

**Jordi Broncano Cabrero<sup>1</sup>**, Fernando Caro Mateo<sup>1</sup>, Maria Jose Tienda Flores<sup>1</sup>, Javier Sanchez Gonzalez<sup>2</sup>, Pilar Caro Mateo<sup>3</sup>, Antonio Luna Alcala<sup>4</sup>

Hospital Cruz Roja. Hospital San Juan de Dios.  
RESSALTA. Grupo Health Time., Córdoba, España  
Philips Healthcare, Madrid, España  
DADISA. Grupo Health Time, Cadiz, España  
SERCOSA. Grupo Health Time, Jaen, España

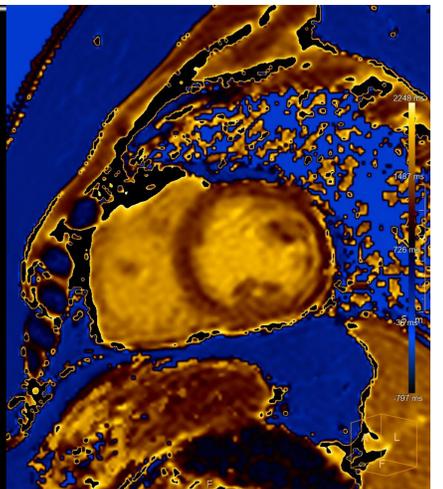
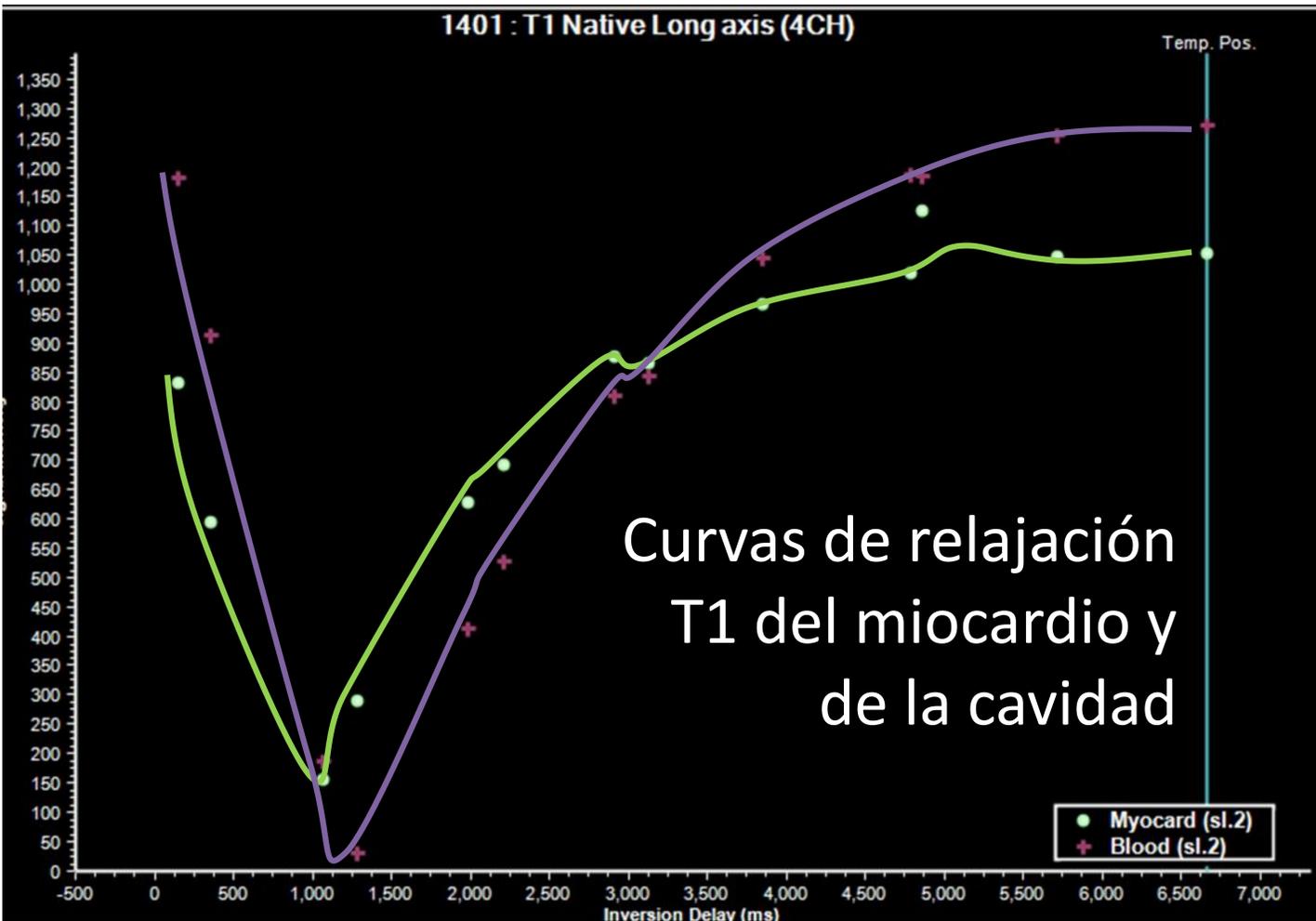
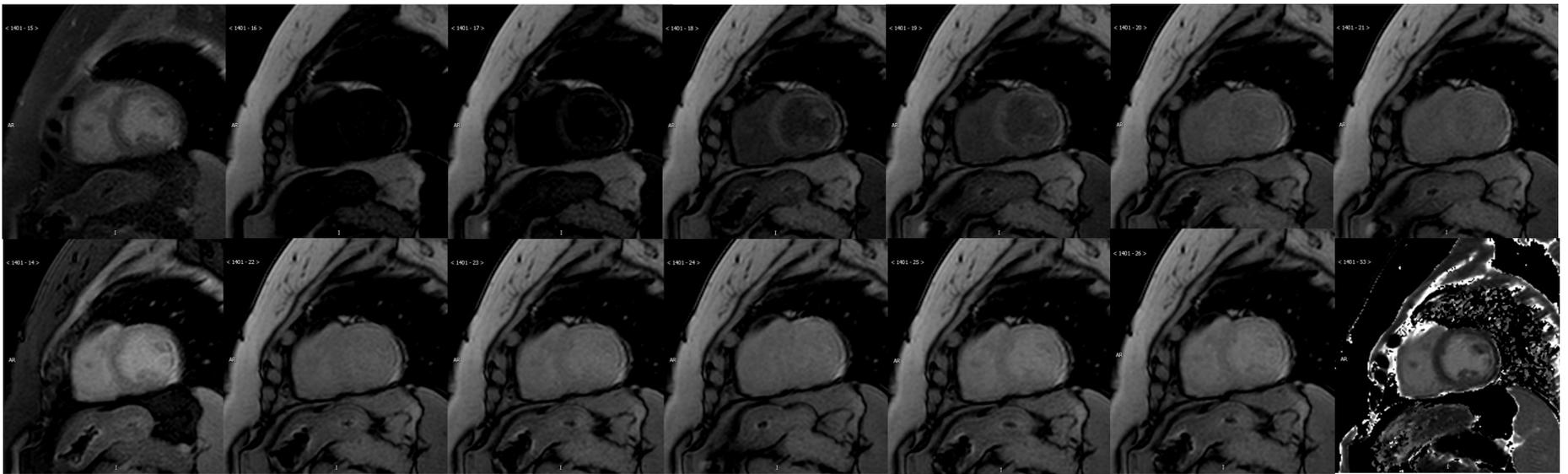
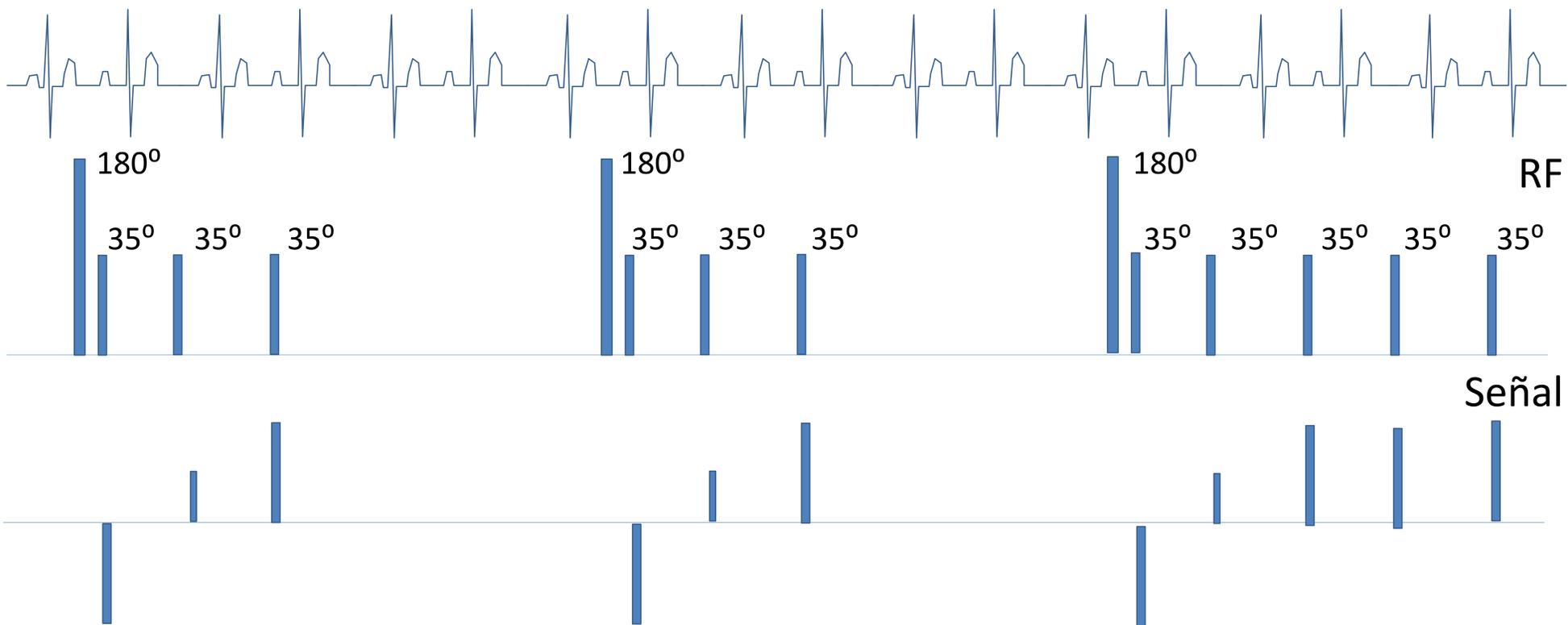
**T1 mapping en  
tumores  
torácicos:  
Experiencia  
inicial**

## 1 T1 MAPPING

Concepto

**T1 mapping** mide la relajación longitudinal (spin-lattice) del tejido → Cuan rápidamente los protones re-equilibran sus espines tras un pulso de RF.

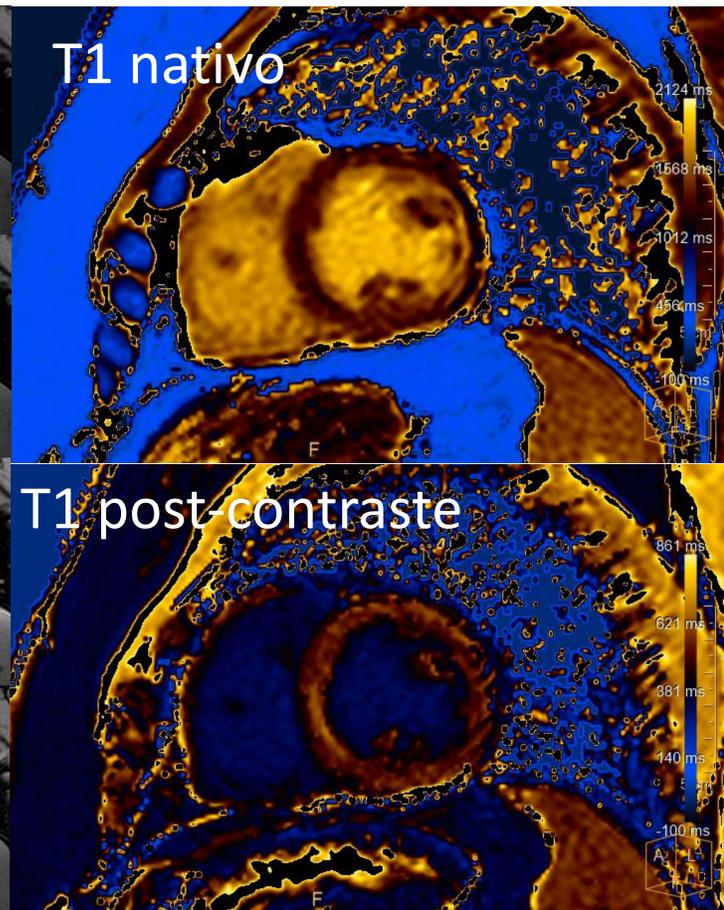
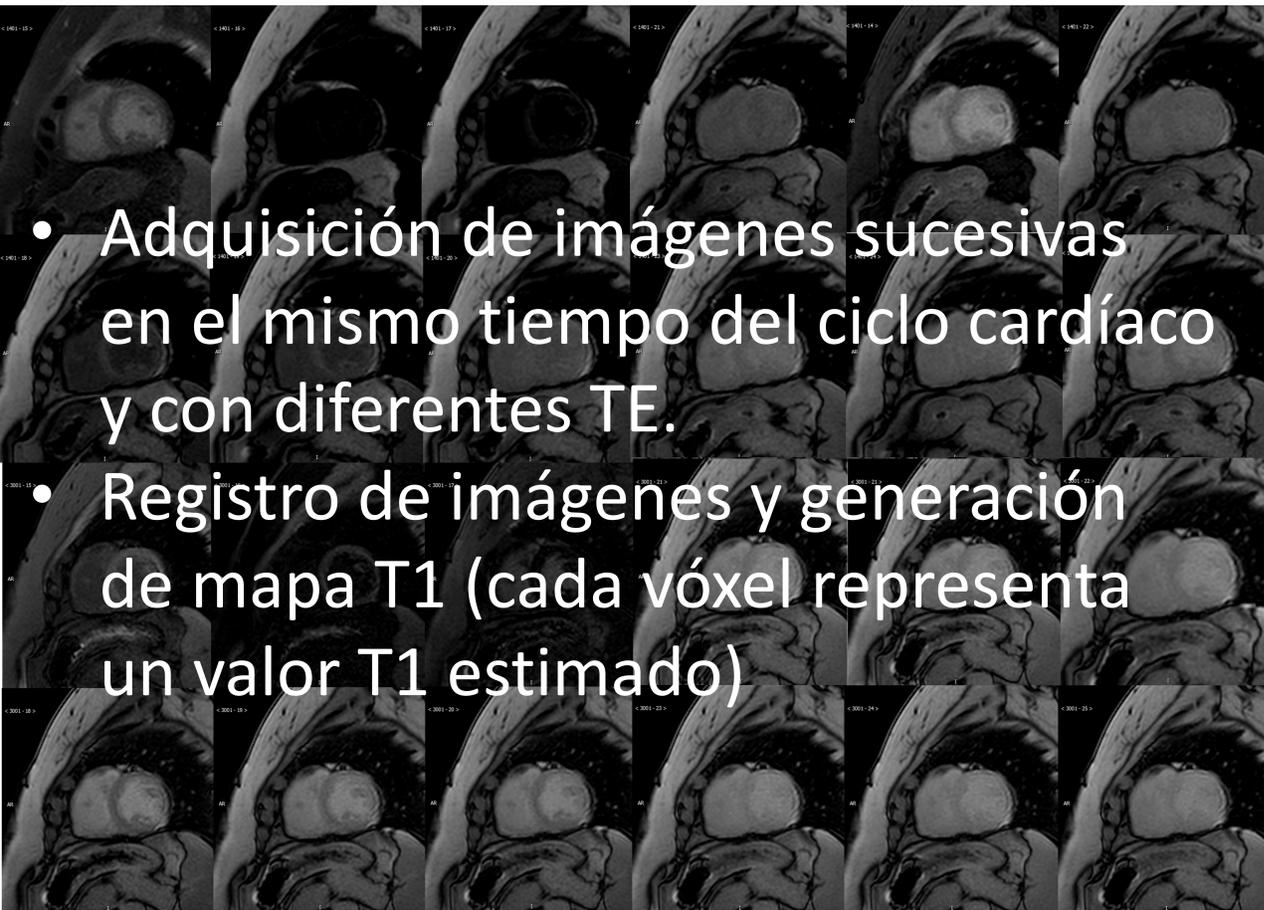
ECG



El valor T1 del tejido representa el tiempo en el que un 63% de la magnetización total se recupera.

## 1 T1 MAPPING

*Técnica y parámetros*



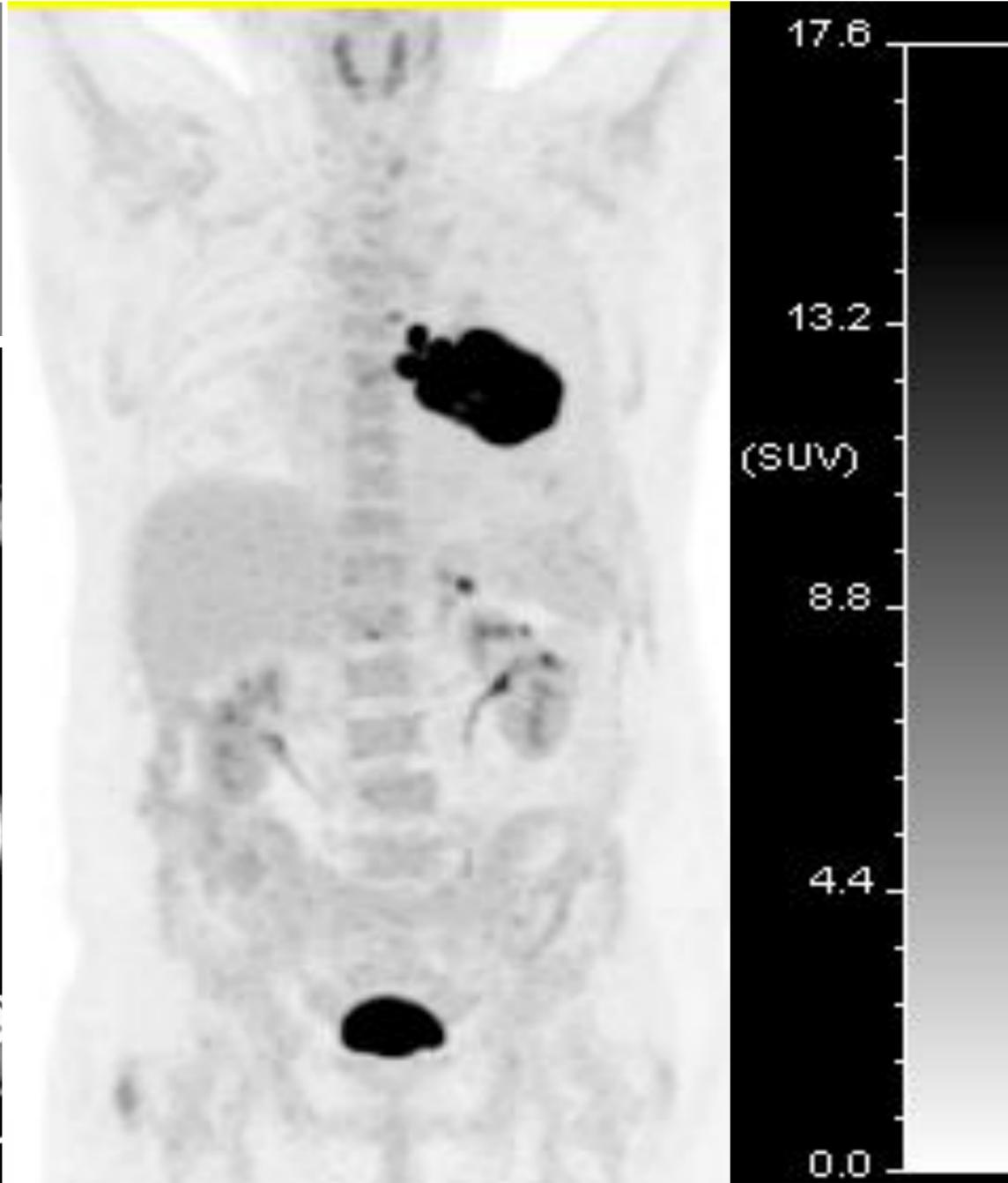
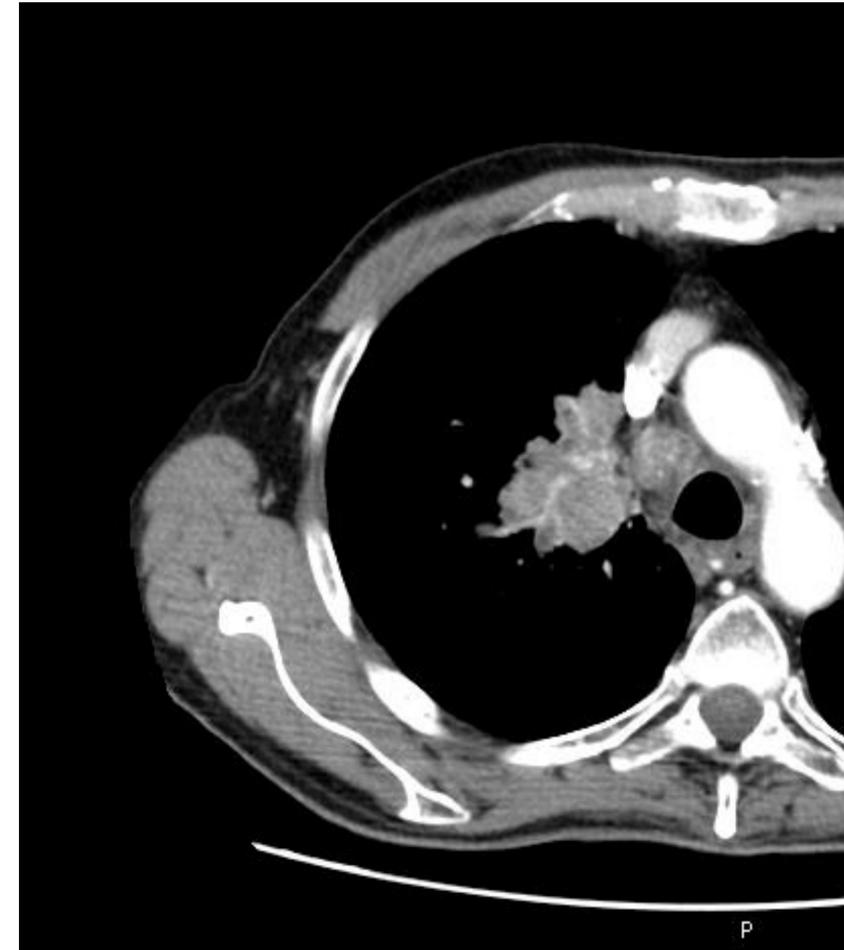
- Adquisición de imágenes sucesivas en el mismo tiempo del ciclo cardíaco y con diferentes TE.
- Registro de imágenes y generación de mapa T1 (cada vóxel representa un valor T1 estimado)

	T1 NATIVO	T1 POSTCONTRASTE	ECV
<b>MEDICIÓN</b>	Medición directa T1	Medición directa T1	Cálculo basado en T1 nativo, post-contraste de miocardio, sangre y hematocrito
<b>CORRELACIÓN HISTOLÓGICA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fibrosis por reemplazo</li> <li>• Fibrosis intersticial</li> <li>• Edema intra-extracelular</li> <li>• Amiloide</li> <li>• Depósitos férricos</li> <li>• Infiltración grasa</li> </ul>	Incremento espacio extracelular: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fibrosis por reemplazo</li> <li>• Fibrosis intgersticial</li> <li>• Edema extracelular               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amiloide</li> </ul> </li> </ul>	
<b>FUENTE PRINCIPAL DE INFLUENCIA</b>	Compartimentos intracelular y extracelular del miocardio nativo	Efectos del medio de contraste basado en gadolinio en el espacio extracelular	
<b>LIMITACIONES</b>	Dependencia secuencia Precisión dependiente sensibilidad T2 No específico Heterogeneidad regional para grandes diferencias	Difícil estandarización No valores normales Dependencia GBCA Asociado a precisión T1	Dependencia varias medidas en tiempo Acumulación errores Estandarización No específico Requiere GBCA Requiere hematocrito.
<b>APLICACIONES</b>	Enfermedad subclínica Estratificación riesgo Gradación severidad Monitorización Tto Contrast-free	Marcador incremento espacio extracelular Valoración heterogeneidad regional	Marcador incremento espacio extracelular Estratificación riesgo Gradación severidad

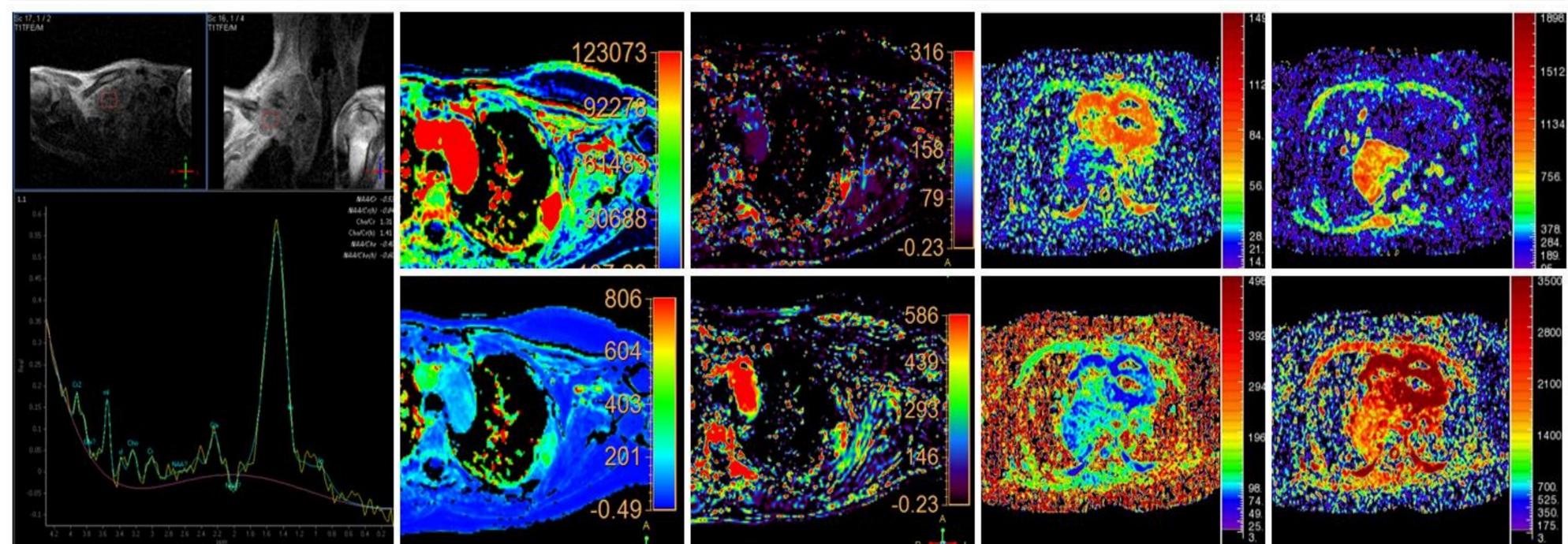
## 2 RM EN CÁNCER DE PULMÓN

Utilización

- El cáncer de pulmón es la causa más importante de muerte relacionada con cáncer en países desarrollados.
- La aproximación diagnóstica inicial se realiza con la combinación de TC y pruebas funcionales (PET/TC)



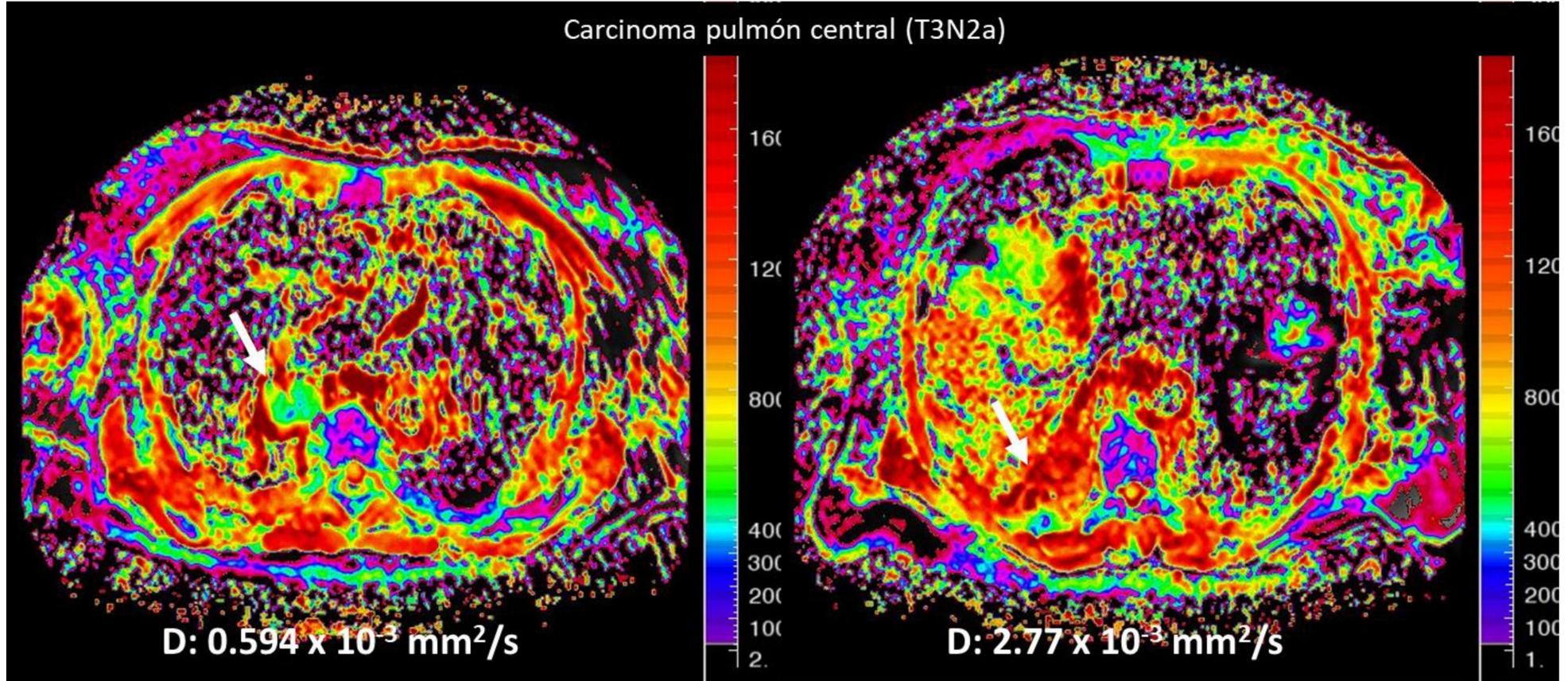
- Gracias al desarrollo tecnológico y la aplicación de técnicas funcionales, la RM torácica constituye una alternativa en estos pacientes.
- Dentro de la fisiopatología tumoral, la heterogeneidad tisular del tejido tumoral (neovasos, clones de proliferación desordenada, zonas hipóxicas, ..) constituye un marcador de agresividad.



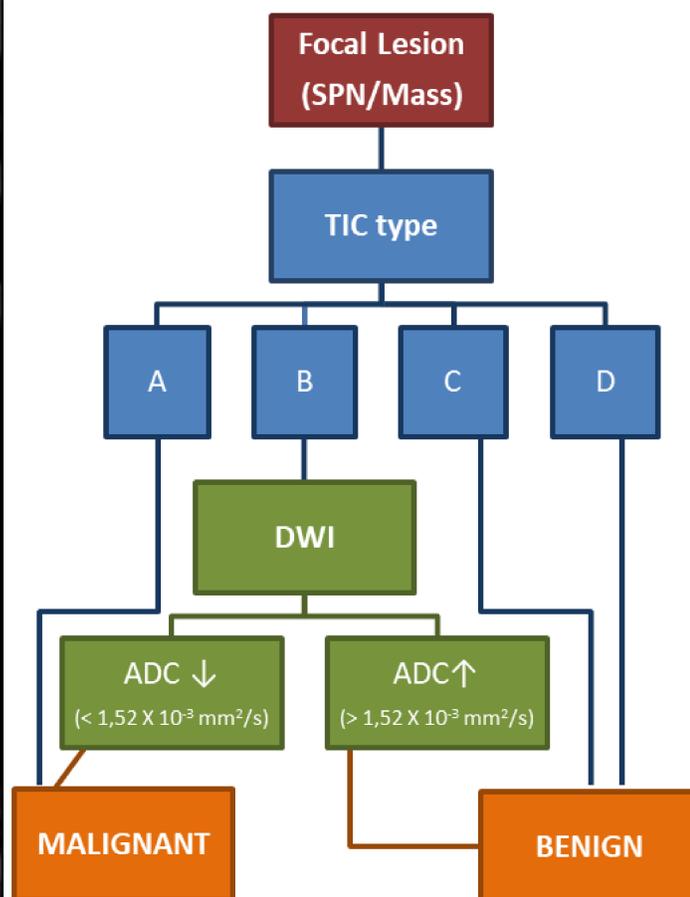
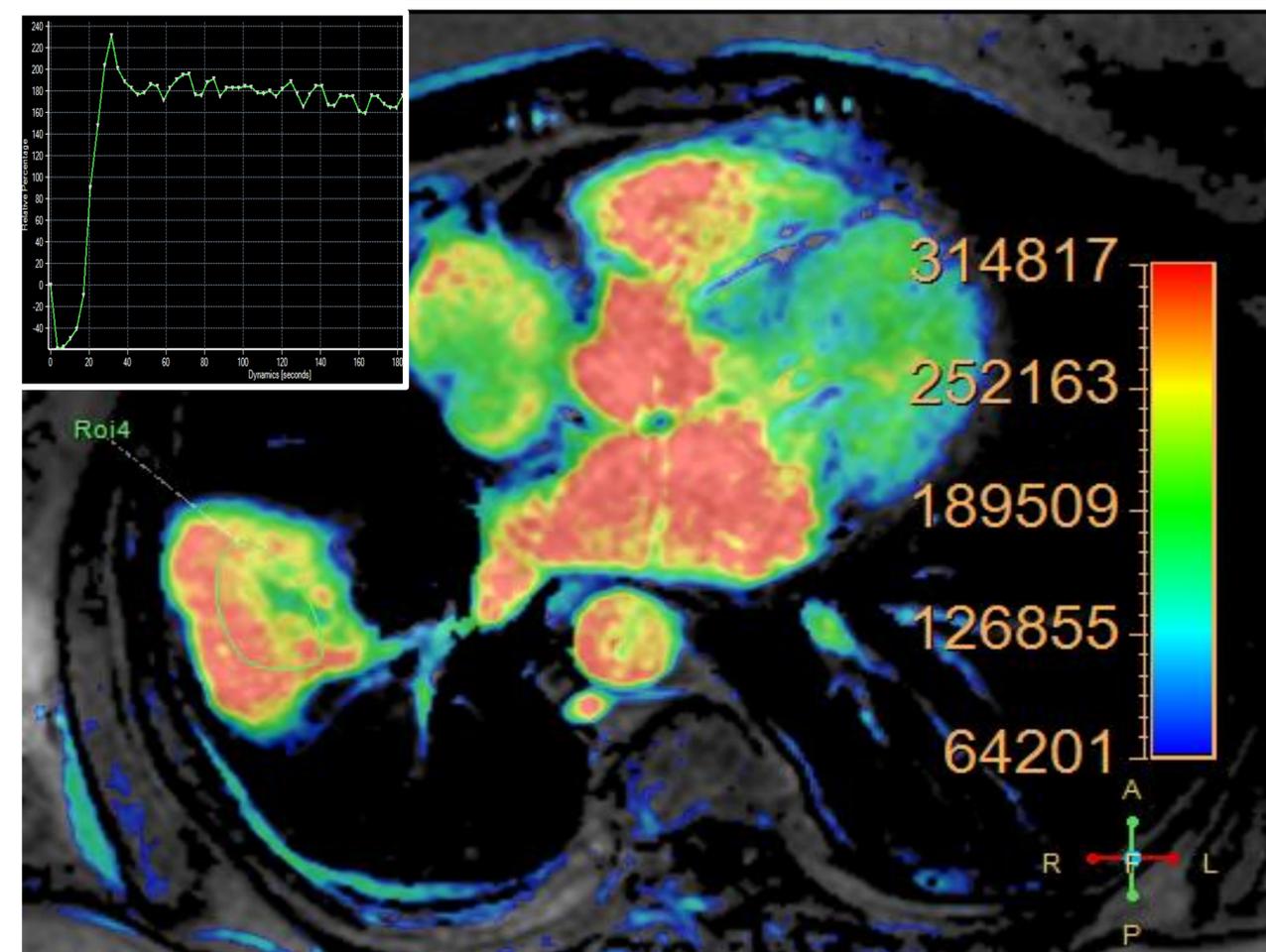
## 2 RM EN CÁNCER DE PULMÓN

Aplicaciones clínicas

Carcinoma pulmón central (T3N2a)

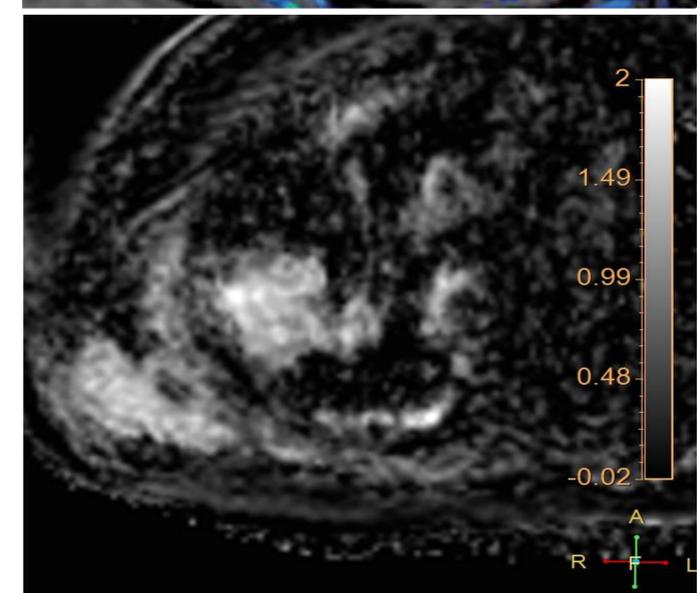


- La RM nos permite diferenciar entre lesiones benignas y malignas, tumores centrales de neumonitis post-obstructivas y valorar la invasión locorregional.



La aproximación multiparamétrica (DWI + DCE-MR) es capaz de diferenciar entre lesiones inflamatorias activas de tumorales.

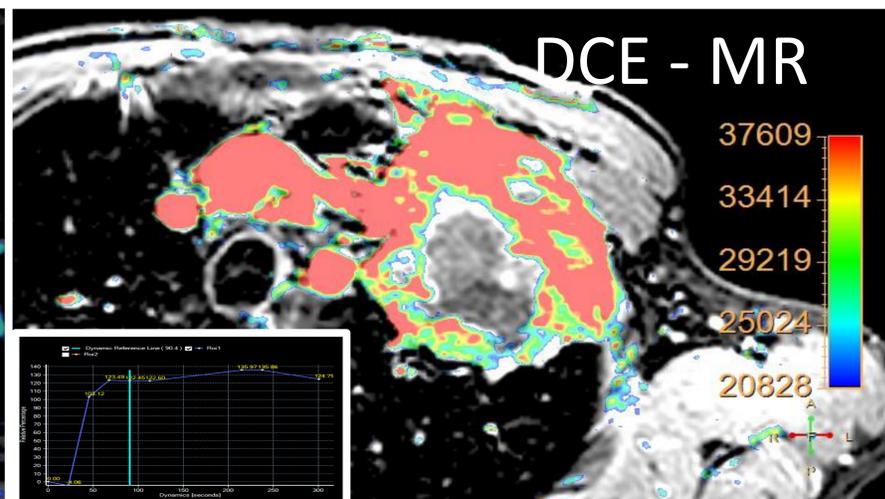
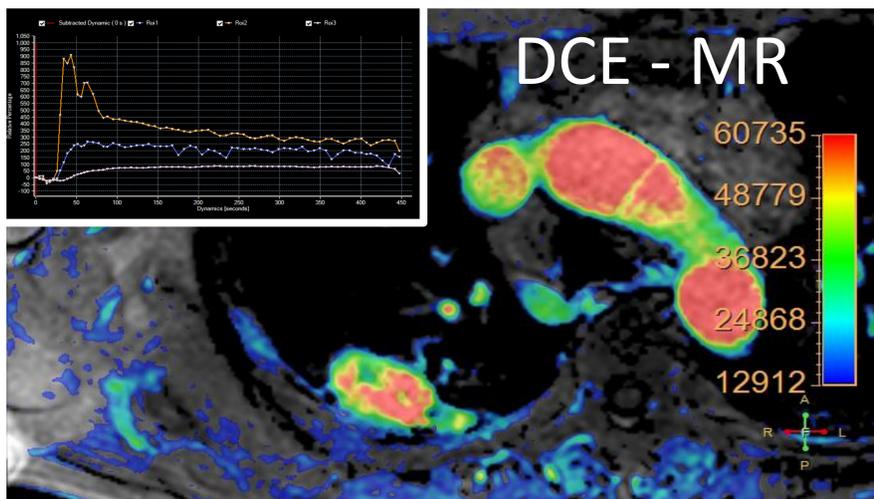
*Paciente con lesión parenquimatosa pulmonar con curva tipo D (sugestiva de malignidad; pico de realce con meseta posterior). DWI muestra un comportamiento no restrictivo. Neumonía bacteriana complicada con absceso diafragmático (restricción central en DWI; flecha blanca).*



## 2 RM EN CÁNCER DE PULMÓN

*Diferenciación tisular. Valor multiparamétrico*

- Los tumores más agresivos van a mostrar intensidades de señal y heterogeneidad de señal mayores en el gradiente b alto respecto a tumores mejor diferenciados, con buena correlación histológica y con la PET/TC.



b=1000 s/mm<sup>2</sup>

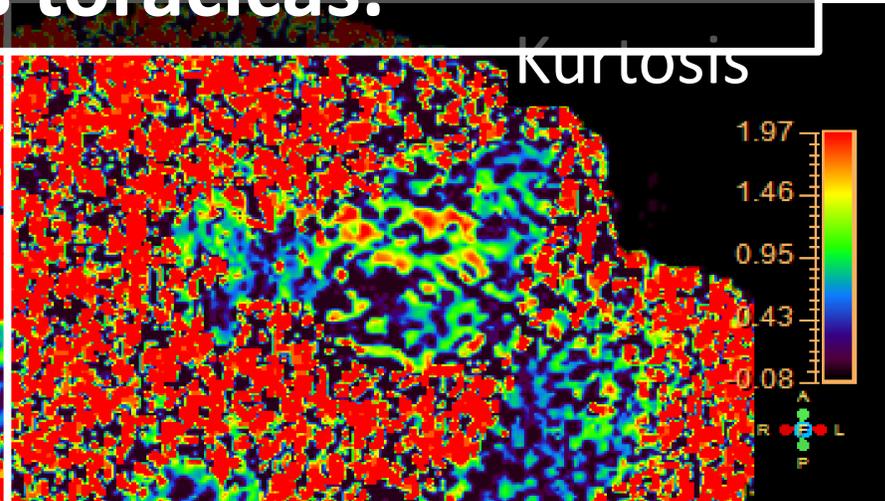
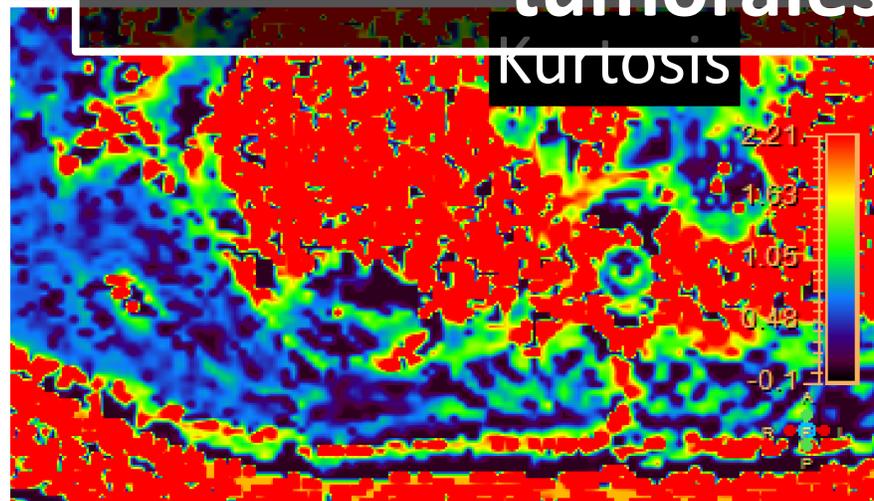
b=1000 s/mm<sup>2</sup>

*No existe en la literatura ninguna referencia a la utilización de T1 mapping para caracterización de lesiones torácicas.*

**OBJETIVO:** Mapa ADC

Mapa ADC

**Evaluar la factibilidad y rendimiento diagnóstico del T1 mapping en la valoración de lesiones neoplásicas y no tumorales torácicas.**



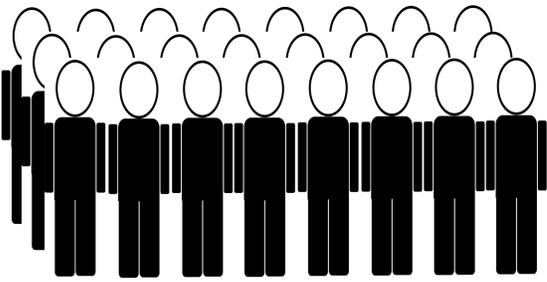
Diferencias en vascularización, señal en gradiente b alto, mapa de ADC y kurtosis entre adenocarcinoma bien diferenciado (izquierda) y tumor indiferenciado de células pequeñas (derecha). La heterogeneidad tumoral se ha relacionado con agresividad tisular.

- La DWI con modelos no Gaussianos y computada permite identificar esas áreas de mayor heterogeneidad tisular y, por ende, mayor agresividad tumoral.

## 3 Propuesta y objetivo de estudio

T1 mapping en cáncer de pulmón

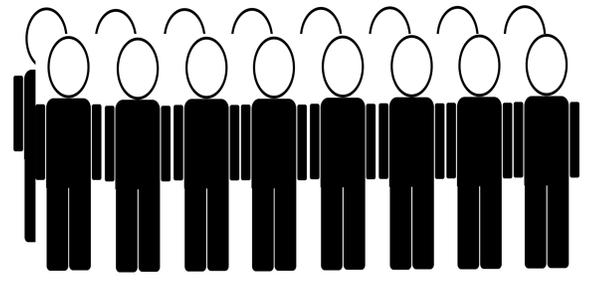
RM artefactadas o incompletas



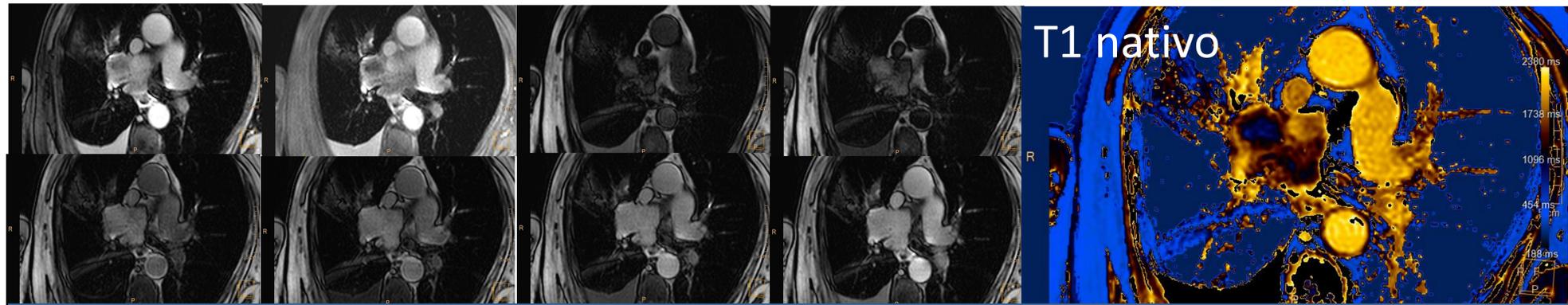
38 pacientes  
43 Lesiones  
RM torácica  
multiparamétrica  
Caracterización de lesión



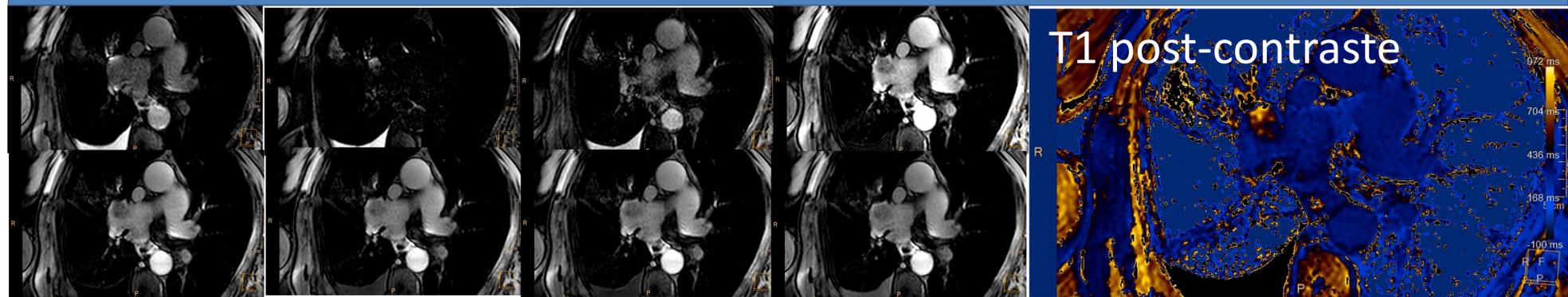
T1 mapping  
apnea + ECG  
plano axial



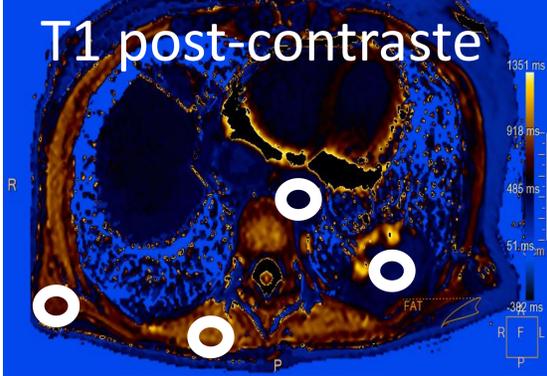
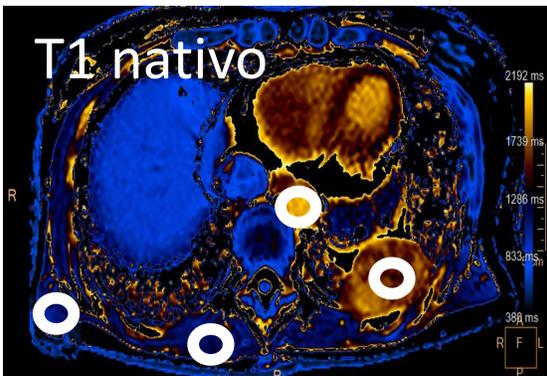
31 pacientes  
36 Lesiones  
RM torácica  
multiparamétrica  
Caracterización de lesión



0,15 mmol/kg Gadopentetato dimeglumina a 3,5 ml/s. Adquisición a los 15 minutos



T1 mapping	Patrón	TR	TE	FA	Vóxel	SENSE
MOLLI T1 nativo	5s(3s)3s	2 ms	1 ms	20	1,97 x 2,01 x 10 mm <sup>3</sup>	x2
MOLLI T1 post-contraste	4s(1s)3s(1s)2s	2 ms	1 ms	20	1,97 x 2,01 x 10 mm <sup>3</sup>	x2



- Registro y mapas paramétricos  
Cada vóxel representa un valor T1 estimado absoluto
- ROI manual: Lesión, grasa, músculo estriado y sangre  
Tamaño mínimo de la región interés: 50 mm<sup>2</sup>.
- T1 y R1 nativo, T1 y R1 post-contraste, Diferencia de T1 y R1, Coeficiente de partición ( $\lambda$ ):

$$\lambda = \frac{\left(\frac{1}{T1_{post-contraste}} - \frac{1}{T1_{nativo}}\right)_{Lesión}}{\left(\frac{1}{T1_{post-contraste}} - \frac{1}{T1_{nativo}}\right)_{sangre}}$$

Diff T1 = T1 post - contraste - T1 nativo

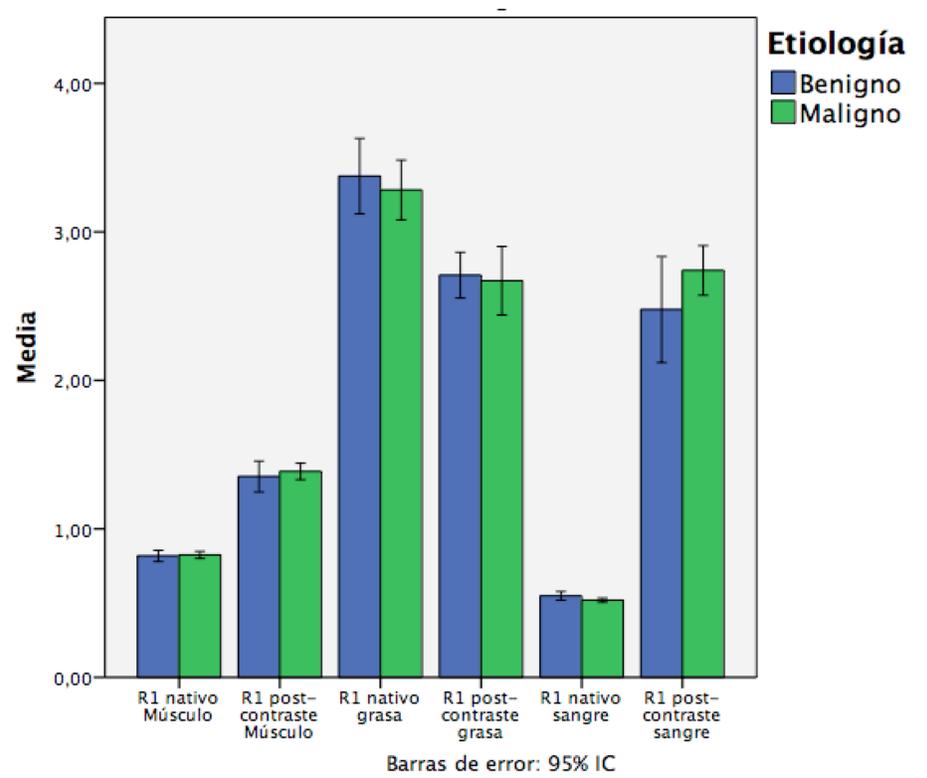
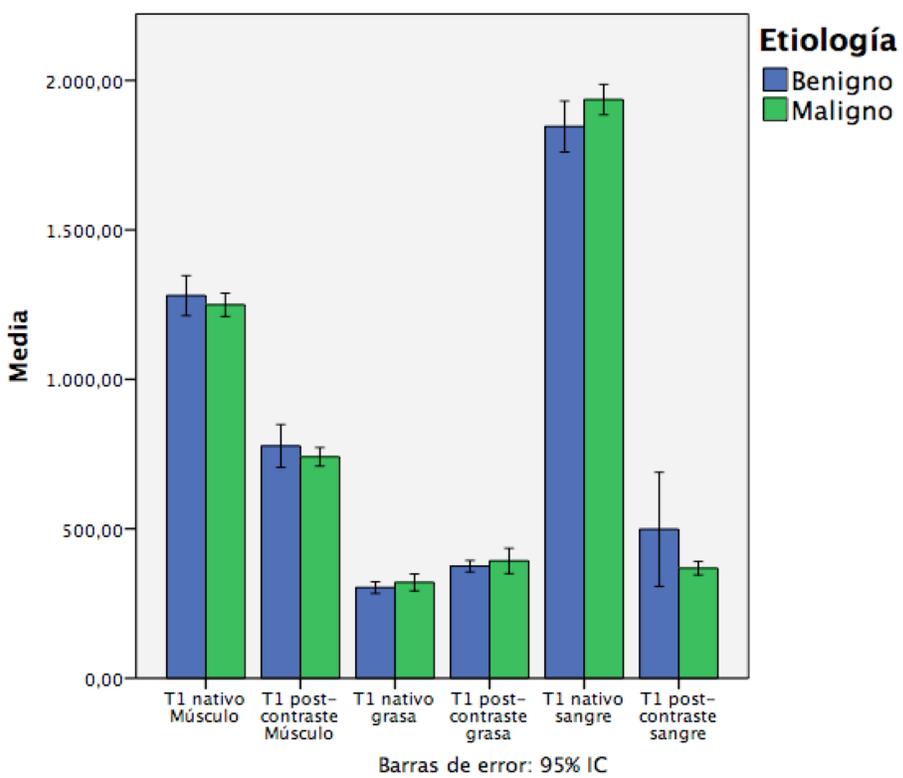
Diff R1 = R1 post - contraste - R1 nativo

## 4 Resultados

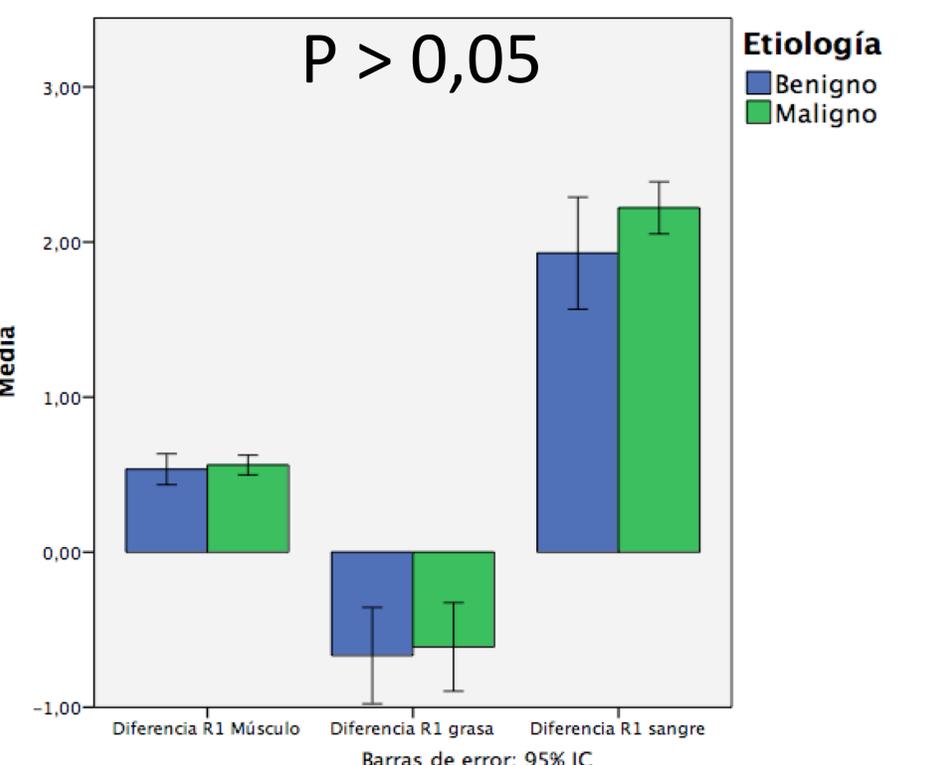
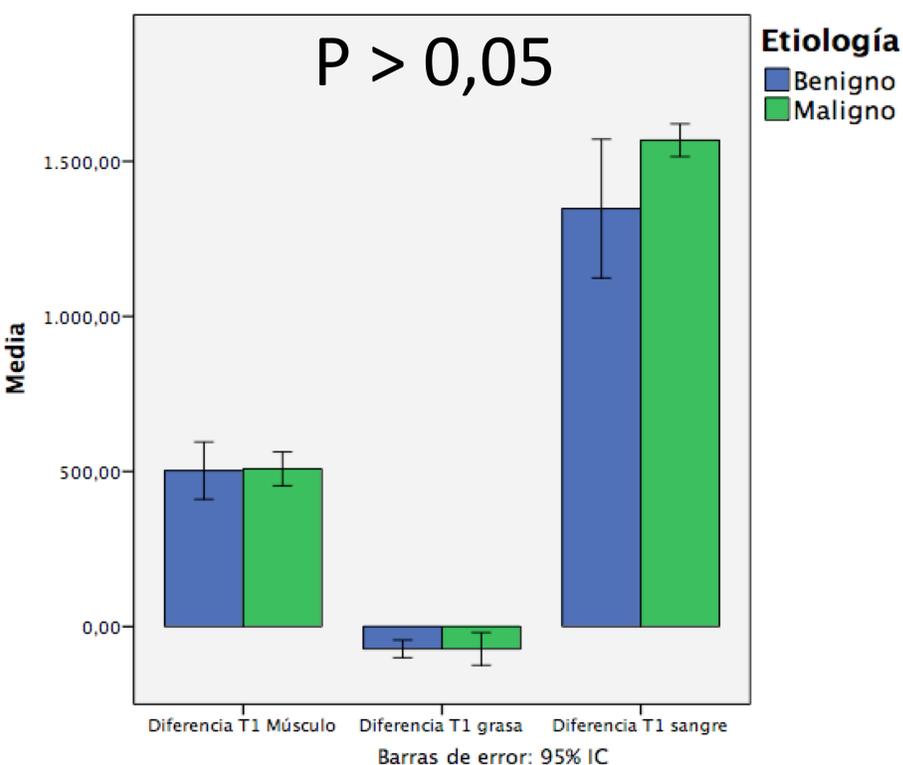
*T1 y R1 en músculo, grasa y sangre*

31 pacientes: Edad: 66,08 ± 12,41 años; 23 hombres y 8 mujeres. Funcion renal normal.  
 36 lesiones:

- 19 malignas: Ca pulmón, metástasis, TFPS, mesotelioma, Leiomioma
- 17 benignas : neumonitis post-obstructivas, atelectasia, hamartomas, lipoma, linfangioma, lipoma, necrosis.

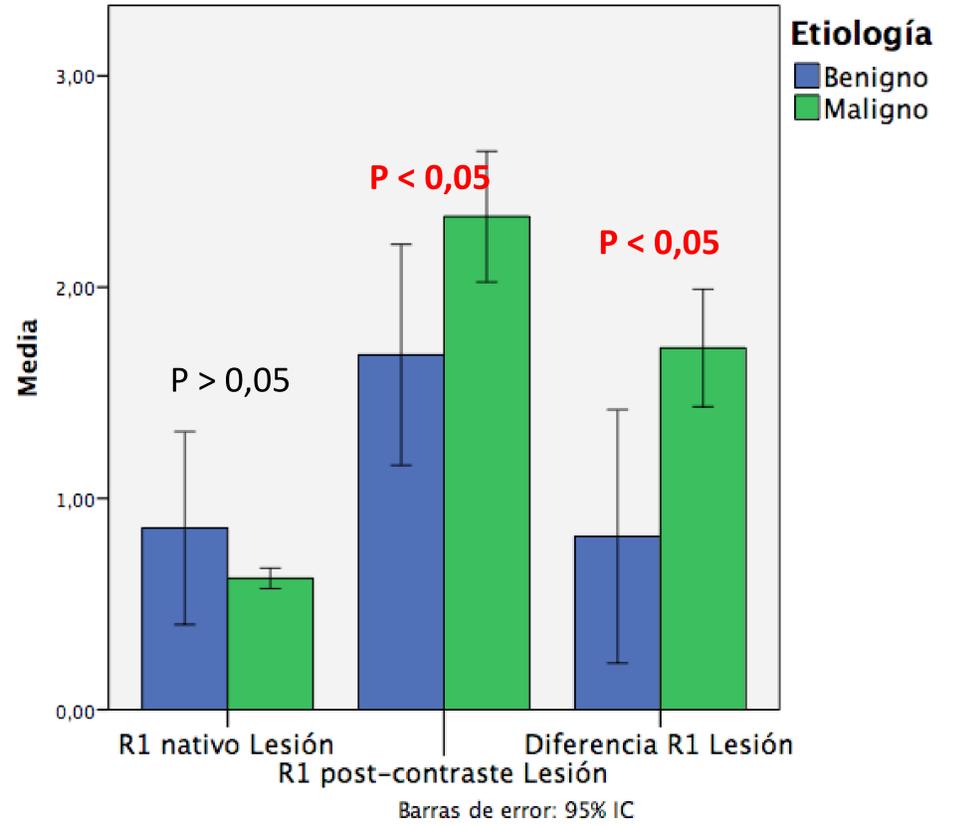
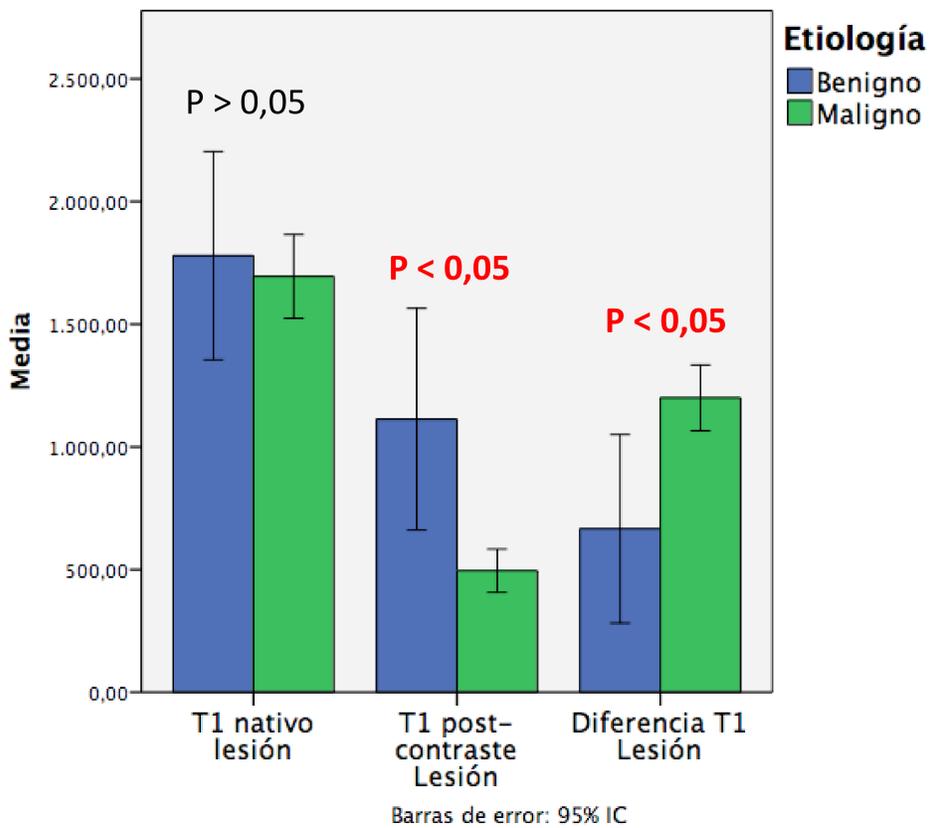


	Benigno (n=17)	Maligno (n=19)	P (α=0,05)
<b>T1 nativo músculo</b>	1279,88 ± 130,27	1249,31 ± 80,91	> 0,05
<b>T1 post-contraste músculo</b>	777,11 ± 139,67	740,63 ± 64,59	> 0,05
<b>T1 nativo grasa</b>	303,11 ± 37,94	320,52 ± 58,53	> 0,05
<b>T1 post-contraste grasa</b>	374,88 ± 37,27	392,42 ± 88,02	> 0,05
<b>T1 nativo sangre</b>	1845,70 ± 165,97	1935,84 ± 105,67	> 0,05
<b>T1 post-contraste sangre</b>	498,11 ± 371,38	368 ± 46,75	> 0,05
<b>R1 nativo músculo</b>	0,82 ± 0,07	0,83 ± 0,05	> 0,05
<b>R1 post-contraste músculo</b>	1,35 ± 0,2	1,38 ± 0,11	> 0,05
<b>R1 nativo grasa</b>	3,37 ± 0,49	3,3 ± 0,42	> 0,05
<b>R1 post-contraste grasa</b>	2,71 ± 0,3	2,67 ± 0,49	> 0,05
<b>R1 nativo sangre</b>	0,55 ± 0,06	0,52 ± 0,03	> 0,05
<b>R1 post-contraste sangre</b>	2,48 ± 0,69	2,74 ± 0,34	> 0,05

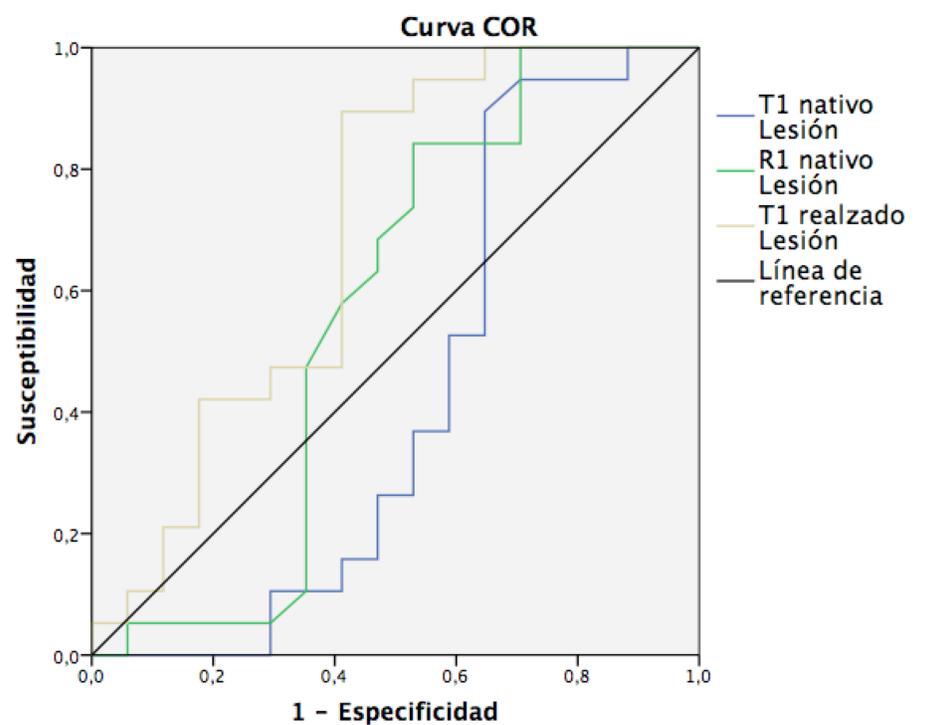
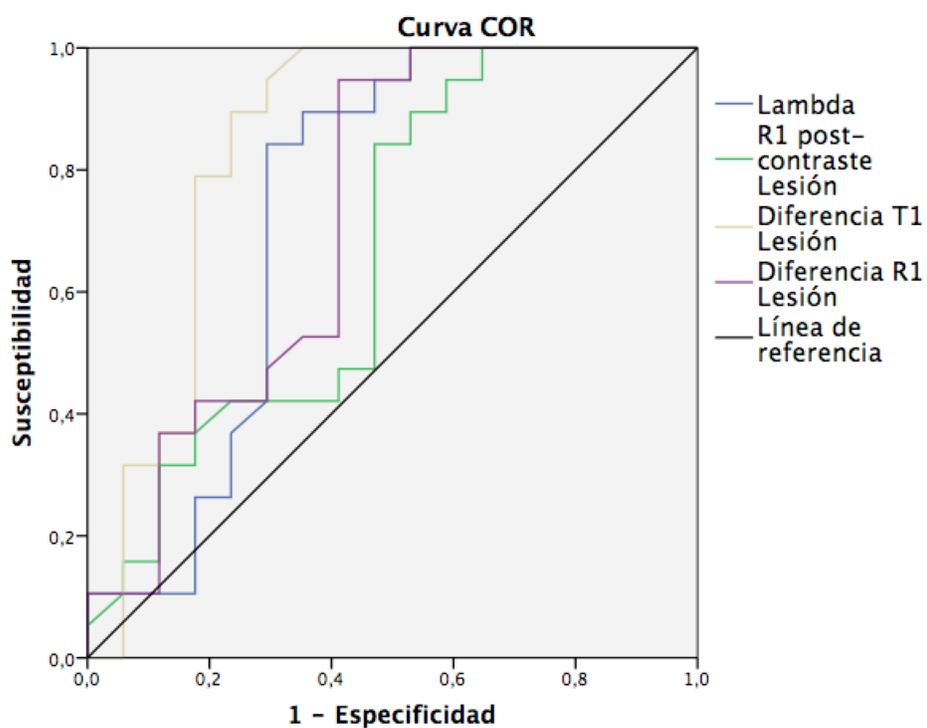


## 4 Resultados

*T1 y R1 nativo, post-contraste y  $\lambda$*



	Benigno (n=17)	Maligno (n=19)	P ( $\alpha=0,05$ )
T1 nativo Lesión	1778,88 ± 825,43 ms	1694,89 ± 353,72 ms	0,701
T1 post-contraste Lesión	112,76 ± 878,77 ms	495,21 ± 182,37 ms	<b>0,011</b>
Diferencia T1 Lesión	666,12 ± 747,5 ms	1199,68 ± 278,5 ms	<b>0,012</b>
R1 nativo Lesión	0,86 ± 0,89	0,62 ± 0,1	0,288
R1 post-contraste Lesión	1,67 ± 1,02	2,33 ± 0,64	<b>0,031</b>
Diferencia R1 Lesión	0,82 ± 1,17	1,71 ± 0,58	<b>0,009</b>
Coficiente partición $\lambda$	0,21 ± 0,74	0,73 ± 0,25	<b>0,012</b>

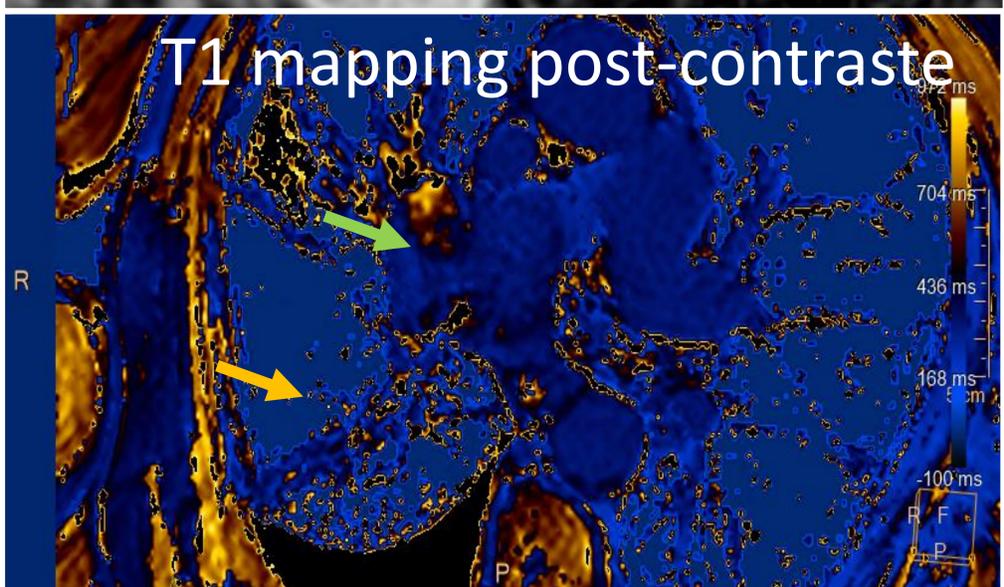
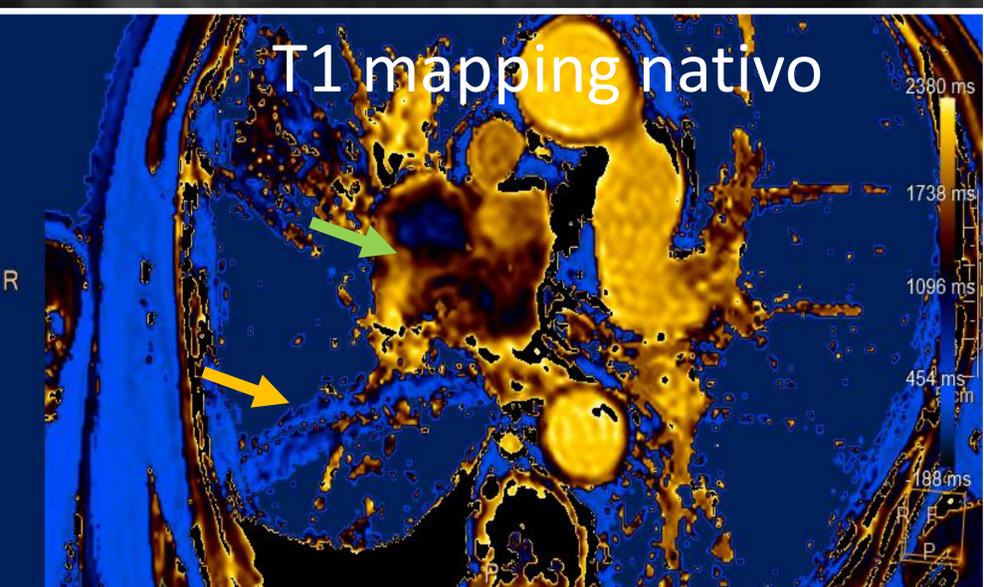
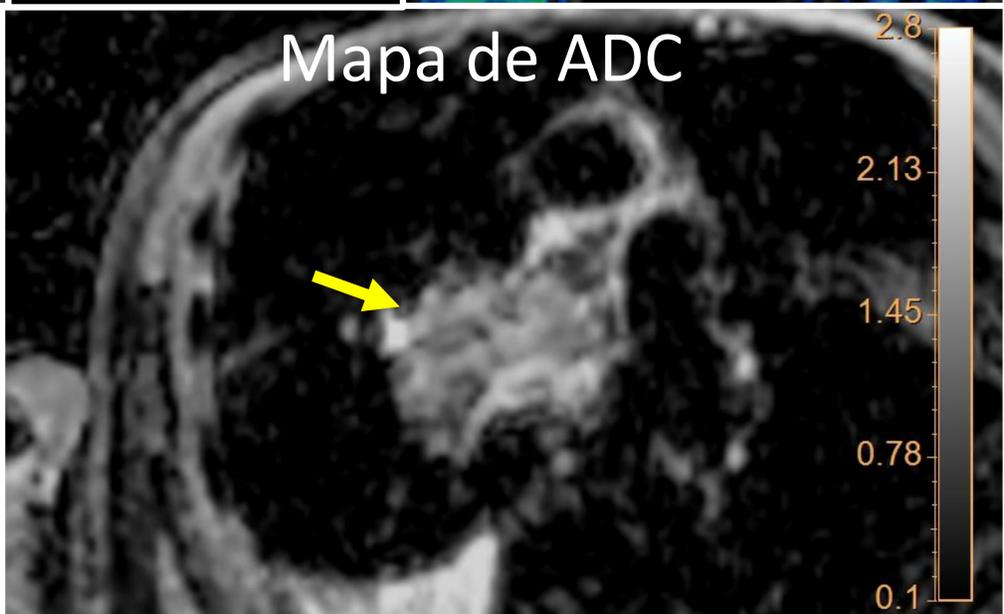
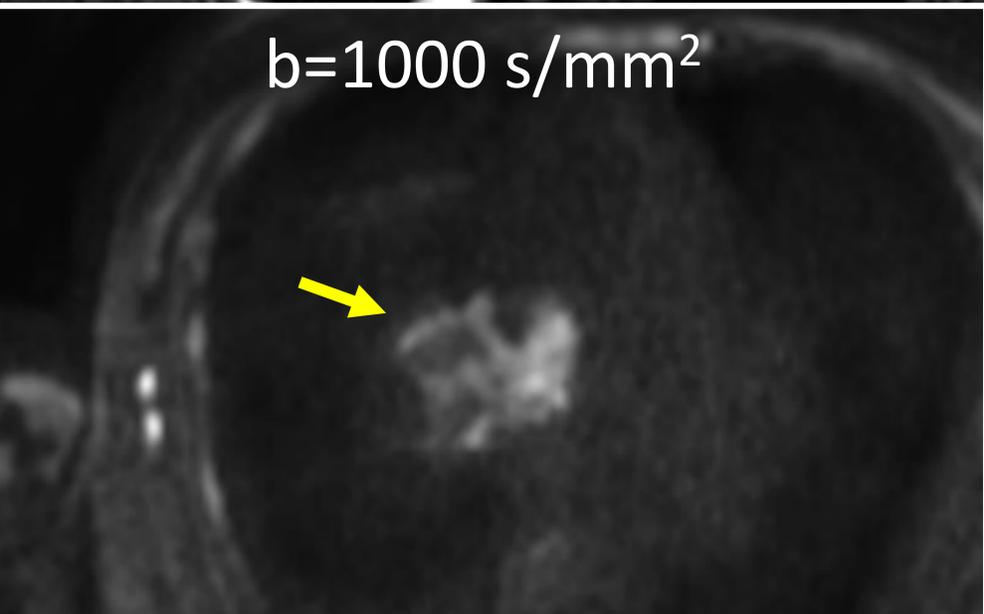
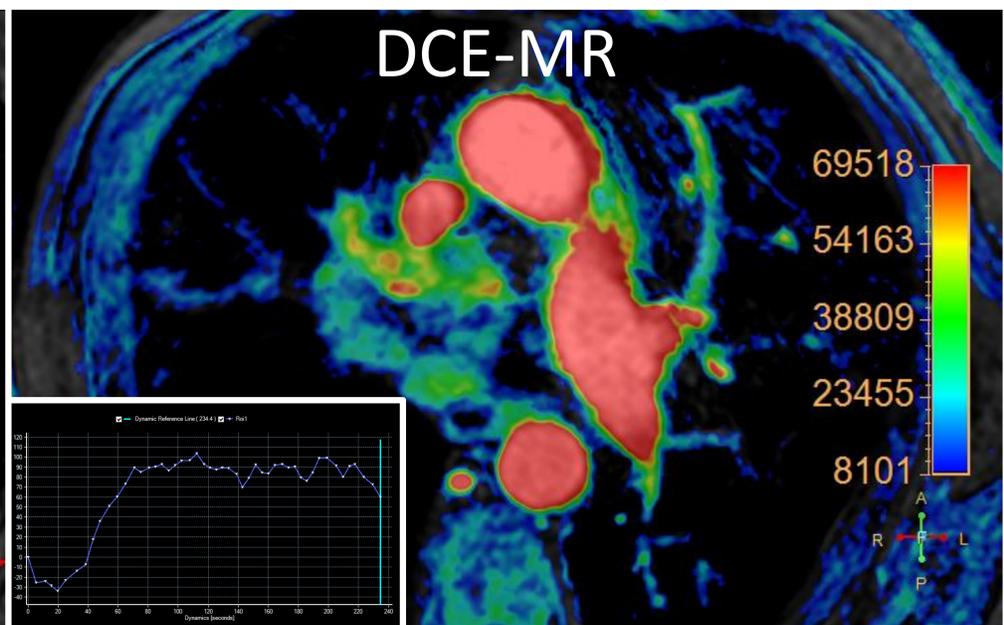
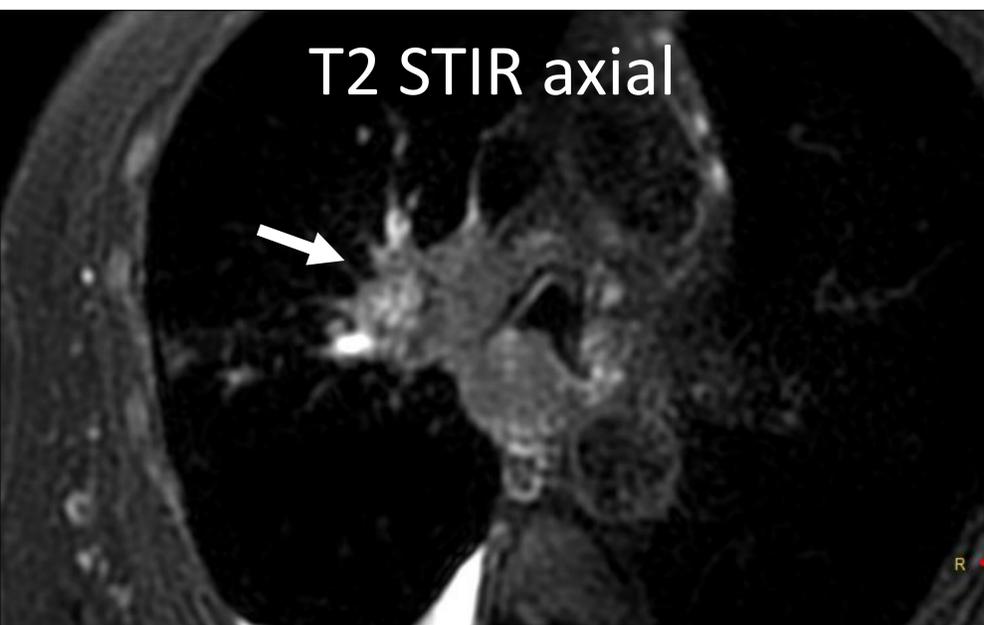


	Curva COR	p
R1 post-contraste Lesión	0,669	0,084
Diferencia T1 Lesión	0,844	<b>&lt; 0,001</b>
Diferencia R1 Lesión	0,726	<b>0,021</b>
Coficiente partición	0,738	<b>0,015</b>

	Curva COR	p
T1 nativo Lesión	0,429	0,637
R1 nativo Lesión	0,568	0,775
T1 post-contraste Lesión	0,697	<b>0,044</b>

## 5 Casos de muestra

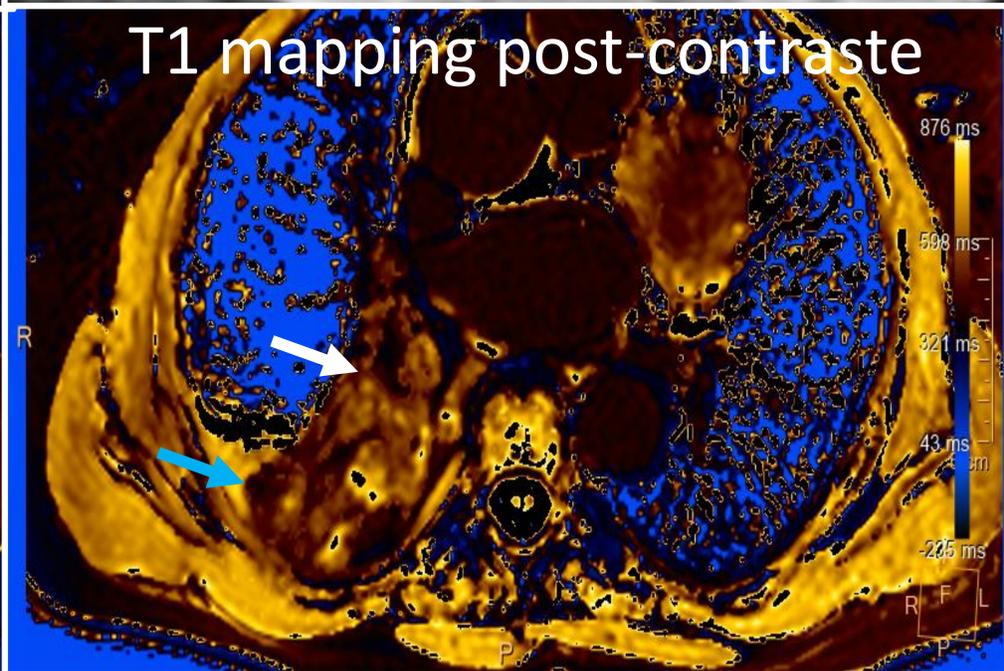
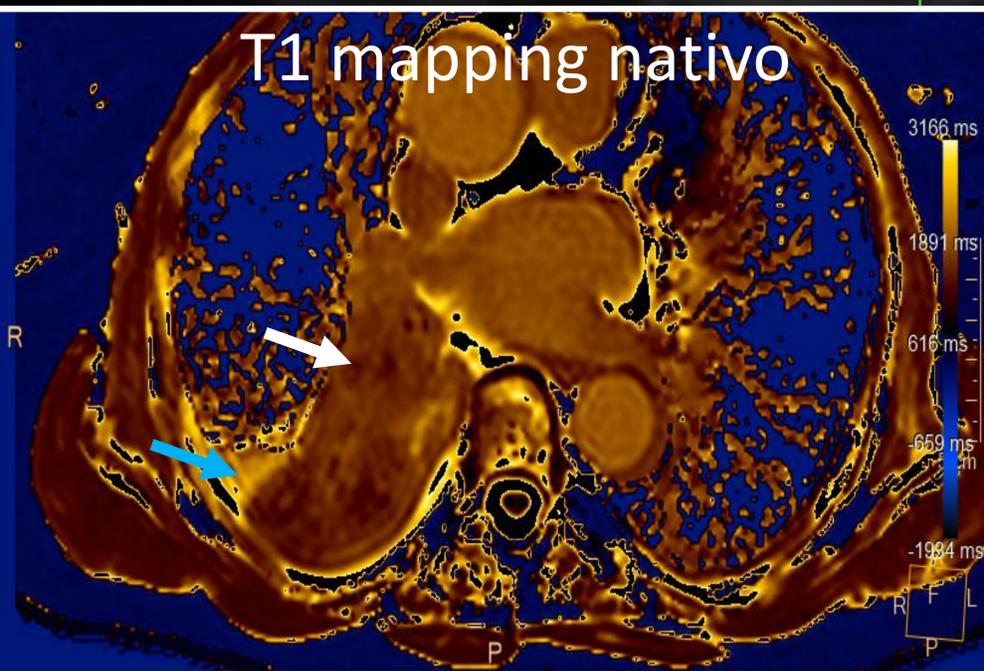
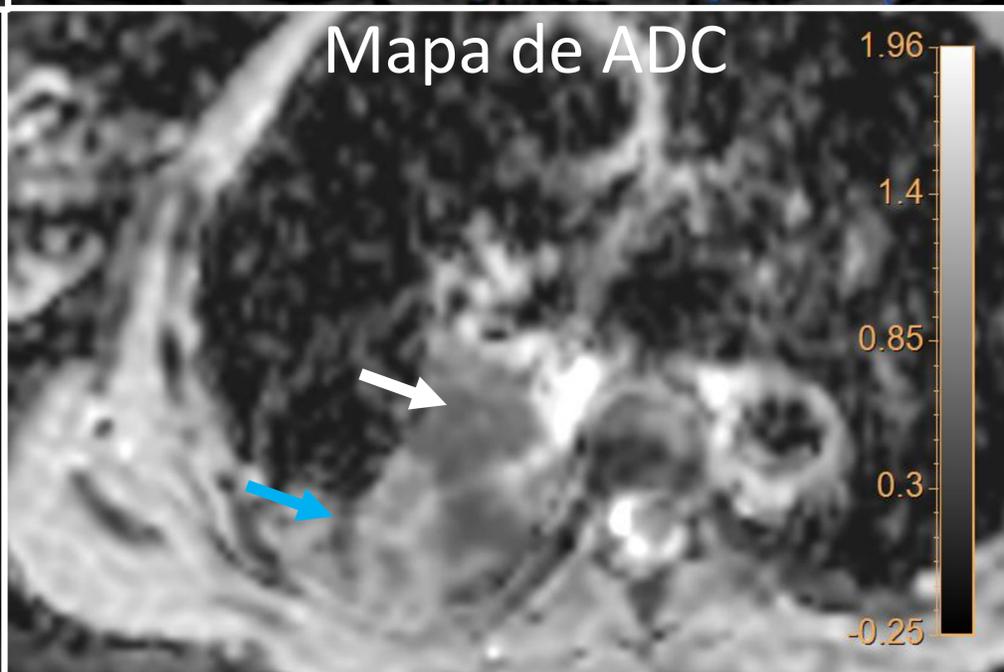
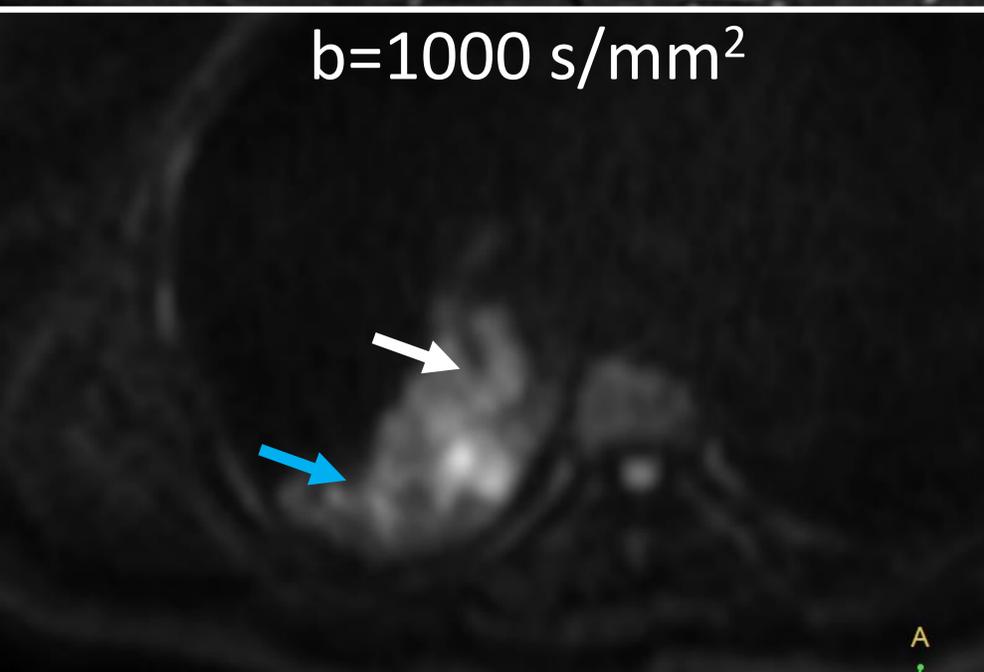
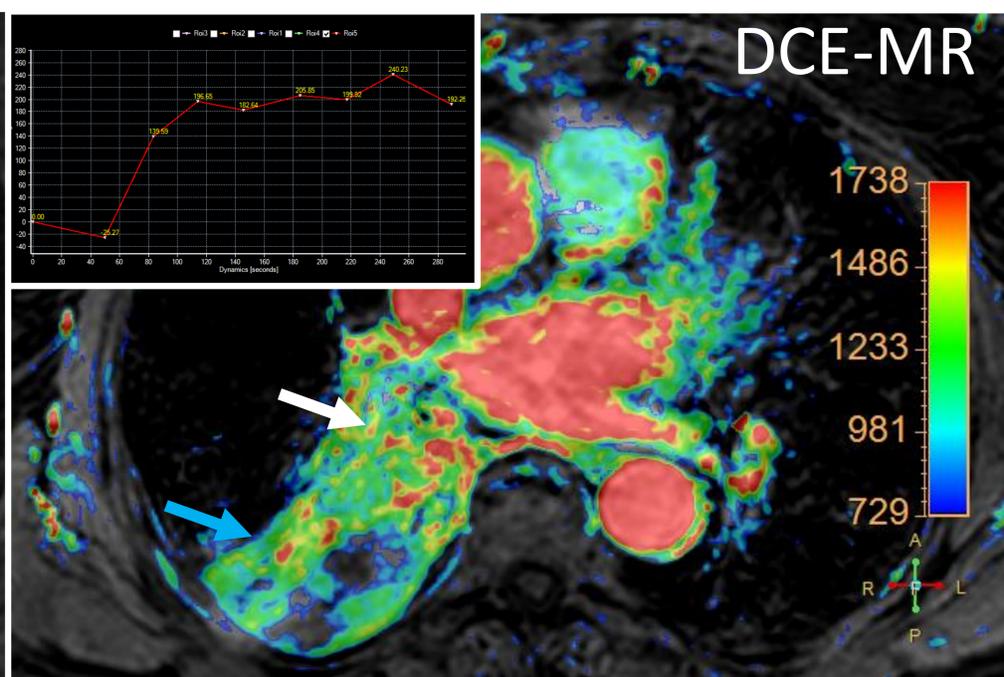
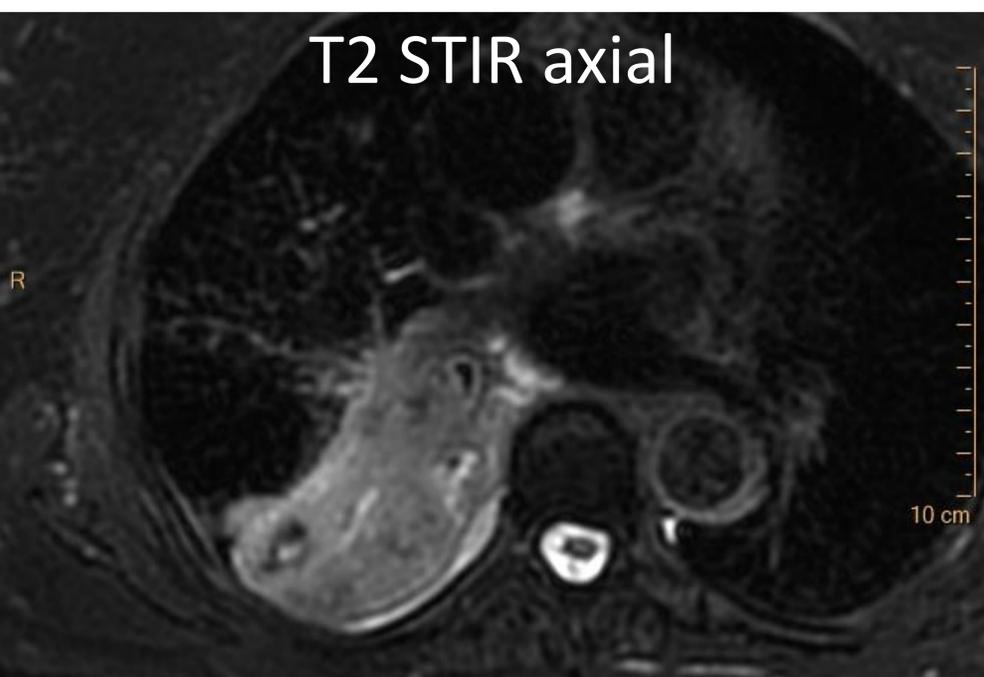
### *Carcinoma de pulmón central*



Paciente varón de 78 años con **carcinoma de pulmón central** heterogéneo en T2 STIR (flecha blanca). En perfusión por RM (DCE-MR) muestra una captación con pendiente de realce pronunciada y meseta (tipo B; perfil maligno). Heterogeneidad en gradiente b alto de difusión e importante restricción en mapa de ADC ( $ADC_{medio}: 0,92 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ) sugiriendo agresividad tumoral (flecha amarilla). Mapeo T1 nativo (1397 ms) y post-contraste (T1 357 ms) con una diferencia de T1: 1040 ms y un  $\lambda$  0,79. Dicho comportamiento, sugestivo de una lesión maligna (flechas verdes) es diferente a la atelectasia periférica (flechas naranjas).

## 5 Casos de muestra

### *Carcinoma de pulmón central con neumonitis post-obstruictiva*

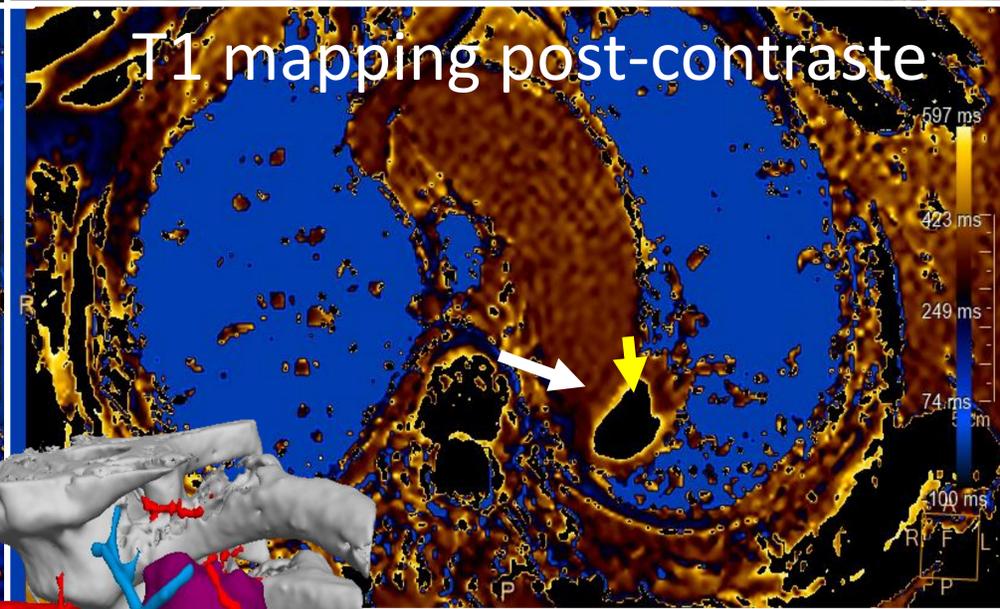
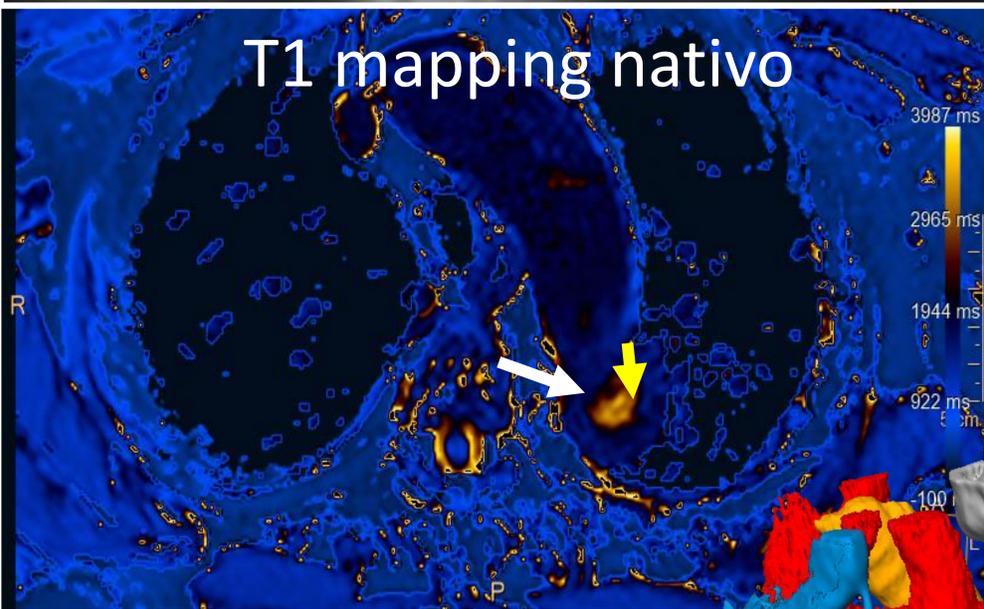
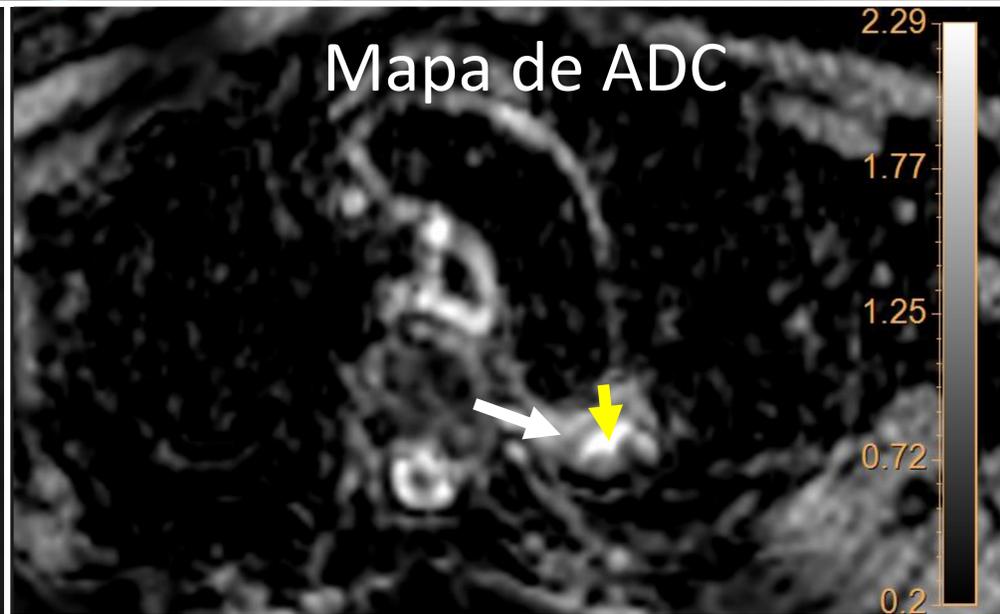
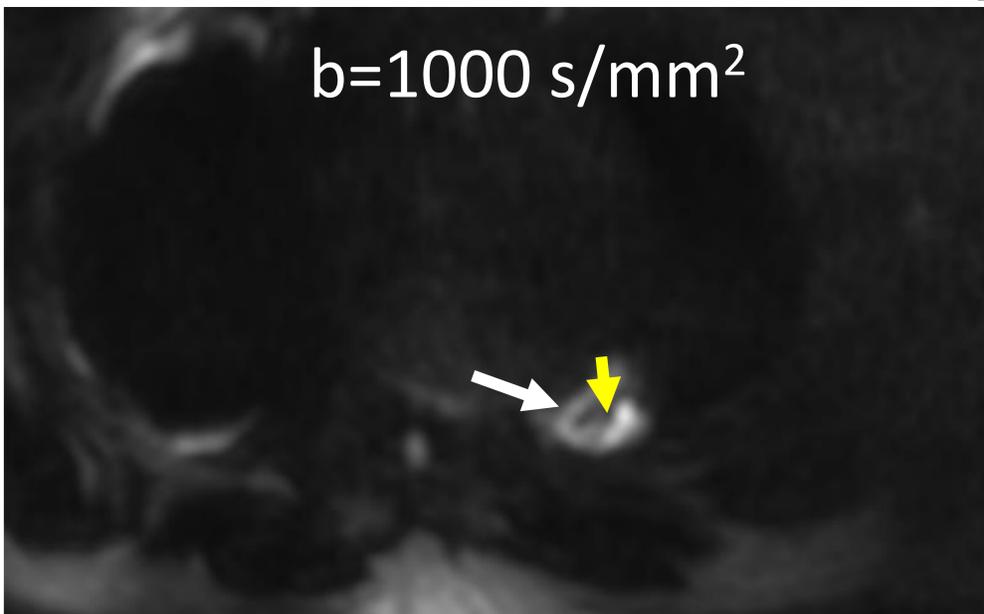
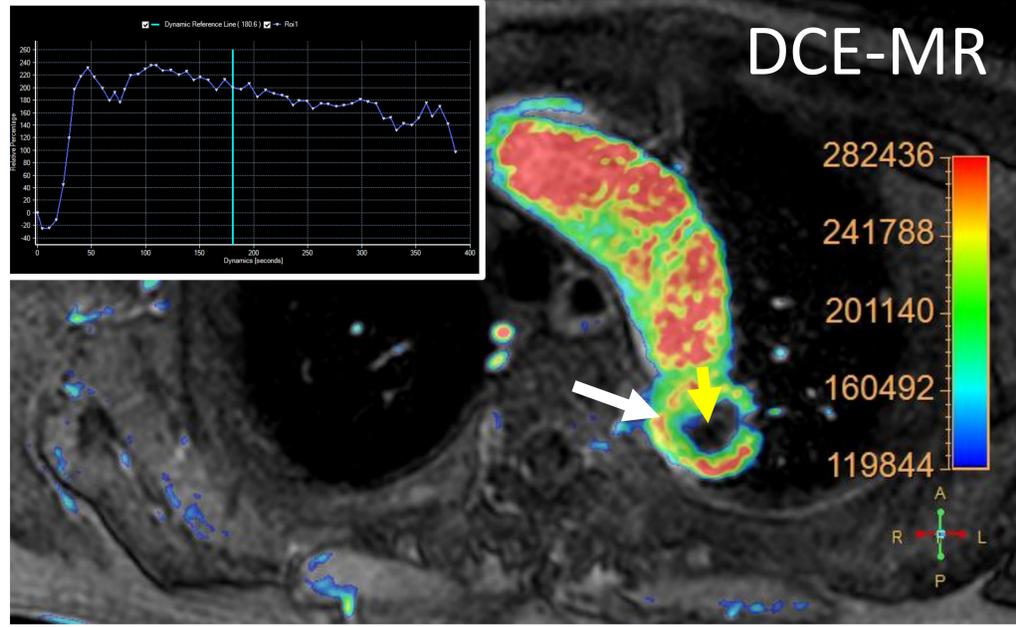


Mujer de 68 con **carcinoma indiferenciado de pulmón central** y neumonitis post-obstruictiva (PON) T3N2M1a.  
 Diferente comportamiento de la lesión tumoral (flecha blanca) respecto a la PON (flecha azul) tanto en DCE-MR como en difusión ( $ADC_{\text{cáncer}}: 0,99 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  vs.  $ADC_{\text{PON}}: 1,65 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ).  
 Diferente comportamiento en T1 mapping (T1 nativo 1603 ms y 1363 ms; T1 post-contraste 498 ms y 685 ms;  $\lambda$  0,7 y 0,37, respectivamente para la lesión y la PON).

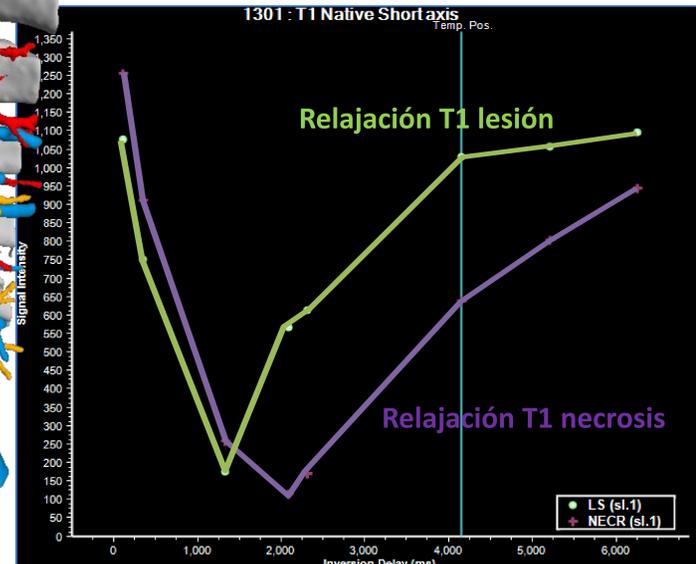
## 5 Casos de muestra

### *Carcinoma de pulmón central con neumonitis post-obstruictiva*

Varón de 72 años con **adenocarcinoma de pulmón** con infiltración de pleura mediastínica.  
Comportamiento diferencial del tejido tumoral (Flecha blanca; hipervascular en DCE-MR y restrictivo en difusión) respecto a la necrosis central (flecha amarilla;  $ADC_{\text{tumor}}: 0,55 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ;  $ADC_{\text{necrosis}}: 2,54 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ).

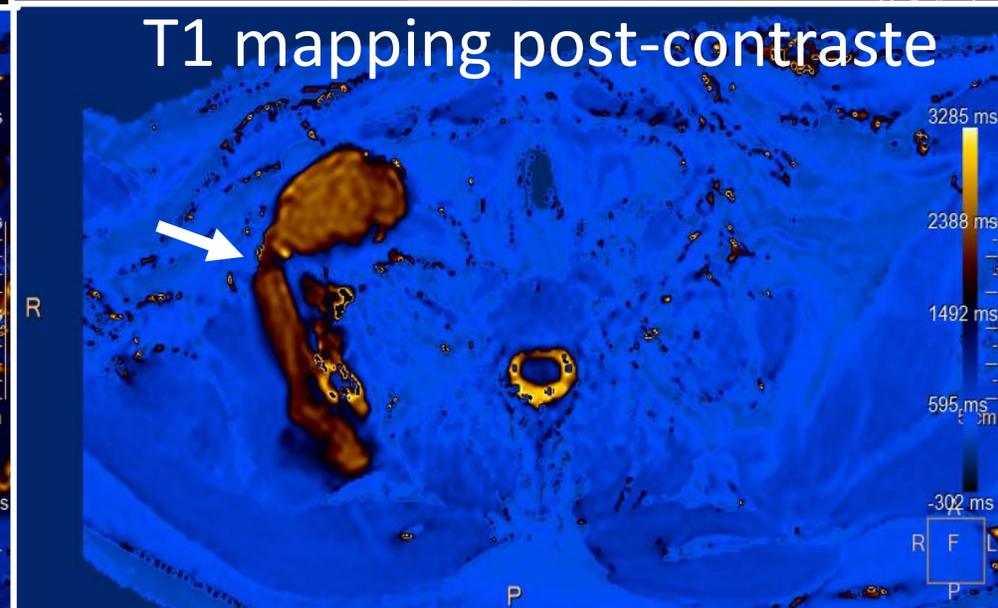
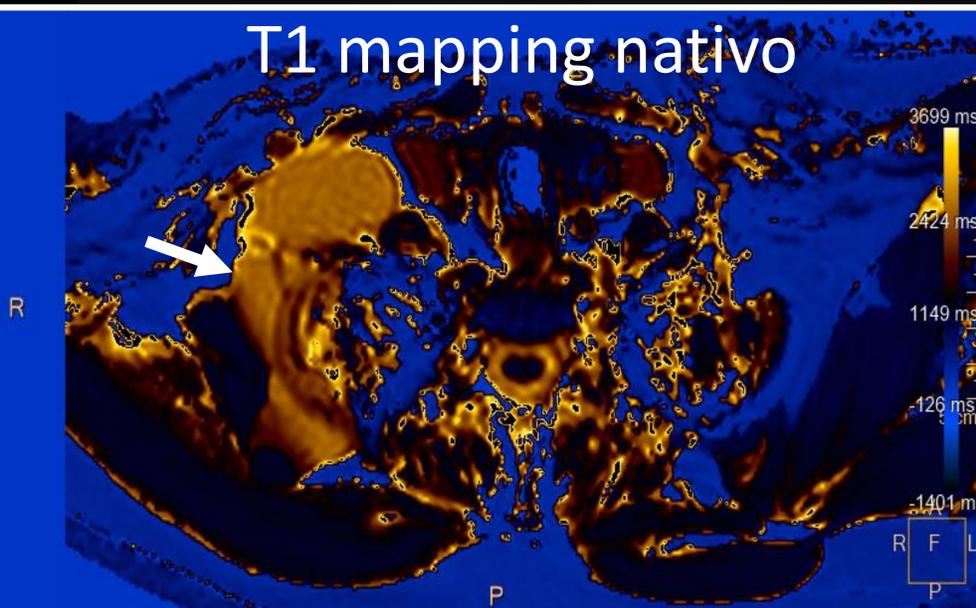
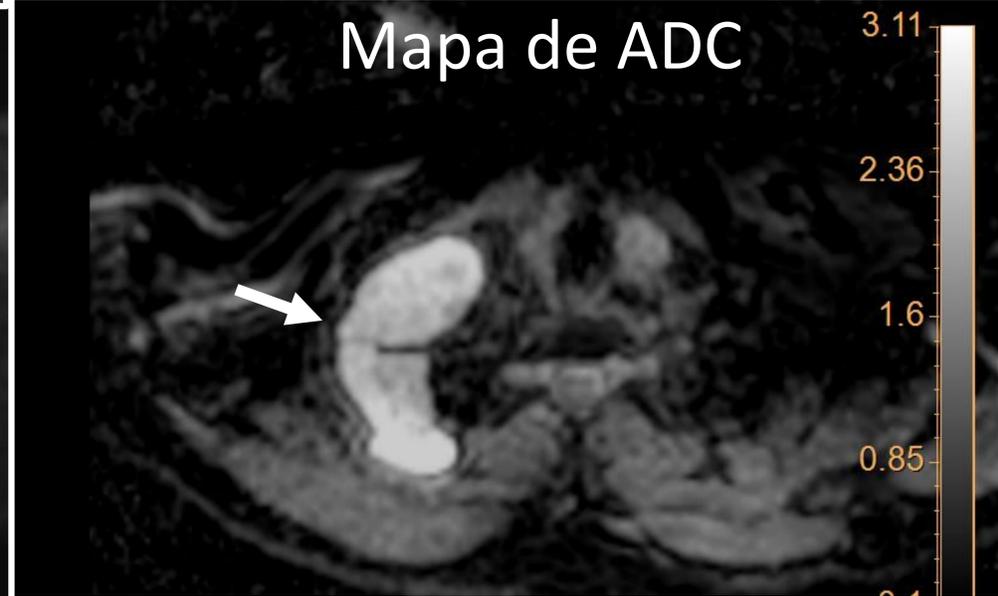
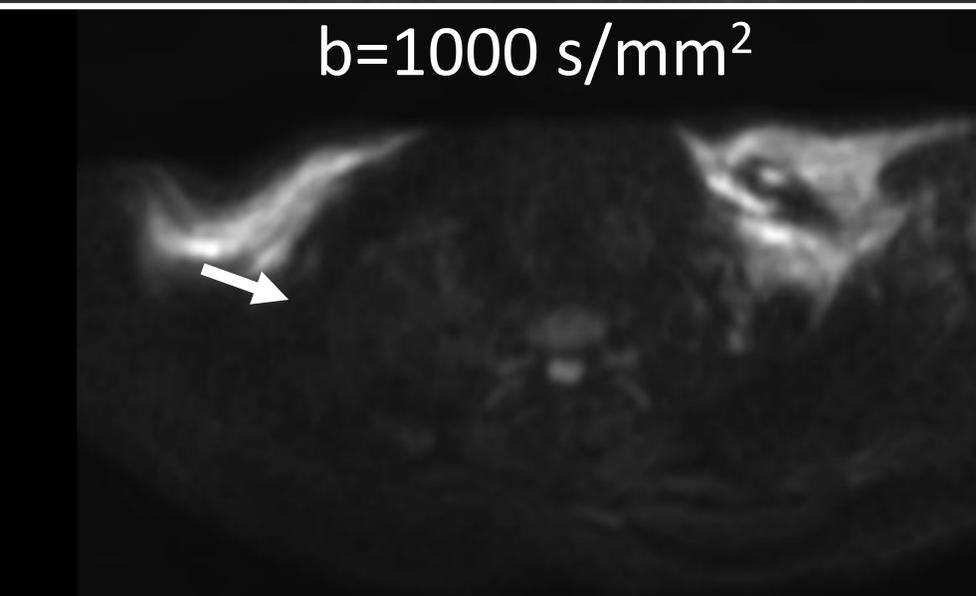
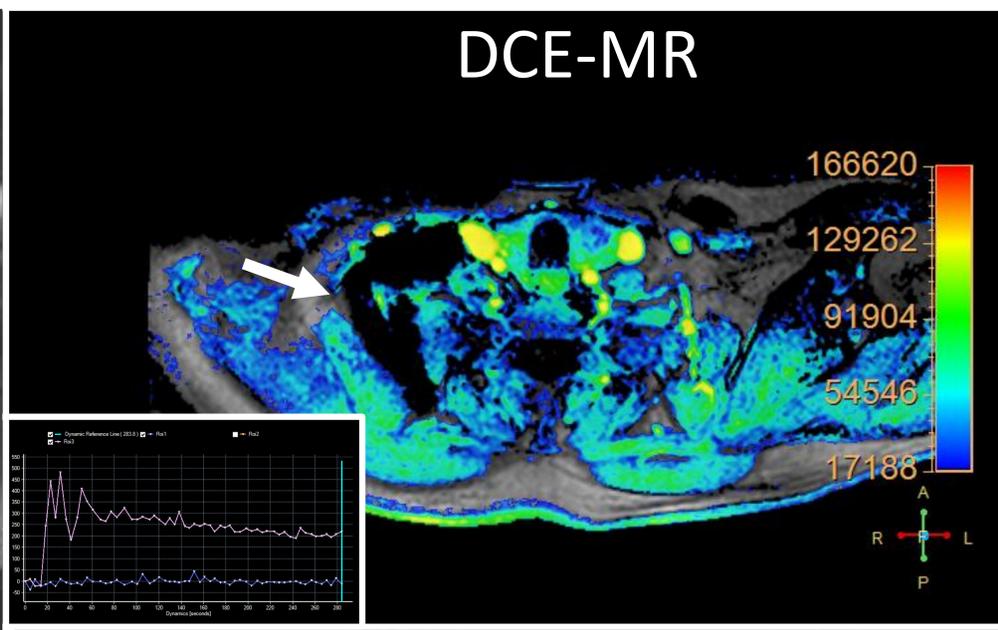
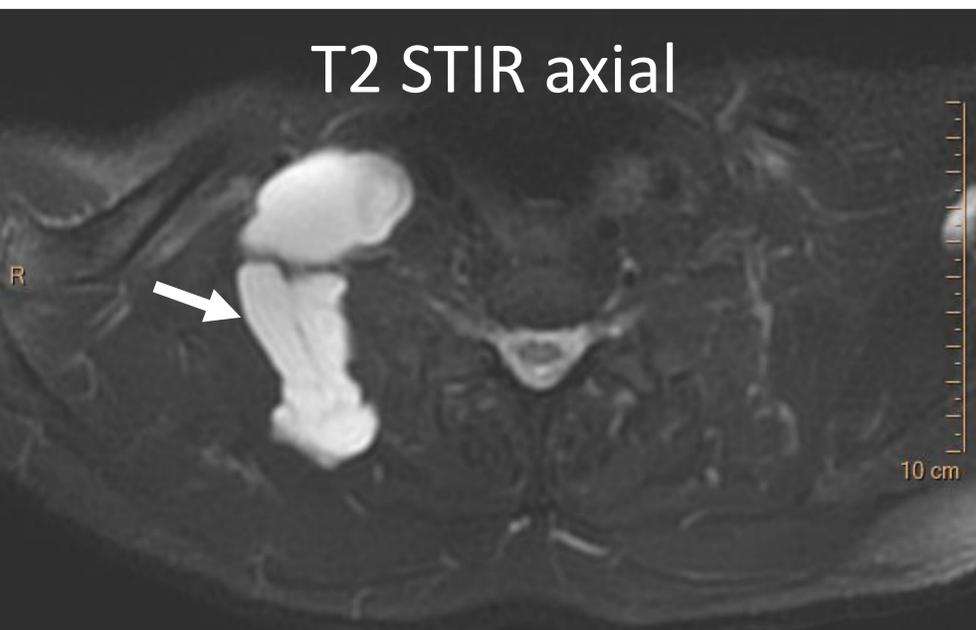


Comportamiento diferencial también en T1 mapping del **tumor** (T1 nativo 1614 ms; T1 post-contraste: 323 ms;  $\lambda: 1,15$ ) respecto a la **necrosis** (T1 nativo: 2875 ms; T1 post-contraste: 2435 ms;  $\lambda: 0,03$ )



## 5 Casos de muestra

### *Carcinoma de pulmón central con neumonitis post-obstruictiva*



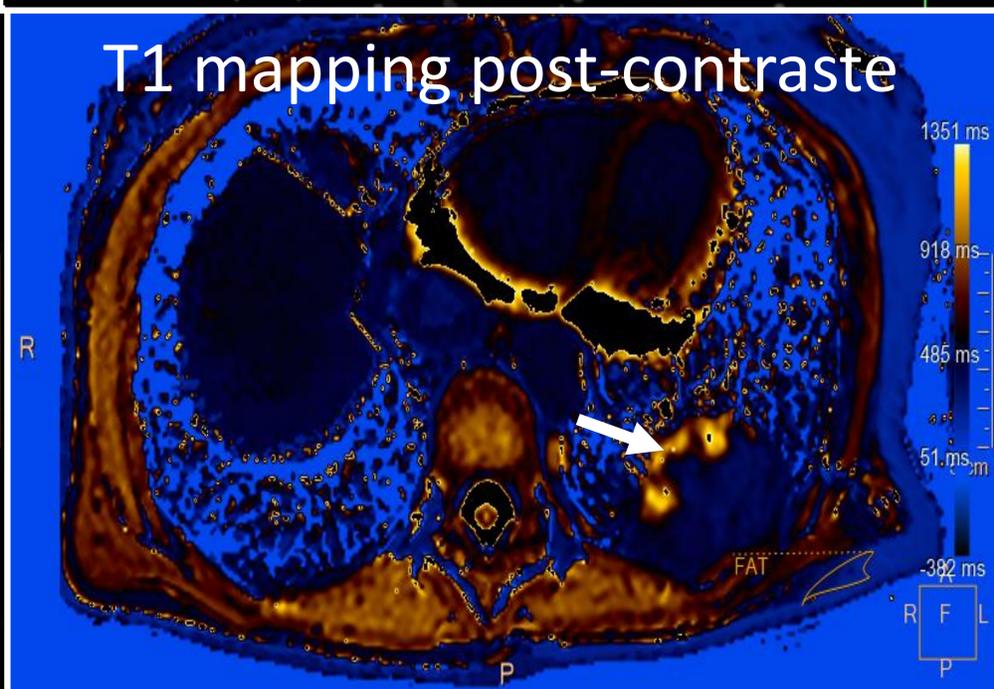
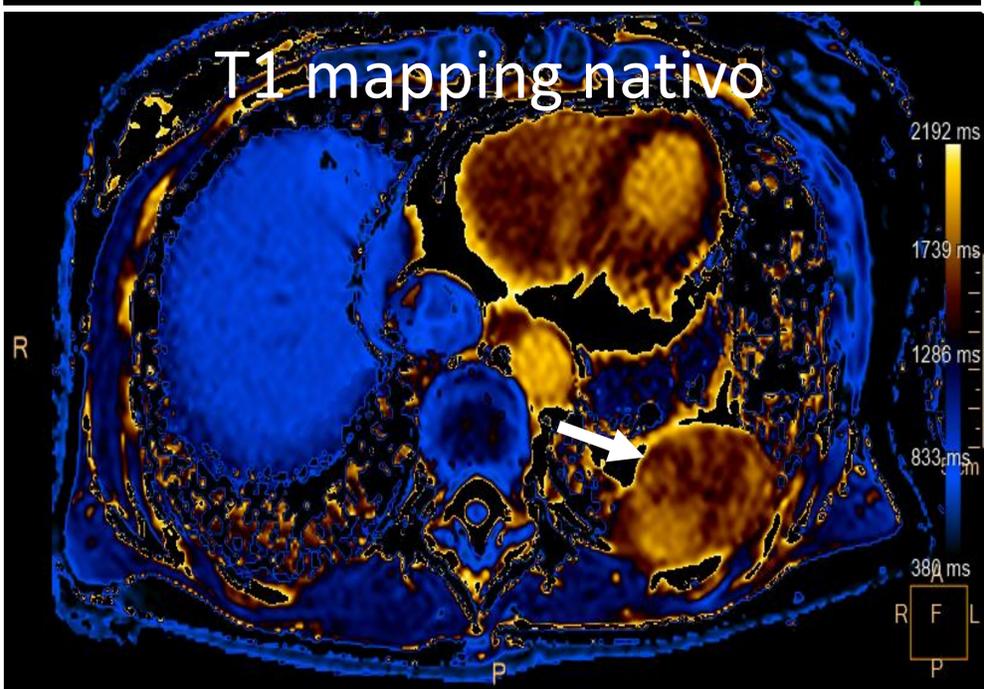
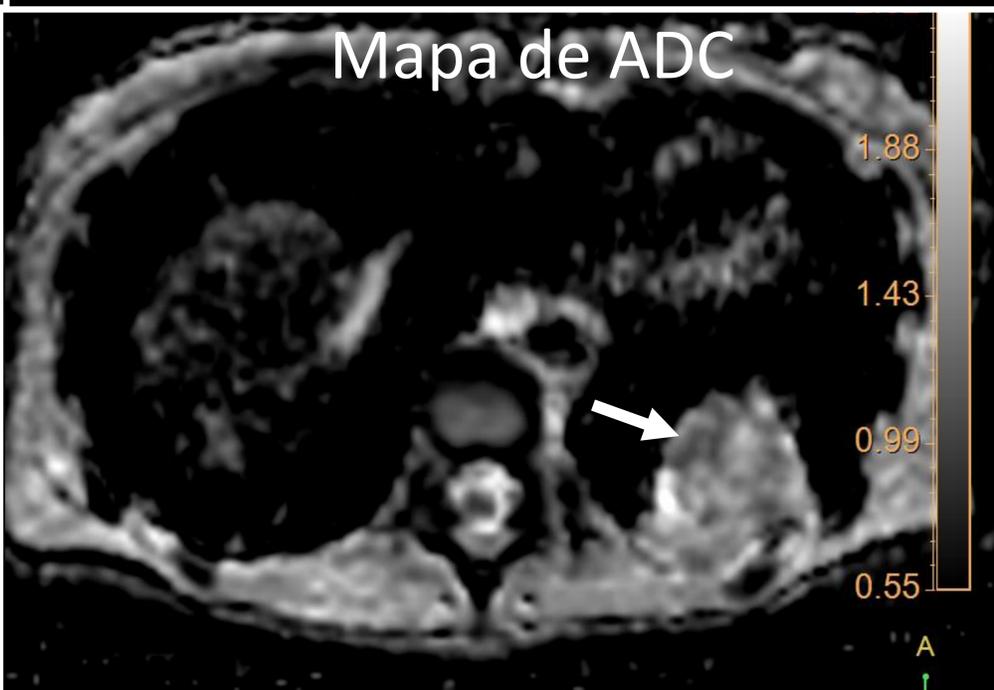
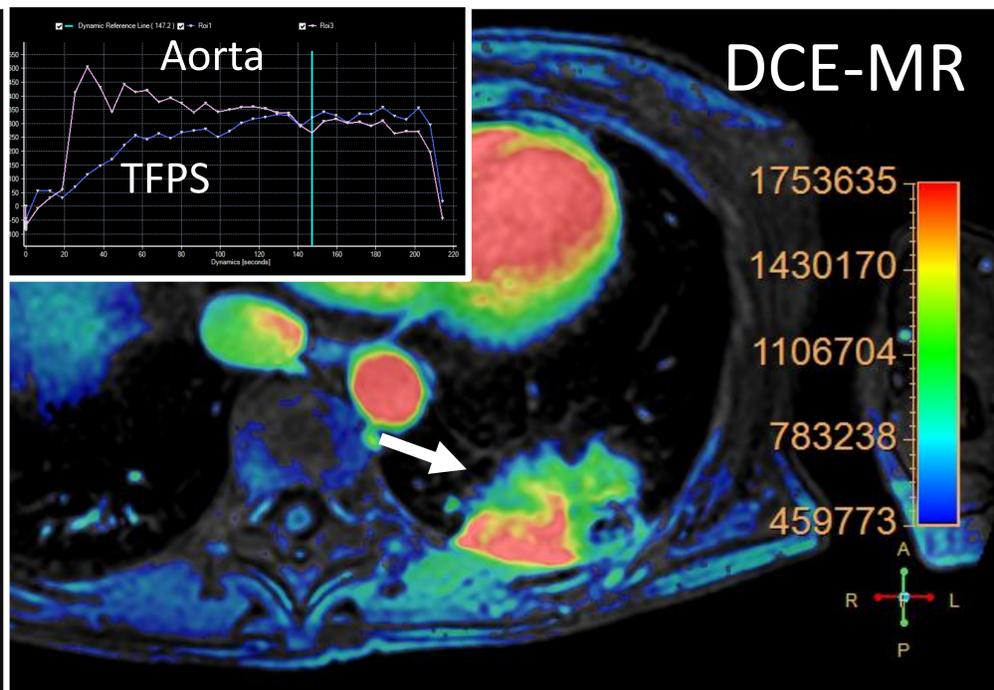
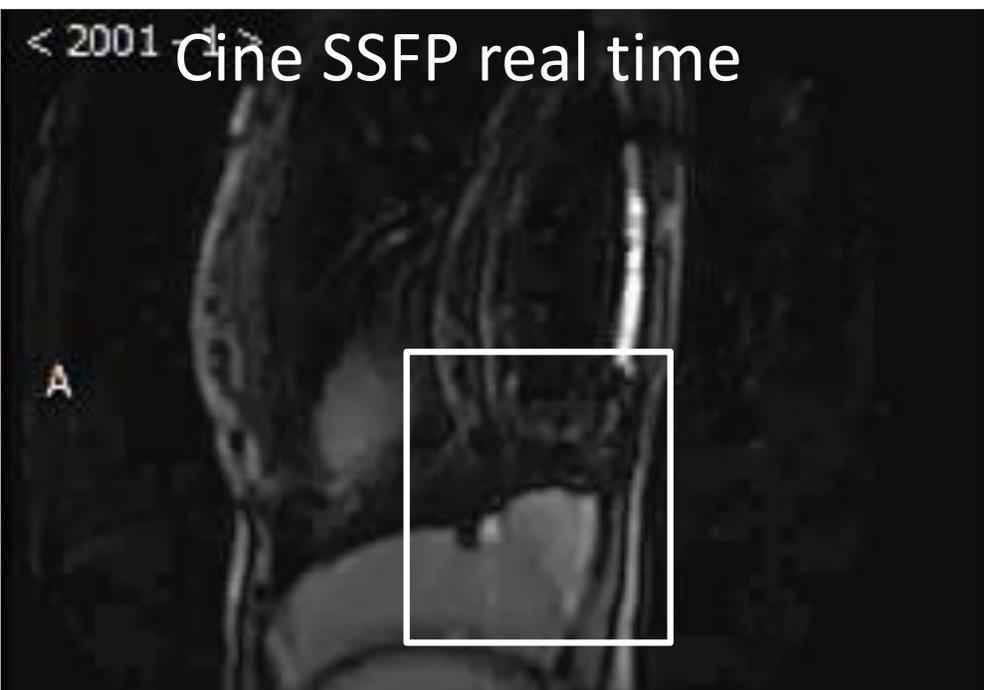
Varón de 64 años con **lesión quística multilocular** en hueso supraclavicular derecho. Es homogénea en secuencias morfológicas (T2 STIR) y con un ligero realce de los tabiques finos en DCE-MR.

En difusión presenta atenuación de la señal en gradiente b alto e hiperintensidad en mapa de ADC indicativo de origen benigno (no restrictivo; ADC: 2,28 x 10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s).

En **T1 mapping** muestra un comportamiento (T1 nativo: 2361 ms; T1 post-contraste: 1952 ms; Diferencia T1: 409 ms; λ: 0,04) sugestivo de benignidad (**linfangioma quístico**; flechas blancas)

## 5 Casos de muestra

### *Carcinoma de pulmón central con neumonitis post-obstruictiva*



Mujer de 44 años con **tumor fibroso pleural solitario** (flechas blancas). Masa originada en la pleura visceral, móvil con maniobras respiratorias, sita en lóbulo inferior izquierdo. Muestra captación significativa de contraste y restricción en secuencias de difusión ( $ADC_{\text{medio}}: 0,98 - 1,03 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ). Heterogeneidad intratumoral con un comportamiento claramente diferencial respecto al tejido circundante en **T1 mapping** (T1 nativo: 1632 ms; T1 post-contraste: 519 ms; diferencia T1: 1113 ms;  $\lambda: 0,77$ ).

## 5 Limitaciones y conclusión

*Take a home message*

### Limitaciones:

1. No doble lectura para valorar reproducibilidad y precisión
2. No correlación histológica entre el intersticio tumoral y el coeficiente de partición. No cálculo de ECV.
3. Tamaño muestral pequeño

