

## **Estudios de perfusión cerebral por resonancia magnética: técnicas y utilidad diagnóstica en las LOEs intracraneales.**

**Tipo:** Presentación Electrónica Educativa

**Autores:** Fátima Álvarez Jáñez, Luis Quintana Barriga, Tania Rocha Iñigo, Florinda Roldán Lora

### **Objetivos Docentes:**

- Conocer las distintas técnicas disponibles para la obtención de estudios de perfusión por resonancia magnética a nivel cerebral.
- Evaluar el comportamiento de las diferentes lesiones ocupantes de espacio cerebrales en estudios de perfusión por resonancia magnética.
- Valorar utilidad para el diagnóstico diferencial entre las lesiones ocupantes de espacio intracraneales.

### **Revisión del tema:**

#### **INTRODUCCIÓN:**

Los estudios de perfusión por resonancia magnética (RM) complementan a los estudios de imagen anatómicos aportando información sobre la hemodinámica de la circulación sanguínea cerebral. Esta información se obtiene mediante la cuantificación de diferentes parámetros como el volumen sanguíneo cerebral (VSC), el flujo sanguíneo cerebral (FSG) y el tiempo de tránsito medio (TTM). [1]

Mediante la perfusión en resonancia magnética se detectan cambios de señal tras el paso de un trazador por el sistema cerebrovascular, este trazador puede ser endógeno (agua) o exógeno (gadolinio). [1]

Muchas de las lesiones ocupantes de espacio intracraneales van a mostrar una imagen morfológica muy similar, es por esto por lo que debemos ayudarnos de otras técnicas para intentar llegar a un diagnóstico más preciso.

Aunque en esta comunicación nos hemos centrado en las lesiones ocupantes de espacio intracraneales, se han descrito otras indicaciones de la perfusión por resonancia magnética. Una de ellas, muy extendida, es el infarto isquémico cerebral donde diferencia el tejido cerebral con infarto establecido de las zonas potencialmente salvables con una reperfusión temprana (área de penumbra). Otra que parece bastante prometedora es la enfermedad de Alzheimer, donde se ha descrito una hipoperfusión cerebral tanto en pacientes diagnosticados de enfermedad de Alzheimer como en la fase preclínica, en pacientes con riesgo aumentado de padecerla. [1, 2, 8]

## ASPECTOS TÉCNICOS: TÉCNICAS/SECUENCIAS:

Un estudio de RM perfusión consiste en la adquisición dinámica de una serie de imágenes del órgano diana mientras el trazador pasa a través de la microvasculatura. Se puede obtener las imágenes de perfusión por diversas técnicas como son: [1, 5]

- Técnica dinámica de susceptibilidad magnética ponderada en T2\*: es la técnica más empleada, se basa en la caída de señal en la secuencia T2\* producida al pasar contrastes paramagnéticos por el sistema cerebrovascular. La caída de señal va a ser proporcional a la concentración de contraste por lo que podremos realizar curvas concentración-tiempo y calcular los parámetros anteriormente referidos. Para realizar los cálculos se asume que el contraste es puramente intravascular y que no difunde al espacio extracelular, debido a la presencia de la barrera hematoencefálica. Por lo tanto una rotura de la barrera hematoencefálica puede falsear los resultados sobreestimando los valores de VSC. Un adecuado ajuste de los parámetros y una técnica correcta van a minimizar el error.
- Técnica dinámica de perfusión con realce de contraste ponderada en T1: es similar a la anterior, se adquiere la imagen dinámica mientras se administra un contraste paramagnético. Hay algunos casos en los que se recomienda realizar esta técnica en lugar de la anterior, por ejemplo en lesiones cercanas a la base del cráneo, lesiones con restos de sangrado o con calcificaciones, donde la técnica de perfusión potenciada en T2\* va a infraestimar los valores de VSC por la presencia de artefacto de susceptibilidad magnética.
- Técnica de marcado arterial de spin (arterial spin labelling): esta técnica emplea un trazador endógeno como es el agua sanguínea arterial. Esta se marca magnéticamente con un pulso de radiofrecuencia previo a la adquisición de la imagen. La técnica todavía no está muy extendida pero podría ser de gran utilidad para pacientes con insuficiencia renal o aquellos que requieran múltiples seguimientos.

Las secuencias empleadas deben ser rápidas para que las medidas sean lo más exactas posibles, se suelen realizar secuencias de imagen eco-planar (EPI). Las secuencias que se emplean son T2\* eco de gradiente (EG) que aportan información para vasos de todos los tamaños, aunque presentan mayor sensibilidad para los macrovasos, las secuencias eco de spin (SE) van a ser mejores para capilares de pequeño tamaño. Se recomienda un grosor de corte mínimo de 5 mm y una duración general menor de 30 minutos. [1, 2]

El protocolo que recomienda llevar a cabo es el siguiente: [2]

- Secuencia potenciada en T1 sin contraste, adquisición volumétrica.
- Secuencia potenciada en T2, cortes axiales.
- Secuencia FLAIR, volumétrico.
- Secuencias de difusión, axiales.
- Secuencia dinámica de susceptibilidad magnética ponderada en T2\*, axiales.
- Secuencia potenciada en T1 con contraste, adquisición volumétrica.

Se recomienda una dosis de contraste de 0,2 mmol/kg de gadobutrol o gadobenato de dimeglutamina y una velocidad de contraste de 3 – 5 ml/s (por debajo de este límite se van a subestimar los valores de VSC). [1]

POSTPROCESADO:

La técnica empleada en nuestro centro y por tanto la que se va a describir a partir de ahora es la técnica dinámica de susceptibilidad magnética ponderada en T2\*. Tras una adecuada adquisición de la imagen se van a obtener las imágenes paramétricas. En cada vóxel se calculan curvas intensidad de señal – tiempo que van a ser proporcionales a las curvas concentración – tiempo de las que se podrá obtener el cálculo del VSCr y del TTMr (**Fig. 1**). [1]

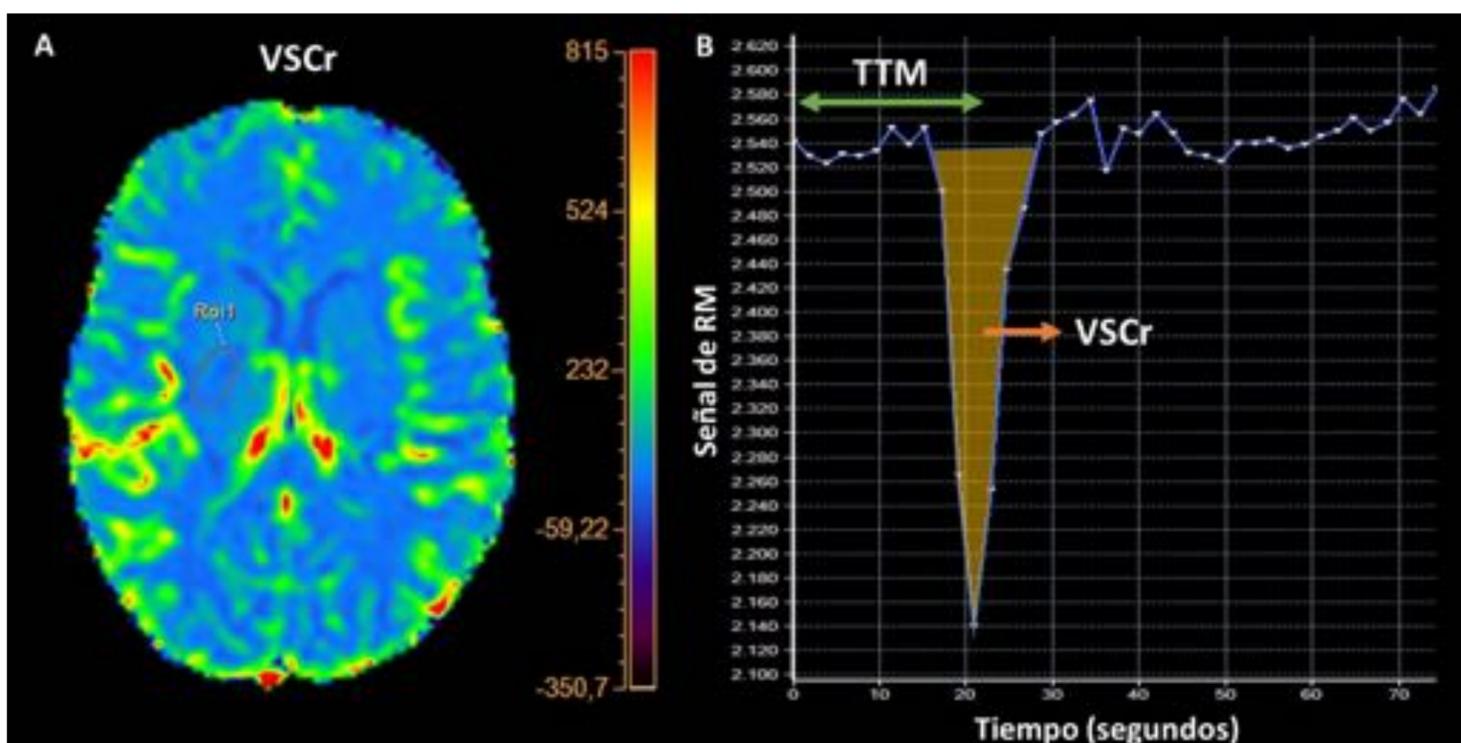
Los parámetros calculados son los siguientes: [1, 6]

- VSC: volumen total de sangre de una zona cerebral. Mililitros de sangre por 100 gramos de tejido cerebral (ml/100g).
- FSC: volumen de sangre que atraviesa una zona cerebral por unidad de tiempo. Mililitros de sangre por 100 g de tejido por minuto (ml/100g/min).
- TTM: tiempo medio que emplea la sangre desde la entrada arterial hasta la salida venosa (s).

Relación:  $FSC \text{ (ml/100g/min)} = VSC \text{ (ml/100g)} / TTM \text{ (s)}$

Para calcular el VSC y el TTM se necesita conocer la función arterial de entrada (FAE) mediante un algoritmo de deconvolución. No obstante se pueden calcular estos parámetros de forma relativa en función de la curva de caída de señal con respecto al tiempo. El área bajo la curva se corresponde al VSC relativo (VSCr) y el TTM relativo (TTMr) es el tiempo hasta alcanzar mitad de la curva (**Fig. 1B**). Los valores relativos se van a normalizar con respecto a la sustancia blanca contralateral. [1, 6]

- TP: tiempo al pico. Tiempo desde la inyección del trazador hasta el máximo cambio cerebral. Se calcula mediante la curva caída de señal /tiempo, no se necesita la FAE para el cálculo.
- Tmáx: tiempo máximo. Estimación del TP tras convolución con la FAE.
- T0: tiempo desde que se inyecta el contraste hasta que llega al sistema vascular cerebral.



**Figura 1. Estudio de perfusión normal.** A) Mapa paramétrico de color del VSCr en la imagen dinámica T2\*, Roi1 en sustancia blanca sana a nivel del brazo posterior de la cápsula interna derecha. B) Curva de intensidad de señal - tiempo. El VSCr se corresponde con el área bajo la curva de la gráfica, el TTM es el tiempo que transcurre desde la inyección del contraste hasta alcanzar la mitad de la curva.

## INTERPRETACIÓN: COMPORTAMIENTO DE LAS LESIONES OCUPANTES DE ESPACIO CEREBRALES EN LOS ESTUDIOS DE PERFUSIÓN POR RESONANCIA MAGNÉTICA:

En un primer momento se realiza un análisis visual de los mapas paramétricos de colores de forma que se detecten las regiones normales y las patológicas, esta información se puede complementar mediante la selección de un área de interés (Roi) que realizará una estimación de valores cualitativos en comparación con un área sana contralateral. [2]

Hay patologías cerebrales que presentan estudios de perfusión por resonancia magnética característicos por lo que puede ser de utilidad para llegar a diagnósticos más específicos. [1]

Se va a describir el comportamiento en perfusión por RM de las siguientes lesiones ocupantes de espacio intracraneales:

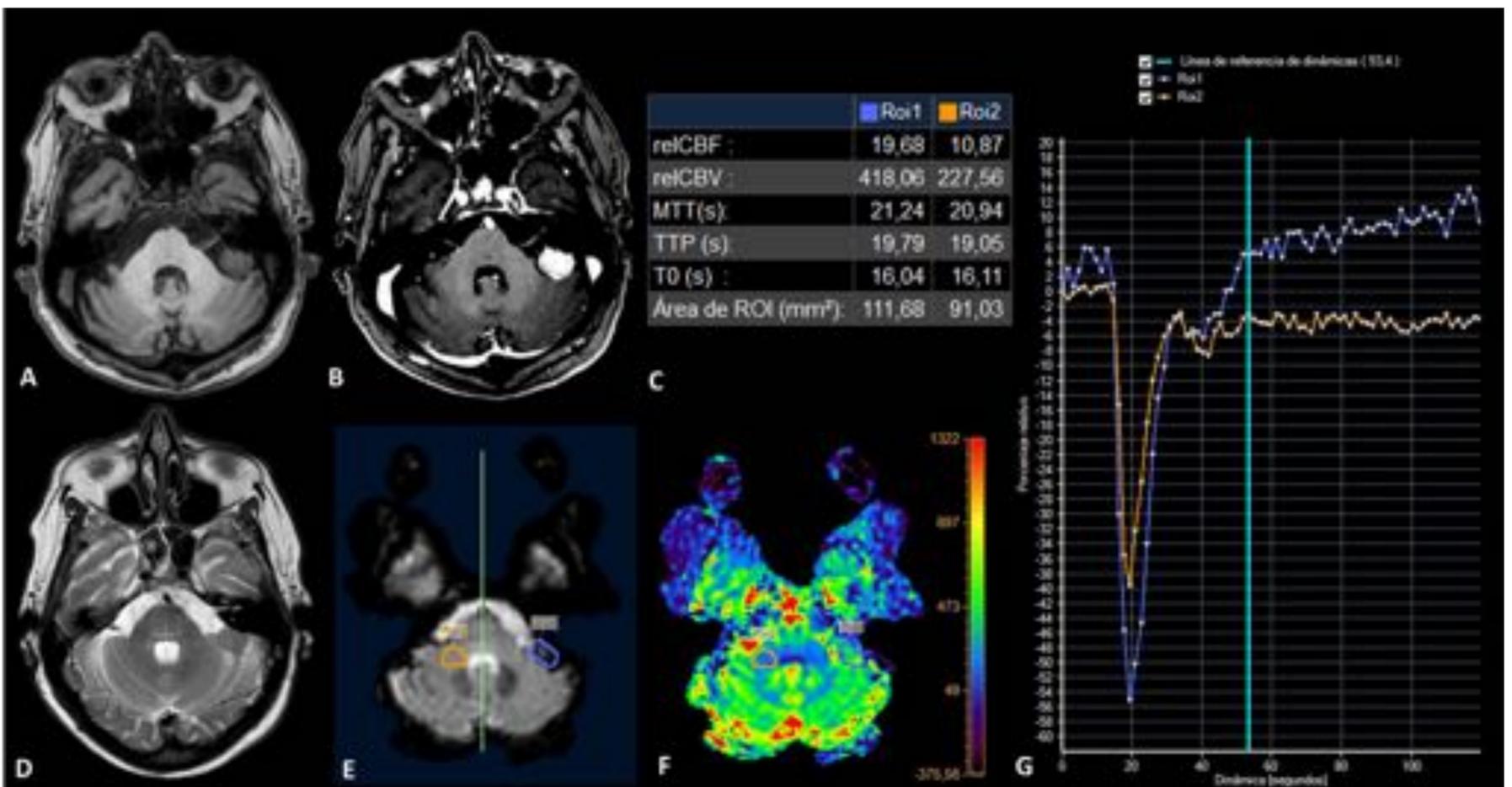
- Tumores primarios intracraneales.
- Metástasis cerebrales.
- Linfoma cerebral
- Absceso cerebral.
- Lesiones tumefactivas desmielinizantes.

- **Tumores primarios intracraneales:**

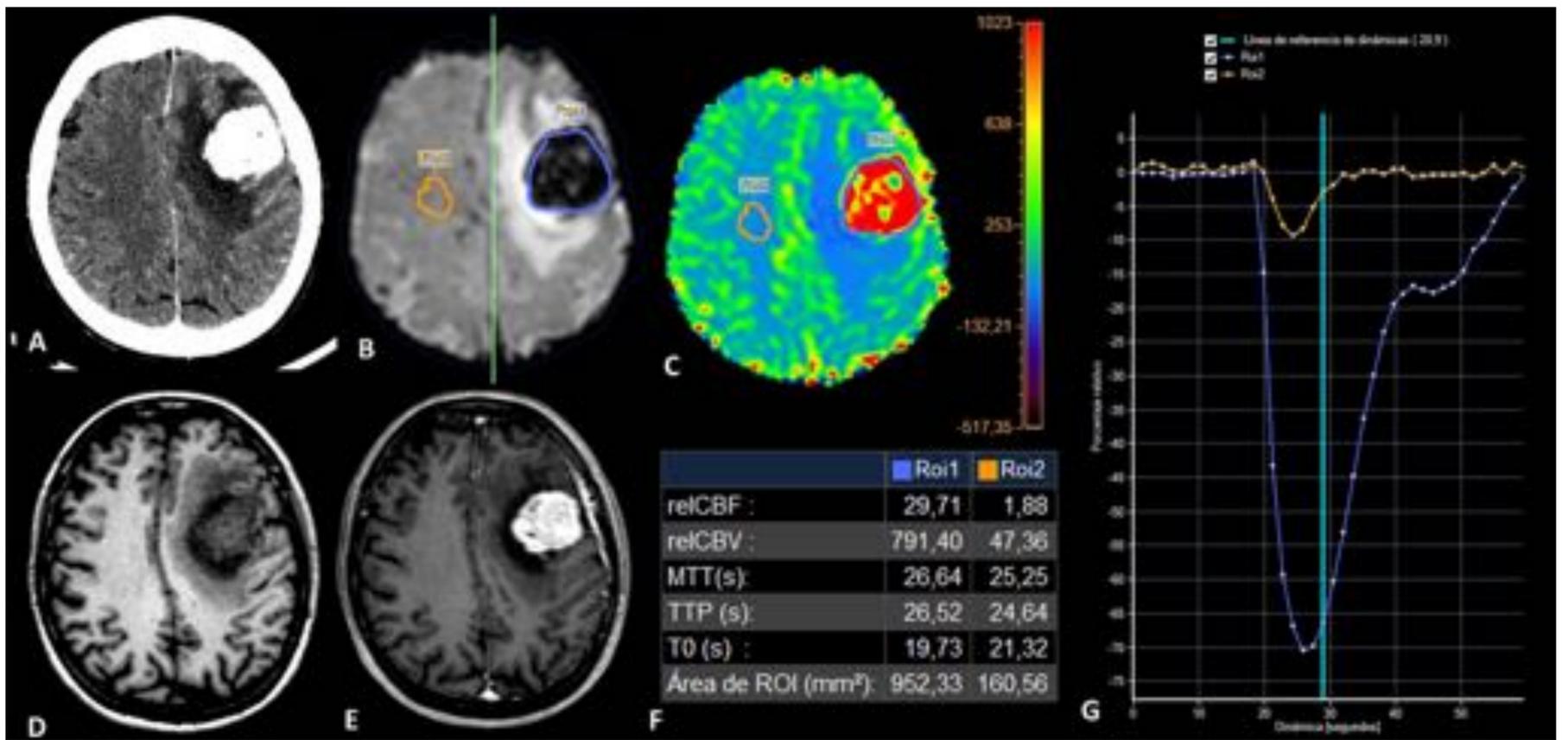
Existen varias herramientas para realizar el diagnóstico diferencial de las lesiones ocupantes de espacio intracraneales. Entre ellas tenemos las técnicas de imagen morfológicas como las secuencias convencionales de RM donde se podrá evidenciar si se trata de una lesión invasiva. Por otra parte tenemos las secuencias de difusión (mapa dADC) donde clásicamente las lesiones muy celulares van a presentar restricción a la difusión de las partículas de agua. Por último el estudio de perfusión por RM es una herramienta útil para demostrar agresividad, que junto con los hallazgos en el resto de las secuencias puede llevar a un diagnóstico más certero.

Los neovasos generados por los tumores de estirpe glial van ser vasos inmaduros, con una mayor permeabilidad vascular con respecto al resto de la circulación intracraneal normal. Esto se traduce en los estudios de perfusión por RM como un aumento de los valores de VSCr en la zona donde se encuentren estos neovasos. [1, 2, 3]

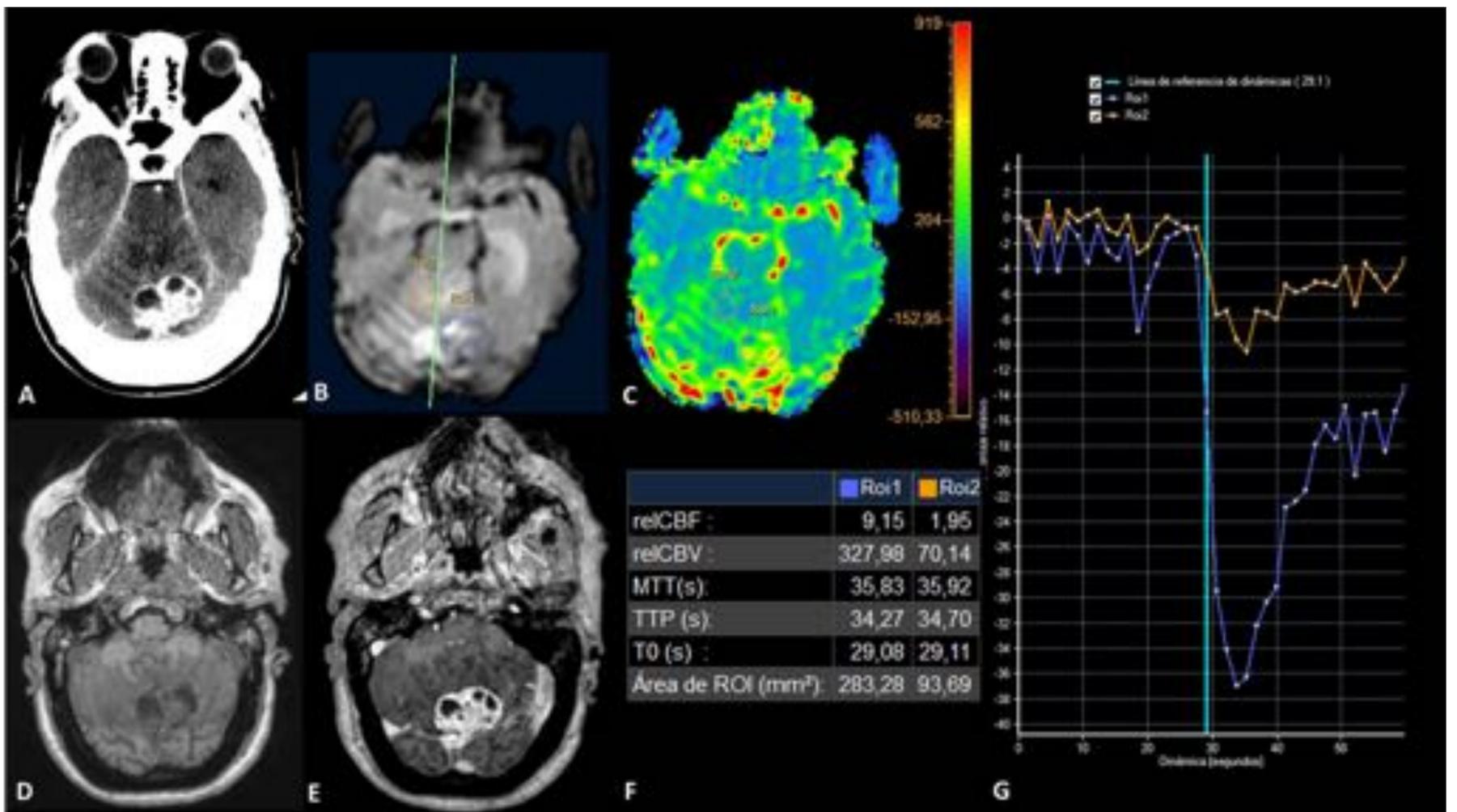
Como regla general un valor alto del VSCr sugiere malignidad. No obstante, se debe tener en cuenta que un aumento de vascularización tumoral no es sinónimo de malignidad, existen excepciones como los tumores benignos extraaxiales (papilomas del plexo coroideo, neurinomas, meningiomas - **Fig. 2 y 3** -) o los hemangioblastomas que presentan valores de VSCr elevados (**Fig. 4**).



**Figura 2. Meningioma típico.** Secuencia T1 sin (A) y con contraste (B), secuencia T2 (D) y estudio de perfusión (C, E, F, G), donde Roi1 marca la lesión y Roi2 la sustancia blanca sana contralateral. C) Valores numéricos relativos de: FSCr (relCBF), VSCr (relCBV), TTM (MTT), TP (TTP) y T0. E) Corte de imagen dinámica T2\* a los 53 segundos. C) Mapa paramétrico de color del VSCr, G) gráfica comparativa de VSCr. Lesión extraaxial en fosa posterior, en relación con la superficie cerebelosa de la pirámide petrosa izquierda. Se trata de una lesión sólida isointensa a la sustancia gris en secuencia T1 (A) con marcada hipercaptación tras la administración de contraste (B), ligeramente hipointensa en T2. El estudio de perfusión está algo artefactado por el efecto paramagnético dada la localización que presenta, no obstante las porciones valorables muestran unos valores de VSCr algo más superiores que los de la sustancia blanca sana contralateral. *Hospital Universitario Virgen del Rocío.*



**Figura 3. Meningioma atípico grado II (WHO 2016) con mínimo foco de infiltración de la corteza cerebral.** Se trata de una lesión extraaxial frontal izquierda que en la secuencia T1 (D) presenta una intensidad de señal heterogénea, predominantemente isointensa a la sustancia gris con captación intensa del contraste tanto en el TAC con contraste (A) como en la RM, secuencia T1 con contraste (E). Las imágenes B, C, F y G se corresponden con el estudio de perfusión. B) Corte de imagen dinámica T2\* a los 28,9 segundos. C) Mapa paramétrico de color del VSCr. F) Valores numéricos relativos de: FSCr (relCBF), VSCr (relCBV), TTM (MTT), TP (TTP) y T0. G) Gráfica comparativa de VSCr. Observamos, tanto en el mapa de colores como en la gráfica (C, G), que la lesión (Roi1) presenta unos valores de VSCr elevados con respecto al parénquima sano contralateral (Roi2), observamos que la curva de flujo del meningioma regresa a la línea basal de forma retardada, esto se explica por la ausencia de la barrera hematoencefálica de los vasos que lo nutren. *Hospital Universitario Virgen del Rocío.*



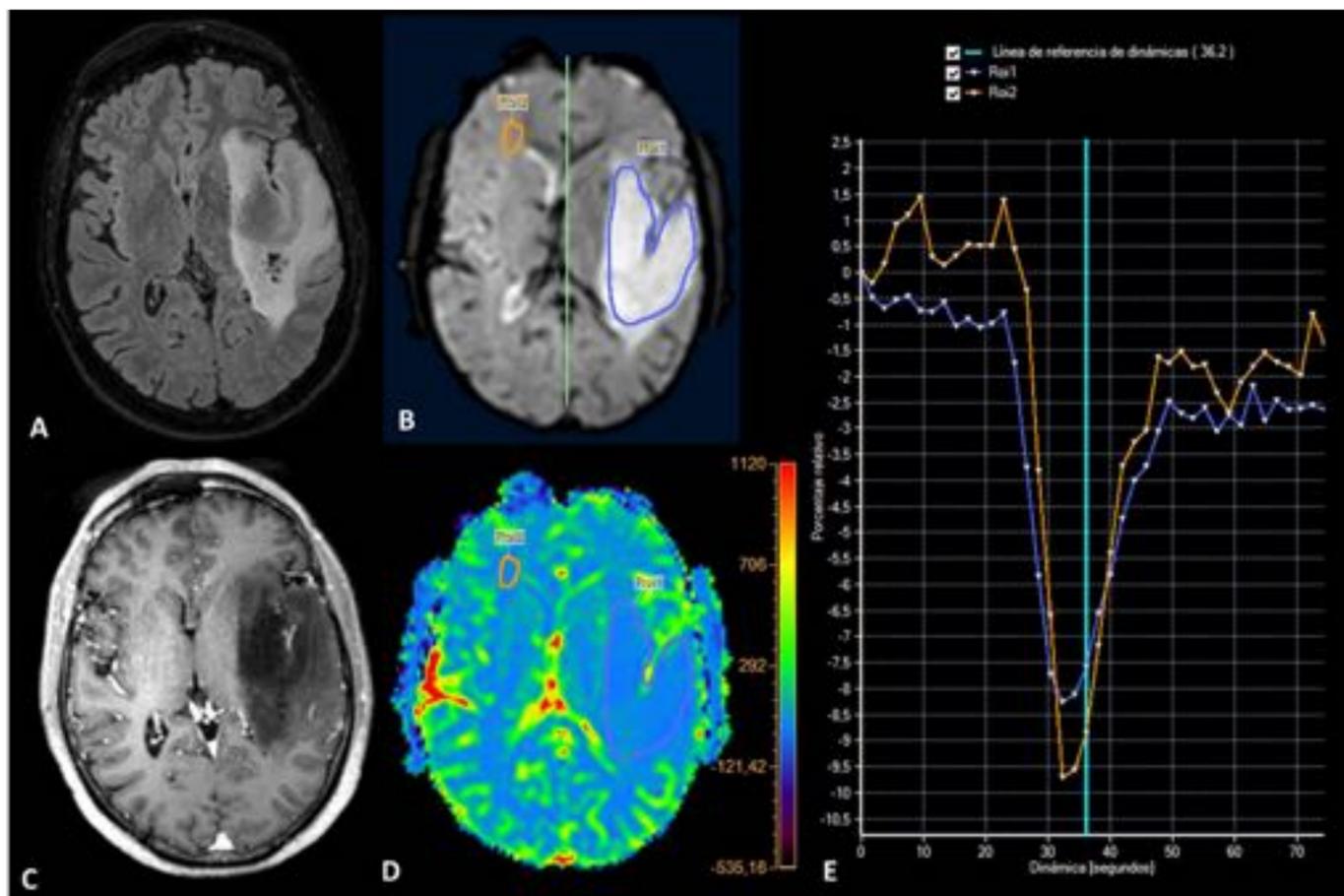
**Figura 4. Hemangioblastoma grado I (WHO 2016).** A) TC con contraste. D y E) Secuencia T1 sin y con contraste. Estudio de perfusión (B, C, F, G), donde Roi1 marca la lesión y Roi2 la sustancia blanca sana contralateral, B) corte de imagen dinámica T2\* a los 29,1 segundos. C) Mapa paramétrico de color del VSCr, F) valores numéricos relativos de: FSCr (relCBF), VSCr (relCBV), TTM (MTT), TP (TTP) y T0, G) gráfica comparativa de VSCr. Se identifica lesión ocupante de espacio intraaxial ubicada en vermis, de apariencia sólido – quística, con aumento de la captación de contraste del área sólida y zonas con VSCr aumentado en más de 4 veces con respecto al lado sano contralateral. Estos son datos de alto grado de malignidad, no obstante el resultado anatomopatológico fue de hemangioblastoma. *Hospital Universitario Virgen del Rocío.*

En los estudios de perfusión por RM realizados sobre los tumores primarios intracraneales de estirpe glial se puede obtener información útil sobre: [1, 2, 3]

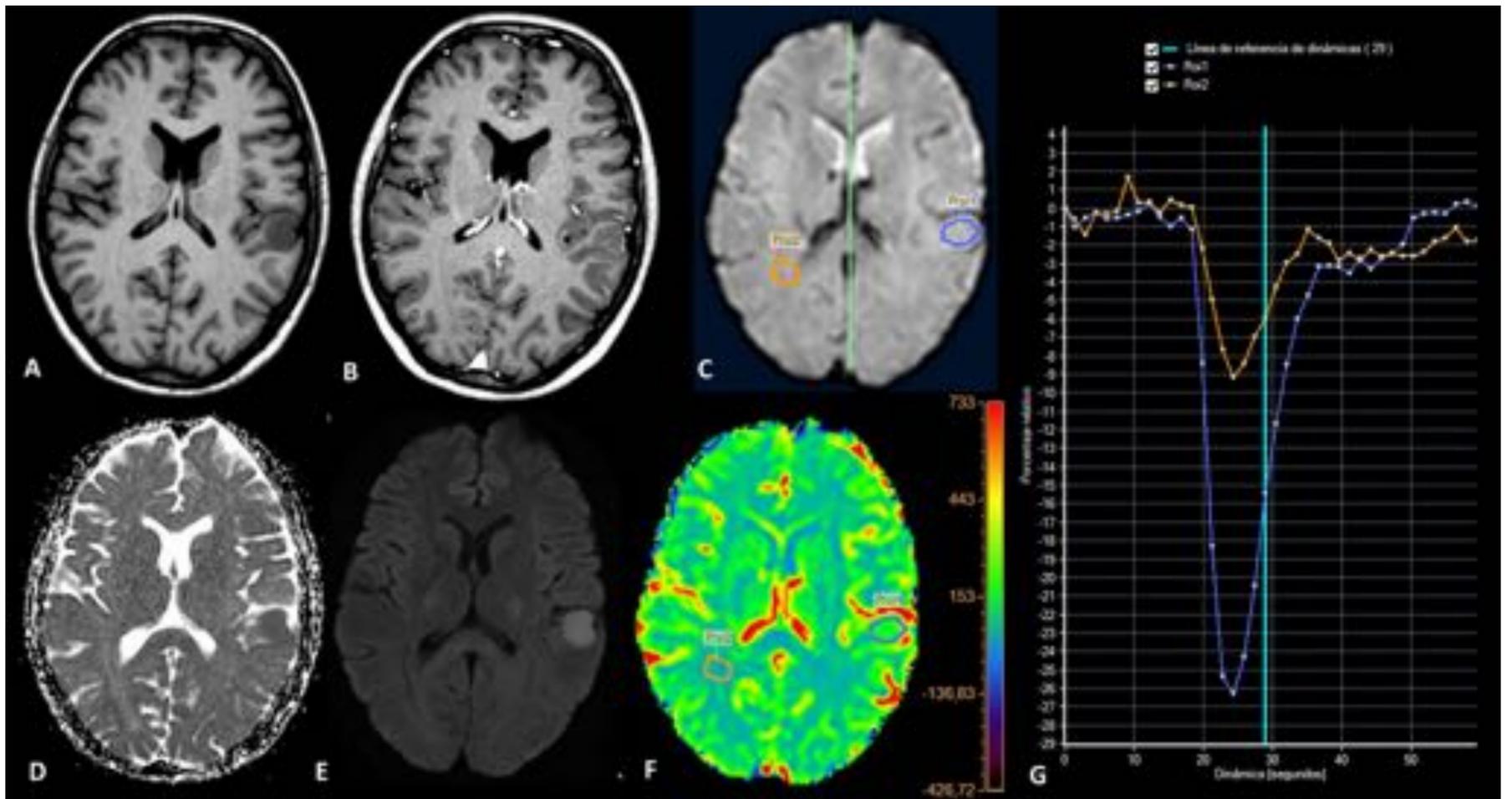
- Estimación del grado tumoral.
- Guía para la biopsia.
- Marcador de respuesta al tratamiento.

### Estimación del grado tumoral:

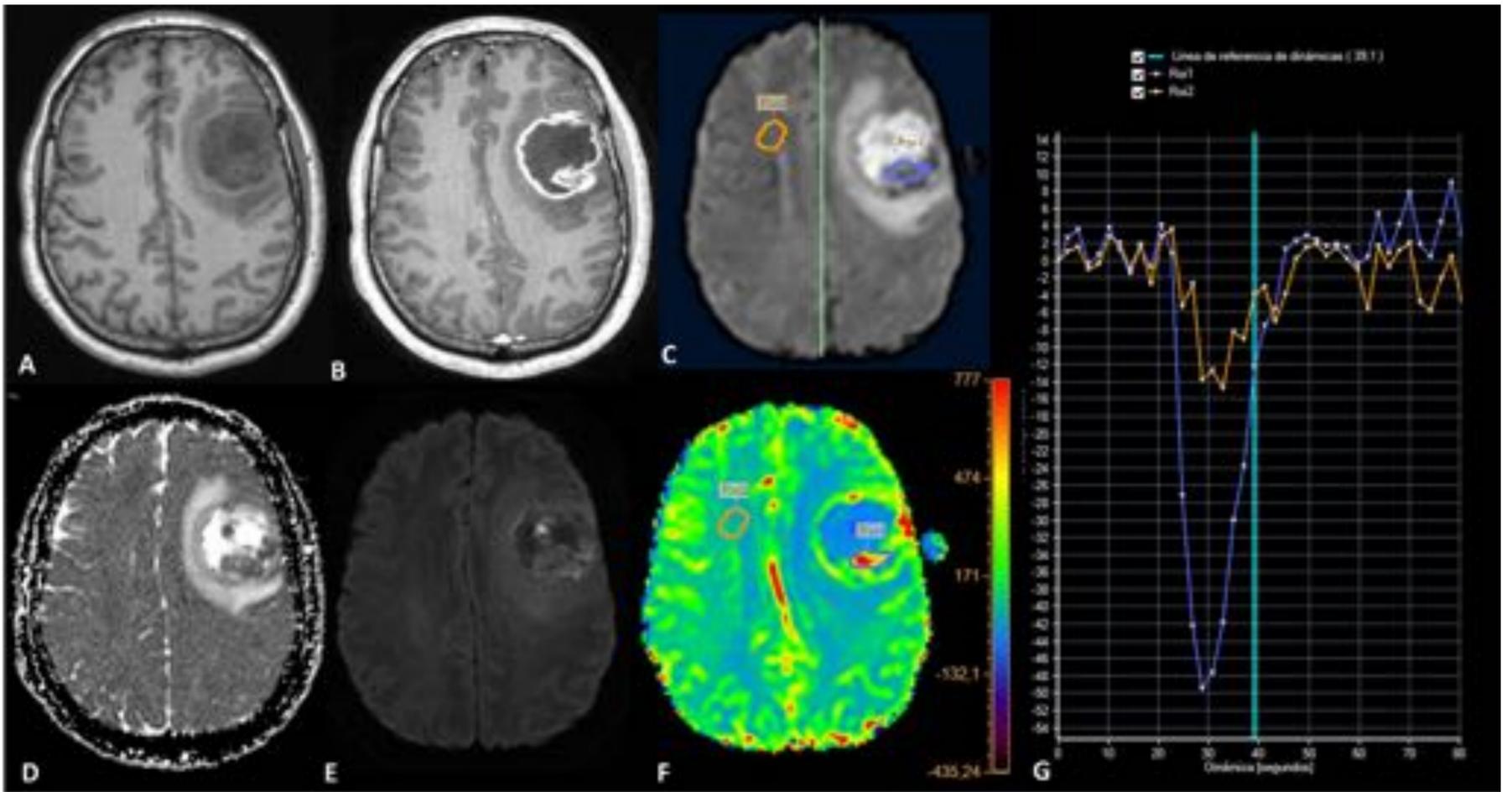
Es importante determinar el grado tumoral ya que condiciona el tratamiento y el pronóstico de la enfermedad. Generalmente los tumores alto grado van a presentar valores mayores de VSCr con respecto a los de bajo grado (Fig. 5, 6, 7 y 8). Esto se debe a que los tumores de alto grado tendrán un crecimiento más rápido con mayores necesidades metabólicas y generarán mayor cantidad de neovasos. No hay un punto de corte exacto de los valores de VSCr para catalogar a un tumor como agresivo, los valores publicados en la literatura son muy variados. Esto se debe a las diferencias en la adquisición de la imagen y en el postprocesado entre los diferentes centros. Por tanto, para orientar sobre la agresividad tumoral se emplearán los valores de VSCr máximos de la lesión con respecto a la sustancia blanca sana contralateral. [1, 2, 6]



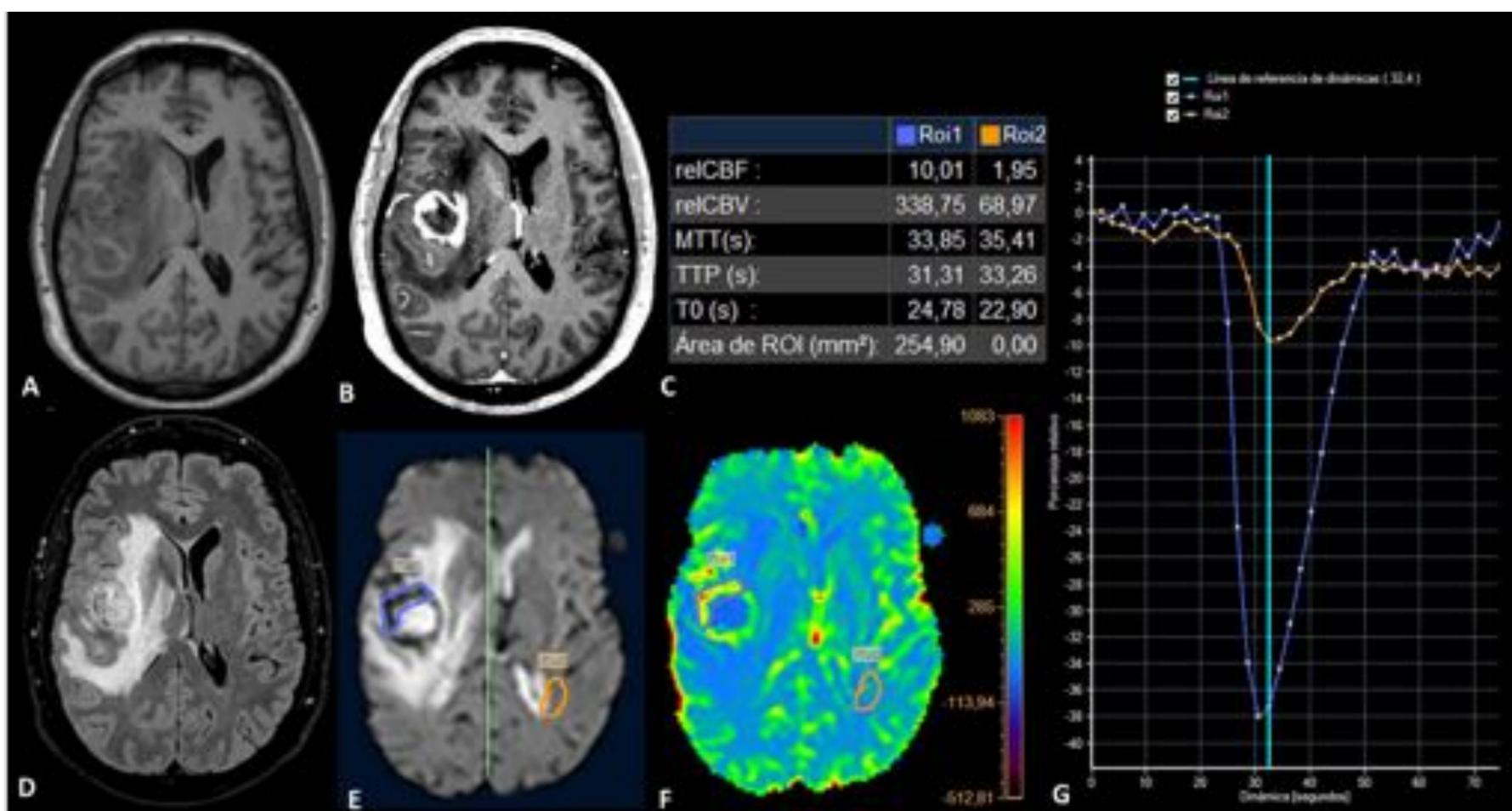
**Figura 5. Astrocitoma difuso grado II (WHO 2016).** A) Secuencia FLAIR, C) Secuencia T1 con contraste, B, D y E) Estudio de perfusión (Roi1 marca la lesión, Roi2 la sustancia blanca sana contralateral), B) corte de imagen dinámica T2\* a los 36,2 segundos, D) mapa paramétrico de color del VSCr, E) gráfica comparativa de VSCr. Se identifica extensa lesión ocupante de espacio hemisférica izquierda, centrada en la región temporal. Es hiperintensa con áreas isointensas en secuencia FLAIR (A), Hipointensa en secuencia T1 con contraste, sin captación (C). En el estudio de perfusión (B, D y E) se trata de una tumoración hipovascular, mostrando valores de VSCr similares a los del parénquima sano contralateral. *H. U. Virgen del Rocío.*



**Figura 6. Glioblastoma NOS grado IV (WHO 2016).** Secuencias T1 sin (A) y con contraste (B), mapa dADC (D), B1000 (E) y estudio de perfusión (C, F y G), donde Roi1 marca la lesión y Roi2 la sustancia blanca sana contralateral. C) Corte de imagen dinámica T2\* a los 29 segundos, F) mapa paramétrico de color del VSCr, G) gráfica comparativa de VSCr. Lesión ocupante de espacio en lóbulo parietal izquierdo a nivel de giro postcentral y giro supramarginal. Se muestra isointensa con la corteza en secuencia T1 (A) con mínima captación en la secuencia con contraste (B) e hiperintensa en T2. Presenta restricción de la difusión (D y E). En el estudio de perfusión (C, F, G) tiene unos valores de VSCr más de 3 veces superiores a los que muestra la sustancia blanca contralateral. *Hospital Universitario Virgen del Rocío.*

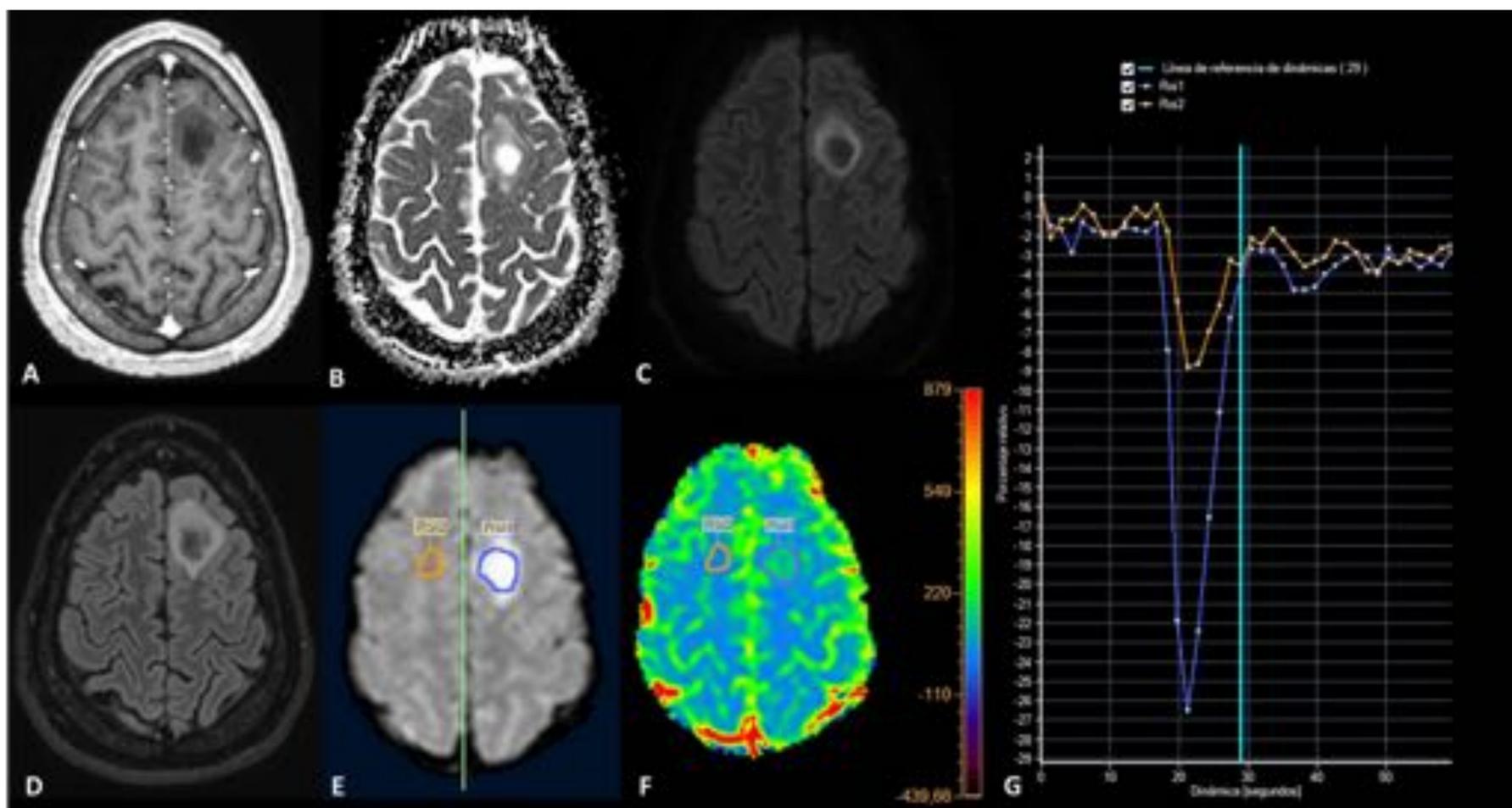


**Figura 7. Glioblastoma grado IV (WHO 2007), en paciente con antecedente de cáncer renal.** Secuencias T1 sin (A) y con contraste (B), mapa dADC (D), B1000 (E) y estudio de perfusión (C, F y G), donde Roi1 indica la zona de mayor VSCr de la lesión y Roi2 la sustancia blanca sana contralateral. C) Corte de imagen dinámica T2\* a los 39,1 segundos, F) mapa paramétrico de color del VSCr, G) gráfica comparativa de VSCr. Se observa una lesión frontal izquierda de morfología redondeada que ejerce efecto masa, con edema vasogénico perilesional. Presenta un gran área central necrótica marcadamente hipointensa en T1 rodeada por ribete tumoral isointenso a la sustancia blanca en T1, con marcado realce en anillo tras la administración de contraste. En la secuencias de difusión presenta algunos focos con restricción a la difusión. En el estudio de perfusión RM se obtienen valores de VSCr en el rodete periférico tumoral que superan que supera en 5 veces los valores obtenidos en la sustancia blanca sana contralateral. Estos hallazgos son compatibles con lesión de alto grado de malignidad planteando el diagnóstico diferencial entre lesión primaria glial y metástasis. *Hospital Universitario Virgen del Rocío.*

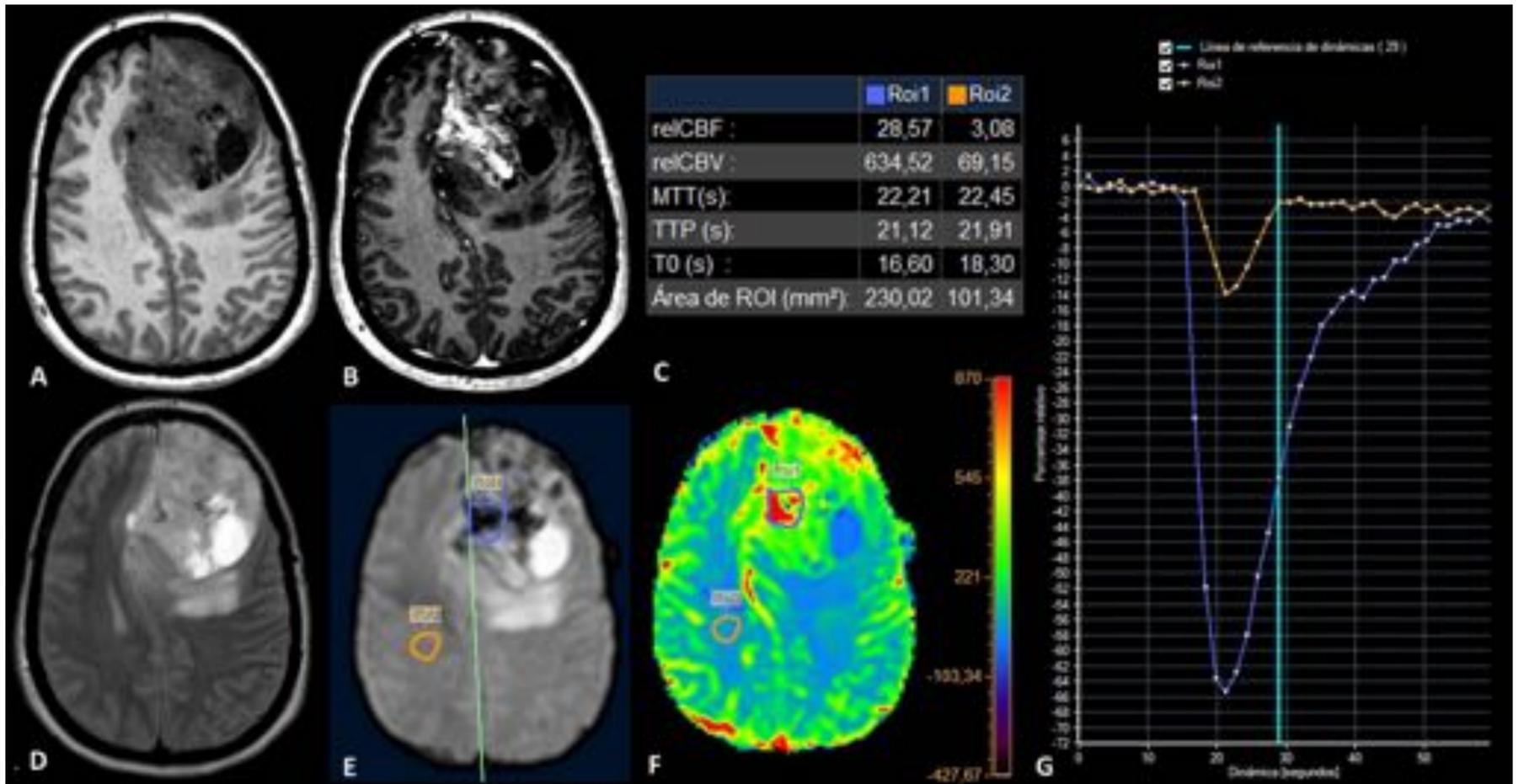


**Figura 8. Glioblastoma NOS grado IV (WHO 2016).** Secuencias T1 sin (A) y con contraste (B), secuencia FLAIR (D) y estudio de perfusión (C, E, F, G), se ha marcado la zona de mayor valor de VSCr como Roi1 y la sustancia blanca sana contralateral como Roi2. C) Valores numéricos relativos de: FSCr (relCBF), VSCr (relCBV), TTM (MTT), TP (TTP) y T0. E) Imagen dinámica T2\* a los 32,4 segundos. F) Mapa paramétrico de color del VSCr. G) Gráfica comparativa de VSCr. Lesión intraaxial a nivel de la ínsula derecha, de morfología nodular con efecto masa sobre el ventrículo lateral derecho y línea media y marcado edema vasogénico alrededor. Es hipointensa en T1 (A) con marcado realce en anillo en la secuencia con contraste (B), además asocia hipercaptación en la sustancia blanca inmediatamente medial a la lesión, que sugiere infiltración tumoral. En la secuencia FLAIR (D) se muestra hiperintensa. El estudio de perfusión (C, E, F, G) demuestra valores incrementados de volumen sanguíneo cerebral en la pared hipercaptante en relación con sustancia blanca sana del hemisferio contralateral, llega a ser de hasta 5 veces superior, lo que sugiere un alto grado de malignidad histológica. *Hospital Universitario Virgen del Rocío.*

Como excepción se debe destacar el oligodendroglioma ya que tanto el de alto como el de bajo grado pueden presentar focos con valores elevados de VSCr (Fig. 9 y 10). Esto se debe a que suelen tener una amplia red capilar.[1, 2, 6]



**Figura 9. Oligodendroglioma grado II (WHO 2007).** Secuencias T1 con contraste (A), difusión con mapa dADC (B) y B1000 (C), Secuencia FLAIR (D) y estudio de perfusión (E, F, G), donde se marca la lesión como Roi1 y la sustancia blanca sana contralateral como Roi2. E) Corte de imagen dinámica T2\* a los 29 segundos, F) mapa paramétrico de color del VSCr, G) gráfica comparativa de VSCr. Se trata de una lesión ocupante de espacio en circunvolución frontal superior izquierda, presenta una intensidad de señal algo heterogénea con una porción central hipointensa en T1 y sin captación significativa en la secuencia T1 con contraste (A). Es hiperintensa en T2 con una porción central hipointensa en FLAIR (D) y una moderada restricción en anillo en la periferia (B y C). En el estudio de perfusión se aprecian valores de VSCr 3 veces por encima con respecto a la sustancia blanca contralateral. Estos hallazgos sugieren la presencia de una lesión glial de alto grado, no obstante se trataba de un oligodendroglioma de bajo grado que, como se ha mencionado anteriormente, pueden mostrar este comportamiento. *Hospital Universitario Virgen del Rocío.*



**Figura 10. Oligodendroglioma anaplásico grado III (WHO 2007).** Secuencias T1 sin (A) y con contraste (B), Secuencia T2 (D) y estudio de perfusión (C, E, F, G), donde se marca la zona de mayor VSCr de la lesión como Roi1 y la sustancia blanca sana contralateral como Roi2. C) Valores numéricos relativos de: FSCr (relCBF), VSCr (relCBV), TTM (MTT), TP (TTP) y T0. E) Corte de imagen dinámica T2\* a los 29 segundos, F) mapa paramétrico de color del VSCr, G) gráfica comparativa de VSCr. Gran masa intraaxial centrada en lóbulo frontal izquierdo que ejerce efecto masa y desplaza la línea media, con discreto edema vasogénico alrededor. Presenta una intensidad de señal heterogénea, con áreas hipointensas en T1 y zonas isointensas a la corteza (A) que realzan tras la administración de contraste (B). En secuencia T2 (D) se define un componente quístico lateral y un voluminoso componente sólido difusamente hiperintenso. En el estudio de perfusión (C, E, F, G) se observan signos de neoangiogénesis muy incrementada con valores de CBV relativo de hasta 9 veces los de la sustancia blanca sana contralateral. Los hallazgos sugieren que se trata de una lesión de alto grado. *Hospital Universitario Virgen del Rocío.*

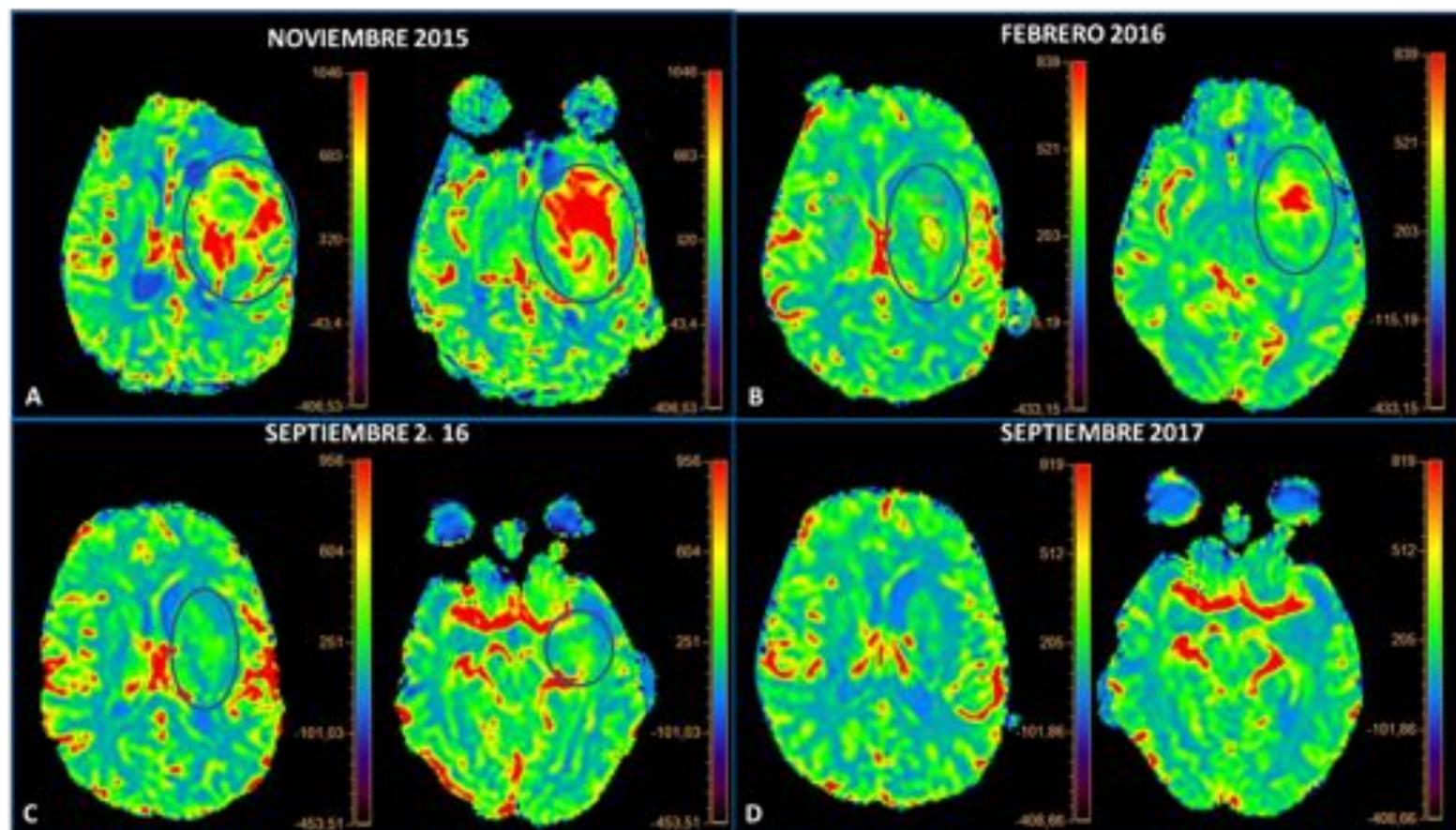
## Guía para la biopsia:

La hipercaptación en la secuencia T1 con contraste o en el TC con contraste lo único que va a indicar es rotura de barrera hematoencefálica y no tiene por qué corresponderse con la región más agresiva tumoral. Se ha descrito que las zonas tumorales que presentan los valores más altos de VSCr se correlacionan con las áreas de mayor grado tumoral, por lo que una biopsia dirigida hacia los focos de mayor agresividad tumoral va a ser más representativa del grado tumoral. [1, 4, 5, 6]

## Marcador de respuesta al tratamiento:

Los estudios de perfusión por RM se pueden emplear tanto de predictor de respuesta como para la evaluación postratamiento. Inicialmente, un con valores altos de VSCr sugiere tumor agresivo y suele asociar peor respuesta al tratamiento.

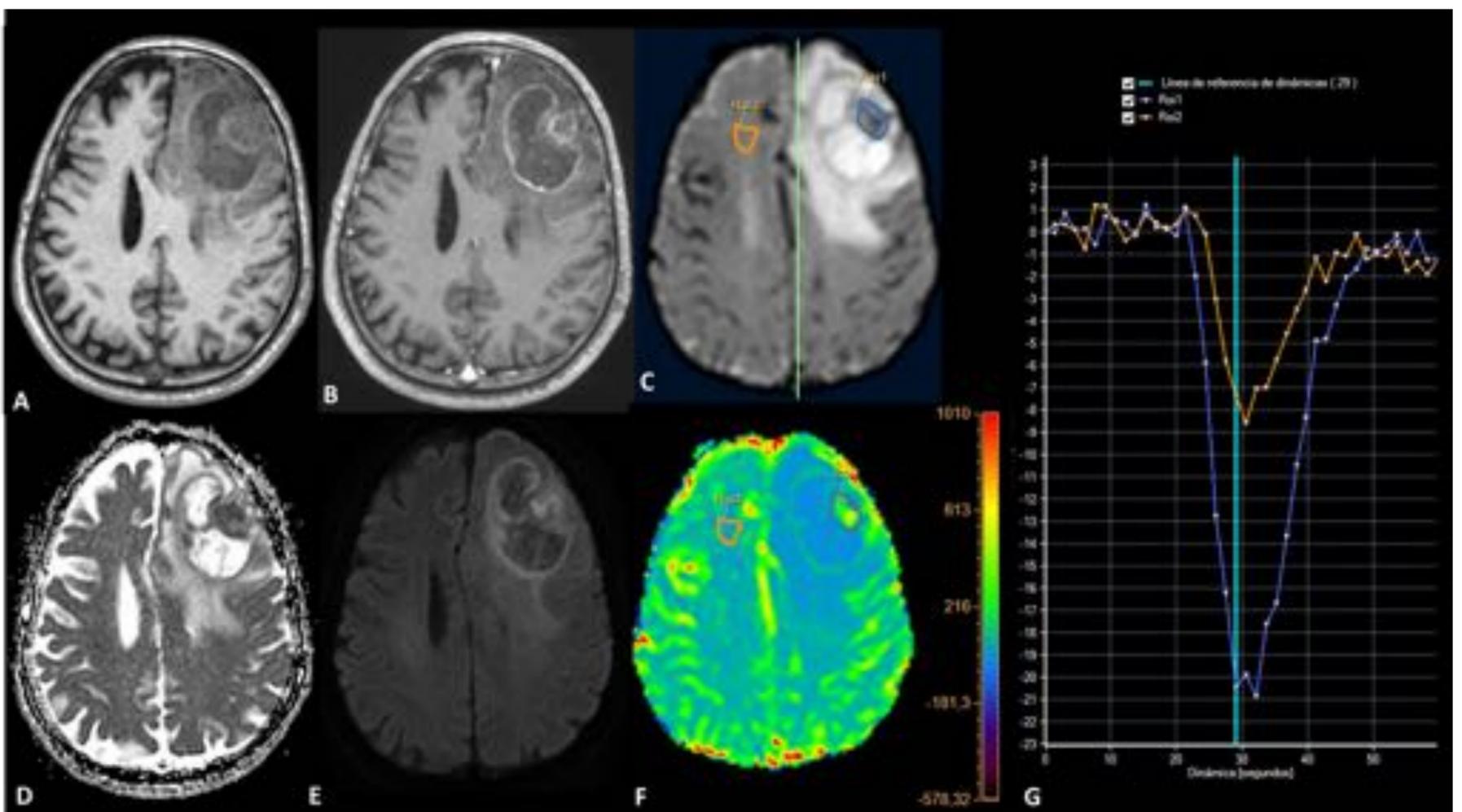
Tanto los tratamientos quimioterápicos antiangiogénicos como la radioterapia van a dañar la microcirculación y reducen la angiogénesis tumoral. Esto se correlaciona con una disminución en los valores de VSCr intratumorales (**Fig. 11**). Por lo tanto los estudios de perfusión por RM se pueden emplear para evaluar la respuesta al tratamiento. [2, 5, 6]



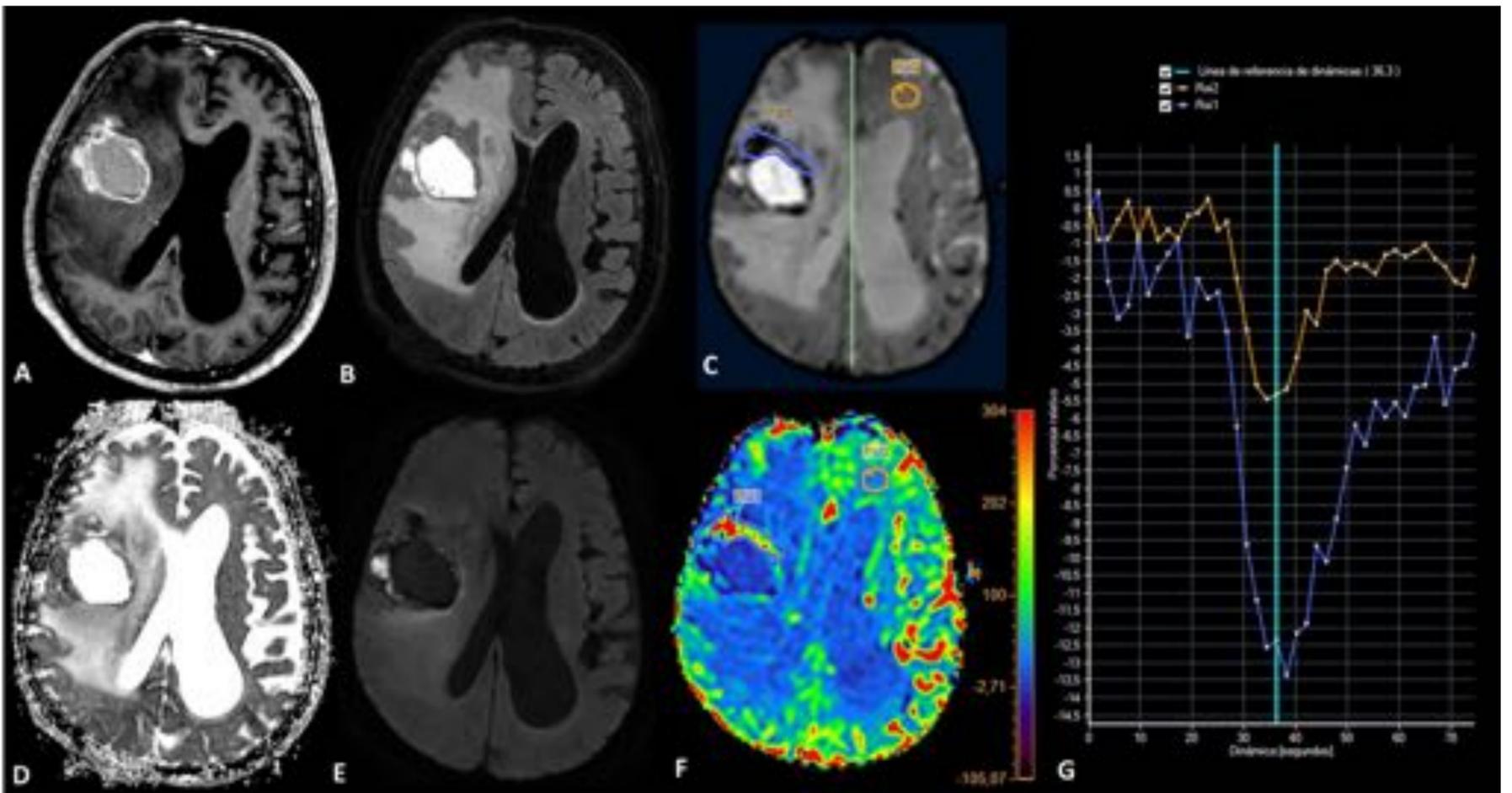
**Figura 11. Respuesta al tratamiento.** Hombre de 38 años diagnosticado en 2015 tras biopsia de astrocitoma anaplásico grado III (WHO 2007). Siguió tratamiento con temozolamida + radioterapia. A, B, C, D) Mapas paramétricos de color del VSCr de la misma lesión en diferentes controles. A) Estudio de perfusión RM en 2015, previa al inicio del tratamiento, se identifican grandes áreas con valores de VSCr muy elevados. B) Tres meses después del inicio del tratamiento se observa una marcada reducción de las áreas hipervasculares. C) Tras 10 meses desde el inicio del tratamiento solo quedan algunas zonas con ligero aumento del VSCr. D) Después de 22 meses tras el inicio del tratamiento no se identifican diferencias significativas en el estudio de perfusión entre ambos hemisferios. *H. U. Virgen del Rocío.*

- **Metástasis cerebrales: VSCr intralesional.**

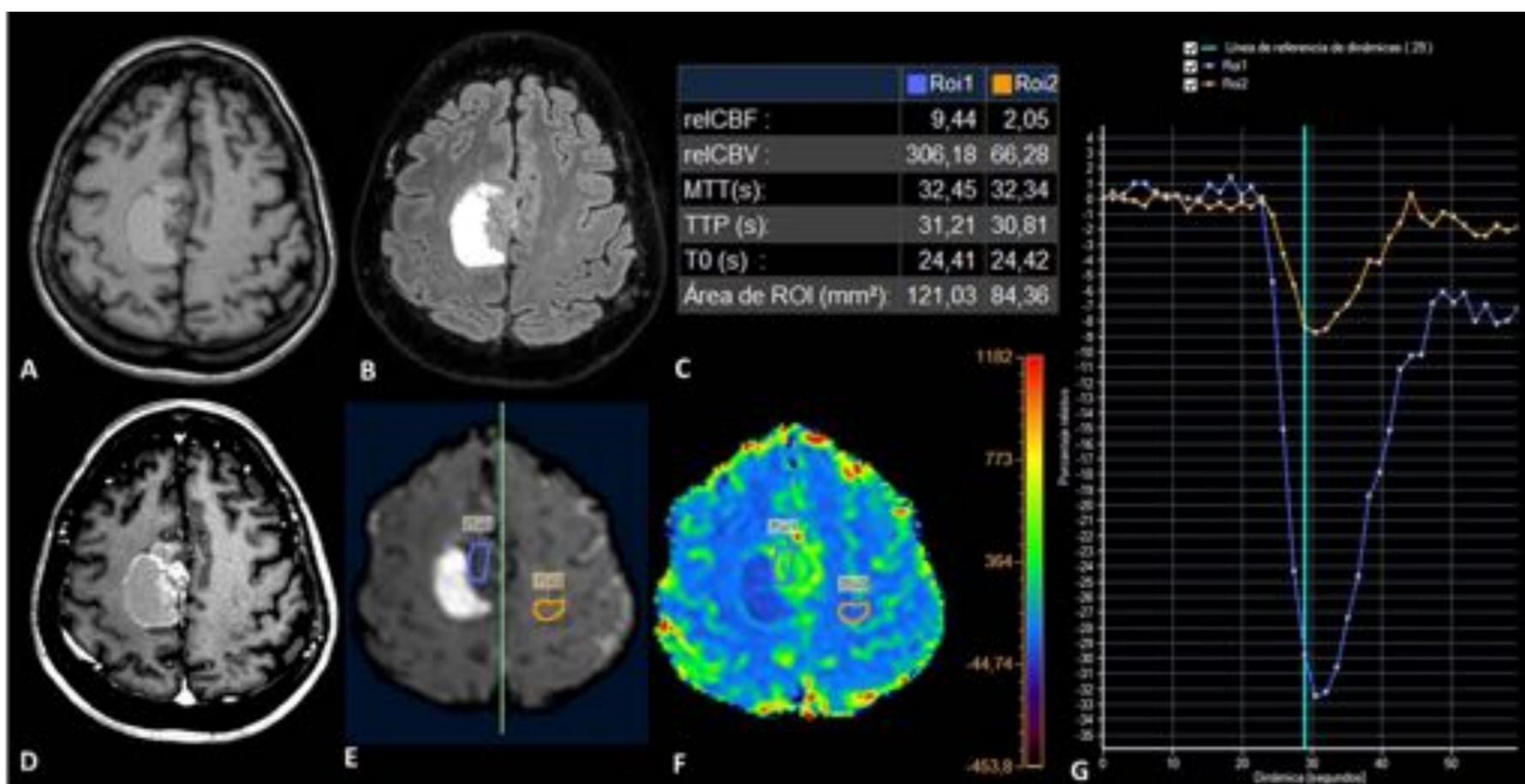
En pacientes con una lesión ocupante de espacio intracraneal sin neoplasia primaria conocida, puede ser un reto diferenciar entre un glioma de alto grado y una metástasis, mediante las imágenes de RM convencional ambas lesiones pueden presentar una morfología similar. Con respecto a las técnicas de perfusión, en la mayoría de los estudios no se encuentran diferencias significativas en los valores de VSCr de la zona sólida intratumoral entre los gliomas de alto grado y las metástasis. Tanto las lesiones metastásicas como los gliomas de alto grado van a tener valores elevados de VSCr (**Fig. 12, 13 y 14**). [1 – 4, 7]



**Figura 12. Metástasis de adenocarcinoma de origen pulmonar.** Secuencias T1 sin (A) y con contraste (B), mapa dADC (D), B1000 (E) y estudio de perfusión (C, F y G) donde Roi1 marca el foco de mayor VSCr de la lesión y Roi2 la sustancia blanca sana contralateral. C) Corte de imagen dinámica T2\* a los 29 segundos, F) mapa paramétrico de color del VSCr, G) gráfica comparativa de VSCr. Gran lesión ocupante de espacio en lóbulo frontal izquierdo conformada por un gran centro necrótico hipointenso con borde isointenso en T1 (A) que capta tras la administración de contraste (B) y un nódulo de base cortical proyectado entre las circunvoluciones frontal superior y media de similares características al borde tumoral. Tanto el ribete tumoral como el nódulo presentan restricción en las secuencias de difusión. En el estudio de perfusión se obtienen valores elevados de VSCr en la porción sólida tumoral, hasta 3-4 veces superiores con respecto al lado sano contralateral. Rodeando toda la lesión existe un voluminoso componente de edema vasogénico perilesional. *Hospital Universitario Virgen del Rocío.*



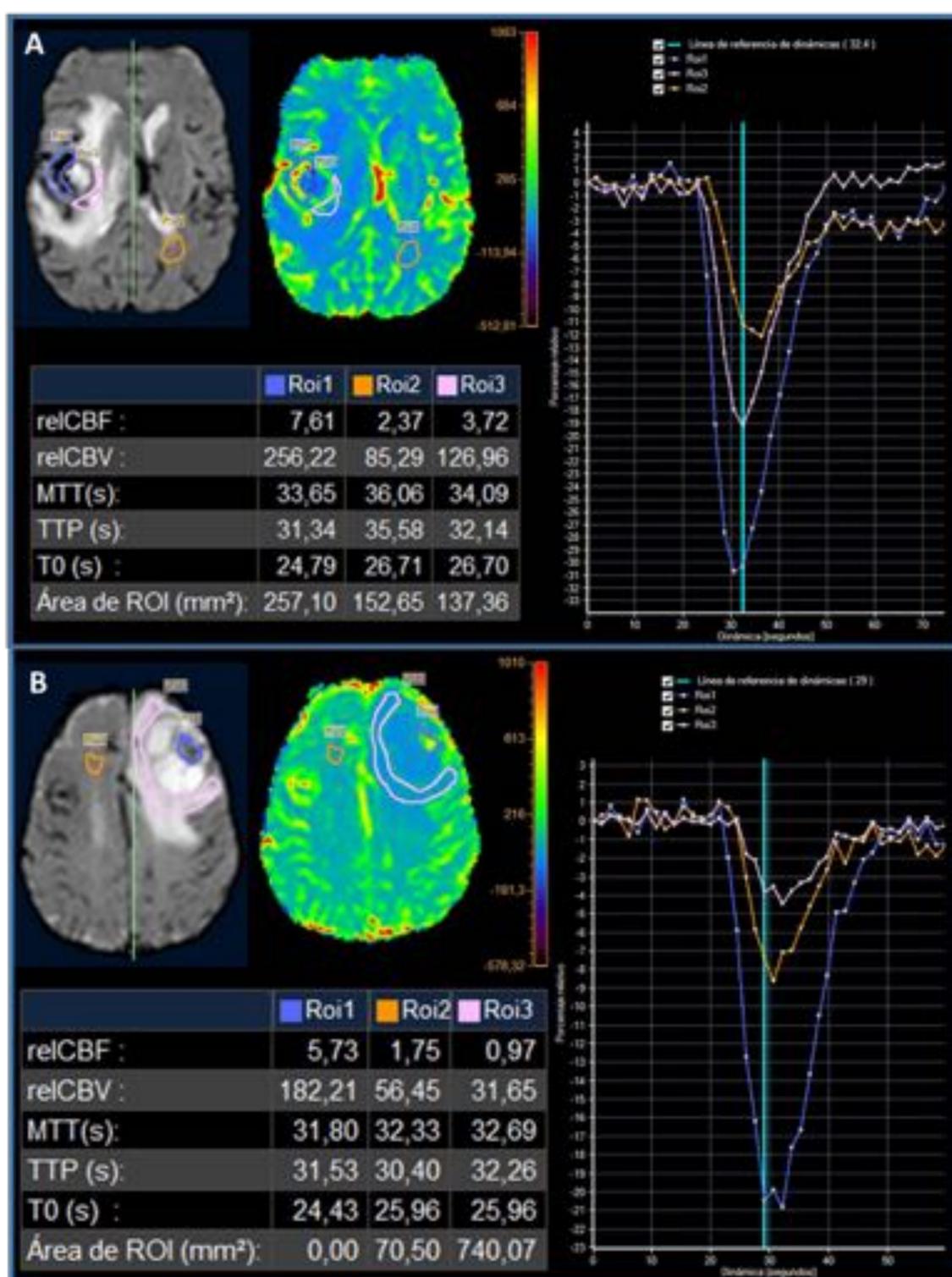
**Figura 13. Metástasis cerebral de melanoma.** Secuencia T1 con contraste (A), secuencia FLAIR (B), mapa dADC (D), B1000 (E) y estudio de perfusión (C, F y G) donde Roi1 marca el foco de mayor VSCr de la lesión y Roi2 la sustancia blanca sana contralateral. C) Corte de imagen dinámica T2\* a los 36,3s segundos, F) mapa paramétrico de color del VSCr, G) gráfica comparativa de VSCr. Lesión expansiva fronto-temporal derecha, presenta una intensidad de señal heterogénea en la secuencia T1 con múltiples loculaciones de hiperintensidad variable compatibles con sangre en distintos estadios evolutivos y melanina. La sangre más reciente presenta restricción en la difusión (D y E). Se observa una captación fina lineal periférica en la secuencia T1 con contraste (A) y un extenso edema vasogénico en FLAIR (B), ejerce efecto masa sobre el ventrículo lateral derecho y provoca una hidrocefalia con signos de actividad sobre el ventrículo lateral izquierdo. En la secuencia de perfusión RM se observan zonas con valores altos de VSCr, que superan en 3 veces la sustancia blanca sana contralateral. *Hospital Universitario Virgen del Rocío.*



**Figura 14. Metástasis cerebral de carcinoma seroso de ovario.** Secuencias T1 sin (A) y con contraste (D), Secuencia FLAIR (B) y estudio de perfusión (C, E, F, G), donde se marca la zona de mayor VSCr de la lesión como Roi1 y la sustancia blanca sana contralateral como Roi2. C) Valores numéricos relativos de: FSCr (relCBF), VSCr (relCBV), TTM (MTT), TP (TTP) y T0. E) Corte de imagen dinámica T2\* a los 29 segundos, F) mapa paramétrico de color del VSCr, G) gráfica comparativa de VSCr. Lesión ocupante de espacio intraaxial córtico-subcortical frontal parasagital derecha con contenido quístico hiperintenso en todas las secuencias, probablemente rico en mucina/proteínas y pared hipercaptante (D) con polo más sólido en la porción supero-medial que muestra valores altos de VSCr en el estudio de perfusión (C, E, F, G), hasta 4-5 veces por encima los de la sustancia blanca contralateral. La lesión no se rodea de edema vasogénico. *Hospital Universitario Virgen del Rocío.*

- **Metástasis cerebrales: VSCr perilesional.**

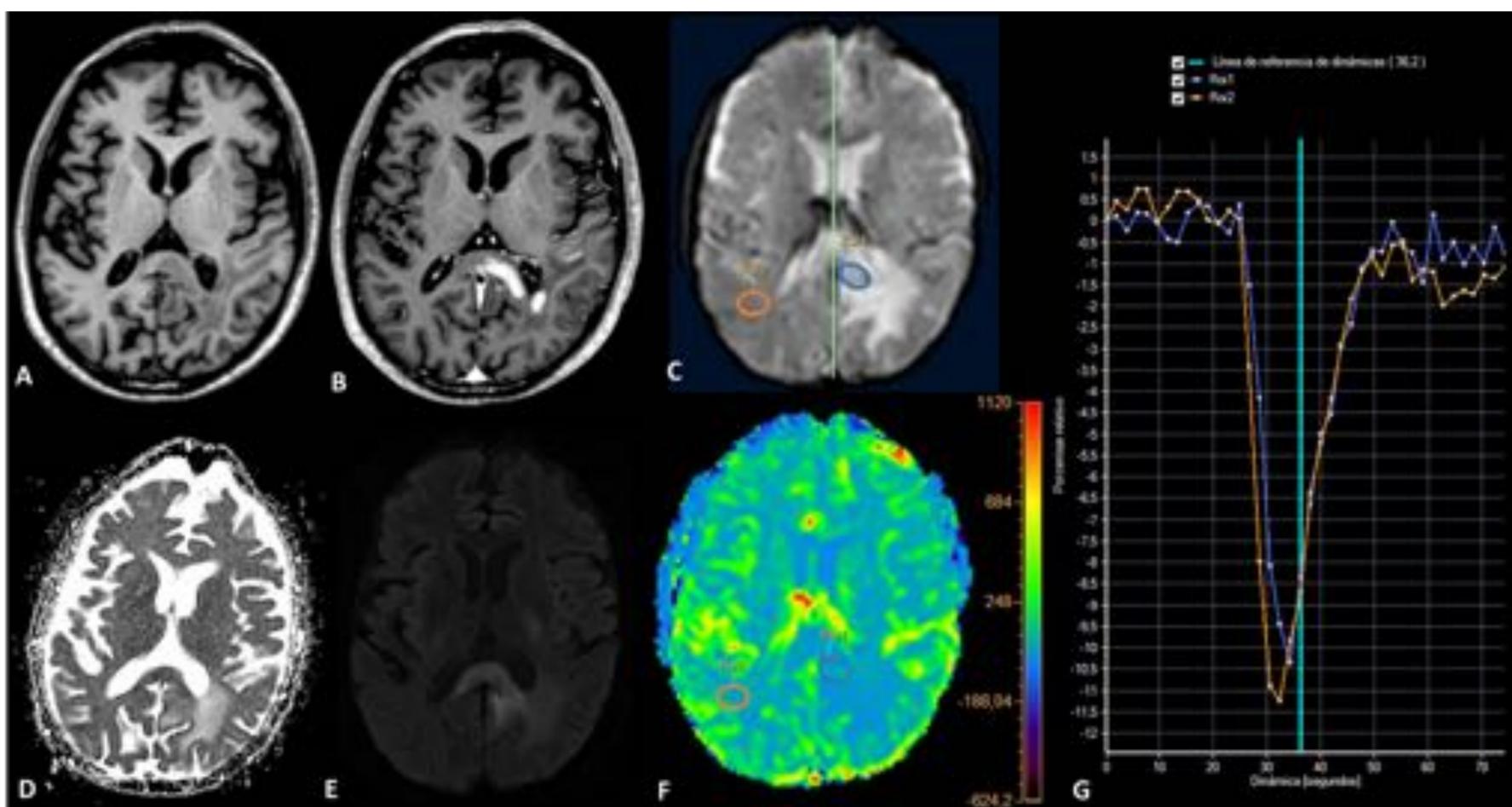
El edema perilesional que provocan las metástasis va un edema vasogénico puro, secundario al efecto masa, con destrucción de la microcirculación y sin presencia de células tumorales a este nivel. Por otra parte, en el edema que se encuentra rodeando a los tumores gliales de alto grado presenta células tumorales que invaden las áreas peritumorales y potencian la neoangiogénesis. Por esta razón, en los estudios de perfusión los valores de VSCr del edema perilesional en las metástasis suele ser menores que los registrados en los gliomas de alto grado (**Fig. 15**). [1 - 4, 7]



**Figura 15. Ejemplo comparativo de VSCr perilesional.** A) Glioblastoma NOS grado IV (WHO), mismo paciente que **Figura 8**, el edema perilesional marcado con Roi3, presenta unos valores de VSCr superiores a los de las sustancia blanca sana contralateral (Ratio de VSCr perilesional / VSCr de sustancia blanca contralateral = 1,5). B) Metástasis de adenocarcinoma de origen pulmonar, mismo paciente que **Figura 12**, el edema perilesional presenta unos valores de VSCr menores que los que se observan en la sustancia blanca sana contralateral (Ratio = 0,56). *Hospital Universitario Virgen del Rocío.*

- **Linfoma cerebral:**

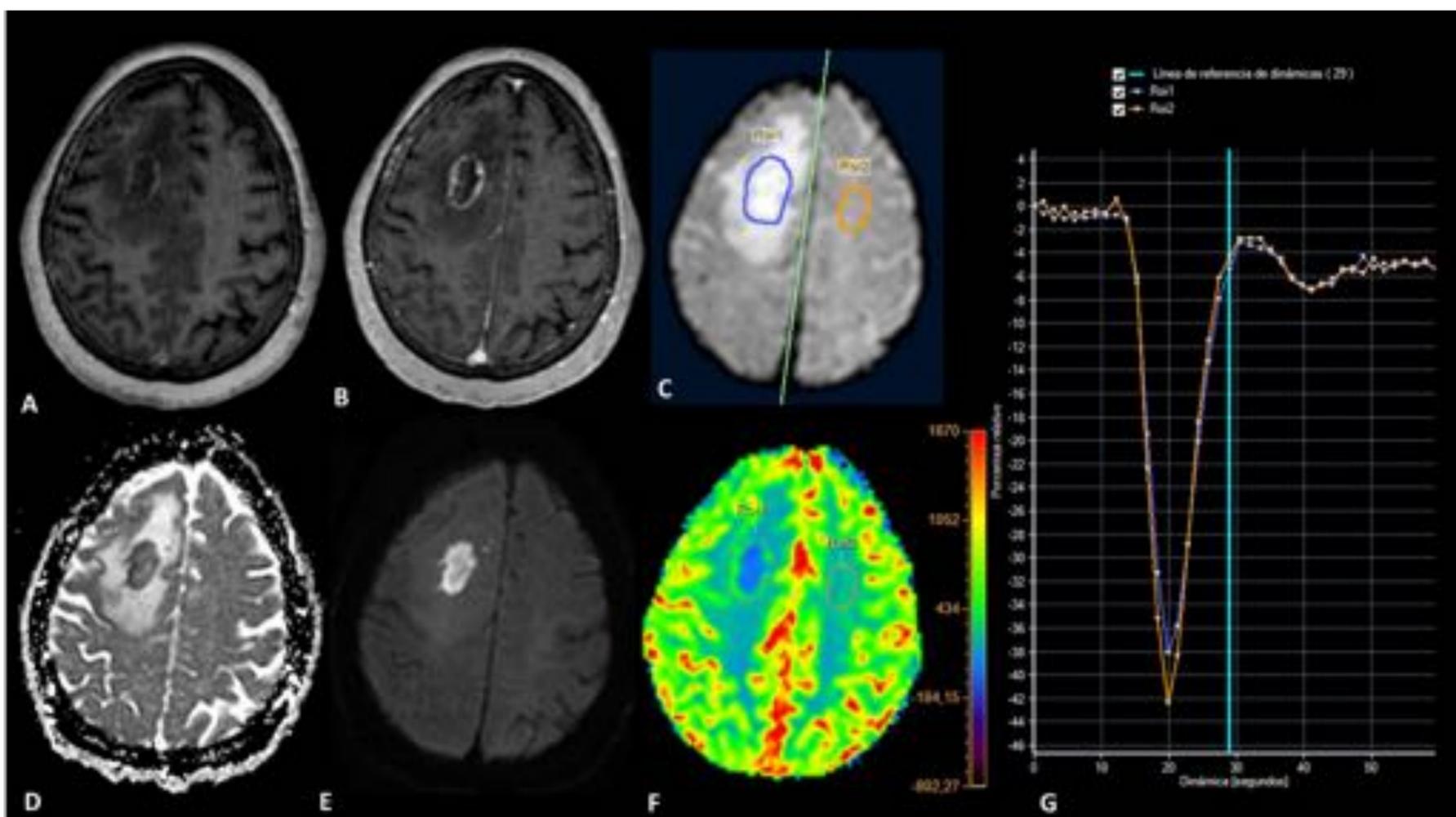
En las imágenes morfológicas suele tener apariencia de tumor agresivo. Presentan marcada captación de contraste de forma homogénea. Como característica son lesiones que restringen en las secuencias de difusión debido a su alta celularidad. Al realizarle estudio de perfusión presentan valores bajos de VSCr en comparación con los tumores gliales (**Fig. 16**). Esto se debe a que no genera una neoangiogénesis prominente sino que infiltra formando capas concéntricas alrededor de los vasos. [1, 2, 3]



**Figura 16. Linfoma cerebral.** Secuencias T1 sin contraste (A), T1 con contraste (B), mapa de ADC (D), B1000 (E) y estudio de perfusión (estudio dinámico de susceptibilidad magnética ponderado en T2\*) (C, F, G), donde Roi1 marca la lesión y Roi2 sustancia blanca sana contralateral. C) Corte de imagen dinámica T2\* a los 36,2 segundos, F) mapa paramétrico de color del VSCr, G) gráfica comparativa de VSCr. Lesión a nivel del esplenio del cuerpo calloso y sustancia blanca periventricular que se comporta hipointensa en T1 (A), con marcada captación de contraste (B) y asocia zonas de edema perilesional (C). La lesión restringe en las secuencias de difusión (D y E). En el estudio de perfusión presenta unos valores de VSCr similares a los de la sustancia blanca sana contralateral (D, E). *Hospital Universitario Virgen del Rocío.*

- Absceso cerebral:**

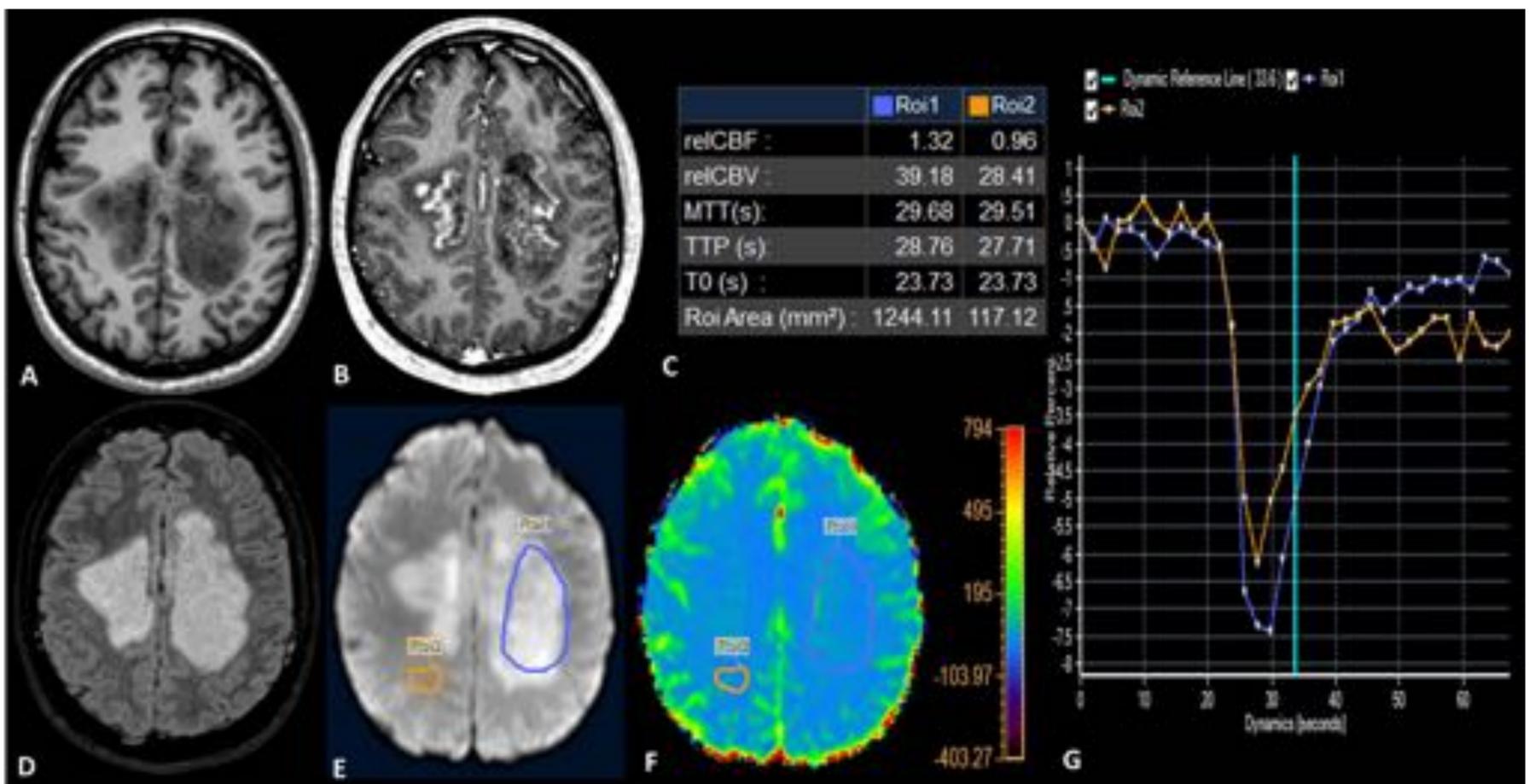
Los abscesos cerebrales se van a caracterizar por presentar un centro quístico (contenido purulento) con marcada restricción a la difusión, rodeado de una pared hipercaptante (realce en anillo). En el estudio de perfusión vamos a obtener valores de VSCr similares a los de la sustancia blanca sana contralateral. (**Fig. 17**). [3]



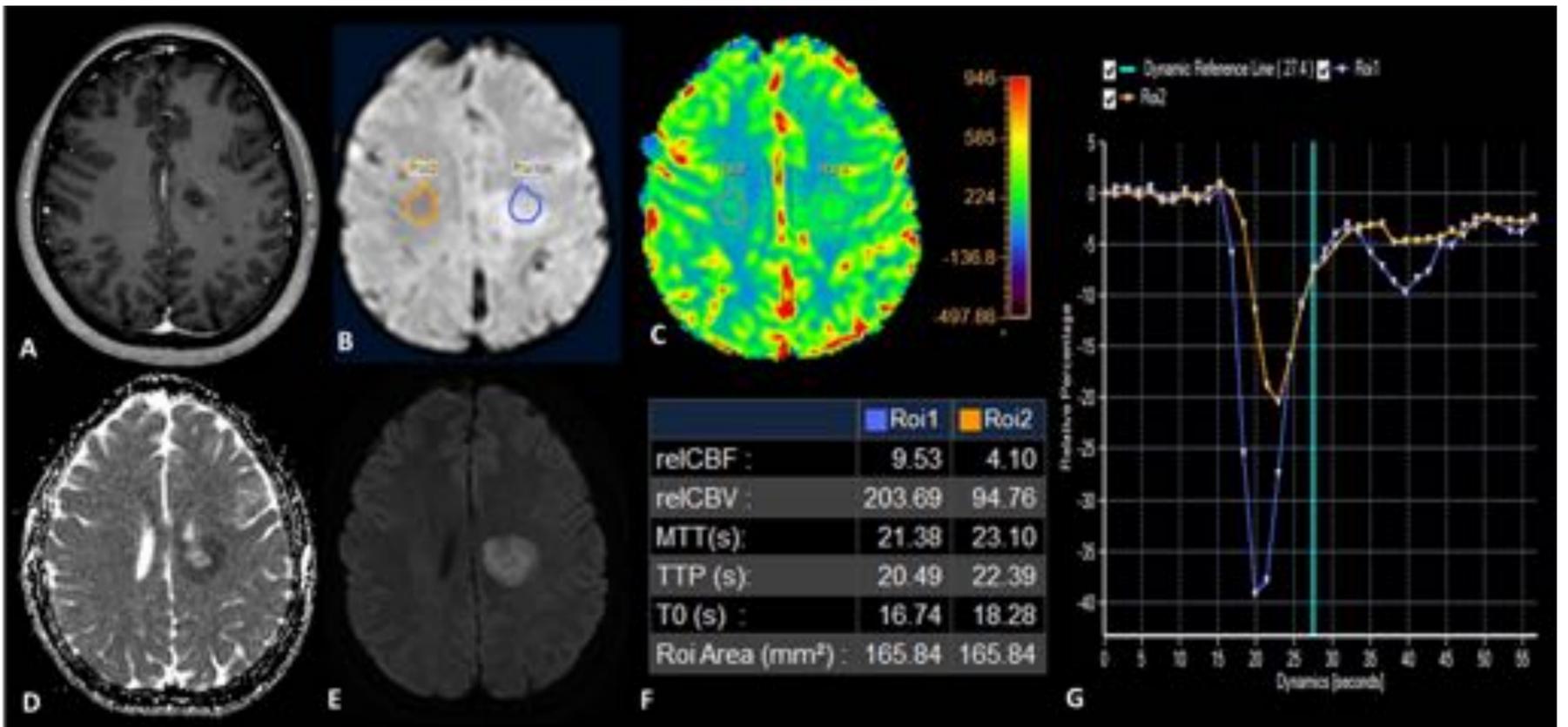
**Figura 17. Absceso cerebral** por cocos Gram positivo en mujer 69 años inmunosuprimida (en tratamiento con metotrexate y prednisona por artritis reumatoide). Secuencias T1 sin (A) y con contraste (B), mapa dADC (D), B1000 (E) y estudio de perfusión (C, F y G), donde Roi1 marca la lesión y Roi2 la sustancia blanca sana contralateral. C) Corte de imagen dinámica T2\* a los 29 segundos, F) mapa paramétrico de color del VSCr, G) gráfica comparativa de VSCr. Se observa una lesión en centro semioval de lóbulo frontal derecho con importante edema vasogénico alrededor. Presenta un centro hipointenso en T1 (A), hiperintenso en T2 con marcada restricción de la difusión (D, E). Pared con captación de contraste en anillo (B). En el estudio de perfusión presenta valores de VSCr no elevados, similar al tejido sano contralateral. *Hospital Universitario Virgen del Rocío.*

- **Lesiones tumefactivas desmielinizantes (LTD):**

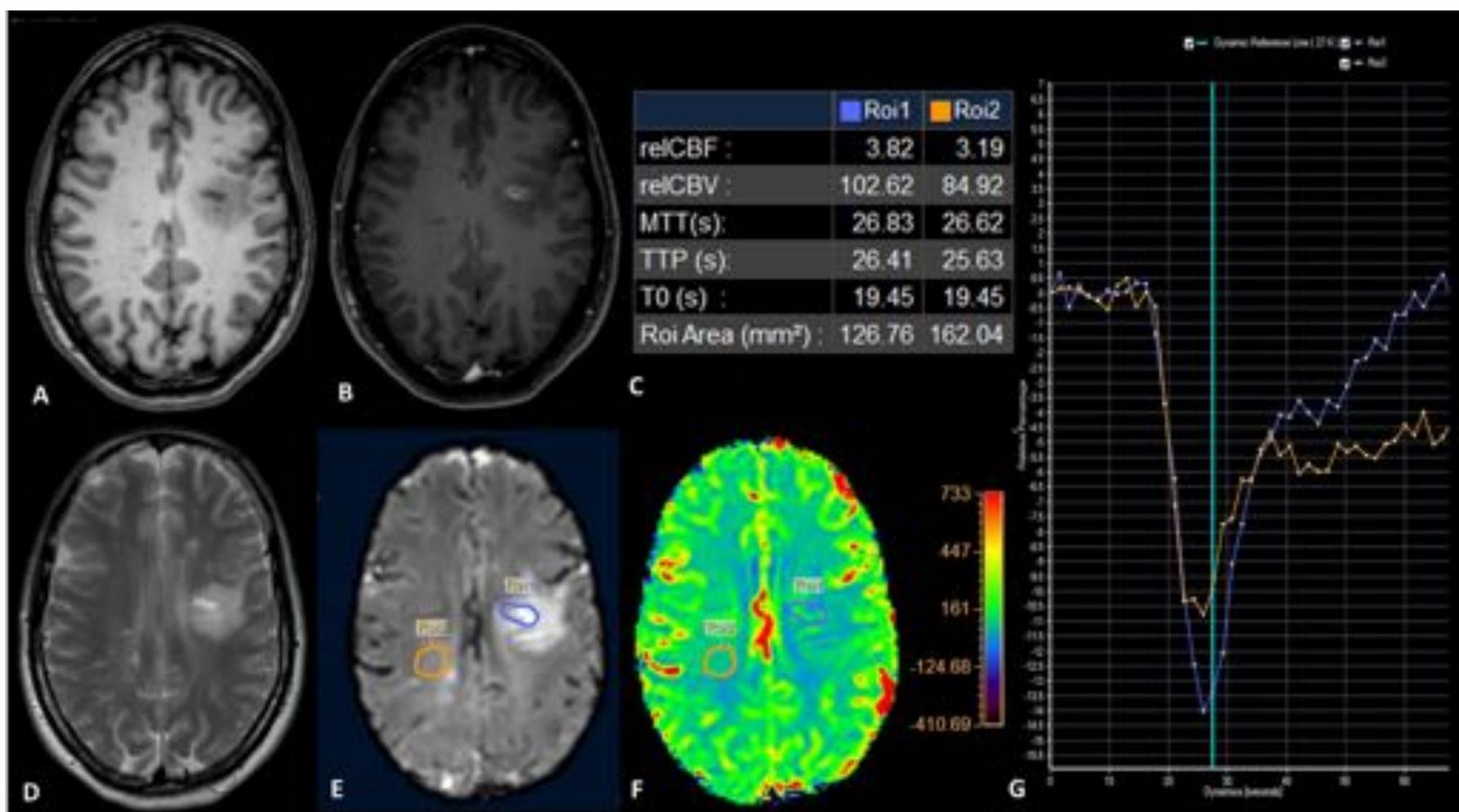
Son lesiones pseudotumorales que se presentan en el contexto clínico de la esclerosis múltiple. Por RM convencional pueden ser indistinguibles de lesiones tumorales por presentar efecto masa, zonas de realce y áreas necróticas o quísticas. A veces se objetivan estructuras venosas atravesando estas lesiones, lo que puede ayudar al diagnóstico. En los estudios de perfusión, los valores de VSCr de las LTD van a ser significativamente inferiores a los registrados en los gliomas de alto grado, a veces incluso son menores que los obtenidos en el tejido sano contralateral. Esto se debe a que no presentan una angiogénesis marcada, a veces se observa un ligero aumento del VSCr por una leve angiogénesis inflamatoria. (Fig. 18, 19 y 20) [1 - 3]



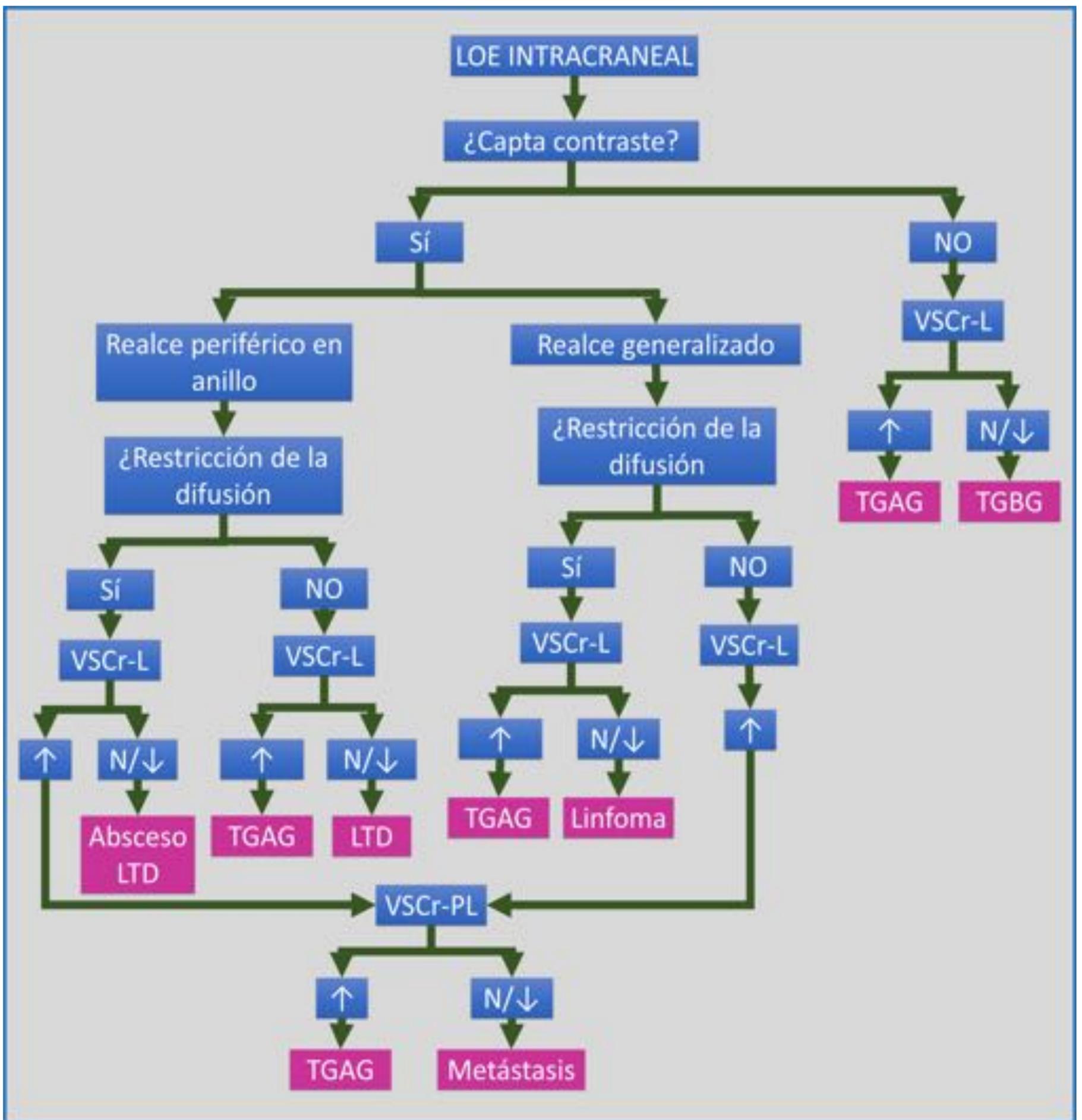
**Figura 18. Lesión tumefactiva desmielinizante** en hombre de 23 años diagnosticado de Esclerosis múltiple. Secuencias T1 sin (A) y con contraste (B), FLAIR (D) y estudio de perfusión (C, E, F y G), donde Roi1 marca la lesión y Roi2 la sustancia blanca sana contralateral, C) valores numéricos de: FSCr (relCBF), VSCr (relCBV), TTM (MTT), TP (TTP) y T0 E) corte de imagen dinámica T2\* a los 33,6 segundos, F) mapa paramétrico de color del VSCr, G) gráfica comparativa de VSCr. Lesión de contornos irregulares que afecta a la sustancia blanca profunda bihemisférica, es hipointensa en T1 (A), hiperintensa en FLAIR (D), con un área de necrosis central y zonas de realce en la periferia en el estudio con contraste (B). Presenta poco efecto masa y discreto edema perilesional. En el estudio de perfusión (C, E, F, G) presenta valores de VSCr similares a los de la sustancia blanca sana contralateral. *Hospital Universitario Virgen del Rocío.*



**Figura 19. Lesión tumefactiva desmielinizante** de distribución perivenular, en mujer de 19 años diagnosticada de Esclerosis múltiple. Secuencias T1 con contraste (A), Difusión con mapa dADC (D) y b1000 (E). Estudio de perfusión (B, C, F y G), donde Roi1 marca la lesión y Roi2 la sustancia blanca sana contralateral, B) corte de imagen dinámica T2\* a los 27,4 segundos, C) mapa paramétrico de color del VSCr, F) valores numéricos de: FSCr (relCBF), VSCr (relCBV), TTM (MTT), TP (TTP) y T0, G) gráfica comparativa de VSCr. Lesión intraxial periventricular izquierda, que muestra intensidad de señal heterogénea con un centro quístico con una estructura tubular hipercaptante (A) que drena a una vena endimaria, está rodeada por múltiples áreas de hiperseñal concéntricas que le confieren un aspecto "en capas", con realce en anillo periférico de aspecto algodonoso (A). Muestra restricción en la difusión en anillos concéntricos (D y E). En el estudio de perfusión se aprecia un ligero aumento de 2 veces en los valores de VSCr de la lesión con respecto al lado sano contralateral. *Hospital Universitario Virgen del Rocío.*



**Figura 20. Lesión tumefactiva desmielinizante**, en mujer de 45 años diagnosticada de Esclerosis múltiple. Secuencias T1 sin (A) y con contraste (B), T2 (D). Estudio de perfusión (C, E, F y G), donde Roi1 marca la lesión y Roi2 la sustancia blanca sana contralateral, C) valores numéricos de: FSCr (relCBF), VSCr (relCBV), TTM (MTT), TP (TTP) y T0, E) corte de imagen dinámica T2\* a los 27,6 segundos, F) mapa paramétrico de color del VSCr, G) gráfica comparativa de VSCr. Lesión localizada en centro semioval izquierdo, marcadamente hipointensa en T1 (A), hiperintenso en T2 (D), que capta contraste (B), con edema perilesional. En el estudio de perfusión (C, E, F y F) muestra unos valores de VSCr similares a los de la sustancia blanca sana contralateral. *Hospital Universitario Virgen del Rocío.*



**Figura 21.** Algoritmo de diagnóstico diferencial de las lesiones ocupantes de espacio intracraneales. VSCr-L: VSCr-intralesional, VSCr-PL: VSCr-perilesional, TGAG: Tumor Glial Alto Grado, TGBG: Tumor Glial Bajo Grado, LTD: Lesión Tumefactiva Desmielinizante. Se debe tener en cuenta que la restricción a la difusión en los abscesos es del contenido quístico mientras que del resto de las lesiones es de la porción sólida tumoral.

### Conclusiones:

- Los estudios de perfusión por resonancia magnética son herramientas útiles para realizar el diagnóstico diferencial de las lesiones ocupantes de espacio intracraneales.
- En los tumores de estirpe glial, los estudios de perfusión aportan información sobre el grado tumoral, sirven de guía para la biopsia y son marcadores de la respuesta al tratamiento.
- Una valoración conjunta de todas las secuencias de la RM permite llegar a diagnósticos muy precisos.

### Bibliografía:

1. Guzmán-de-Villoria JA, Fernández-García P, Mateos-Pérez JM, Desco M. Estudio de la perfusión cerebral mediante técnicas de susceptibilidad magnética: técnica y aplicaciones. *Radiología*. 2012; 54 (3): 208-220.
2. Essing M, Binh Nguyen T, Shiroishi MS, Saake M, Provenzale JM, Enterline DS, et al. Perfusion MRI: The Five Most Frequently Asked Clinical Questions. *AJR*. 2013; 201: 495–510.
3. Al-Okaili RN, Krejza J, Wang S, Woo JH, Melhem ER. Advanced MR Imaging Techniques in the Diagnosis of Intraaxial Brain Tumors in Adults. *RadioGraphics*. 2006; 26: 173–189.
4. Revert Ventura AJ, Sanz Requena R, Martí-Bonmatí L, Pallardó Y, Jornet J, Gaspar C. La heterogeneidad del flujo sanguíneo en resonancia magnética, biomarcador para clasificar por grados los astrocitomas cerebrales. *Radiología*. 2014; 56 (4): 328-338.
5. Lacarda S, Law M. Magnetic Resonance Perfusion and Permeability Imaging in Brain Tumors. *Neuroimag Clin N Am*. 2009; 19: 527–557.
6. Covarrubias DJ, Rosen BR, Lev MH. Dynamic Magnetic Resonance Perfusion Imaging of Brain Tumors. *The Oncologist*. 2004; 9: 528-537.
7. Hakyemez B, Erdogan C, Gokalp G, Dusak A, Parlak M. Solitary metastases and high-grade gliomas: radiological differentiation by morphometric analysis and perfusion-weighted MRI. *Clin Radiol*. 2010; 65: 15-20.
8. Austin BP, Nair VA, Meier TB, Xu G, Rowley HA, Carlsson CM, et al. Effects of Hypoperfusion in Alzheimer's Disease. *J Alzheimers Dis*. 2011 ; 26(Suppl 3): 123–133.