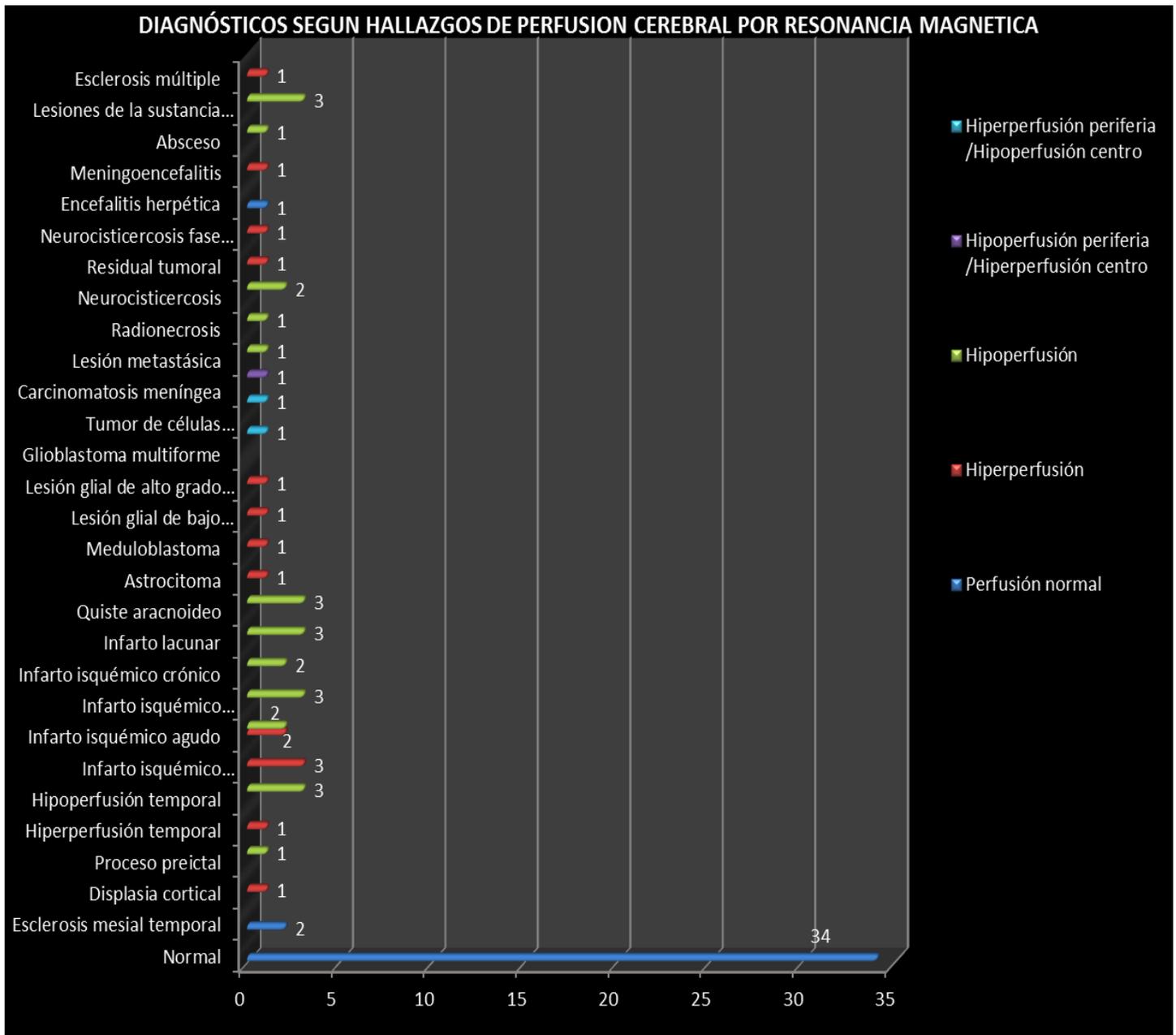
**LOCALIZACION ANATOMICA CEREBRAL DE LA LESION SEGÚN HALLAZGOS DE PERFUSION CEREBRAL POR RESONANCIA MAGNETICA EN ESTUDIOS REALIZADOS EN EL HOSPITAL BAUTISTA PERIODO COMPRENDIDO ENTRE AGOSTO 2014 – AGOSTO 2016.**



**Fuente: Tabla #7.**

## GRAFICO #8

**DIAGNÓSTICOS SEGUN HALLAZGOS DE PERFUSION CEREBRAL POR RESONANCIA MAGNETICA EN PACIENTES ATENDIDOS CON PATOLOGIAS NEUROLOGICAS REALIZADOS EN EL HOSPITAL BAUTISTA PERIODO COMPRENDIDO ENTRE AGOSTO 2014 – AGOSTO 2016.**



**Fuente: Tabla #8.**

**PASOS PARA LA REALIZACION DE  
UN ESTUDIO DE PERFUSION  
CEREBRAL POR RESONANCIA  
MAGNETICA EN EL HOSPITAL  
BAUTISTA.**

### **Pasos secuenciales durante la realización del estudio de perfusión cerebral.**

1. El paciente llega al área de resonancia, donde se le realiza una breve historia clínica acerca de sus datos de filiación, antecedentes personales y enfermedad actual. Se le explica el procedimiento, la duración del estudio, las indicaciones que debe acatar (no moverse durante la realización de las secuencias). Se le explica el uso de medio de contraste endovenoso y se procede a firmar el consentimiento informado sobre el uso de gadolinio.
2. Posteriormente se pesa al paciente (peso en kg) para calcular la dosis de gadolinio que se le aplicará calculado a 0.2 ml/kg.
3. Luego el paciente se coloca en la camilla del resonador. Se le ponen tapones en los oídos para minimizar un poco el ruido emitido por el resonador.



4. Se canaliza a la paciente con bránula #18 en el brazo izquierdo.

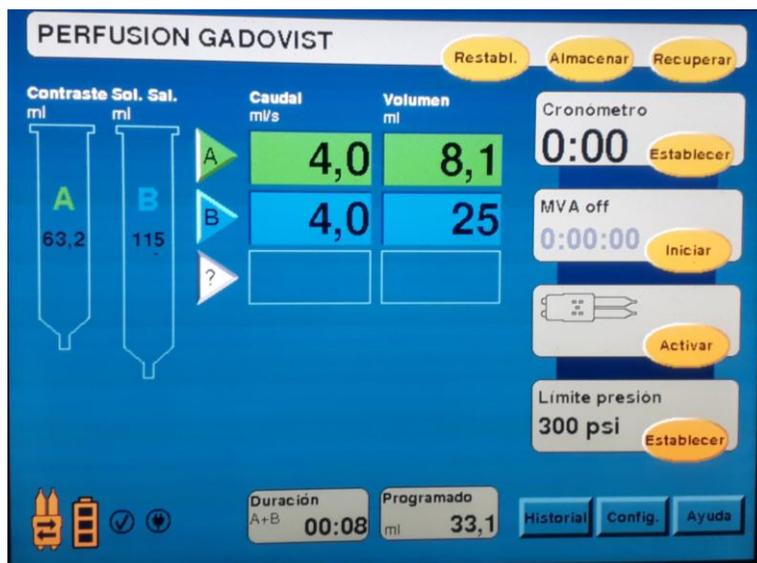


5. Se coloca antena receptora y se introduce paciente en el tubo del resonador.

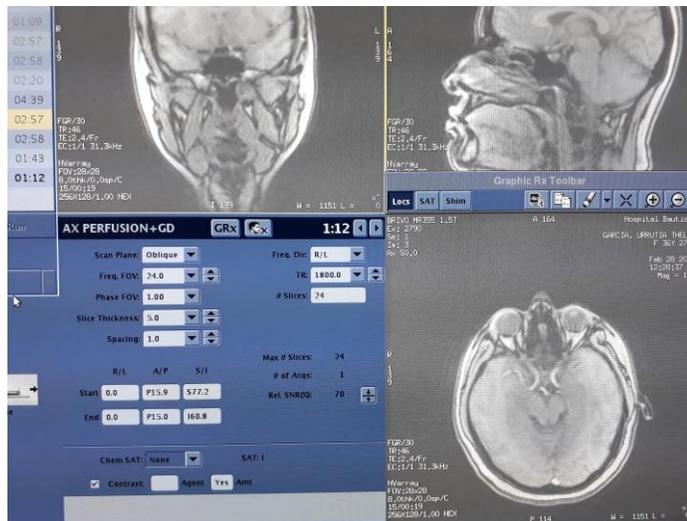


7. Posteriormente se introducen todos los datos del paciente y se programa el inyector.

Se inicia con solución salina normal para mantener vena mientras se realizan las secuencias convencionales.



8. Se programa la secuencia de perfusión y se realiza el disparo de medio de contraste a través del inyector.



9. Finaliza la realización del estudio y se procede a sacar al paciente del tubo del resonador.



10. Se realiza el post procesamiento de la secuencia de perfusión por la neurorradióloga, colocando los ROI en sitios de interés de acuerdo a la patología para su posterior interpretación.





## Historia clínica Área de Resonancia Magnética

### Datos de filiación:

Nombre completo: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Teléfono: Casa: \_\_\_\_\_ Celular: \_\_\_\_\_

Fecha de nacimiento: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_ Estado civil: \_\_\_\_\_

Escolaridad: \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_\_ Ocupación: \_\_\_\_\_ Raza: \_\_\_\_\_

Fuente de la información: \_\_\_\_\_ Confiabilidad: \_\_\_\_\_

### Referido de:

Consulta externa \_\_\_\_\_ Médico que envía el estudio: \_\_\_\_\_ Cita: \_\_\_\_\_

Emergencia \_\_\_\_\_ Hospitalización:

Sección A \_\_\_\_ Sección B \_\_\_\_ UCI \_\_\_\_ Neonato \_\_\_\_ Planta alta \_\_\_\_ Planta baja \_\_\_\_\_

Extrahospitalario: \_\_\_\_\_ Centro de hospitalización: \_\_\_\_\_

### Antecedentes personales patológicos

Antecedentes prenatales	Antecedentes perinatales	Infancia

Imunizaciones	Alergias	Intoxicaciones

Enfermedad crónica	Si	No	Inicio	Fármacos usados
Hipertensión				
Cardiopatía				
Diabetes mellitus				
Asma				
Osteoartritis				
Epilepsia				
Migraña				
Nefropatía				
Lupus eritematoso				
Hipotiroidismo				
Hipertiroidismo				
Alergias				
Esclerosis múltiple				
Cáncer				

Hospitalizaciones: \_\_\_\_\_

**Antecedentes familiares patológicos**

Madre: \_\_\_\_\_

Padre: \_\_\_\_\_

Hermanos: \_\_\_\_\_

Familiares maternos: \_\_\_\_\_

Familiares paternos: \_\_\_\_\_

**Antecedentes personales no patológicos**

Hábitos alimenticios:

Cigarro: \_\_\_\_\_

Alcohol: \_\_\_\_\_

Drogas: \_\_\_\_\_

Tatuajes: \_\_\_\_\_

**Antecedentes quirúrgicos:**

Operación efectuada	Fecha de operación	Lugar donde se realizó el procedimiento

**Antecedentes Gineco-obstétricos**

Menarquía: \_\_\_\_\_ Período menstrual: Regular \_\_\_\_\_ Irregular \_\_\_\_\_

Duración de la menstruación: \_\_\_\_\_ Último período menstrual: \_\_\_\_\_

Menopausia \_\_\_\_\_

Gestas \_\_\_\_\_ Parto \_\_\_\_\_ Cesárea \_\_\_\_\_ Aborto \_\_\_\_\_ Legrado \_\_\_\_\_

PAP: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Resultado: \_\_\_\_\_

**Motivo de consulta:**

\_\_\_\_\_

**Historia de la enfermedad actual:**

\_\_\_\_\_

**Estudios previos de imagen**

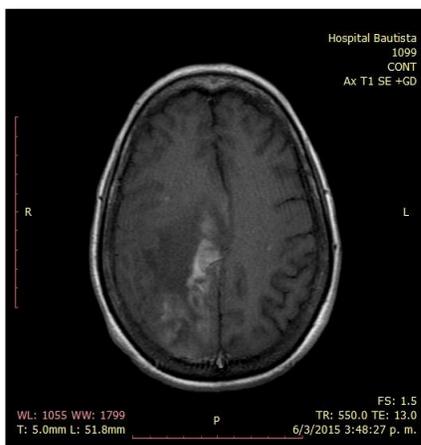
Radiografía	Fecha	Lugar de realización	Hallazgos encontrados
Ultrasonido	Fecha	Lugar de realización	Hallazgos encontrados
Tomografía	Fecha	Lugar de realización	Hallazgos encontrados
Resonancia	Fecha	Lugar de realización	Hallazgos encontrados

## Reportes de casos

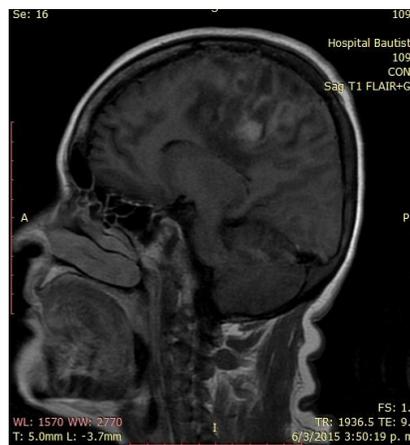
Para ilustrar la utilidad de la imagen de perfusión cerebral por resonancia magnética en la práctica clínica, se presentan tres casos de perfusión cerebral realizados en el Hospital Bautista en el período de agosto 2014 - agosto 2016.

### Caso #1

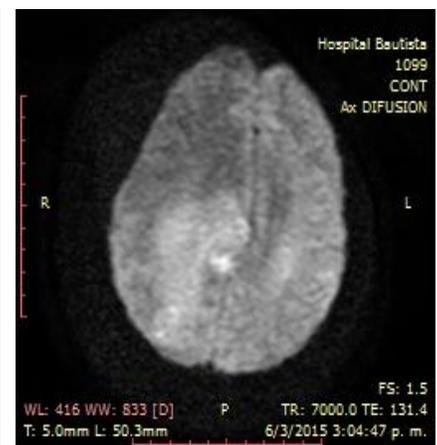
Femenina de 57 años de edad, ama de casa, con antecedente patológico de diabetes mellitus y antecedente quirúrgico de cesárea. Acudió presentando mareo de un mes de evolución asociado a disminución de la fuerza muscular en el brazo y mano izquierda. Se le realiza resonancia magnética encontrando lesión intraaxial parasagital derecha que muestra reforzamiento intenso tras el contraste IV. Se visualiza área hiperperfundida (aumento de VSC y FSC en comparación con tejido sano contralateral). En conjunto con secuencia de espectroscopia se determinó proceso tumoral intraaxial de estirpe glial grado III-IV.



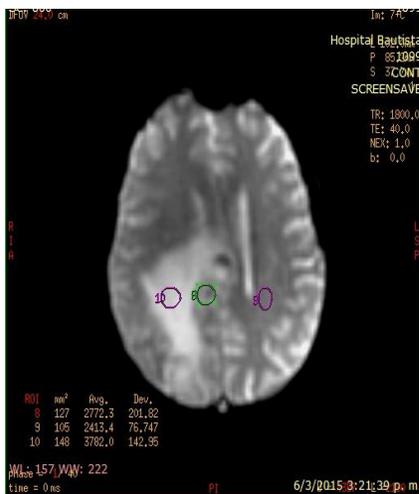
1A. Axial T1 + Gd



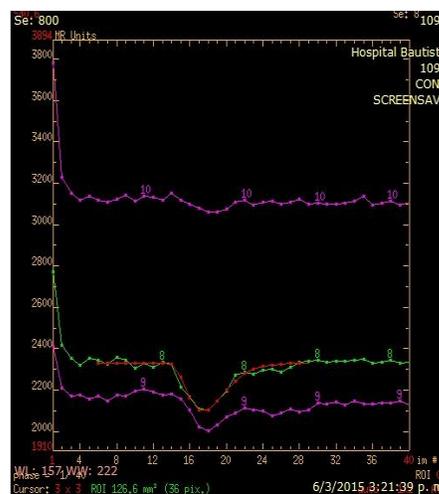
1B. Sagital T1 + Gd



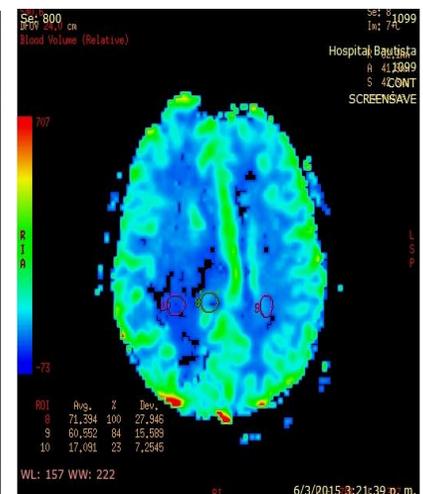
1C. Axial Difusión



1D. Imagen axial de perfusión.



1E. Curva de intensidad de señal/tiempo



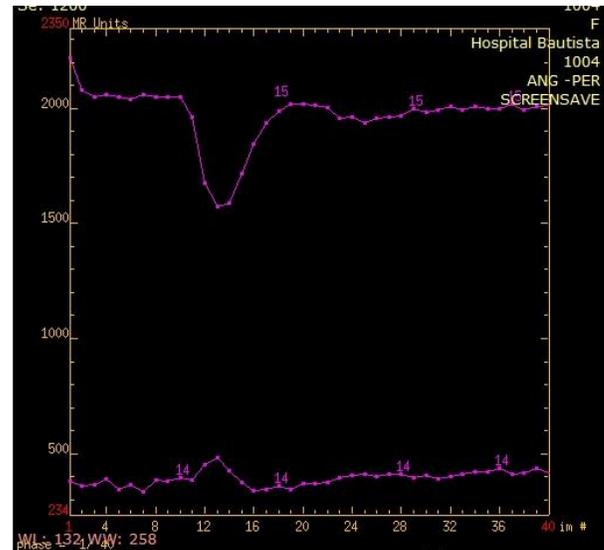
1F. Mapa de color de VSC

## Caso #2

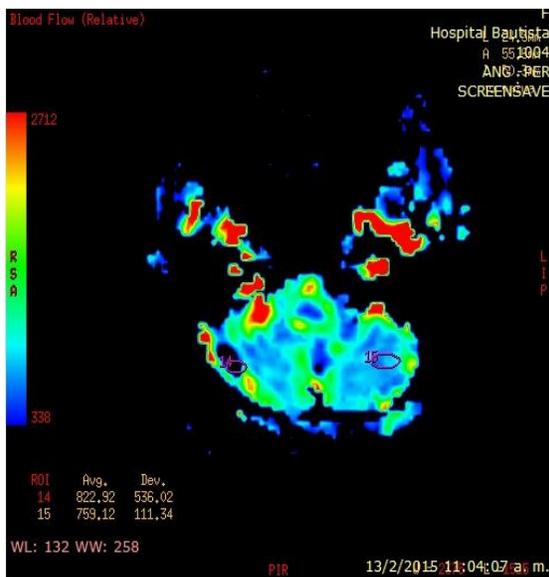
Femenina de 54 años, ama de casa, con antecedentes personales patológicos de HTA y miomas. Presenta cefalea intensa de predominio en hemicráneo derecho y parestesia en el brazo derecho. Se realiza secuencia de perfusión colocando ROI en la lesión cerebelosa derecha observando disminución del FSC y VSC en relación con infarto isquémico crónico.



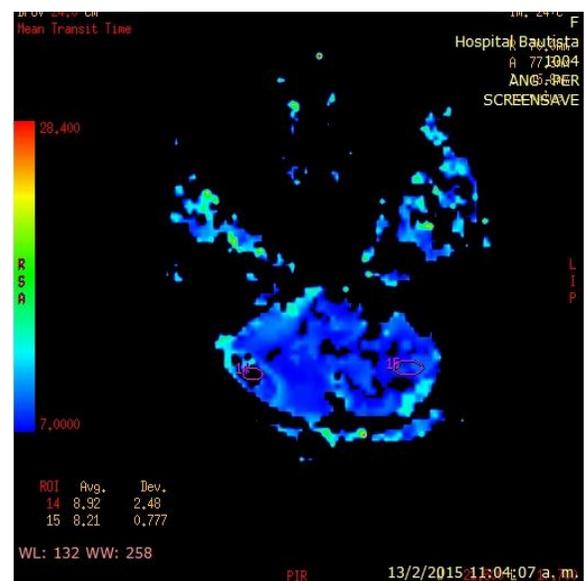
2A. Imagen axial de perfusión



2B. Curva de intensidad de señal/tiempo



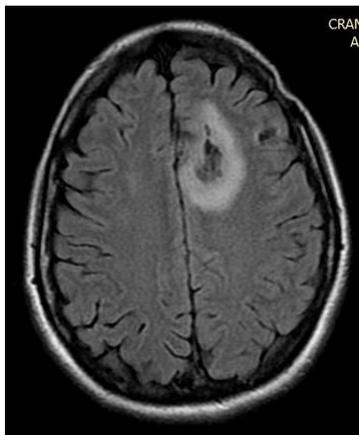
2C. Mapa de color de FSC



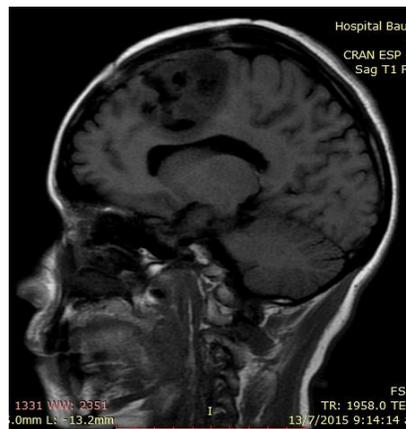
2D. Mapa de color de TTM

## Caso # 3

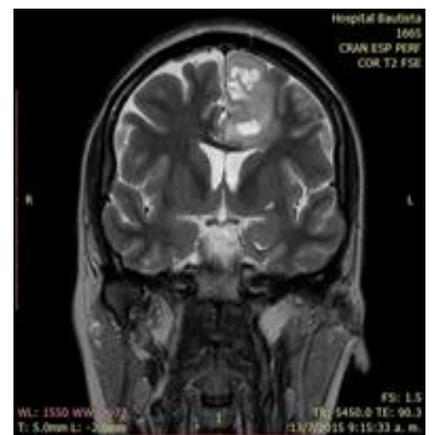
Femenina de 36 años de edad. Cirugía en el año 2014 por oligoastrocitoma grado II. Acude a control 9 meses posterior a la cirugía por presentar dislalia. Se realiza RM observando imagen heterogénea en el lóbulo frontal izquierdo. Posterior a la administración de contraste se observa reforzamiento heterogéneo desde la convexidad hasta el cíngulo. En la secuencia de perfusión se visualizan datos de hiperperfusión en el ROI localizado en la lesión frontal izquierda en relación con persistencia/residual tumoral.



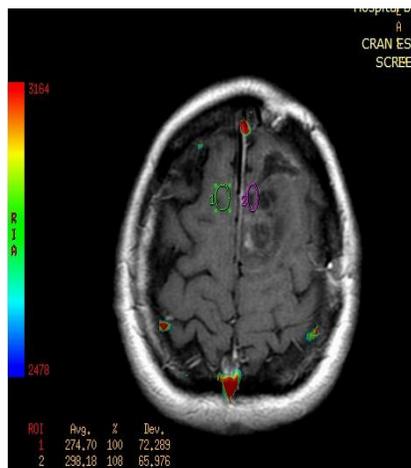
3A. Axial T2 FLAIR



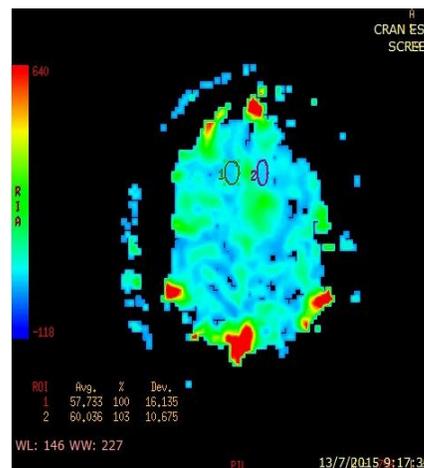
3B. Sagital T1



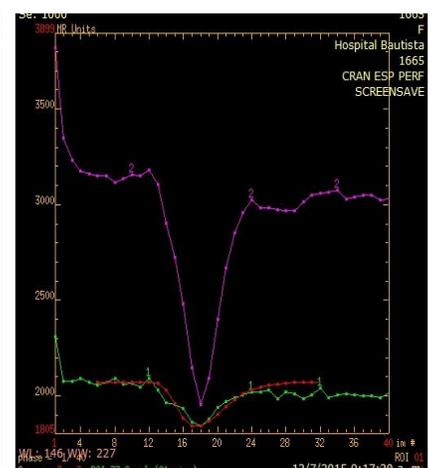
3C. Coronal T2



3D. Imagen axial de perfusión



3E. Mapa de color de VSC



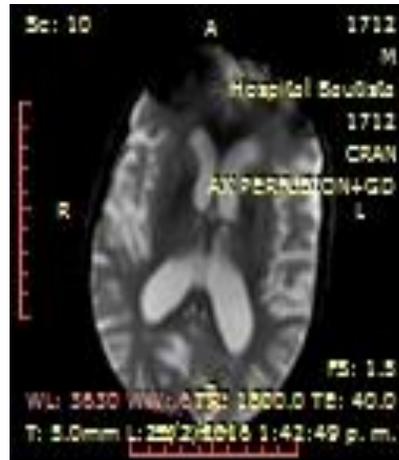
3F. Curva intensidad de señal/tiempo

## Caso # 4

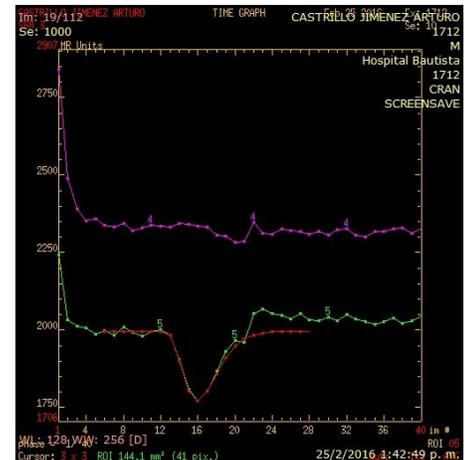
Masculino de 66 años, con HTA, acude por presentar disartria y disminución de la fuerza muscular. Se realiza RM observando imagen en cuña frontotemporoparietal derecha que no muestra realce tras la administración de medio de contraste. En la secuencia de perfusión se observan datos de hipoperfusión y datos de reperfusión en el lóbulo temporal en relación con infarto hiperagudo en el territorio de la arteria cerebral media derecha.



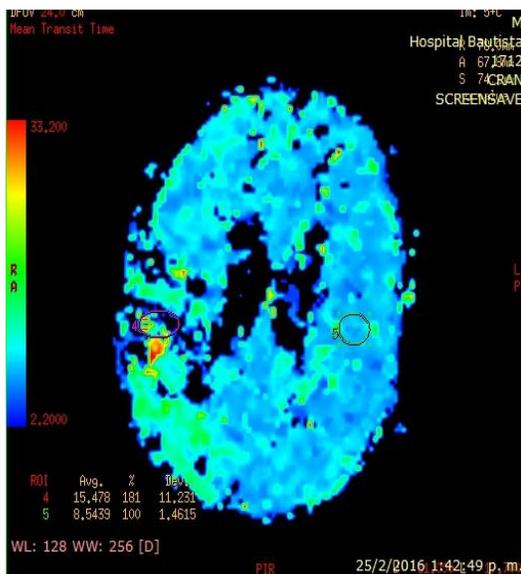
4 A. Imagen axial de difusión



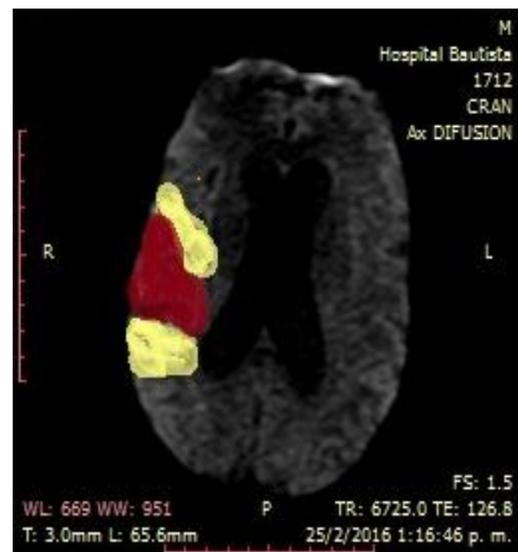
4B. Imagen axial de perfusión



4C. Curva intensidad de señal/ tiempo



4D. Mapa de color de TTM



4E. Área de penumbra

## Abreviaturas y siglas

ACV	: Accidente cerebrovascular
BHE	: Barrera hematoencefálica
CDO <sub>2</sub>	: Entrega cerebral de oxígeno
CMRO <sub>2</sub>	: Consumo metabólico de oxígeno cerebral
DSC	: Contraste de susceptibilidad magnética
FAE	: Función arterial entrante
FOV	: Campo de visión (Field of view)
FSC	: Flujo sanguíneo cerebral
Gd	: Gadolinio
GE	: Gradiente de eco
IR	: Inversión recuperación
IRM	: Imagen por resonancia magnética
K <sub>ep</sub>	: Coeficiente de extracción
K <sub>fp</sub>	: Permeabilidad en primer paso
K <sub>trans</sub>	: Constante de permeabilidad
O <sub>2</sub>	: Oxígeno
PaCO <sub>2</sub>	: Presión parcial arterial de dióxido de carbono
PAM	: Presión arterial media.
PIC	: Presión intracraneal
PPC	: Presión de perfusión cerebral
PRM	: Perfusión por resonancia magnética
PRSr relativo	: Porcentaje de recuperación de intensidad de señal
RM	: Resonancia magnética
ROI	: Región de interés
RVC	: Resistencia vascular cerebral.
SE	: Espín eco
SNC	: Sistema nervioso central
TC	: Tomografía computarizada
TE	: Tiempo de eco
T <sub>máx</sub>	: Tiempo máximo
TP	: Tiempo al pico
TR	: Tiempo de repetición
TTM	: Tiempo de tránsito medio
Ve	: Fracción de volumen del espacio intersticial
V <sub>p</sub>	: Fracción de volumen vascular
V <sub>fp</sub>	: Volumen vascular en primer paso
VSC	: Volumen sanguíneo cerebral
V <sub>scr</sub>	: Volumen sanguíneo cerebral relativo