

Secuencia difusión en RM: Cuando, como y para qué es útil. Guía para residentes de radiodiagnóstico

Rocio Condori Bustillos¹, Javier Rodríguez
Jiménez¹, Carlos Castañeda Cruz¹,
Covadonga Sales Fernández¹,
Irene Pérez Alonso¹, Cristina Cobos
Huerga¹, Jesús Garzón Ruiz¹,
Antonio Ginés Santiago¹

Hospital Universitario Rio Hortega¹, Valladolid-España

Objetivo docente

1. Explicar las bases de la formación de imágenes en la secuencia difusión.
2. Describir las lesiones más habituales con restricción de la difusión y señalar los falsos positivos y negativos de esta secuencia para el diagnóstico de lesiones

Revisión del tema

La secuencia difusión es una secuencia modificada T2, rápida, que no requiere administración de contraste. Las imágenes de esta secuencia se basan en la capacidad de detectar el movimiento microscópico aleatorio de las moléculas de agua libre (movimiento browniano) que sucede en el compartimiento intracelular, extracelular, extravascular ; de estos tres compartimientos: el intravascular el que muestra una mayor difusión, dada por el flujo sanguíneo o perfusión. por esta razón, por ejemplo, tumores con importante vascularización muestran alta señal en difusión.

Esta secuencia resulta de mucha utilidad para el análisis cualitativo y cuantitativo de tejidos

- Cualitativo: Al aumentar el contraste entre tejido normal y tumoral: **Una Hiperseñal indica difusión restringida**
- Cuantitativo: Al proporcionar información sobre la disposición y celularidad del tejido, por lo que el **GRADO DE RESTRICCIÓN ES INVERSAMENTE PROPORCIONAL A LA CELULARIDAD TISULAR Y A LA INTEGRIDAD DE LAS MEMBRANAS**. Así tejidos esencialmente tumorales tienen restricción a la difusión si es que son celularmente densos.

a. Consideraciones para su interpretación. Al interpretarla debemos tomar en cuenta: [Fig. 1.2.](#)

- Valor b: Relacionado con sensibilidad de contraste (limitado por la relación señal/ruido y calidad de imagen). Se necesitan al menos dos valores de b (incluyendo un valor de 0 s/mm² y un valor superior) para calcular el ADC, ya que cuanto mayor sea el número de valores de b utilizados, más preciso será el cálculo del ADC, ya que disminuye la contribución a la señal del desfase intravoxel (principalmente secundario a la perfusión).
- ADC: Muestra función exponencial de pérdida de señal (Resulta de la pendiente que une el logaritmo de la intensidad de señal y 2 valores B: linearizando la función exponencial de pérdida de señal). El ADC se calcula automáticamente en cada píxel y puede mostrarse como un mapa paramétrico, que refleja diferencias en la difusividad de tejido con los distintos valores de b. El valor del ADC en una región determinada se obtiene mediante la colocación de ROIs en las regiones de interés.

b.- Sugerencias lectura difusión

1. **Valorar en conjunto las demás secuencias, para evitar errores.**
2. **Fusión de imágenes para ver localización:** Es útil fusionar las imágenes de difusión con valores altos de b con imágenes anatómicas, para poder mejorar la localización de las lesiones
3. **Cualitativa:** Detección visual de zonas de hiperseñal en las imágenes de difusión con valores altos de b indicando restricción de la difusión (tejido muy celular). Las zonas con verdadera restricción de la difusión serán hiperintensas en las imágenes con valores altos de b e hipointensas en el mapa ADC.
4. **Cuantitativa:** Analizando el ADC tisular dibujando un ROI sobre la zona de interés.

Entonces una hiperseñal en difusión indica restricción y esta es inversamente proporcional a la celularidad tisular y la integridad de membranas, esto se valora por medio del ADC el cual puede tener como punto de corte aproximado 1: Valores > 1 (Generalmente en lesiones benignas, excepto tumores malignos con escasa celularidad como: condrosarcomas o tumores mucinosos) o valores < 1 (generalmente en lesiones malignas Fig.3,4, con algunas excepciones), además de falsos positivos (efecto brillo T2, flujo lento) o falsos negativos (tumores con escasa celularidad ADC elevados y artefactos de susceptibilidad magnética).

A tener mucho cuidado con los tumores mucinosos en mama: los cuales restringen en difusión y mantienen valores de ADC mayor a 2.

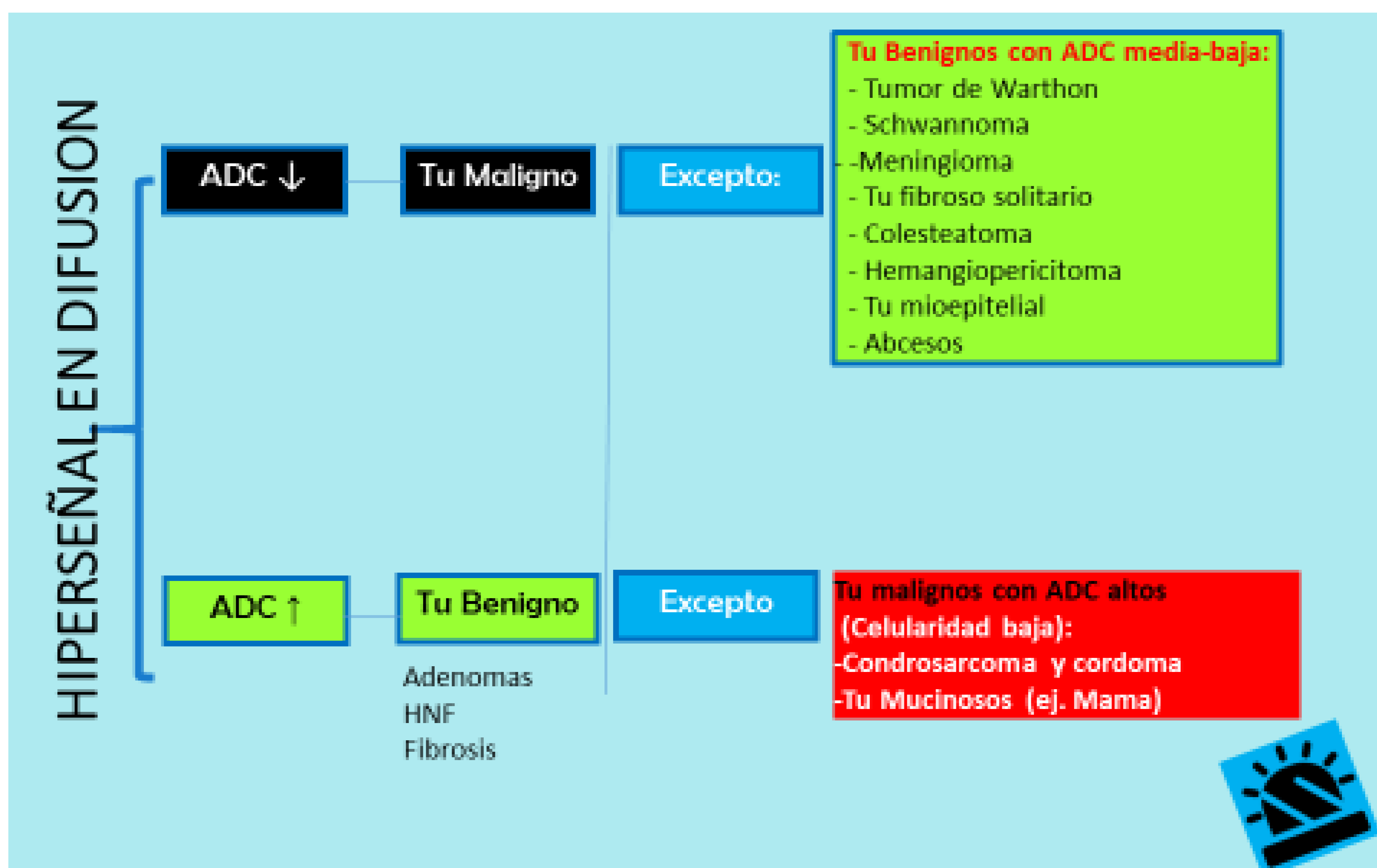


Fig.1: Ejemplos de Hiperseñal en difusión y su correlación con el ADC.

c.- HALLAZGOS BENIGNOS QUE PUEDEN CONDUCIR A ERROR DIAGNÓSTICO

A pesar de la utilidad de la difusión, existen estructuras anatómicas normales, con cambios parafisiológicos y lesiones benignas que presentan hiperseñal en esta secuencia y pueden originar falsos positivos que pueden deberse al efecto brillo T2 o flujo lento, por lo que es importante aplicar el conocimiento anatómico, datos clínicos, para no cometer errores, ejemplo:

- **Estructuras muy celulares:** Como los ganglios linfáticos u órganos linfoides como el bazo y la médula ósea, también el trayecto del haz piramidal, ovarios, cuerpos cavernosos. Esta hiperseñal se debe a que su tiempo de relajación T2 es intrínsecamente largo y pueden aparecer brillantes en las imágenes de difusión, aunque no esté limitada la movilidad de los protones del agua.
- **Estructuras no celulares:** Abscesos, quistes proteináceos o hemorrágicos, hemangiomas, prótesis de mama.
- **Inflamación :** Por ejemplo ser útil en la valoración de la afectación nerviosa en neuropatías.
- **Edema:** Muy útil en la valoración del estado hiperagudo del ictus, en estos casos se presenta una hiperseñal desde los 3 minutos establecida la isquemia cerebral mucho antes que en las secuencias T2, T2 FLAIR las cuales presentan hiperseñal a partir de las 3 horas posteriores al ictus.
- **Fibrosis**
- **Flujo Lento en hemangiomas , estenosis o trombosis.** Normalmente, las moléculas de agua dentro de los vasos son muy móviles y pierden señal incluso con valores bajos de b. Sin embargo el flujo lento puede comportarse como una lesión altamente celular. En estos casos, la interpretación de los resultados valorando también el resto de secuencias es crucial. [Fig.5.6.](#)

c.- FALSOS NEGATIVOS EN DIFUSIÓN

- **Tumores con baja celularidad y ADC ↑:** Tumores quísticos, mucinosos o necróticos, mostrarán baja señal en imágenes con valores altos de b y serán brillantes en el mapa ADC. Por ello es fundamental interpretar las imágenes de difusión junto con las imágenes morfológicas y dinámicas obtenidas. Por ejemplo la media del valor ADC del cáncer mucinoso de la mama es mayor que en otros tumores malignos de mama. La mucina abundante, en este tipo de tumores y la celularidad baja pueden ser los responsables de este efecto.

-**Artefactos de susceptibilidad magnética:** Caída de señal por artefactos de susceptibilidad magnética, ej prótesis metálicas o el aire , ej.: posterior a biopsias transrectales en próstata.

d.- USOS EN ONCOLOGIA

- **Caracterización de tumores:** Puede ayudar a distinguir diferentes lesiones sólidas en función de ADC (ej: hemangiomas vs. Hepatocarcinoma o metástasis; Bruegel señala que con un valor umbral de ADC de $1,63 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ se pueden clasificar las lesiones como benignas o malignas en un 88%. También se ha demostrado la utilidad del ADC en la diferenciación de abscesos de metástasis quísticas o necróticas, que muestran valores de ADC más altos); Predecir histología: ej Carcinoma de células escamosas (VPH+) y linfoma, adenopatías patológicas vs. reactivas → Suelen tener ADC mas bajos.
- **Detección y etapificación de tumores:** Aunque el valor B varia dependiendo el órgano de estudio, presenta alta sensibilidad para la detección de metástasis peritoneales, afectación de la serosa intestinal, omento y mesenterio.
- **Predicción y valoración de respuesta a tratamiento:** Se ha visto que tumores celulares con \downarrow ADC pre tratamiento responden mejor a tratamiento en comparación con aquellos que tienen un \uparrow ADC ya que estos últimos exhibirían mayor grado de necrosis, lo que impide la llegada de la quimioterapia o radioterapia, lo que las haría mas resistentes por necrosis. Otros estudios han demostrado que pacientes con carcinoma hepatocelular, gliomas y sarcomas de partes blandas exhiben un aumento del valor de ADC después de las primeras fases del tratamiento, lo que no ocurre en los no respondedores.

e. Resumen. Fig 2.

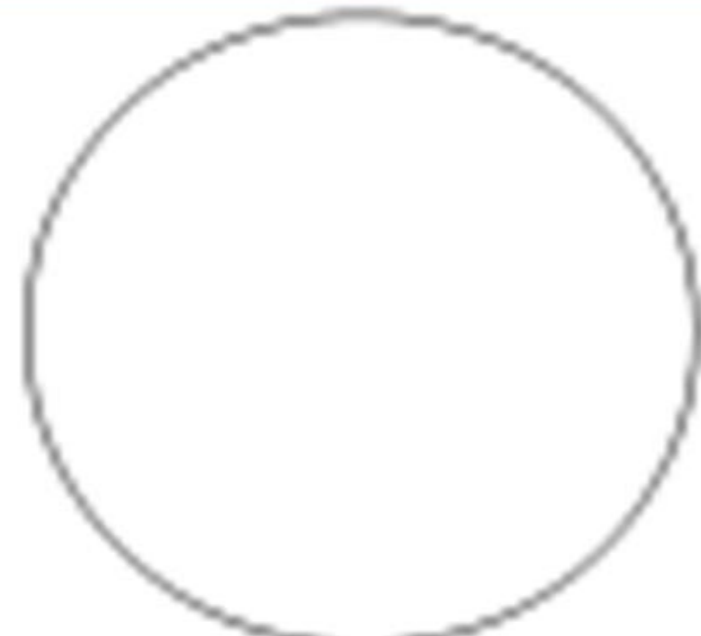

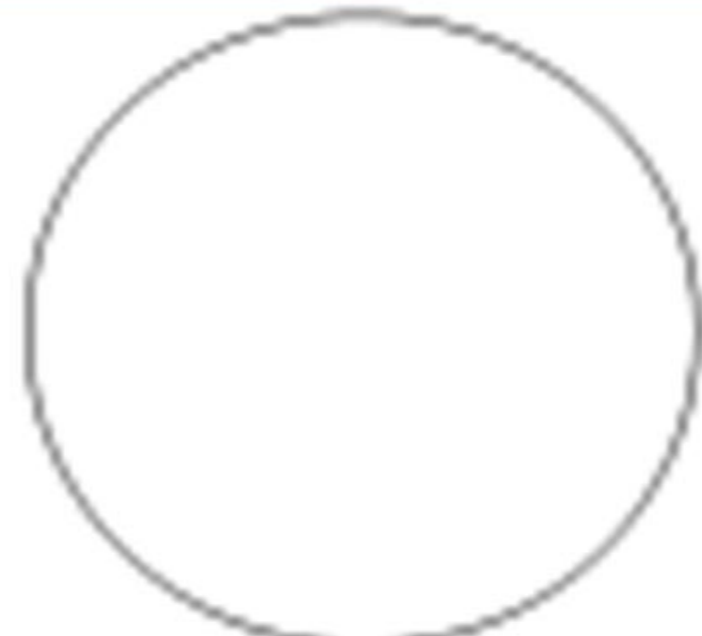
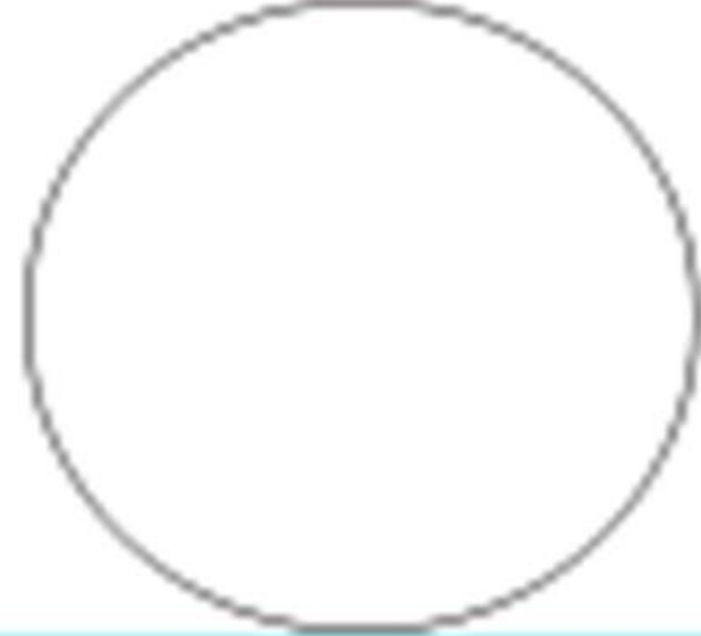
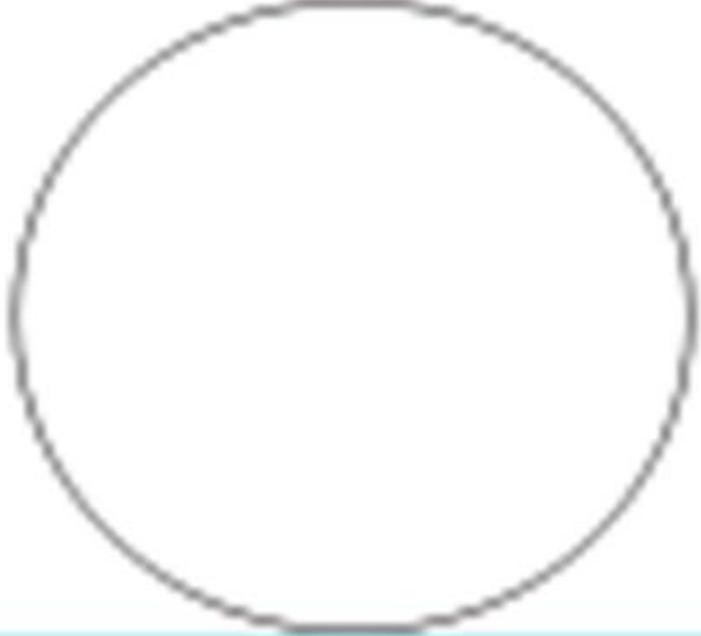

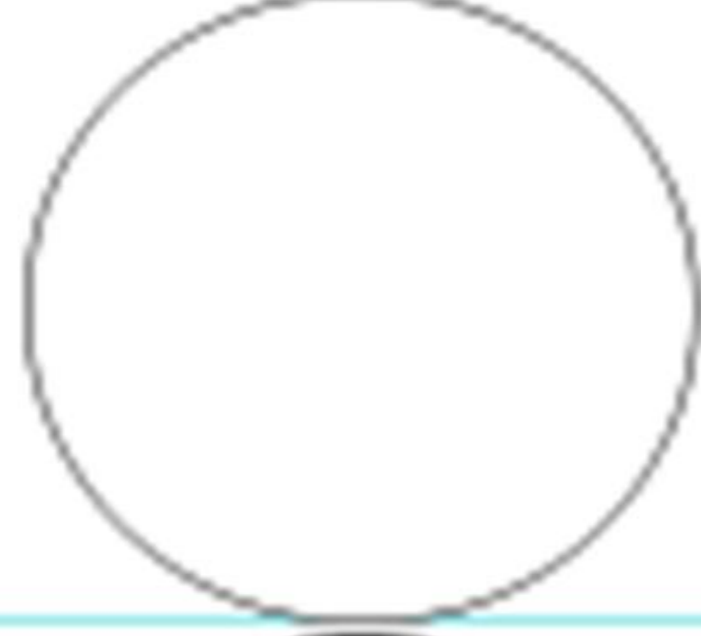
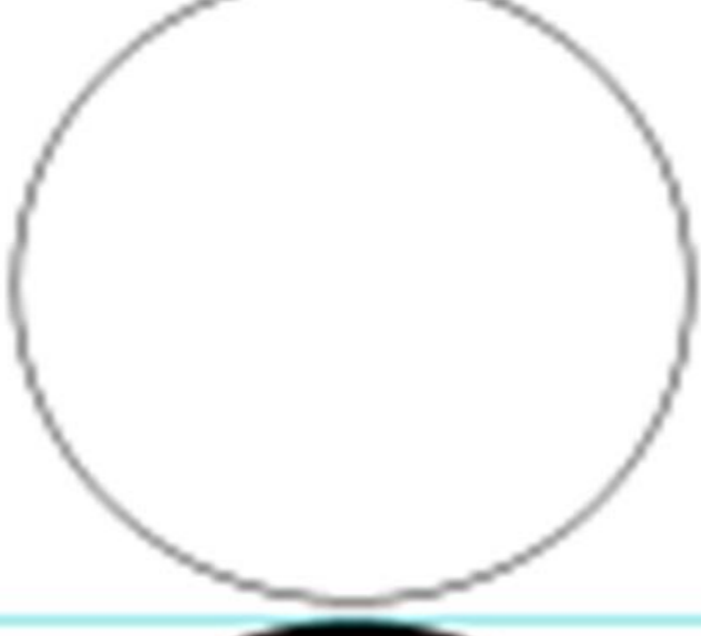
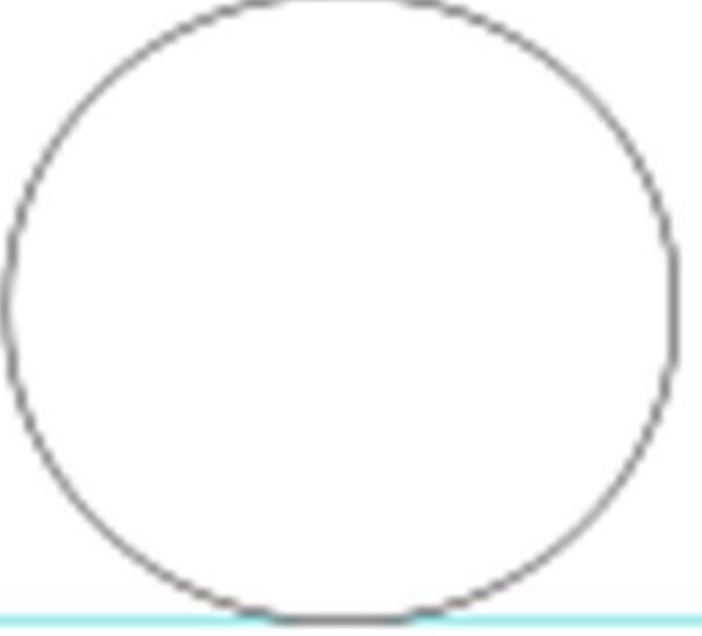



Intensidad de señal con factores b bajos	Intensidad de señal con factores b bajos	Mapa de ADC	Interpretación
			Lesiones quísticas Tejido necrótico
			Tejidos hiper celulares Abscesos
			Efecto brillos T2 (Quistes, hemangiomas)
			Artefacto Grasa

Fig. 2 Ejemplos de hiperseñal en difusión y su correlación con el ADC

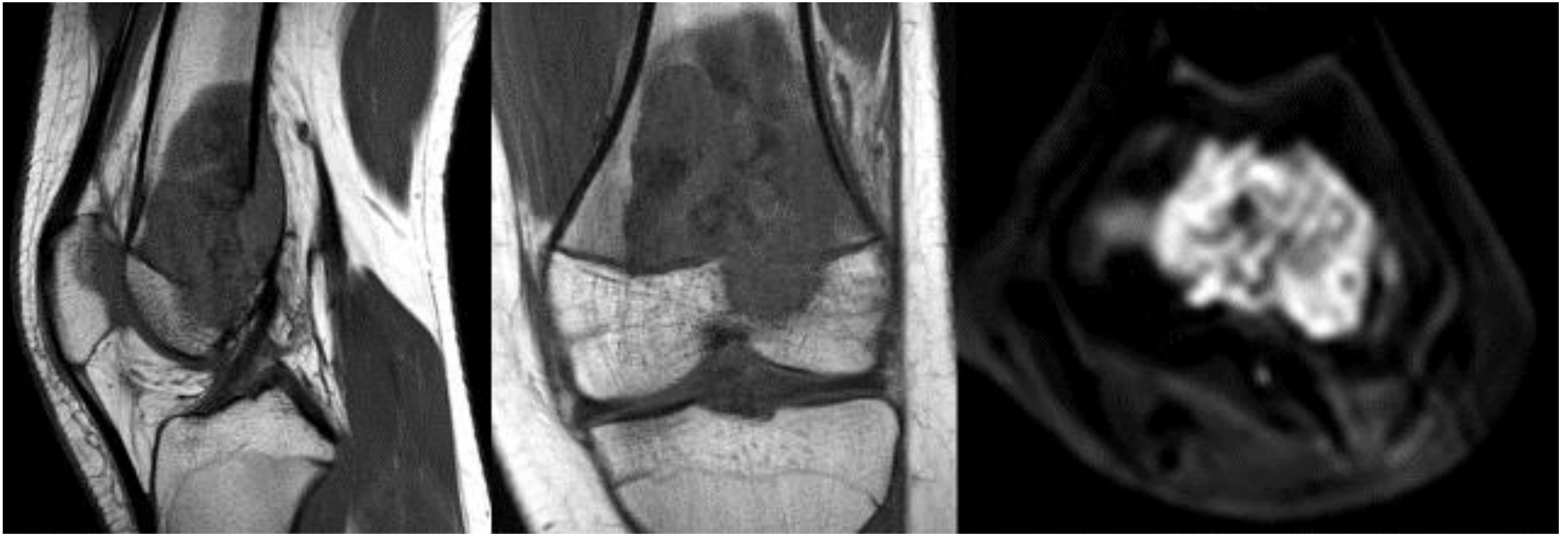


Fig.3: En la región metafisaria distal del fémur izquierdo, se observa lesión ósea con patrón mixto, con extensión a la epífisis, isointenso en T1 respecto al músculo). En la secuencia de difusión muestra una marcada hiperseñal con valores de ADC de $0,8 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, que sugiere verdadera restricción debido a la abundante celularidad. Tras la administración de CIV se observa un realce intenso y heterogéneo de la lesión de características radiológicas agresivas, compatible con osteosarcoma.

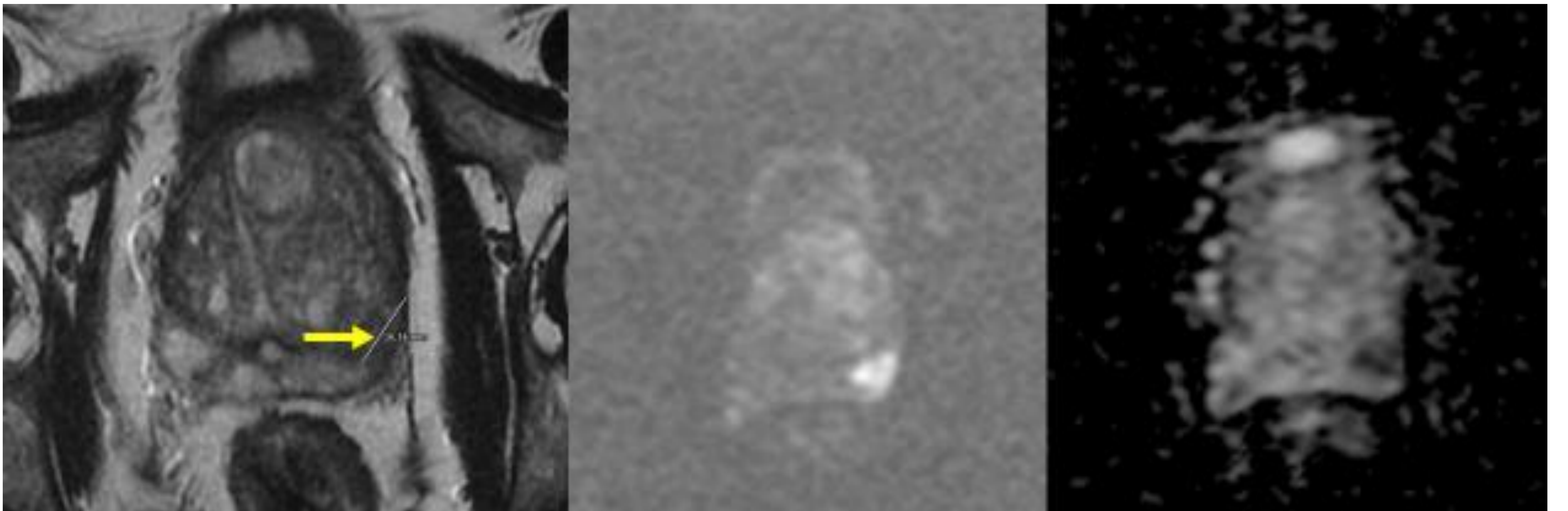


Fig. 6 Tumor maligno en base prostática izquierda PI- RADS5. Masa hipointensa en secuencia potenciada T2 con bordes mal definidos en región periférica de aproximadamente 16 mm de diámetro máximo. Muestra alta señal en Difusión y baja señal en el mapa ADC, en relación con restricción. PI-RADS 5.

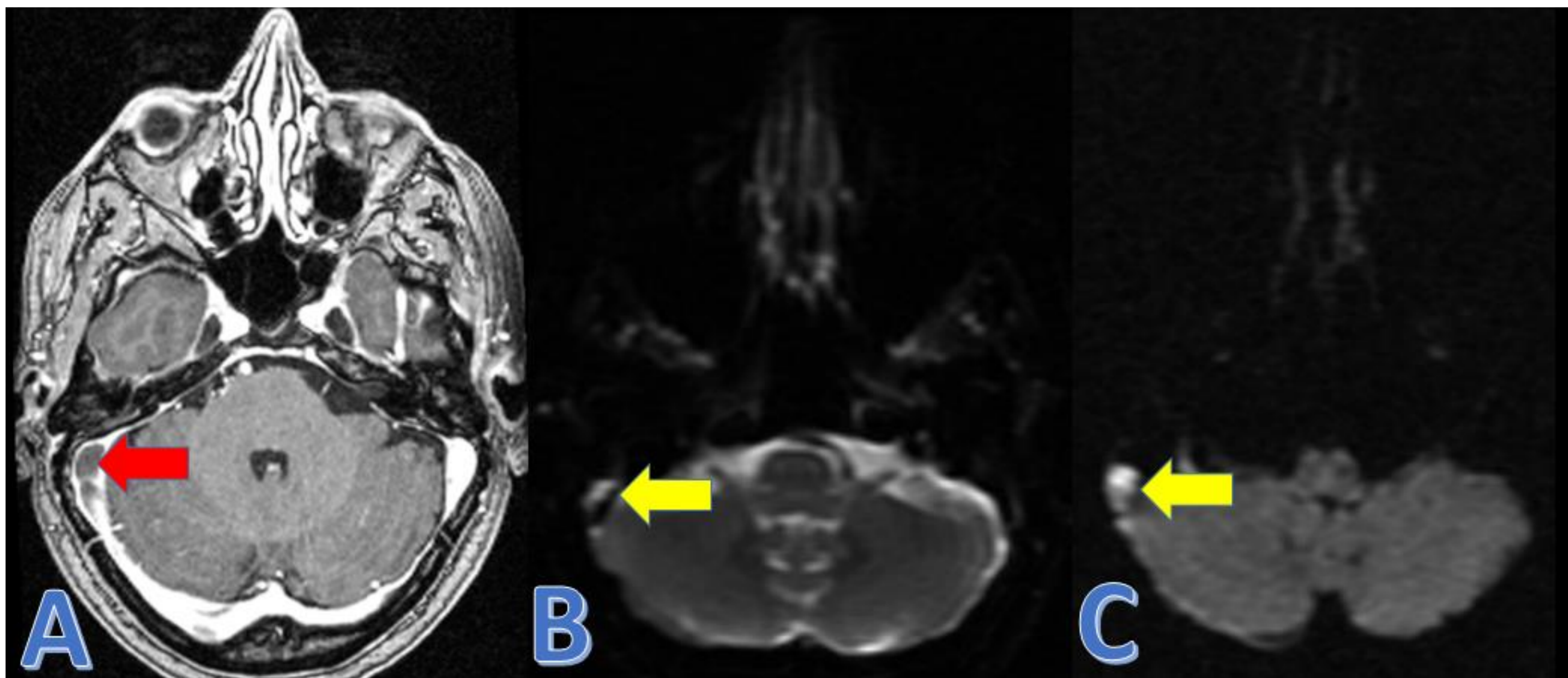


Fig. 5 Trombosis de seno sigmoideo derecho visible en la secuencia T1 con CIV 3D (A: Flecha roja), observe la hiperseñal en difuson con valores B bajo (B: flecha amarilla) y persiste con valores B alto (C flecha amarilla).

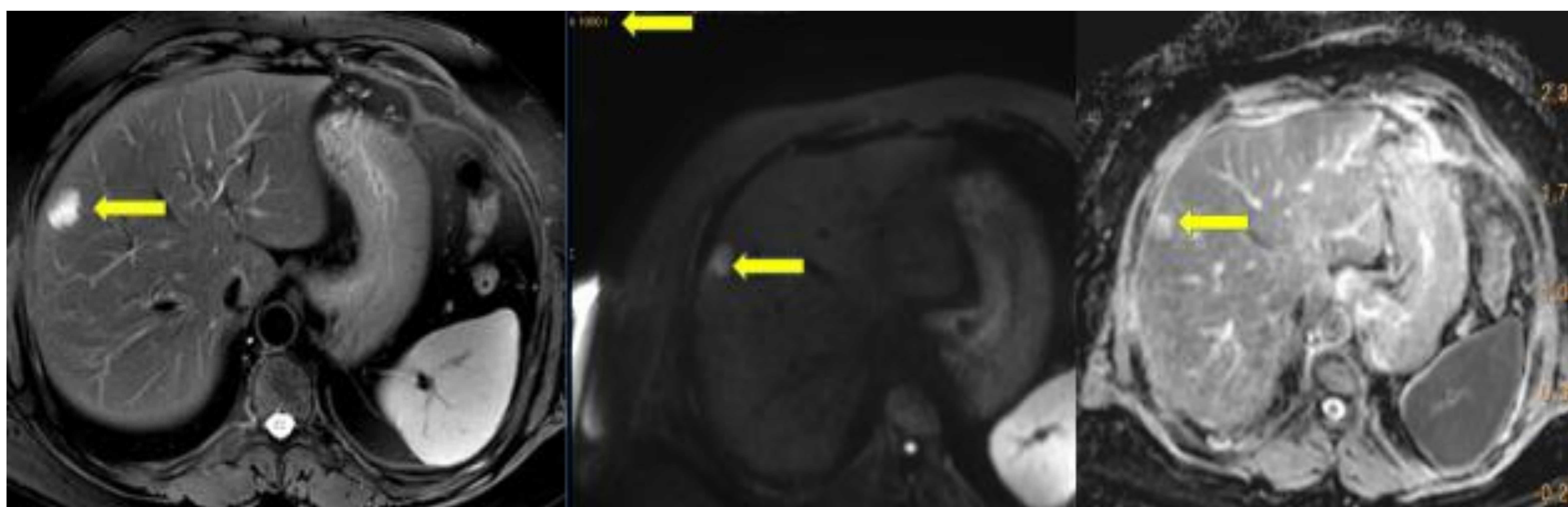


Fig.4. Lesión hiperintensa en lóbulo hepático derecho, presenta contornos lobulados con marcada hiperseñal en la secuencias potenciada en T2 con leve hiperseñal en valores de b alto de la secuencia difusión e hiperseñal en el mapa ADC que indicaba difusión facilitada. Tras la administración de contraste intravenoso presentan captación de contraste, persistiendo hiperintensas con respecto al parénquima en fases diferidas, hallazgos sugestivos de hemangioma hepático..

Conclusiones

1. Lesiones que restringen: Tumores hiper celulares, Isquemia, sangre, pus, quiste.
2. No todo lo que brilla en difusión es cáncer
3. Valorar ADC: punto de corte aproximado 1
4. Considerar en valor B para quitar efecto T2
5. Valorar las demás secuencias

Bibliografía

1. Soffia P. Difusión por resonancia magnética: bases y aplicaciones oncológicas en órganos extracraneanos. Rev. chil. radiol. [online] 2009, 15:1, p: 17-24. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-93082009000400004>
2. Mariano JC, Duh MM, Lacabra A, Fernández MT, Pl, M. Abadal M. Bartrina J, Mataró ES. Difusión por Resonancia magnética nuclear (DWI): utilidad en el diagnóstico y seguimiento de la enfermedad oncológica. SERAM 2012. DOI: 10.1594/seram2012/S-0460
3. Iglesias A, Arias M, Nieto A, Mañas J, Rodríguez M. Difusión con RM. ¡No todo lo que brilla es cáncer!. SERAM 2012. DOI: <https://dx.doi.org/10.1594/seram2012/S-0397>
4. Santos E, Martín T, Suárez V. Técnicas avanzadas de resonancia magnética en patología tumoral de cabeza y cuello. Radiología 2019. p:191-203. DOI: 10.1016/j.rx.2018.12.004