

TÉCNICAS DE LA DIFUSIÓN (TSE VS EPI) EN LA EVALUACIÓN DE LOS TUMORES DE CABEZA Y CUELLO

Ewa J. Maciag, Teodoro Martín Noguero, Antonio Luna Alcalá

HT médica, Jaén

OBJETIVO DOCENTE

- Presentación de las bases físicas de la adquisición de la imagen utilizando las secuencias de la difusión (DWI).
- Presentación de las diferencias en la adquisición de la imagen con las técnicas de turbo eco de espín (turbo-spin echo; **TSE**) y eco planar de disparo único (single-shot echo-planar imaging; **SS-EPI**).
- Comparación de la calidad de la imagen obtenida mediante ambos métodos en la evaluación de las lesiones de cabeza y cuello.

REVISIÓN DEL TEMA

La secuencia de la difusión (**DWI**) es una técnica de la resonancia magnética que se basa en la **magnitud del movimiento microscópico de las moléculas de agua** en los tejidos.

La **fuerza de los pulsos de gradiente**, en parte determinada por la amplitud del gradiente, se refleja en el **valor b** de la secuencia DWI. **Pulsos de gradiente más fuertes (indicados por un valor b mayor)** aumentan la sensibilidad de la secuencia DWI al movimiento del agua.

En un **tejido de baja densidad celular** las moléculas de agua se distribuyen de manera libre en el espacio y su movimiento no está restringido por las paredes celulares. Tras el primer pulso de gradiente las moléculas de agua cambian de posición y no se verán modificadas por el segundo pulso de gradiente lo que provocará una pérdida de señal (*Vídeo 1, Esquema 1, Figura 8*).

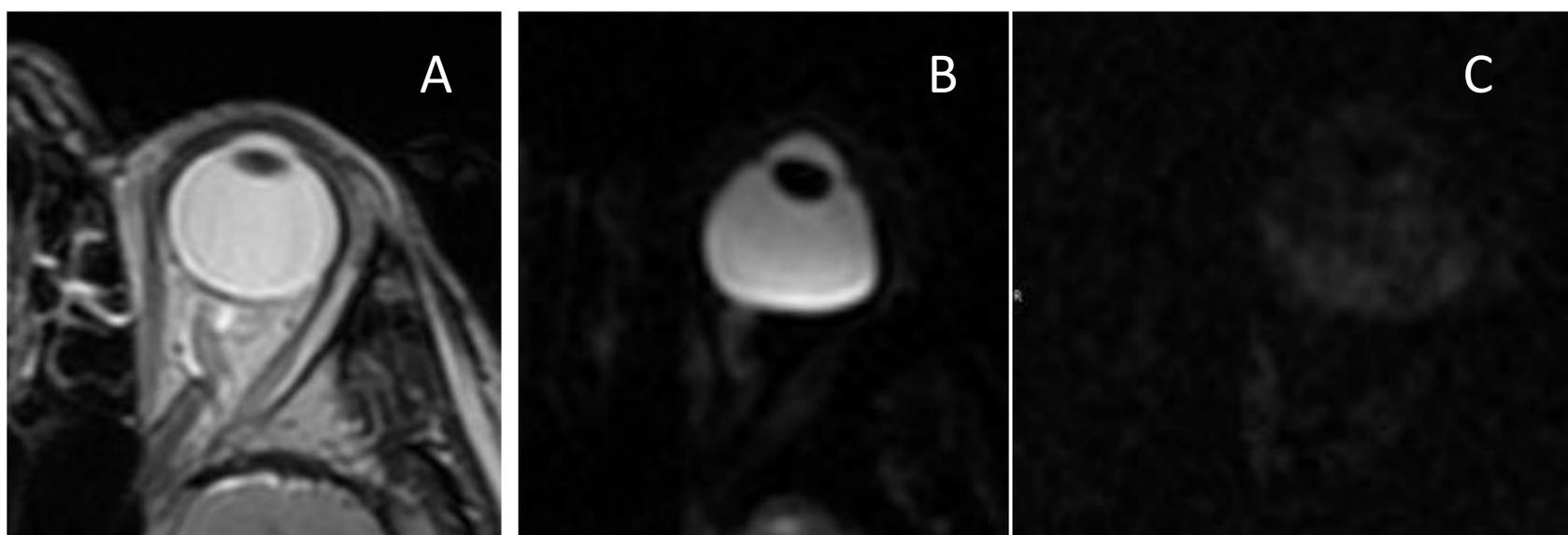
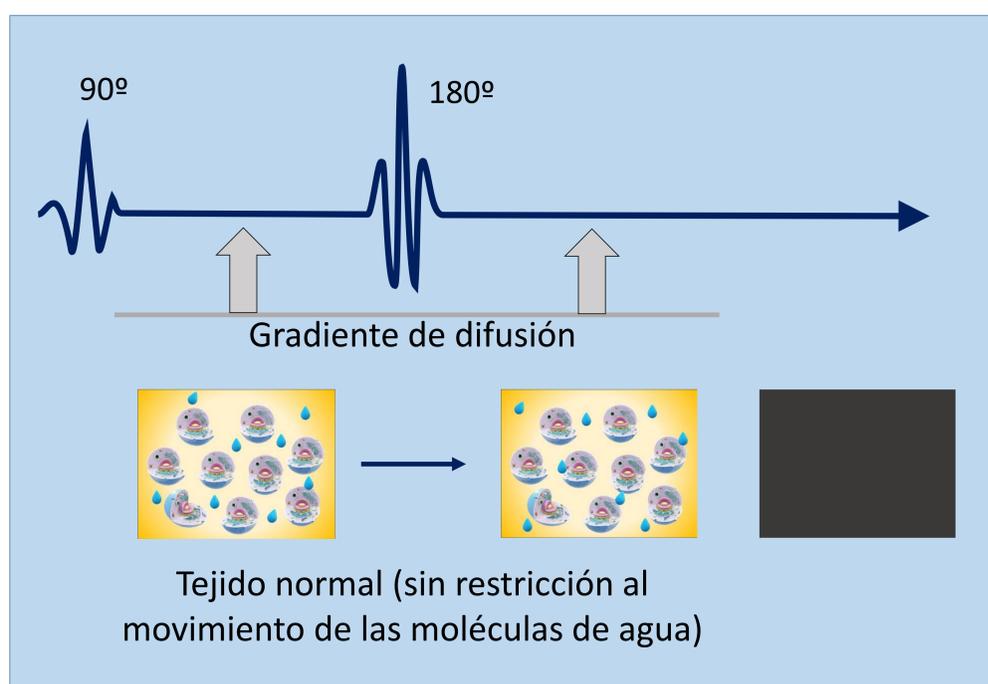


Fig. 8. Globo ocular como ejemplo de una estructura de baja celularidad (A). Hiperintensidad interna en la secuencia de la difusión, valor b_0 (B). Pérdida de la señal en la secuencia de la difusión, valor b_{1000} (C), que es más sensible a los movimientos de las moléculas de agua.

En los **tejidos tumorales**, con alta densidad celular, el movimiento de las moléculas de agua está restringido por las paredes celulares. La mayoría de las moléculas de agua no cambiarán de la posición tras el primer pulso de gradiente. El segundo pulso de gradiente sí provocará su excitación y emitirán la máxima intensidad de la señal (*Vídeo 2, Esquema 2, Figura 9*).

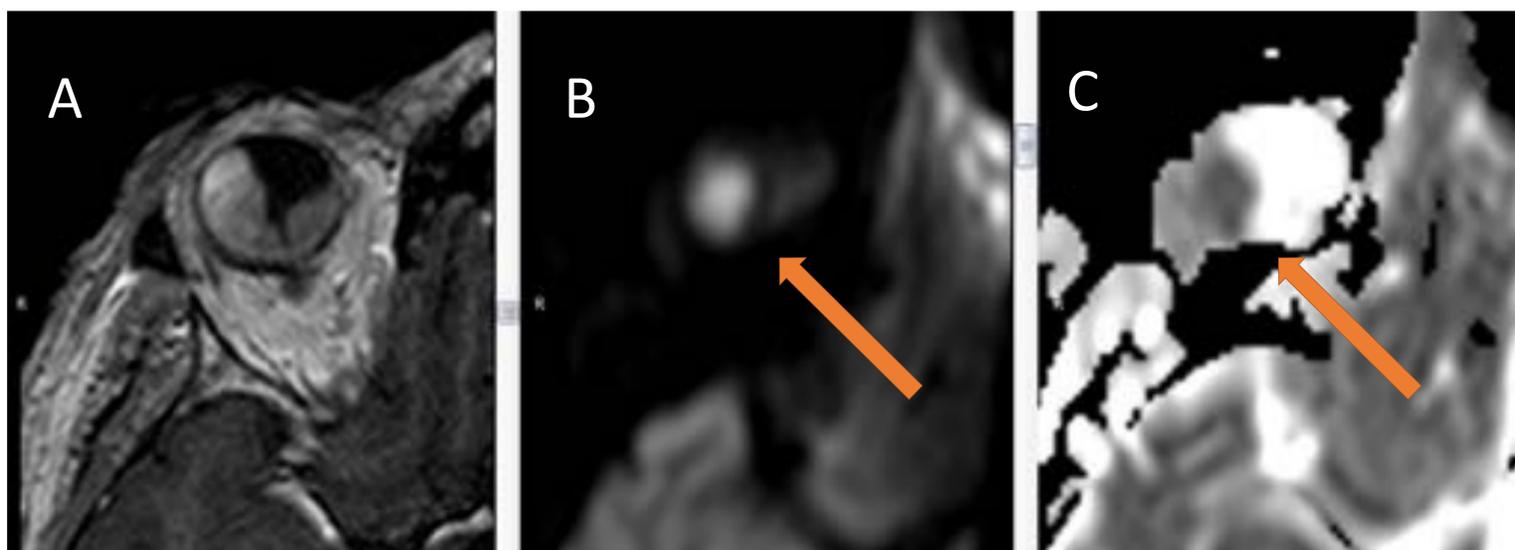
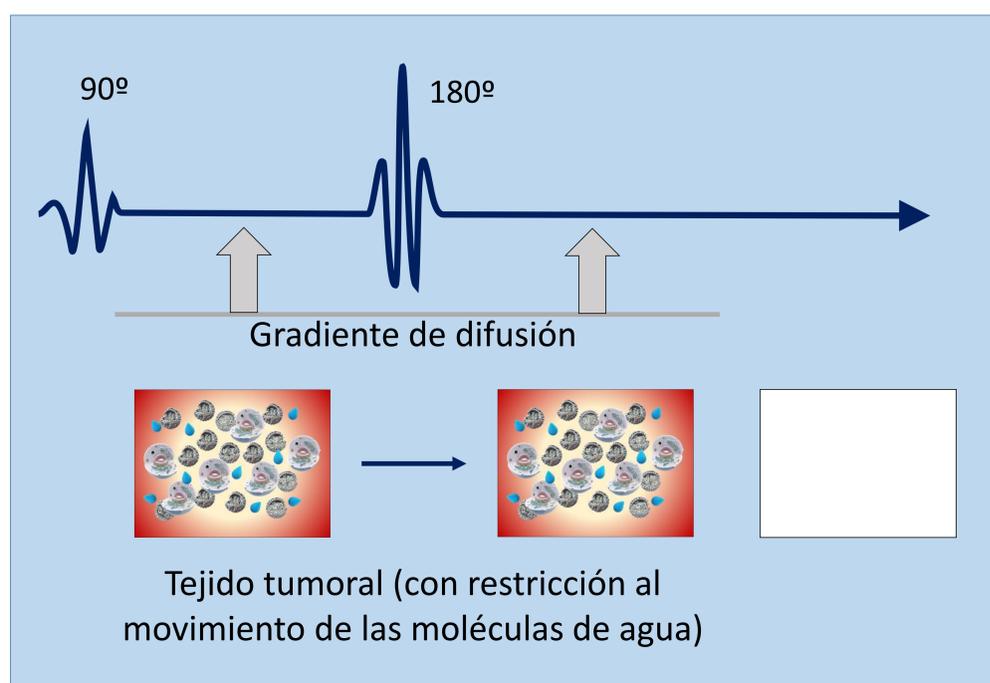
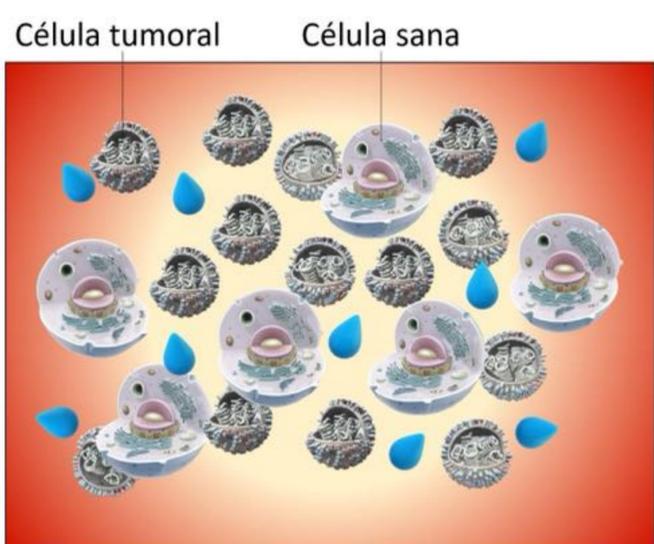
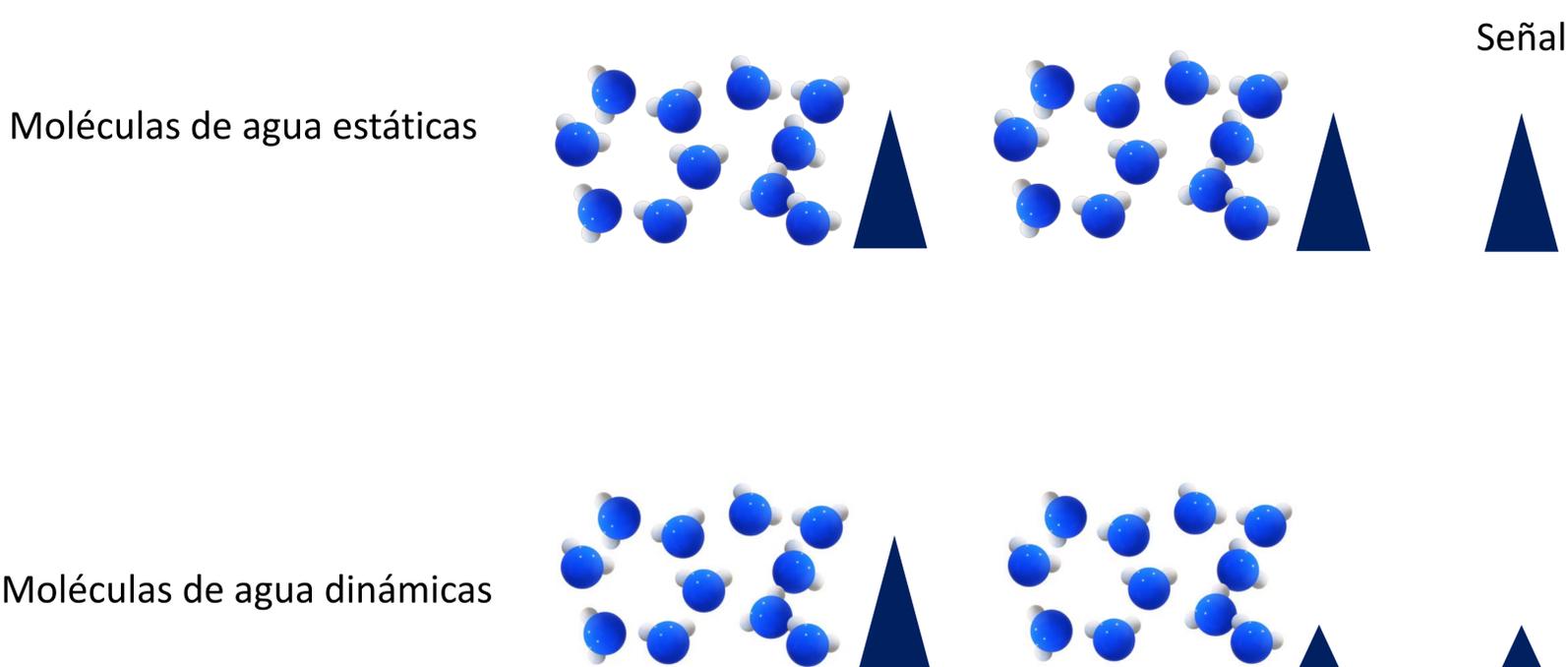
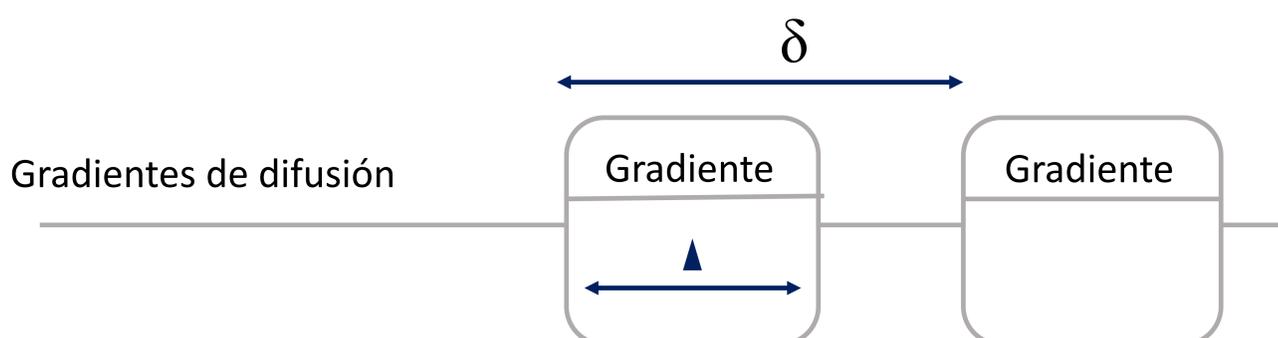


Fig. 9. Globo ocular derecho con melanoma maligno de coroides en los cuadrantes externos (A). La lesión emite una alta señal en la secuencia de la difusión, valor b1000 (B), con una restricción posterior indicativa de una alta celularidad (C).



Vídeo 3. Adquisición del estudio de la difusión.

1. Primer pulso de radiofrecuencia (90°).
2. Aplicación del primer gradiente que provoca un desfase inicial de las moléculas de agua.
3. Movimiento libre de las moléculas de agua.
4. Segundo pulso de radiofrecuencia (180°).
5. El segundo pulso de gradiente provoca un refaseamiento de las moléculas de agua.
6. Lectura de la señal emitida.

¿Para qué sirve el estudio de difusión?

Es un estudio complementario a las secuencias morfológicas. Permite detectar lesiones de pequeño tamaño (*Figura 1*), definir el carácter de una lesión diferenciando componentes sólidos (hipercelulares) de componentes líquidas (acelulares) (*Figura 2*) y discrimina entre lesiones benignas y malignas utilizando el estudio cuantitativo mediante el cálculo del valor de ADC (*Figura 3*).

Detectar
lesiones

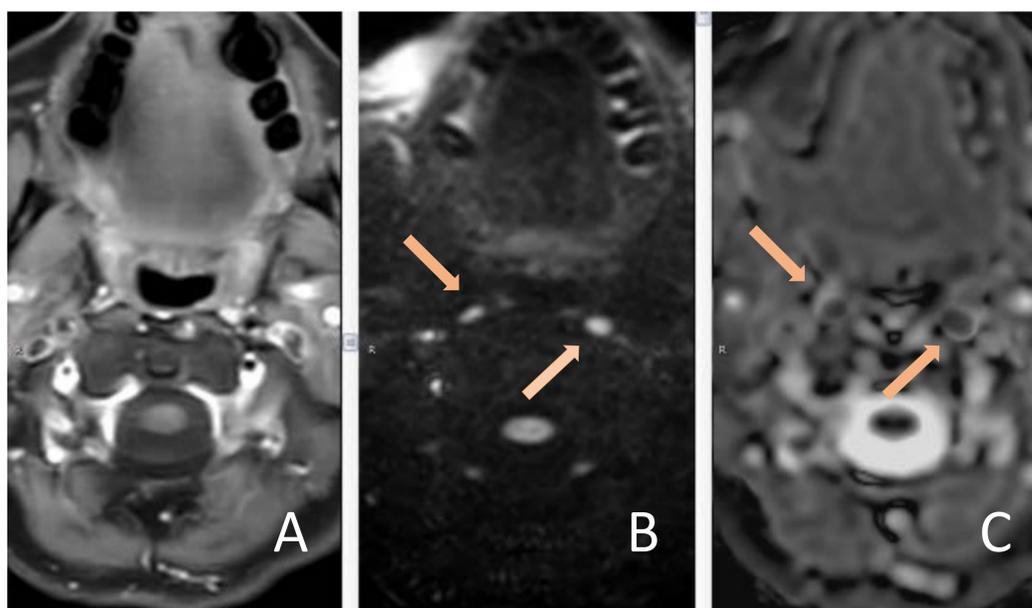


Fig. 1. Paciente de 61 años con neoplasia de cavum. Estudio de estadiaje. Adenopatías retrofaríngeas milimétricas, mal definidas en la secuencia T1 postcontraste (A), hiperintensas en la secuencia de la difusión (B), con bajos valores de ADC (C).

Caracterizar lesiones

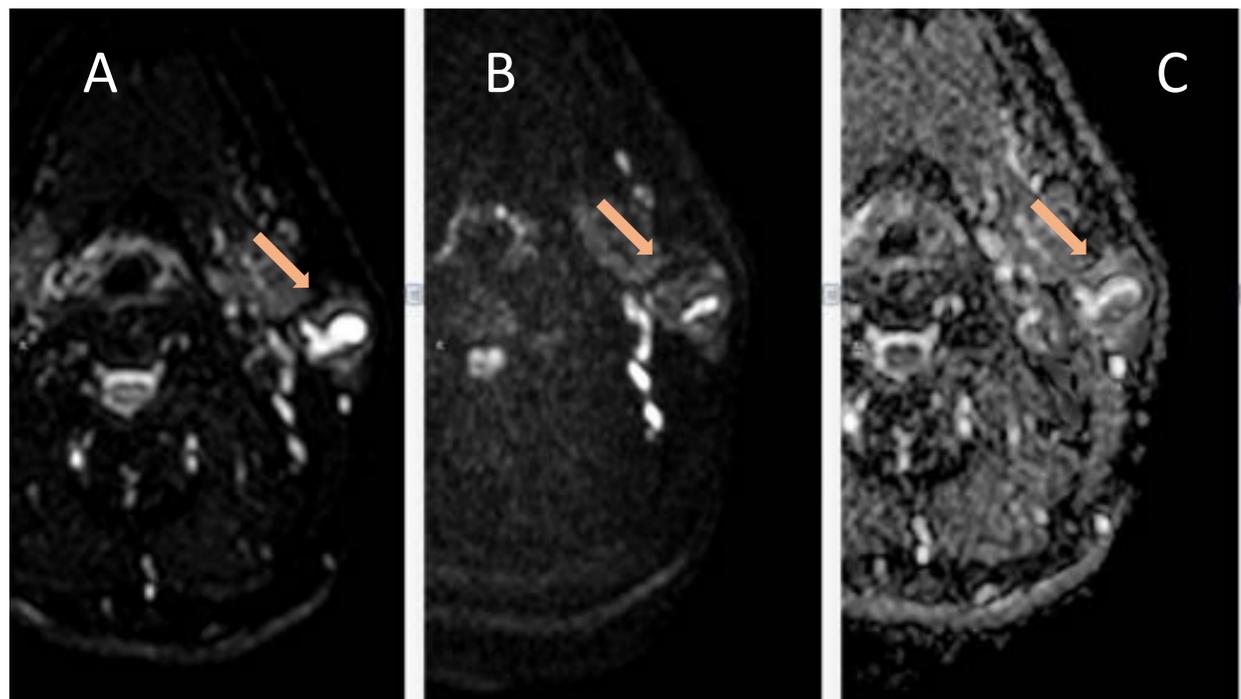


Fig. 2. Paciente de 28 años con el quiste de primer arco branquial con signos de sobreinfección. Lesión hiperintensa de paredes gruesas en la secuencia STIR (A), con contenido que es hiperintenso en la secuencia de la difusión, b1000 (B), con bajos valores de ADC (C).

Diferenciar
benigno vs maligno

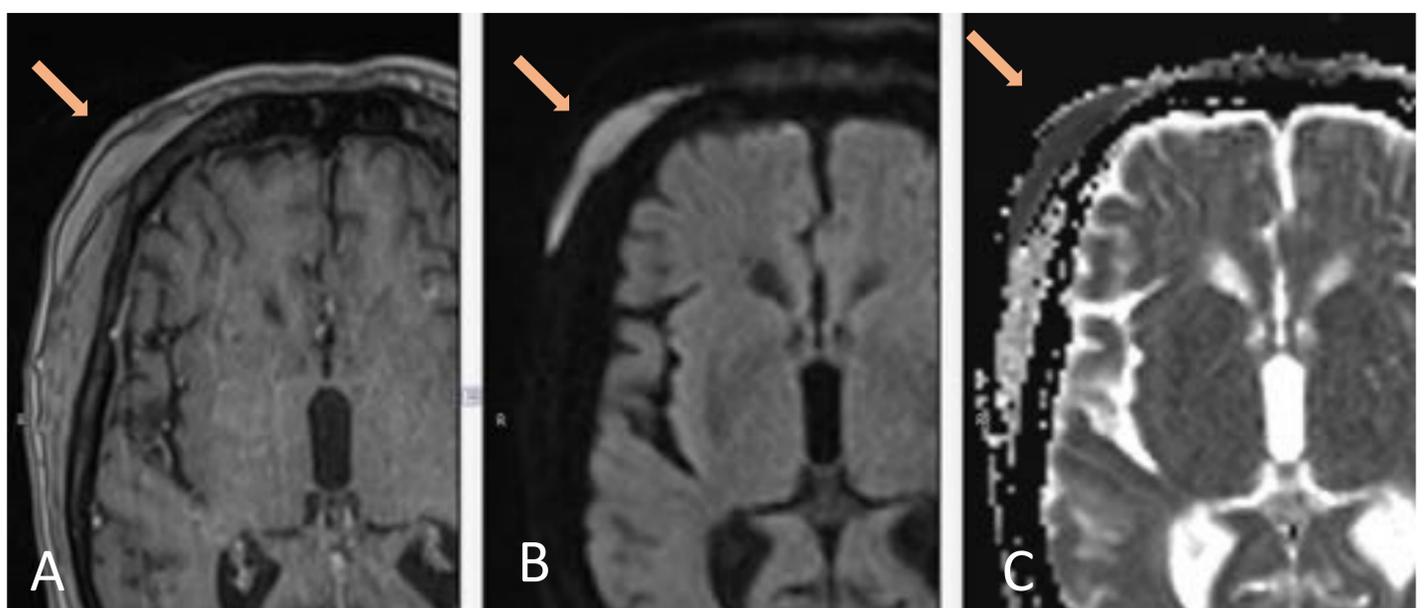


Fig. 3. Paciente de 75 años con linfoma non Hodkin y letálides cutáneos. Lesión epicraneal heterogénea con escaso realce postcontraste (A), hiperintensa en la secuencia de la difusión (B), con marcada restricción de la difusión (C).

Las secuencias de la difusión incluyen en la caracterización de tejidos el componente de la potenciación en T2. Si este efecto es dominante (lesiones con alto contenido de agua, p.ej. quistes) obtenemos el **efecto T2 (T2-shine-through)** (*Figura 4*).

Para cuantificar la difusión y reducir el efecto T2 se realizan series de secuencias con diferentes valores b de difusión. Así se obtiene el mapa del **coeficiente aparente de la difusión (ADC)** que expresa el grado de la difusión de las moléculas de agua en un *vóxel*. Es un coeficiente "aparente" dado que se ve afectado por el volumen parcial, la perfusión tisular y los errores de cálculo. **Reduce el efecto T2 shine-through** por lo que permite su discriminación de una verdadera restricción de la difusión.

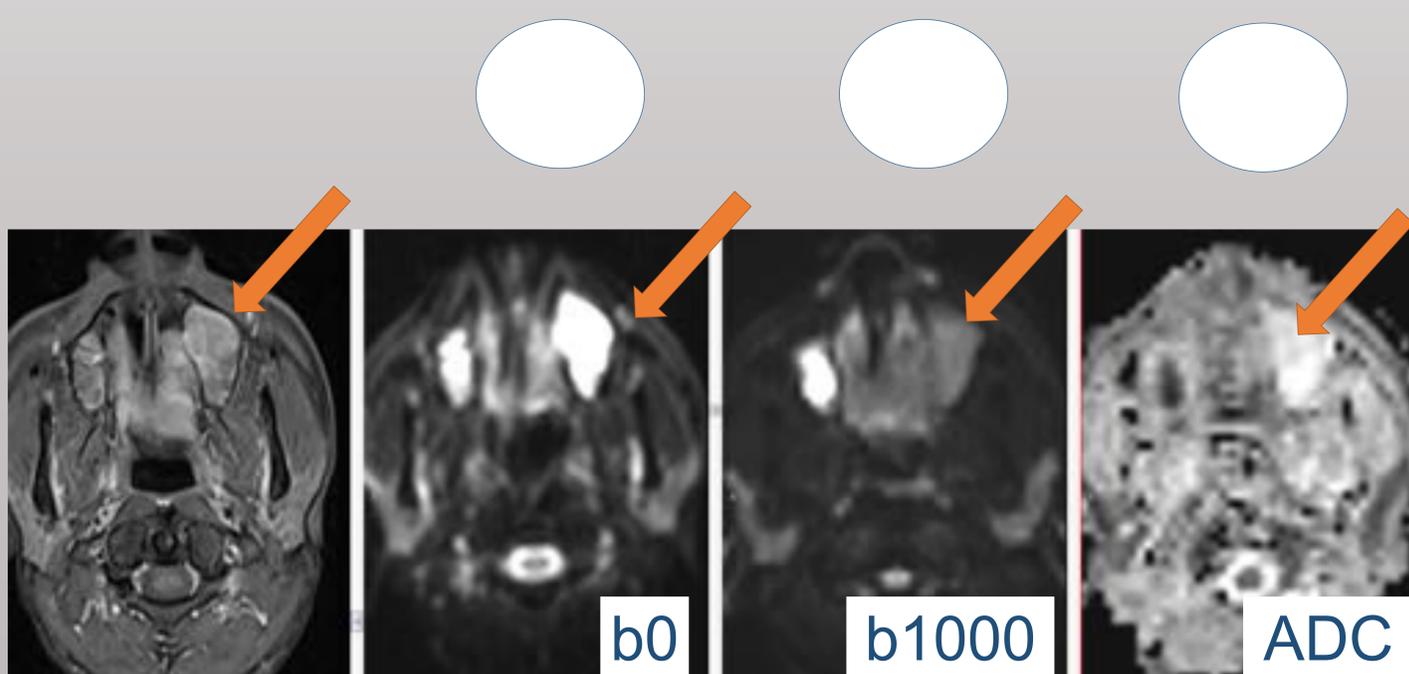


Fig. 4. Mucocele maxilar. Contenido intrasinusal hiperintenso en la secuencia de la difusión con los valores b0 y b1000. Confirmación del efecto T2 en la secuencia ADC.

El fenómeno opuesto al efecto T2 es el efecto **T2-blackout** (Figura 5). En este efecto los componentes lesionales con valores de tiempo muy cortos de T2 (calcificaciones, contenido hemático, etc.) reducen la intensidad de la señal en la imagen de difusión, enmascarando la sensibilidad de la misma. En los casos extremos, el cálculo del mapa ADC se verá afectado y no será fiable.

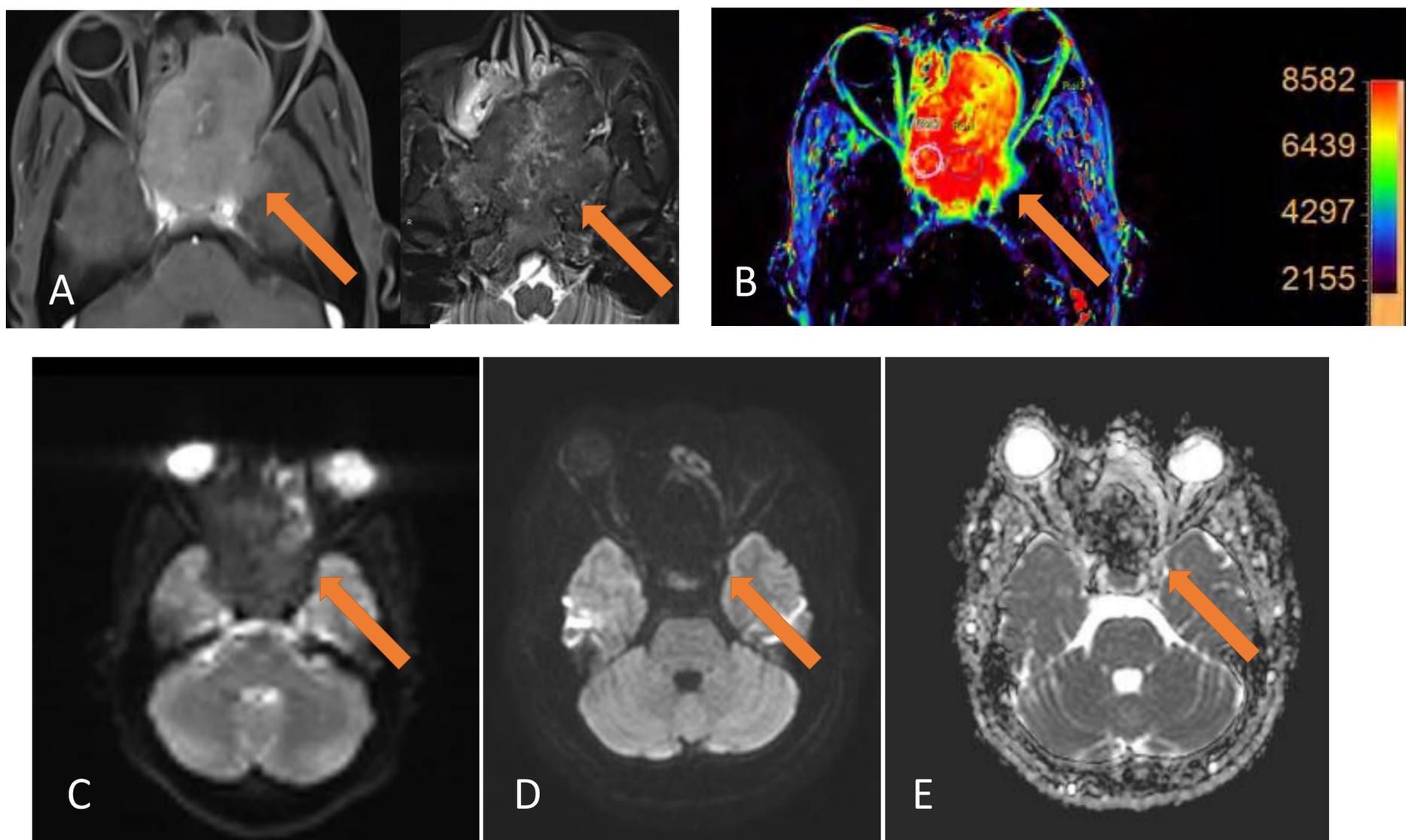


Fig. 5. Paciente de 30 años con hemangiopericitoma nasosinusal (A). Lesión hipervasculare en el estudio de la perfusión con focos intralesionales de microhemorragia (B). En el estudio de la difusión, valor b0 (C) y valor b1000 (D), muestra una baja señal, con artefacto en la secuencia ADC (E).

¿Qué aporta el estudio de la difusión en la patología tumoral de cabeza y cuello?

- estadificación ganglionar (*Figura 6*),
- monitorización de la terapia,
- detección temprana del fracaso del tratamiento al diferenciar la recurrencia de los cambios postterapéuticos (*Figura 7*).

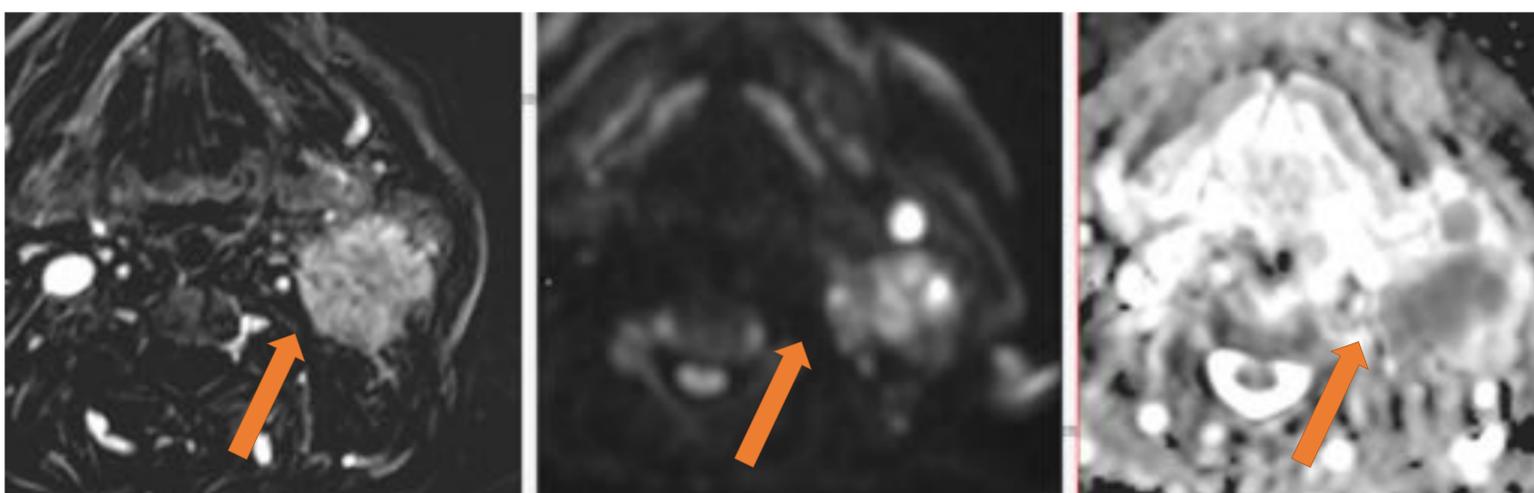


Fig. 6. Paciente de 72 años con una neoplasia de orofaringe y conglomerado adenopático laterocervical izquierdo.

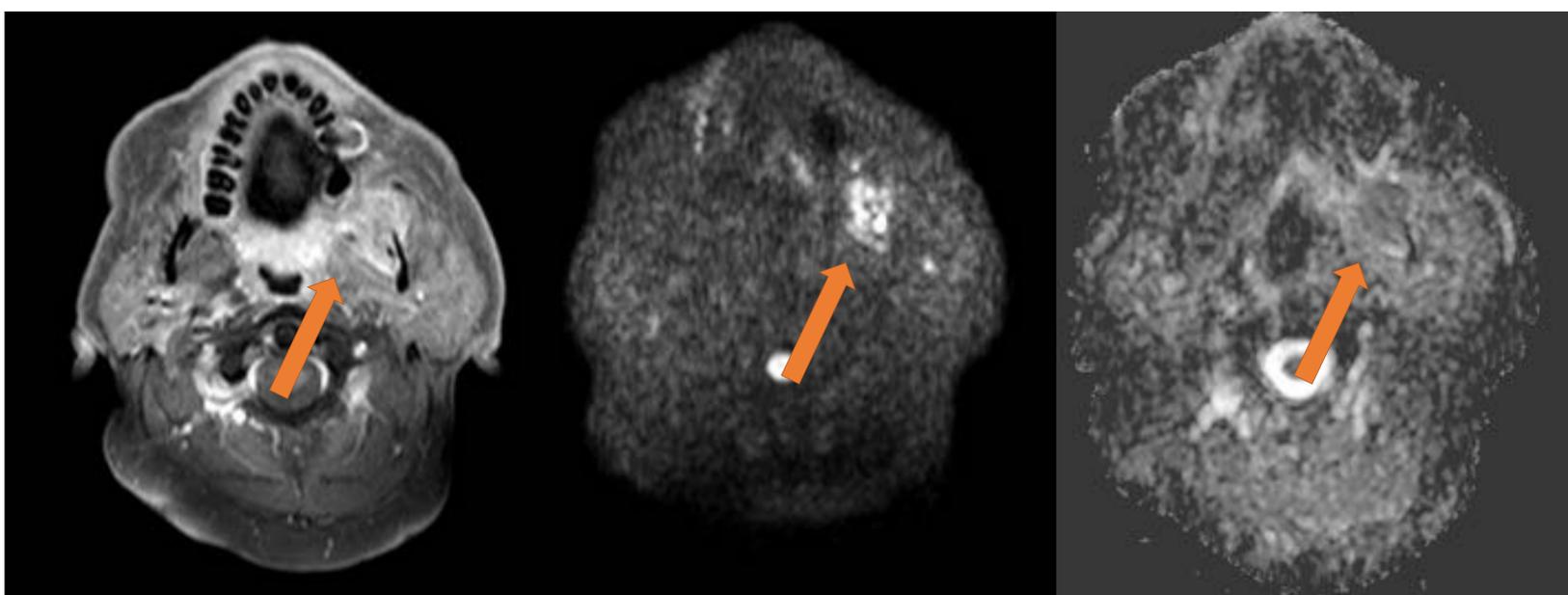


Fig. 7. Paciente con una neoplasia de la cavidad oral en el curso de tratamiento. Realce difuso de la musculatura pterigoidea (A) que plantea diagnóstico diferencial entre los cambios postrádicos y una recidiva. La zona coincide con el área de la restricción de la difusión (B, C). Signos de la diseminación tumoral perineural en el trayecto de las ramas del nervio mandibular.

La adquisición de un estudio de difusión de calidad en el área de cabeza y cuello es una tarea compleja debido a:

- **Heterogeneidad** de múltiples estructuras anatómicas en un área de superficie reducida.
- **Forma geométrica muy cambiante:** dirección predominante de derecha a izquierda en los hombros, circular a nivel del cuello y principalmente anteroposterior en la cabeza.
- Presencia de **interfases** entre tejido blando (músculo, grasa), hueso y aire (*Figura 8*).
- Artefactación del campo magnético por **artefactos de susceptibilidad magnética** como empastes/implantes dentales, prótesis, material quirúrgico etc. (*Figura 9*).
- Artefactación de la imagen por **artefactos de movimiento** relacionados con procesos fisiológicos del cuerpo como parpadeo, deglución, respiración o tos, o presencia de tics nerviosos como bruxismo y que son difíciles de controlar por el paciente dada la duración de la prueba.

Fig. 8. Interfase entre el aire intrasinusal, hueso esfenoidal y partes blandas.

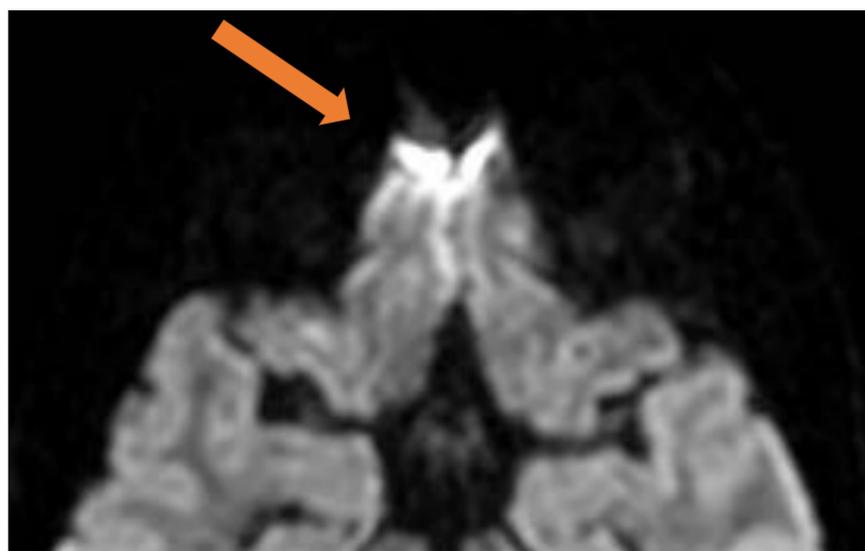
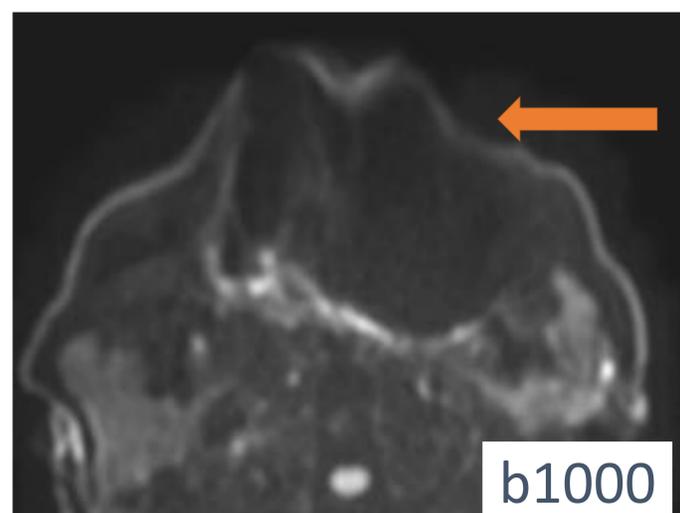
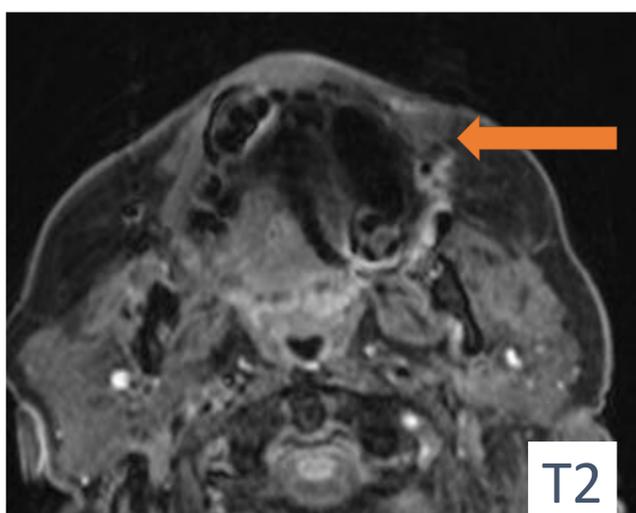


Fig. 9. Artefacto de susceptibilidad magnética por material quirúrgico en el hueso maxilar.



Es importante la prevención o minimización de los artefactos para evitar la adquisición de las imágenes no diagnósticas.

Métodos para **reducir los artefactos de susceptibilidad magnética**:

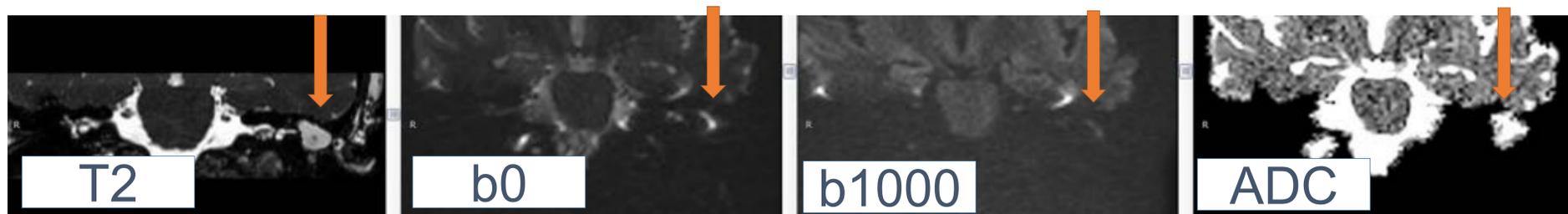
1. Uso de la secuencia turbo spin-echo (TSE) en lugar de la secuencia eco-planar (SS-EPI)
2. Adquisición paralela de la imagen
3. Reducción de la longitud de tren de ecos
4. Uso de la partición de la imagen
5. Reducción del campo (FOV)

Métodos para **reducir los artefactos de movimiento**:

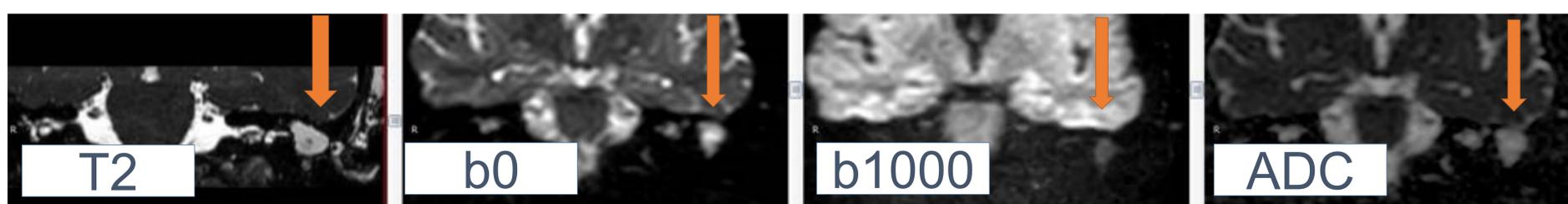
1. Reducción del tiempo de la adquisición
2. Control de procesos fisiológicos como respiración, deglución, etc.
3. Fijación del paciente

La secuencia **DWI-EPI** (*Figura 10*) es una técnica propensa a los artefactos por susceptibilidad magnética por lo que causa dificultades para evaluar las lesiones de cabeza y cuello debido a la presencia de múltiples interfases entre tejidos.

Alternativamente, la adquisición de la imagen con secuencia de difusión mediante técnica **DWI-TSE** (*Figura 11*) ofrece la posibilidad de reducir este tipo de artefactos y mejorar las adquisiciones. Se aplica ampliamente para el estudio de la **patología del oído medio** (*Figura 12*) donde el diagnóstico estándar se ve alterado por la presencia de múltiples interfases.



(A) DWI EPI



(B) DWI TSE

Fig. 12. Paciente de 51 años con una hipoacusia izquierda. Lesión hiperintensa en oído medio izquierdo en secuencia potenciada en T2. Dudosa restricción de la difusión en la periferia de la lesión en la difusión ecoplanar (A). La secuencia no ecoplanar (SS-TSE) (B) permite visualizar mejor que la lesión no presenta restricción de la difusión y corresponde a un tejido inflamatorio.

SS-EPI-DWI

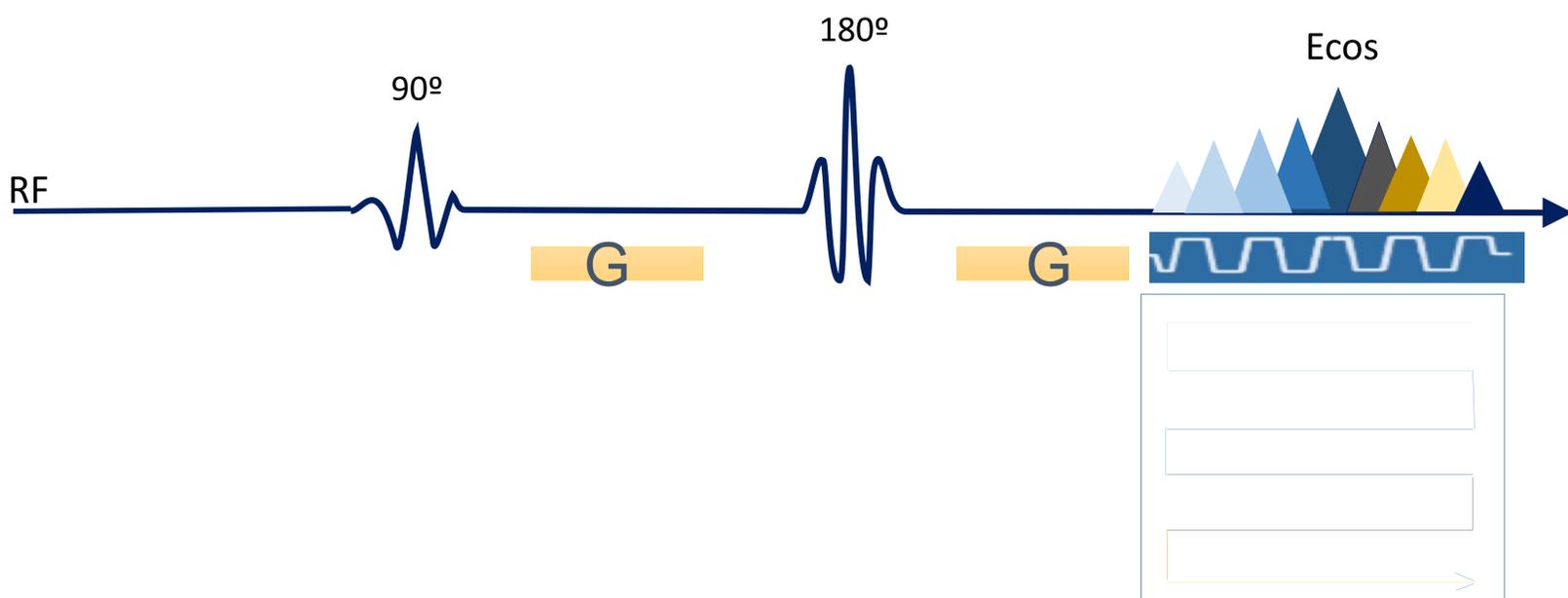


Fig. 10. Secuencia ecoplanar (EPI). Un pulso de radiofrecuencia (RF) tras la rápida aplicación de múltiples gradientes alternativos se descompone en una serie de ecos que rellena un espacio K completo.

SS-TSE-DWI

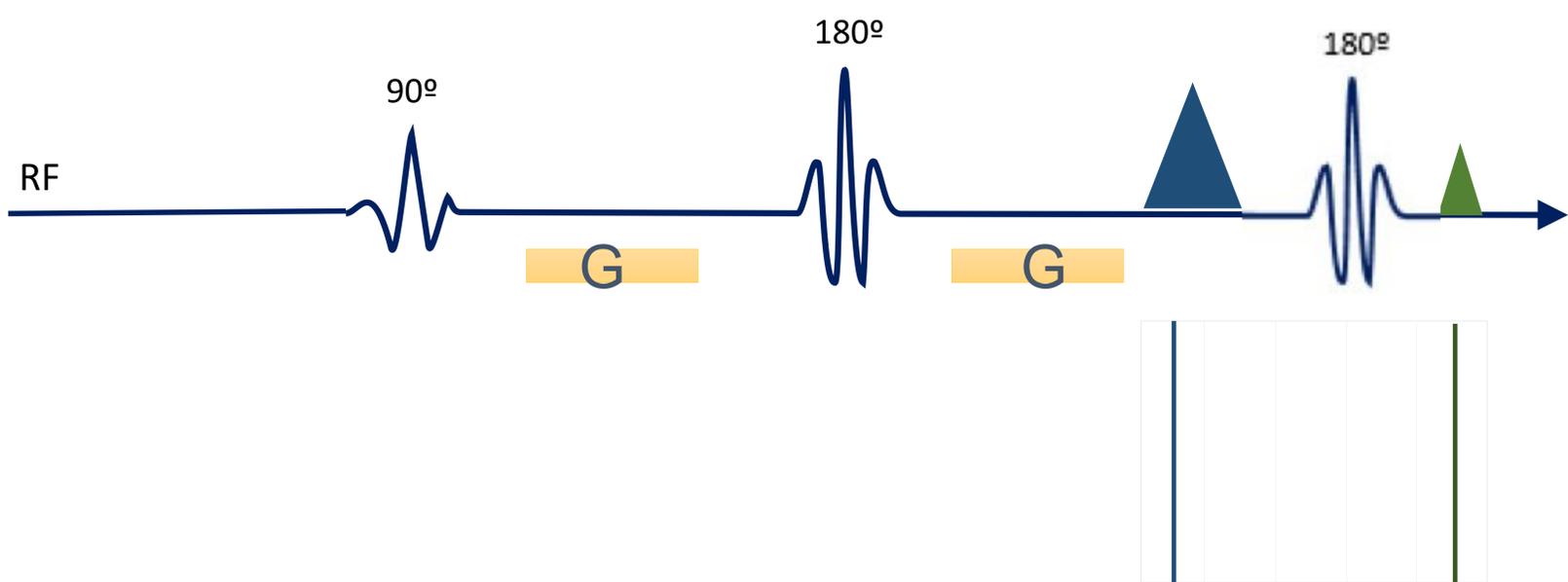


Fig. 11. Secuencia no ecoplanar (TSE) consiste en la aplicación de múltiples pulsos de radiofrecuencia de refase de 180° que generan ecos consecutivos. Cada eco de un tiempo de relajación sirve para rellenar una línea del espacio K. La aplicación de los pulsos de refase de 180° antes de la emisión de cada eco causa una reducción del artefacto de la susceptibilidad magnética.

El estudio de la difusión mediante la técnica SS-EPI es la técnica más aplicada en el diagnóstico de la sospecha de enfermedad tumoral de cabeza y cuello dada la rapidez de su adquisición y la resistencia al artefacto de movimiento. No obstante, la técnica TSE-DWI ofrece una mejor calidad de imagen con menor distorsión geométrica y mayor relación señal-ruido, conservando iguales calidades respecto a DWI-EPI en el contraste de la imagen (*Tabla 1*).

COMPARACIÓN ENTRE AMBAS TÉCNICAS (Tabla 1)

	SS-TSE	SE-EPI
TIEMPO ADQUISICIÓN	RÁPIDO	MUY RÁPIDO
GROSOR CORTE	MENOR	MAYOR
RELACIÓN SEÑAL-RUIDO	MALA	BUENA
ARTEFACTACIÓN	BAJA (mayor susceptibilidad al artefacto de movimiento)	ALTA (susceptibilidad al artefacto de susceptibilidad magnética y desplazamiento químico)
INFORMACIÓN ANATÓMICA	BUENA	BUENA

¿Cuándo interesa utilizar la secuencia SS-TSE en patología de cabeza y cuello?

- Región con **cambios postquirúrgicos** e **implantes metálicos** (*Figura 13*)
- Región con **múltiples interfases** (*Figura 14*)

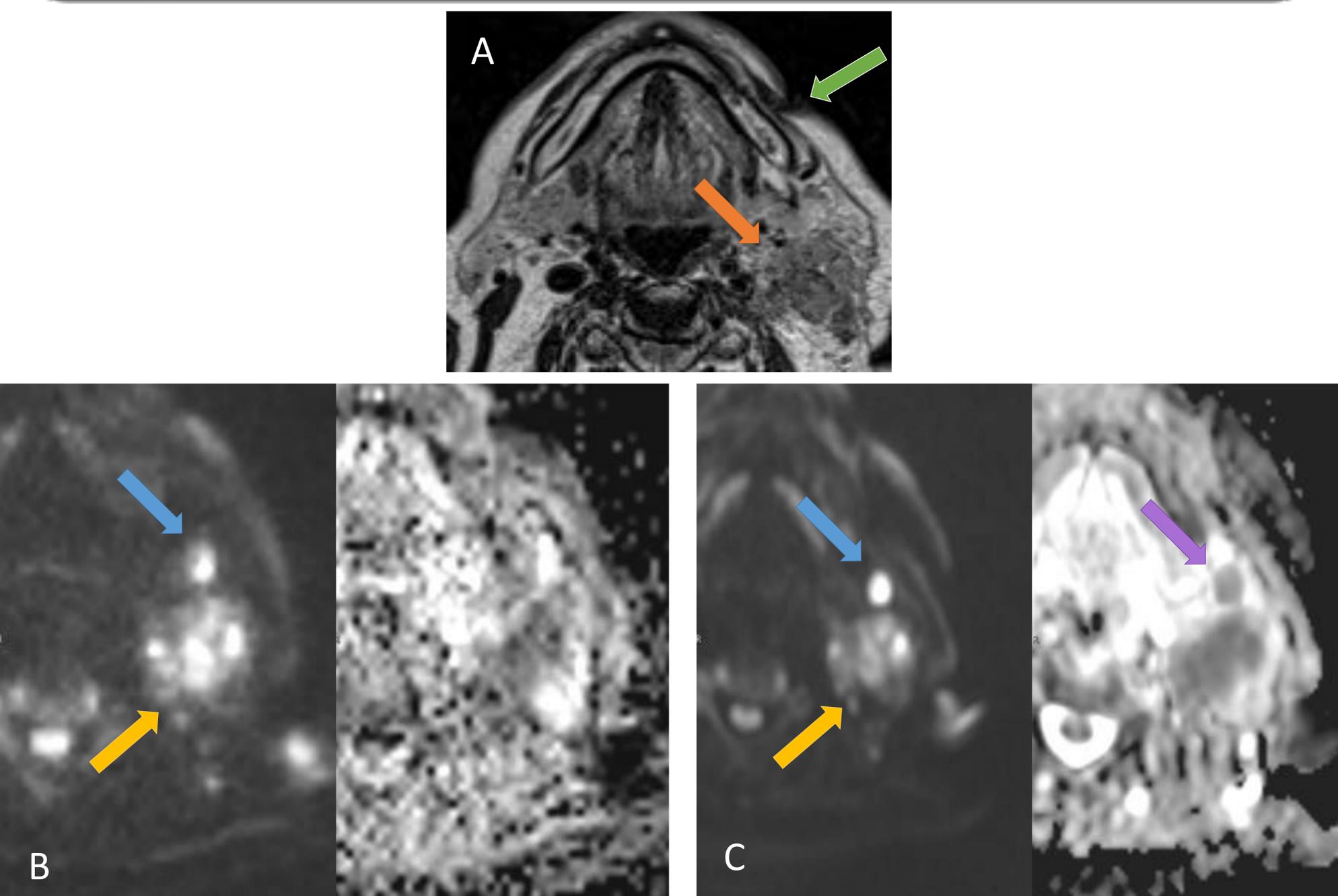


Fig. 13. (A) Paciente con **cambios postquirúrgicos** en la región submandibular izquierda (*flecha verde*) secundarios a carcinoma epidermoide del suelo de la boca . Recidiva ganglionar (*flecha naranja*). (B) Difusión mediante la técnica DWI-EPI. Anteriormente al conglomerado adenopático (*flecha amarilla*) observamos otra lesión nodular mal definida (*flecha azul*). El valor del ADC no es calculable. (C) Difusión mediante la técnica DWI-TSE. La lesión nodular (*flecha azul*) anterior al conglomerado adenopático (*flecha amarilla*) está bien definida y el valor del ADC es calculable (*flecha morada*).

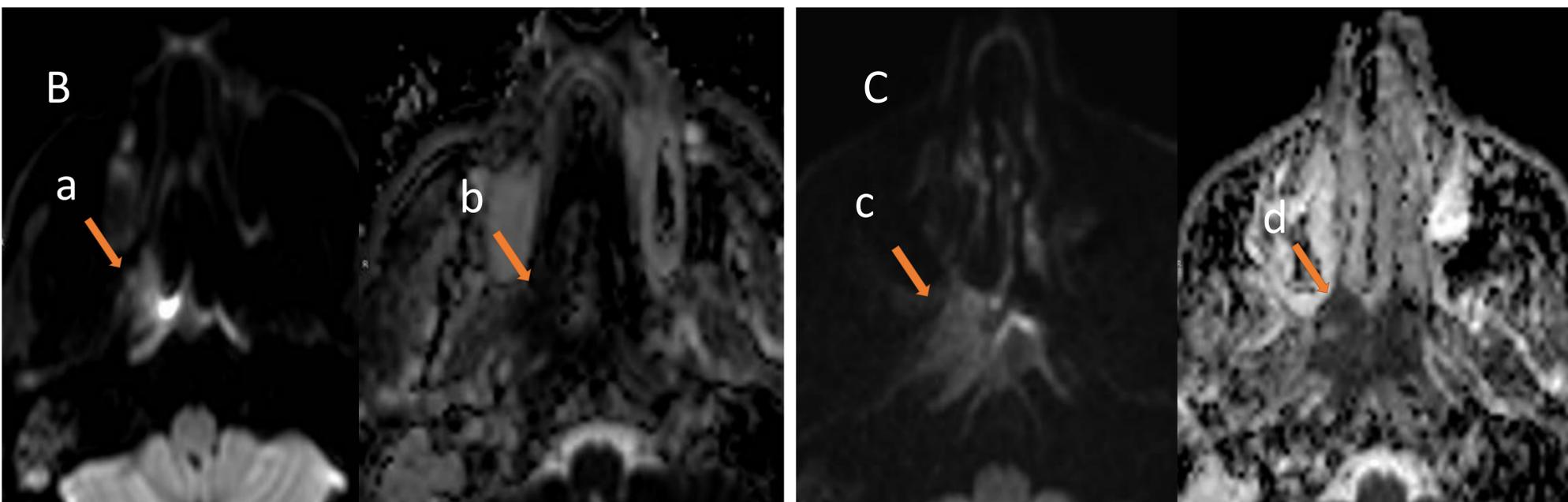
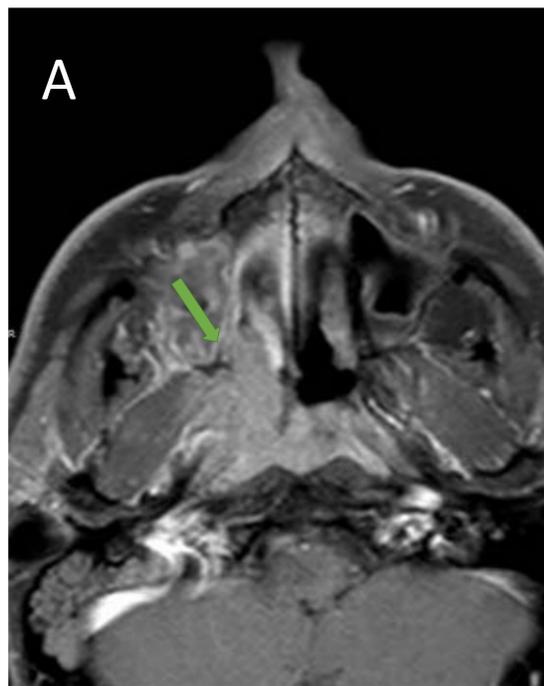


Fig. 14. (A) Paciente con carcinoma de cavum (*flecha verde*). (B) Difusión mediante la técnica DWI-EPI. El artefacto generado por la presencia de varias interfases (hueso, partes blandas, aire) causa una mala definición de la lesión en la secuencia de la difusión (a). El valor del ADC no es calculable (b). (C) Difusión mediante la técnica DWI-TSE. La lesión está mejor definida en la secuencia de la difusión, b1000 (c) y se observa una clara restricción de la difusión en la secuencia ADC (d).

En el estudio de una región anatómica donde son frecuentes movimientos involuntarios continuos (como parpadeo en la región orbitaria o movimientos masticatorios en la cavidad oral) se ha observado una superioridad de la técnica SS-EPI sobre la técnica DWI-TSE al ser más resistente al artefacto por el movimiento y tener un tiempo de adquisición más corto (*Figura 15*).

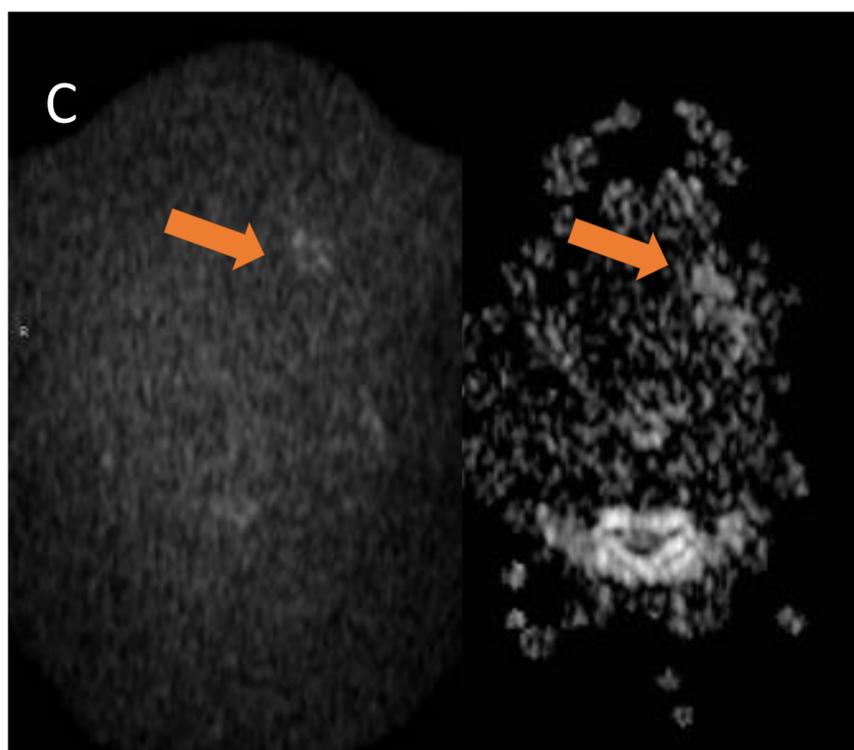
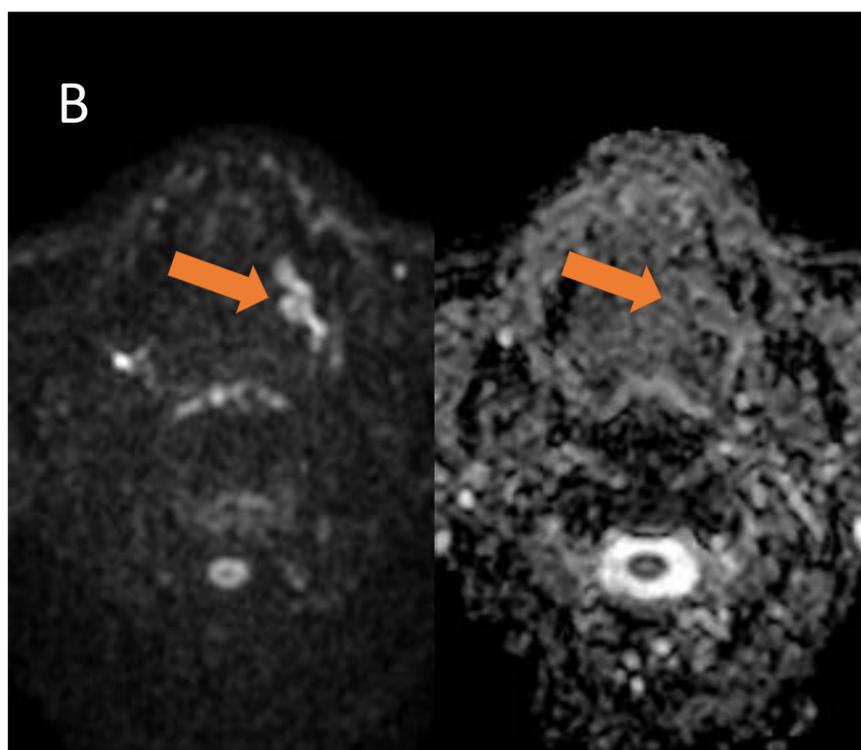
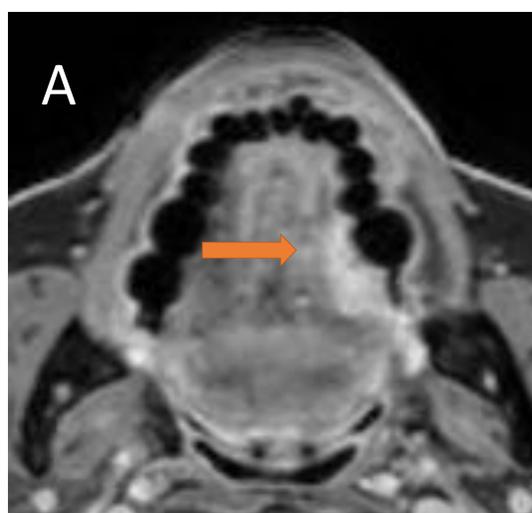


Fig. 15. (A) Paciente con carcinoma gingival (*flecha*). (B) Difusión mediante la técnica DWI-EPI. Una buena definición de la lesión. (C) Difusión mediante la técnica DWI-TSE. Debido a los artefactos de movimiento la lesión es escasamente visible y no se puede delimitar.

CONCLUSIONES

- La aplicación de la secuencia TSE DWI en el estudio de las lesiones de cabeza y cuello es una alternativa válida a la secuencia SS-EPI DWI.
- La secuencia DWI-TSE ofrece ventajas en el examen de las lesiones centradas en regiones donde observamos interfases entre el hueso, el aire y partes blandas.
- Es también útil en la exploración de las regiones donde existen cambios postquirúrgicos con la aplicación del material metálico.

BIBLIOGRAFÍA

- Thoeny, H. et al. (2012). Diffusion-Weighted MR Imaging in head and Neck. Radiology. 263. 19-32. 10.1148/radiol.11101821.
- Hirata, K. et al. (2018). Comparison of the image quality of turbo spin echo- and echo-planar diffusion-weighted images of the oral cavity. Medicine. 97. e0447. 10.1097/MD.00000000000010447.
- Figueiredo, E. et al. (2011). Basic Concepts of MR Imaging, Diffusion MR Imaging, and Diffusion Tensor Imaging. Magnetic resonance imaging clinics of North America. 19. 1-22. 10.1016/j.mric.2010.10.005.
- Dai, Y.L. et al. (2017). State of the art MRI in head and neck cancer. Clinical Radiology. 73. 10.1016/j.crad.2017.05.020.
- Touska, P. et al. (2019). Recent advances in MRI of the head and neck, skull base and cranial nerves: New and evolving sequences, analyses and clinical applications. The British Journal of Radiology. 92. 20190513. 10.1259/bjr.20190513.
- Foer, B. et al. (2006). Single-shot, Turbo Spin-echo, Diffusion-weighted imaging versus Spin-Echo-planar, diffusion-weighted imaging in the detection of acquired middle ear cholesteatoma. AJNR. American journal of neuroradiology. 27. 1480-2.