



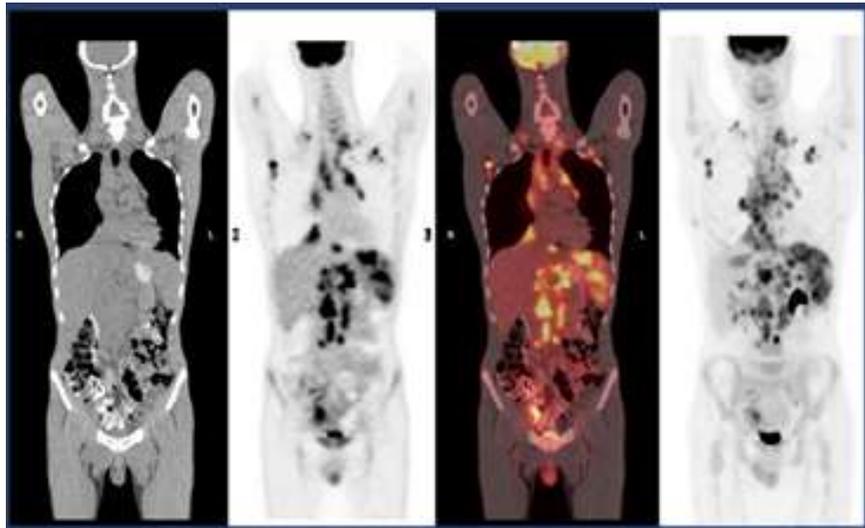
TOMOGRAFÍA POR EMISIÓN DE POSITRONES

(PET)

► Recordatorio:

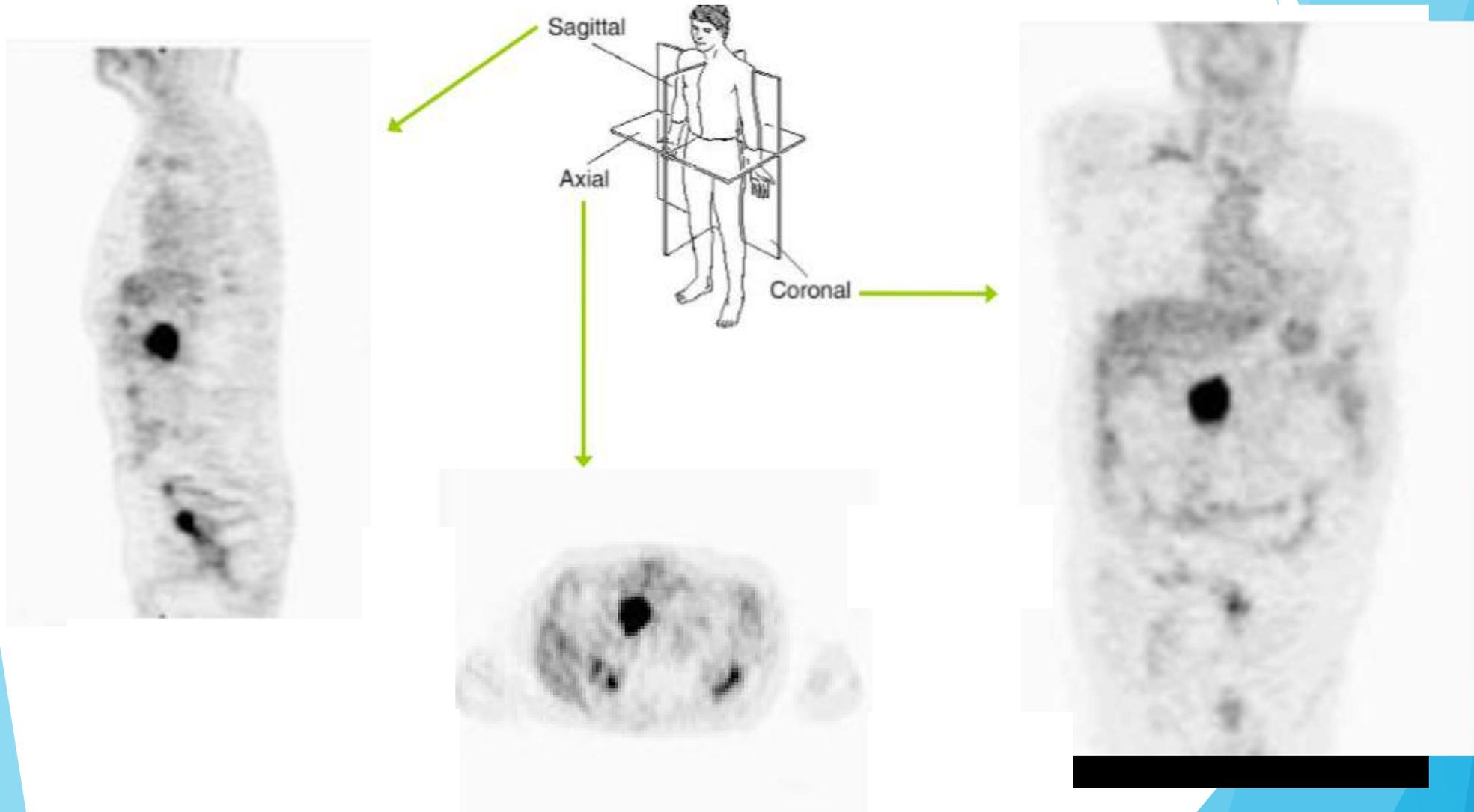
La imagen en MN representa la distribución del RT en el paciente.

- Las gammacámaras nos dan 2 tipos de imágenes • Planares o 2D y Tomográficas o 3D, también denominadas SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography)
- Los tomógrafos PET: Positron Emission Tomography, son equipos totalmente diferentes.



Discovery PET/CT 710 - General Electric

En ambos equipos, cuando hagamos una tomografía, las imágenes obtenidas se presentarán en los tres cortes habituales. También podremos visualizar imágenes volumétricas o seriadas.



¿QUÉ ES UN EQUIPO PET?:

▣ PositronEmissionTomography

- Tomografía de emisión
- Equipo capaz de medir y visualizar emisores de positrones
- Detección externa
- 3D (tomografía)
- Cuantificación información



Los positrones son la antipartícula del e-.

Son inestables.

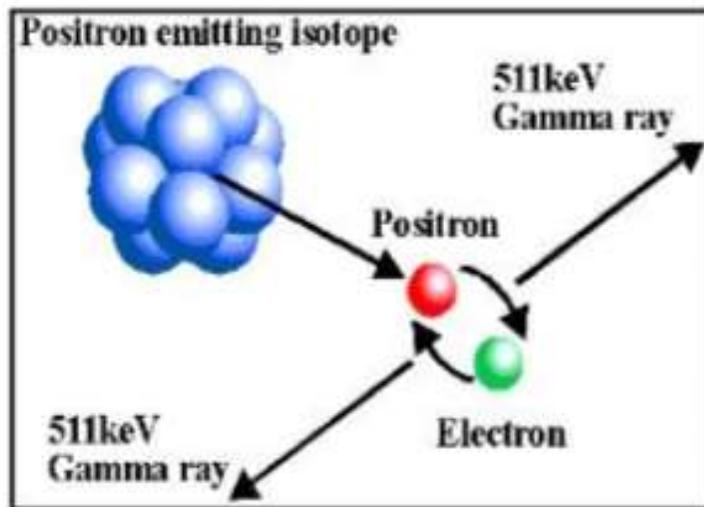
Recorren de 1 a 3 mm

Se combinan con un e- aniquilándose y

convirtiendo esa masa en energía en

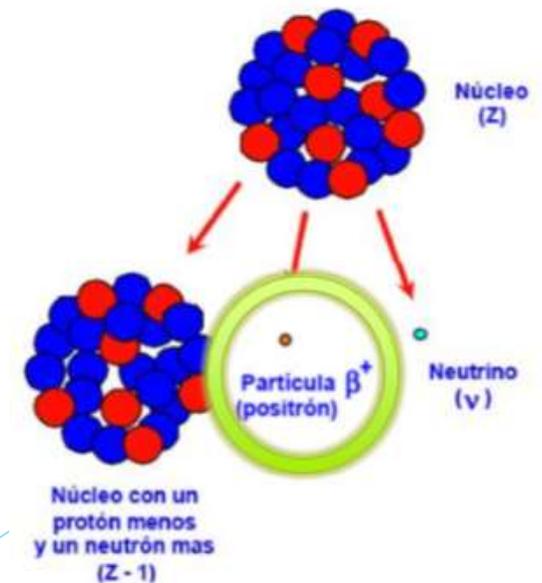
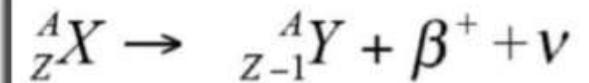
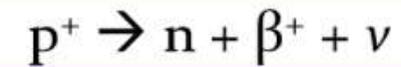
forma de 2 fotones de 511KeV

que salen disparados en sentidos opuestos.



La detección de esos fotones es la base del PET

- Exceso de **protones**



Lo que hace que el PET tenga a día de hoy gran importancia es:

- Nuevas aplicaciones o Diagnóstico o Planificación radioterapia.
- Gran potencial desarrollo.
- Técnicas innovadoras.
- Nuevos radiotrazadores.

¿Qué hace útil al PET?

- Radiación de aniquilación (2 fotones) .
- > sensibilidad que SPECT y otras técnicas de D.I.
- Colimación inherente.
- Imagen molecular de función biológica.
- Alta resolución contraste.
- Técnica no invasiva.
- < Resolución espacial que técnicas anatómicas.



¿Qué necesitamos para realizar un PET?

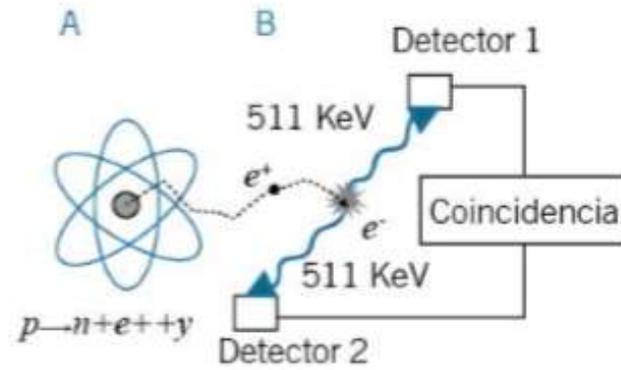
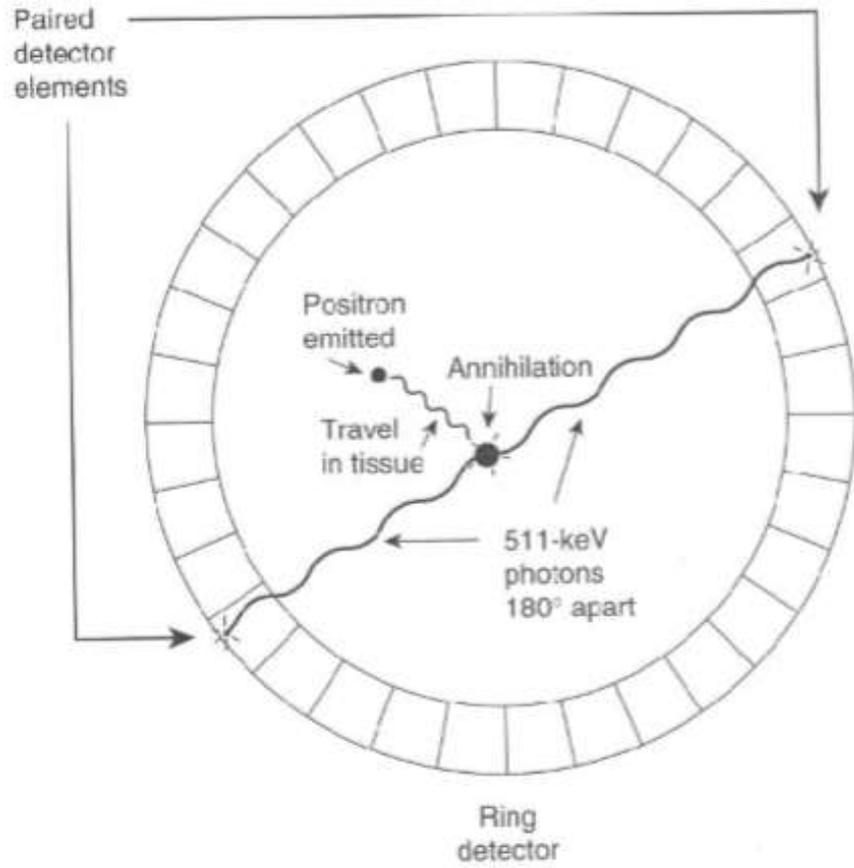
1º - Ciclotrón • Acelerador de partículas • Fabricación de RN PET

2º - Radiofarmacia • Unión RN+molécula=Radiotrazador • Controles de calidad previos a la administración al paciente

3º - Equipo PET • Sistema de detección



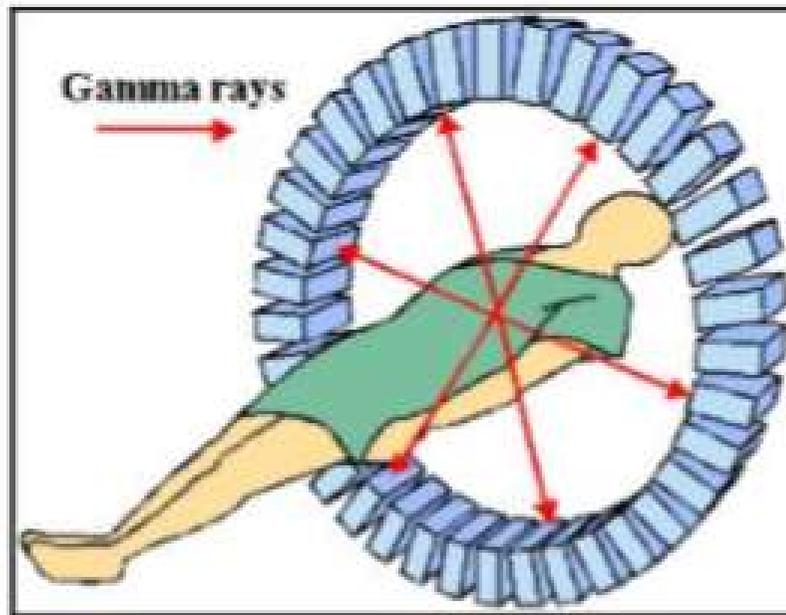
▶ EQUIPO PET



Cada tomógrafo PET consta de 1 o varios anillos formados por múltiples detectores.

Siempre daremos por válidos aquellos fotones que son registrados en dos detectores opuestos del mismo anillo y que sean coincidentes (procedan de la misma aniquilación). Para lo cual:

- Deben tener la misma energía ($511\text{KeV} \pm 10\%$)
- Haber llegado a la vez (con ± 6 a 12 ns de diferencia)
- Proceder de la misma dirección, aunque en sentido opuesto (misma LOR)

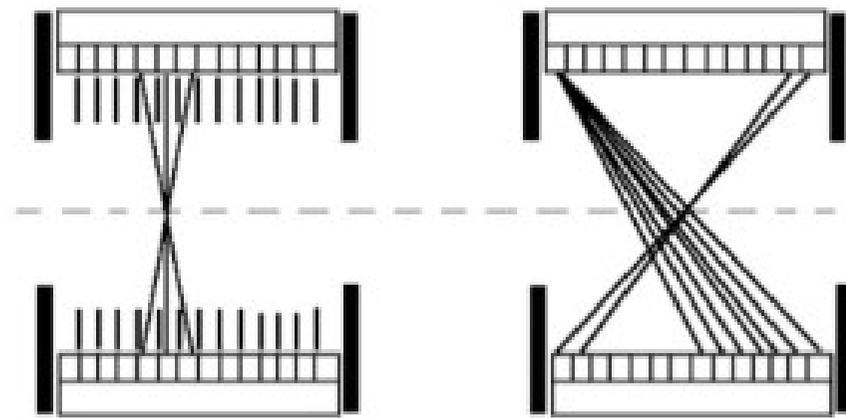


Si no se cumplen estos tres parámetros, los fotones detectados no computarán para crear la imagen.

De esta manera, diremos que la colimación no es física sino electrónica.

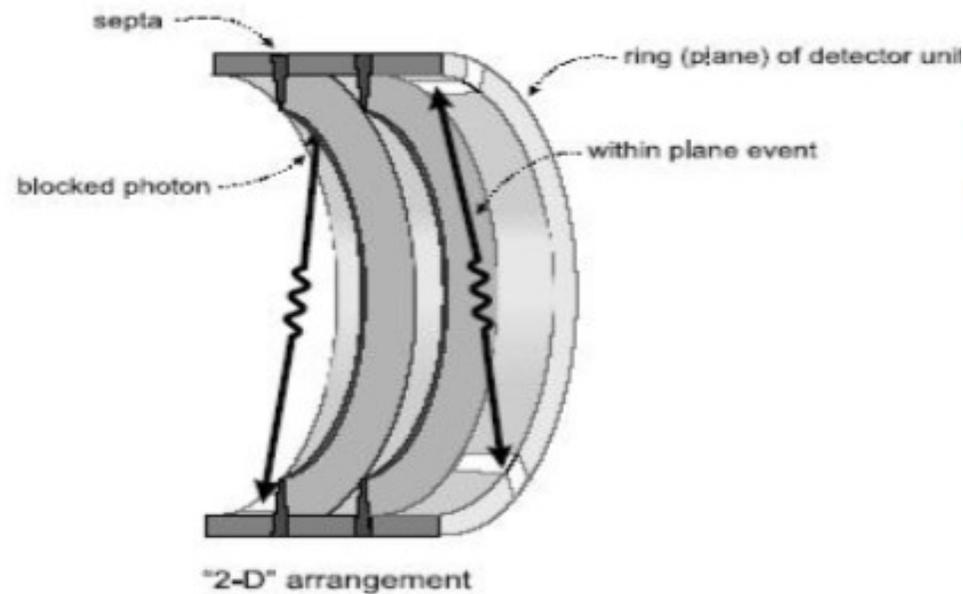
Se emplearán muchos más fotones para obtener la imagen, lo que hace al PET más sensible que el SPECT.

Diremos que hay 2 tipos de adquisición del PET: En 3D y en 2D, según si se interponen láminas de tungsteno entre un anillo de detectores y otro.

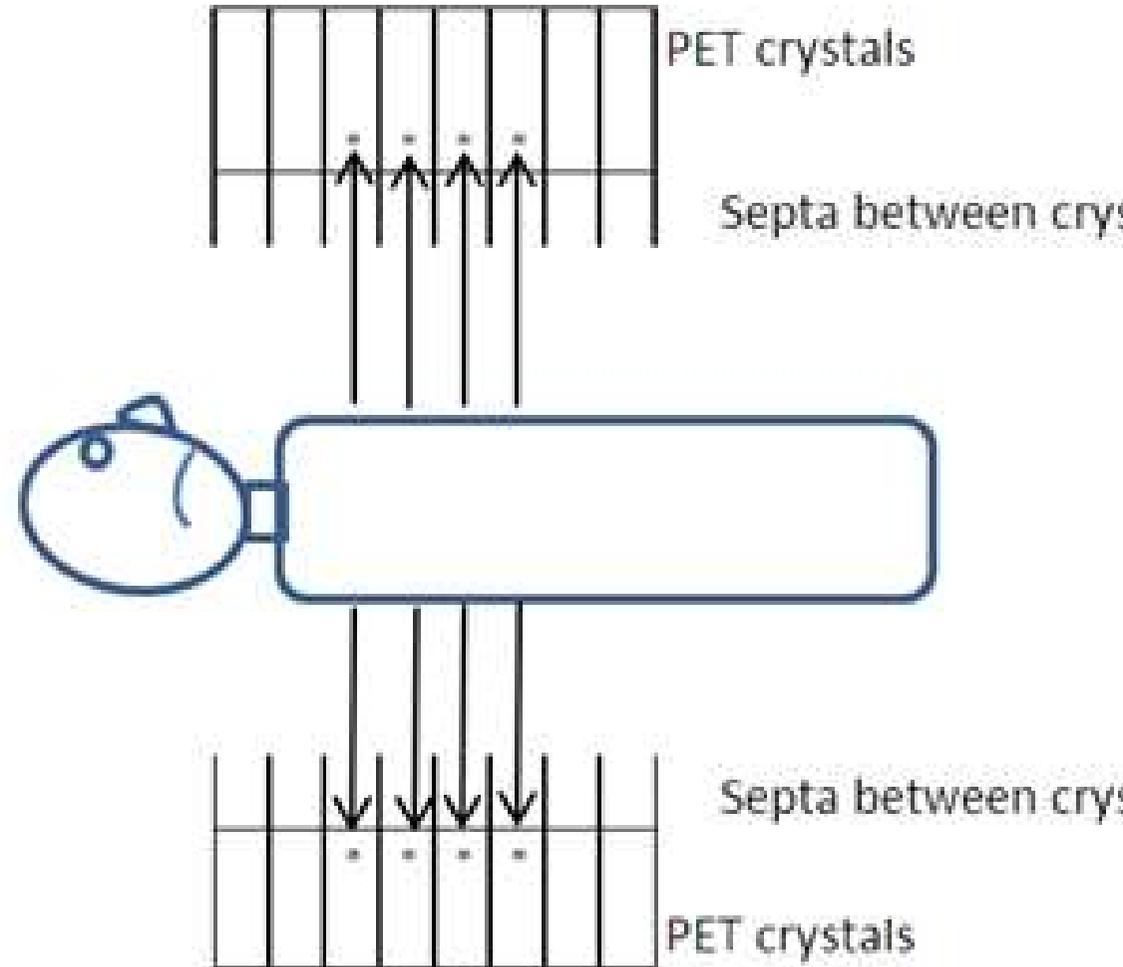


► Adquisición en 2D:

- Entre anillos detectores existen septos (tungsteno)
- Coincidencias sólo en cada anillo de detectores
- < sensibilidad: septos bloquean eventos verdaderos
- Ventaja: < n° de coincidencias aleatorias

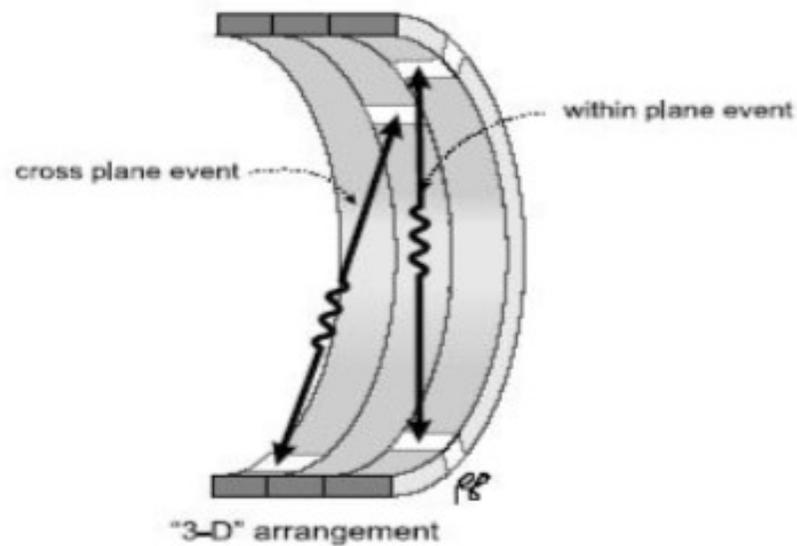


2 D Mode

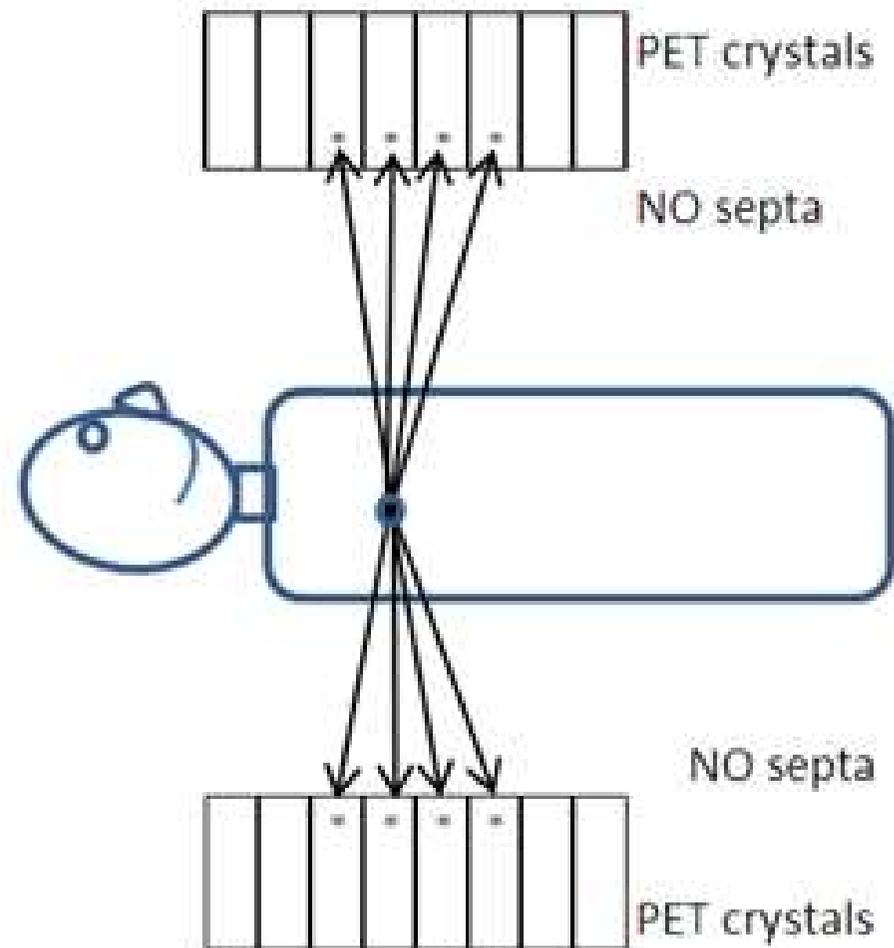


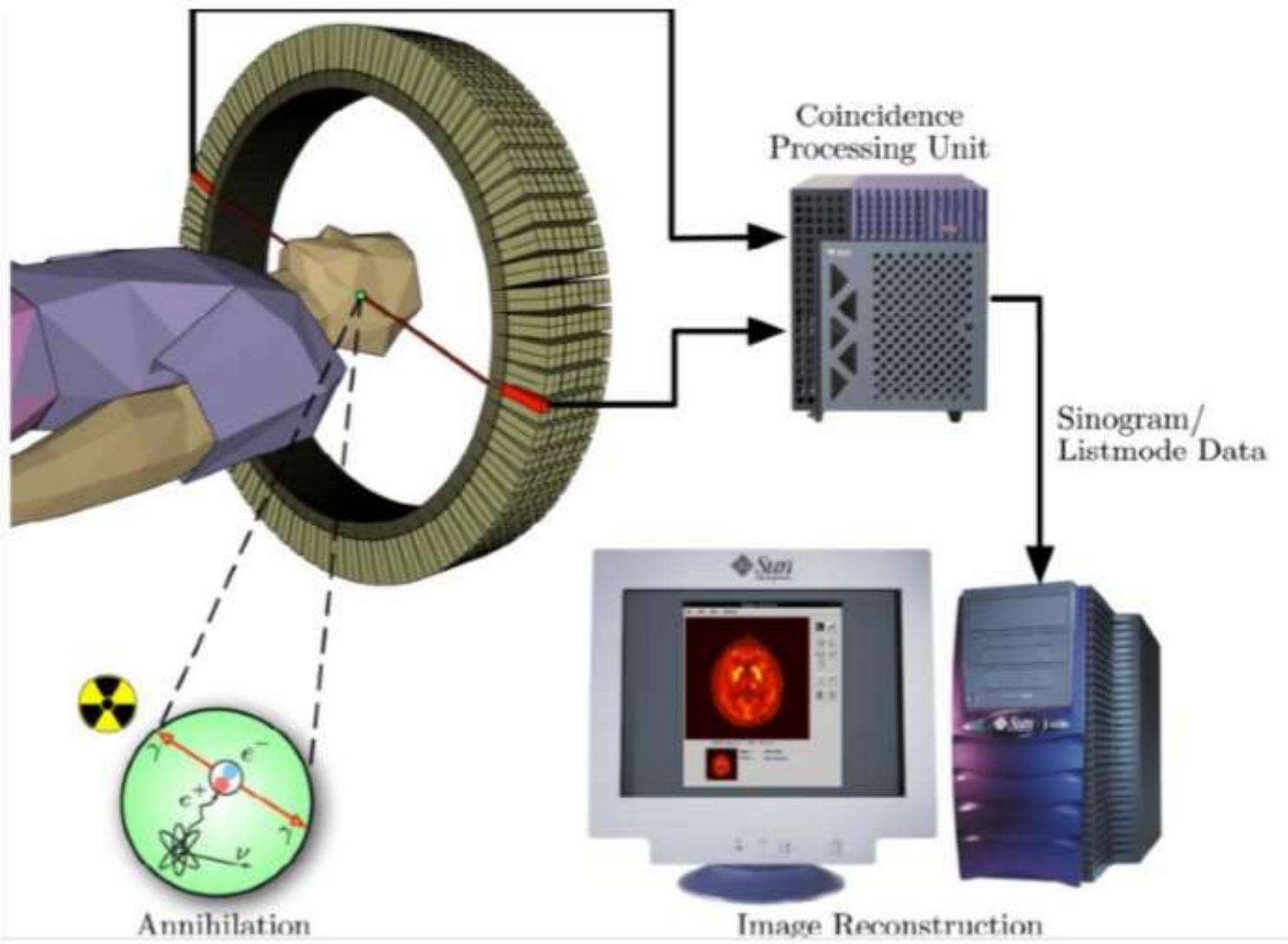
► - Adquisición en 3D:

- No existen septos entre anillos
- > sensibilidad:
 - < t exploración
 - < dosis a administrar

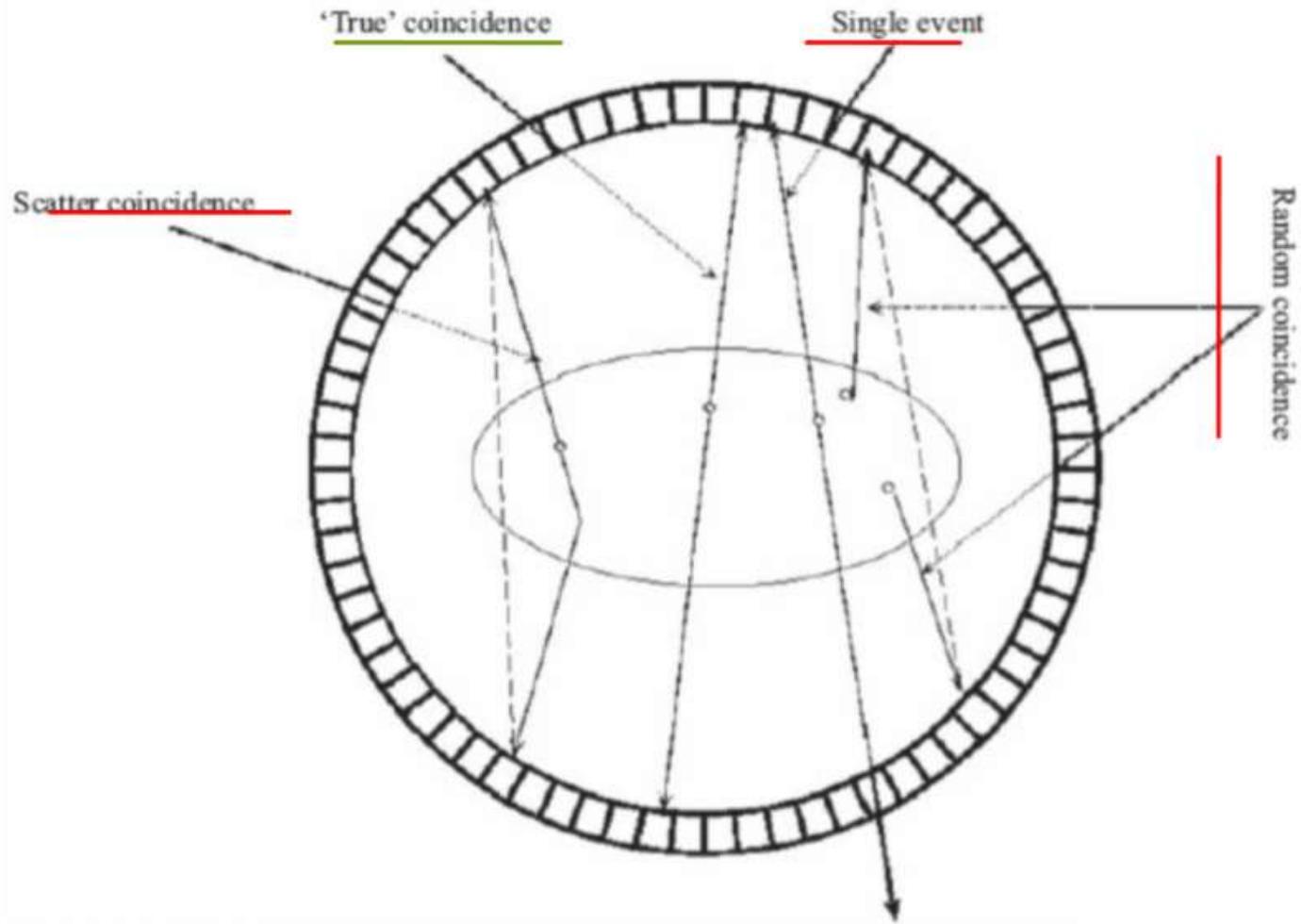


3D Mode





▶ TIPOS DE COINCIDENCIAS

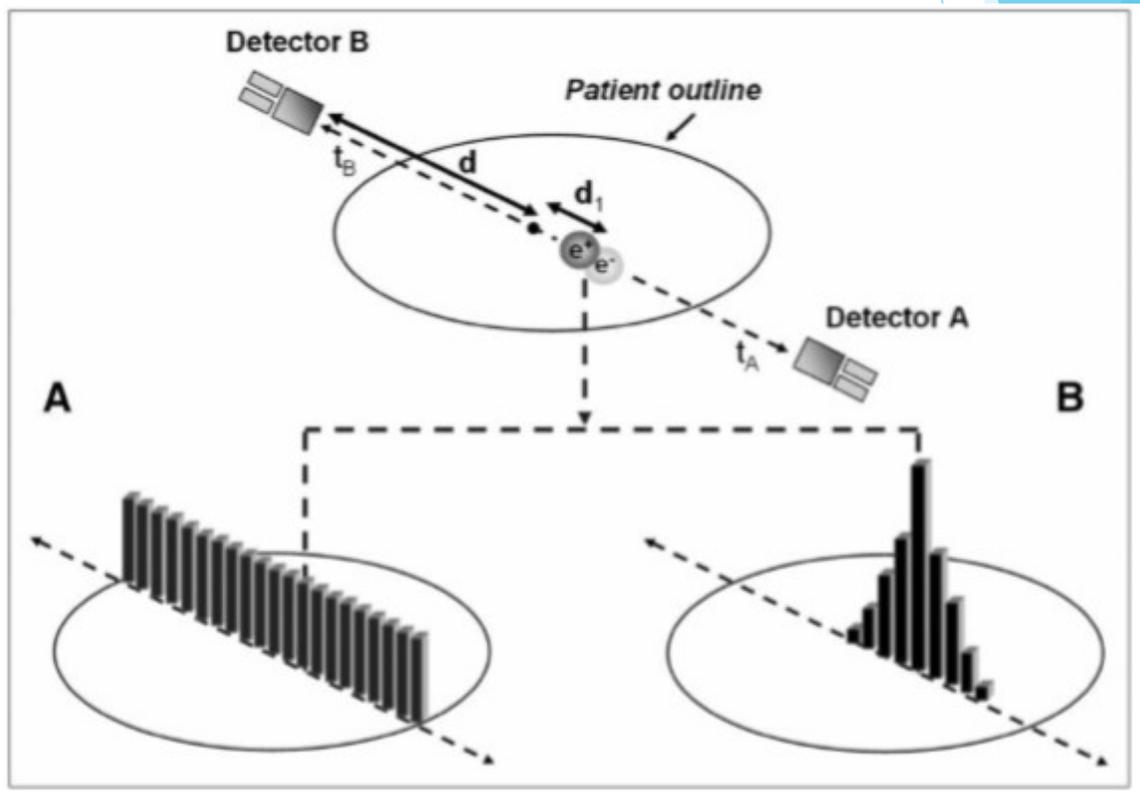


▶ Tiempo de vuelo (time of flight):

- Mide diferencia temporal entre las 2 detecciones de coincidencia
- Posible establecer (incertidumbre de 10 mm)
- Mejora la resolución espacial del equipo PET.

▶ Línea de Referencia (LOR):

- Es la línea que une los puntos donde se han detectado dos sucesos procedentes de la misma aniquilación.

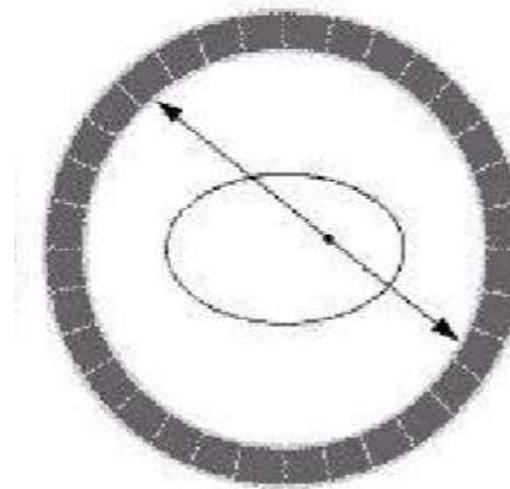


1- Fotón de Coincidencia verdadera:

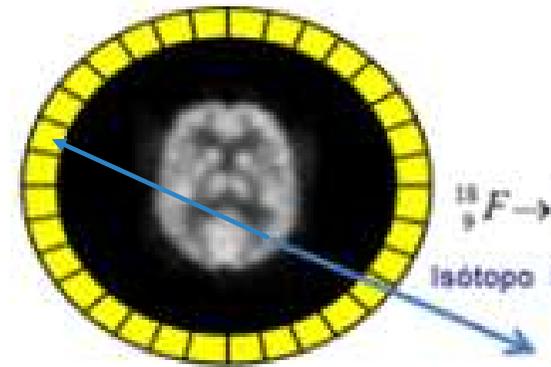
- detección 2 fotones de aniquilación
- Del mismo evento (misma dirección)
- En la ventana de coincidencia (mismo tiempo)
- Con la misma energía

2. Detección única:

- 1 fotón se escapa del sistema de detección
- no se registra



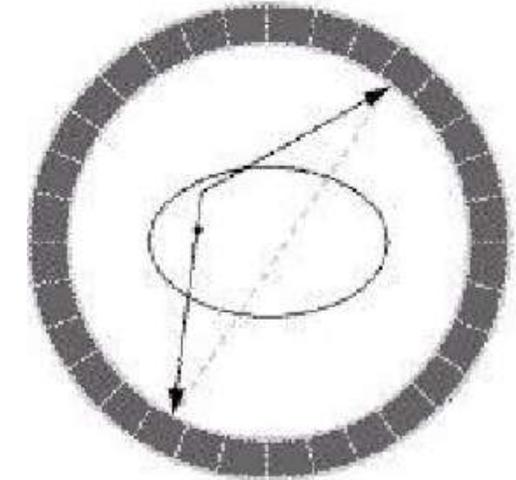
Coincidencia verdadera



Fotón único

3- Coincidencia por dispersión:

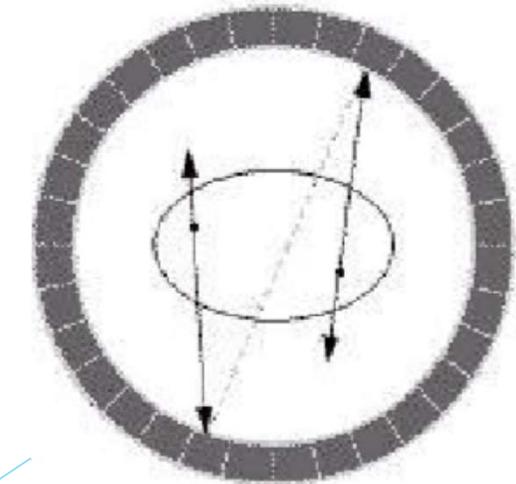
- Falsa detección. Mismo tiempo, pero distinta E y trayectoria
- Al menos 1 fotón se dispersa (Compton)
- Si mantiene su energía $\approx 511\text{KeV}$
- Se disminuye la tasa sucesos dispersos con anillos septales
- Se controla con ventanas de energía



Coincidencia por dispersión

4- Coincidencia aleatoria:

- Falsa detección. Mismo tiempo, misma E pero \neq trayectoria
- Detección de 2 fotones de 511 keV •
- En la misma ventana de coincidencia pero de \neq sucesos aniquilación
- Aumenta con la ventana de coincidencia



Coincidencia aleatoria

▶ LOS DETECTORES

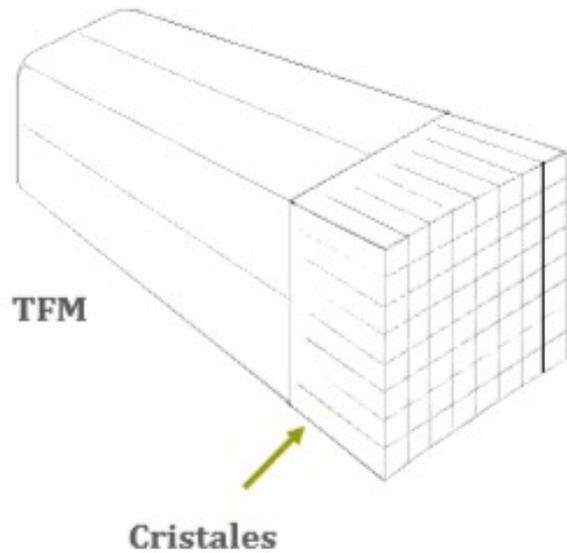
Idea de la que se parte similar a la de las gammacámara. Sustanciales diferencias.

Cada equipos PET tienen uno o varios anillos.

Cada anillo tiene decenas de bloques o detectores.

Cada bloque tiene 4 TFM.

Cada TFM tiene numerosos cristales de centelleo.

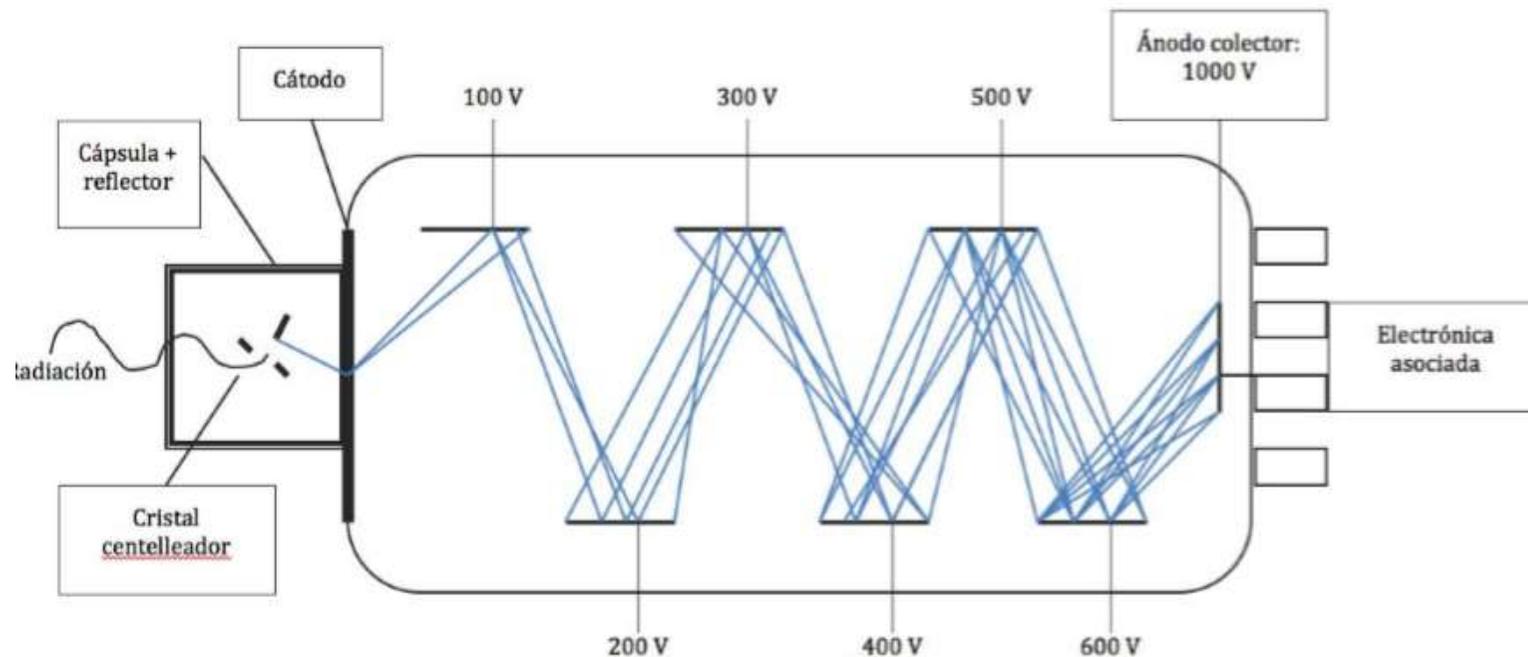


Los cristales de centelleo deben ser más densos. Por le energía de los positrones.

El decaimiento de la luz emitida ha de ser más rápido.

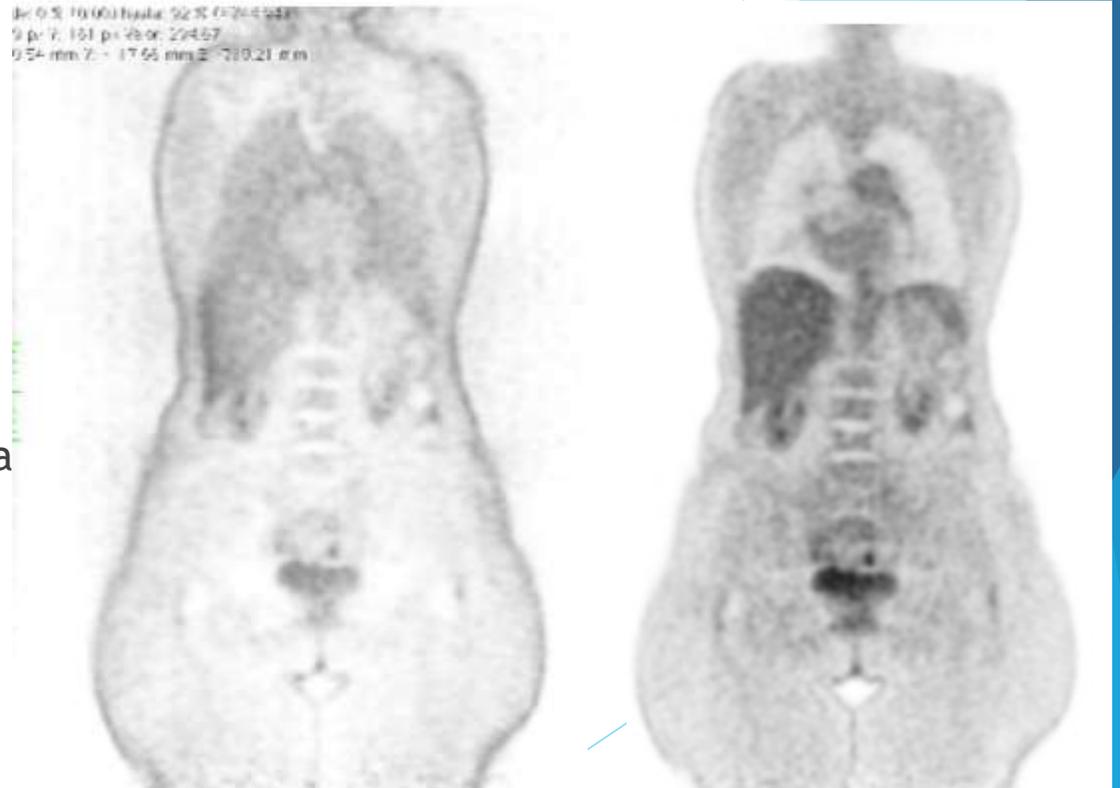
NO empleamos cristales de INa(Tl) .

SI empleamos cristales de LYSO , LSO , GSO y BGO



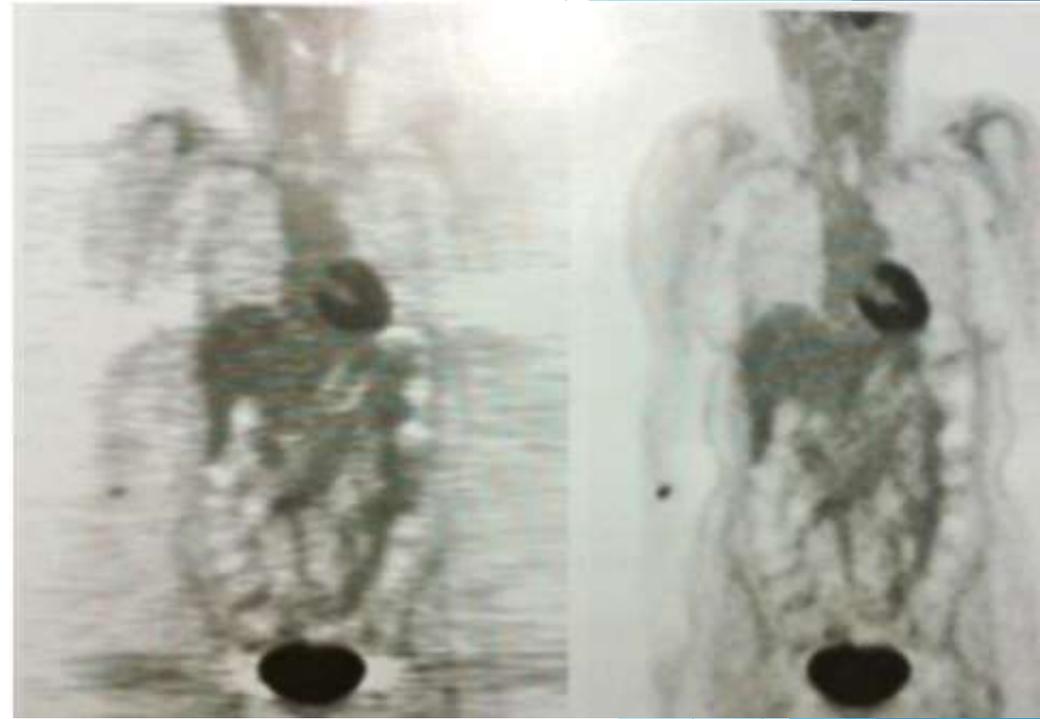
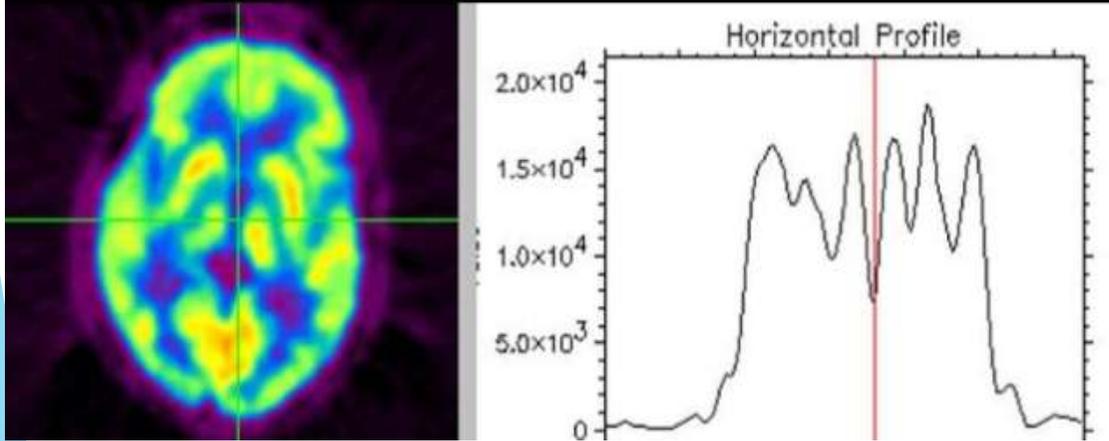
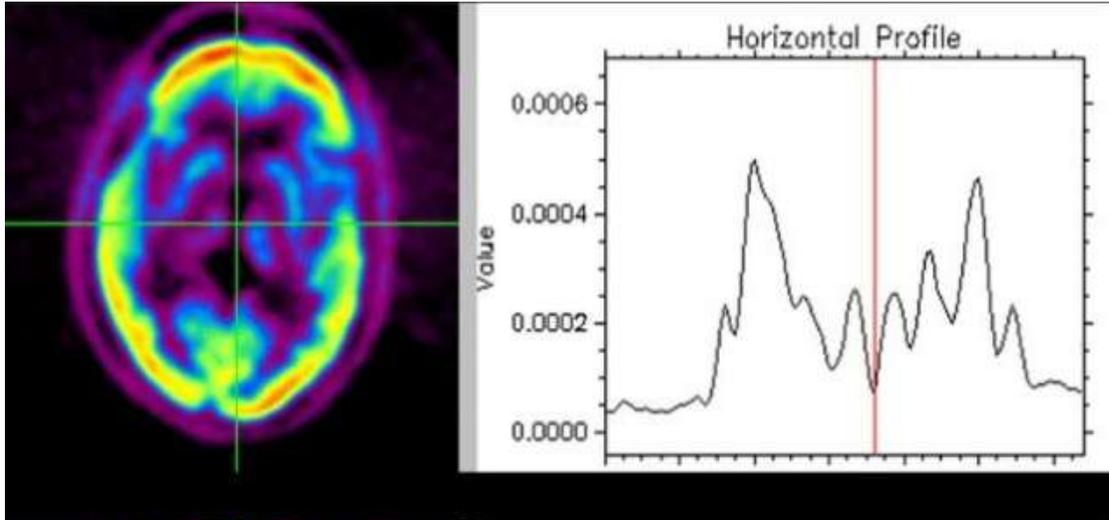
► RECONSTRUCCION DE LA IMAGEN

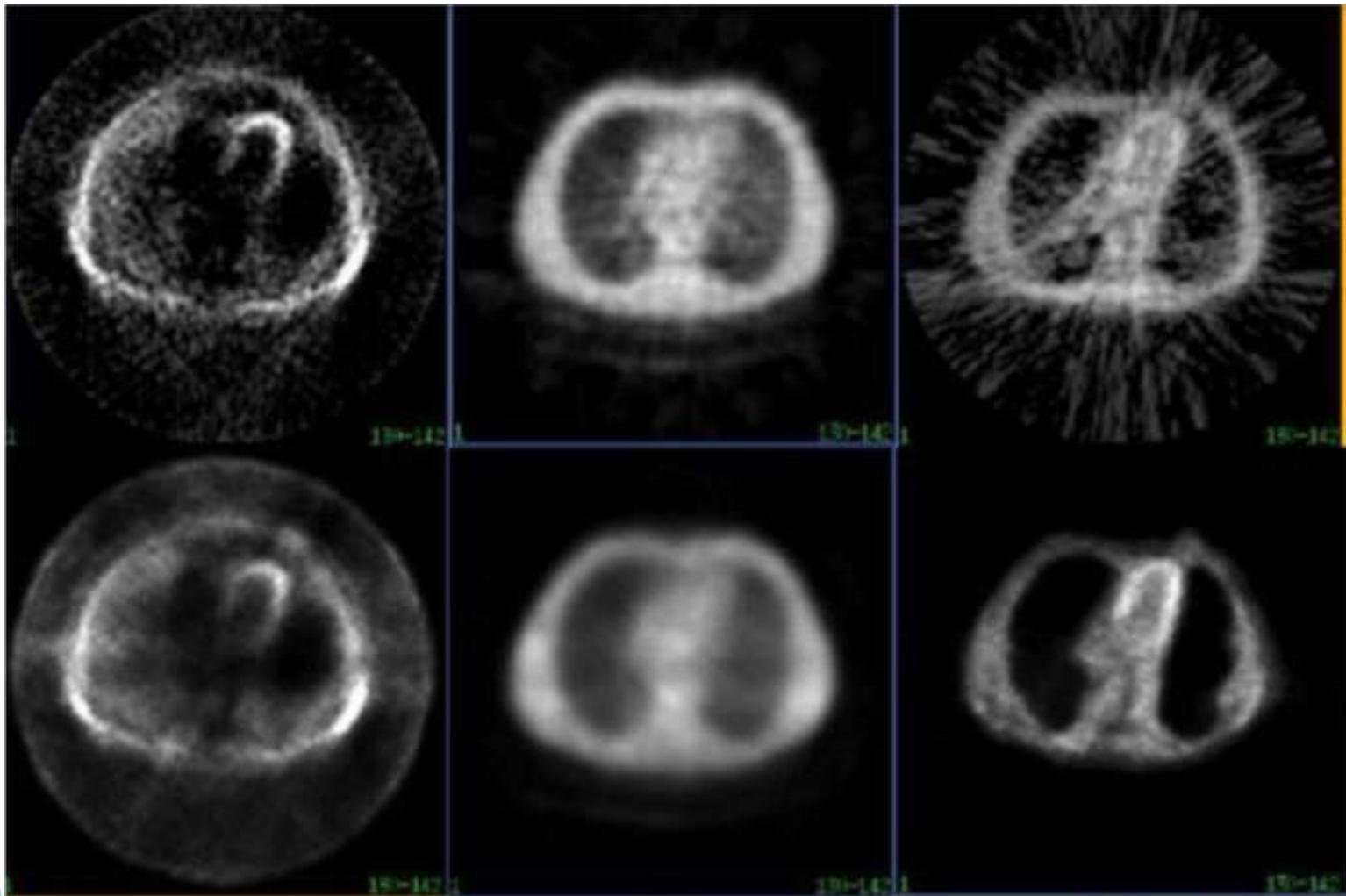
- Cuando adquirimos, los datos adquiridos se almacenan en un sinograma.
- A partir de ahí, reconstruiremos las imágenes.
- Todo mediante métodos como (teorema de Fourier) u OSEM (métodos matemáticos, estadísticos e iterativos)
- Obtenemos una imagen sin corregir (sin atenuar)
- Si se discriminan los fotones que no suman, obtenemos la imagen atenuada o corregida.
- La no corrección de imágenes puede dar lugar a Dx erróneos.
- Para corregir por atenuación, se tienen en cuenta los fotones absorbidos por los paciente.
- Es diferente en el centro que en el borde.
- Se emplea una fuente de Ge-68



Sin AC

Con AC





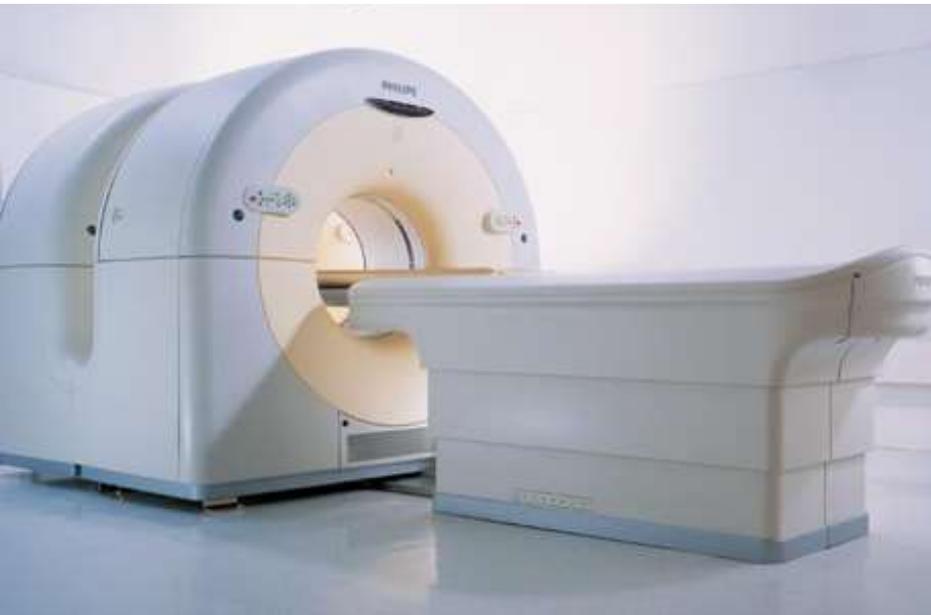
FBP

Iterativo

Sin corregir

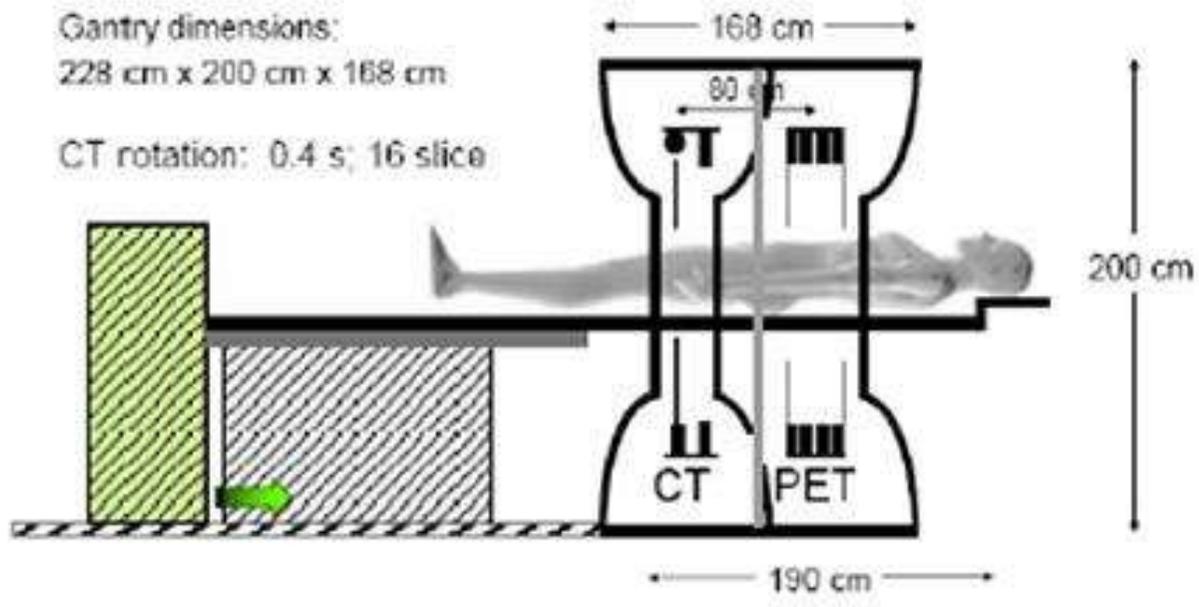
Im. transm.

Corregidas



Gantry dimensions:
228 cm x 200 cm x 168 cm

CT rotation: 0.4 s; 16 slice





▶ IMAGEN PET

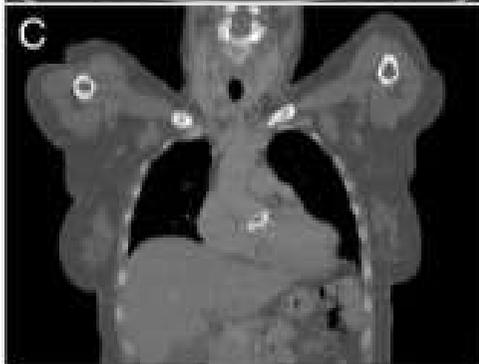
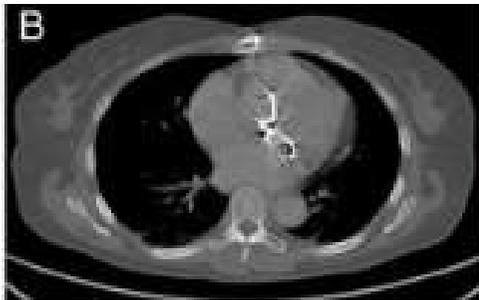
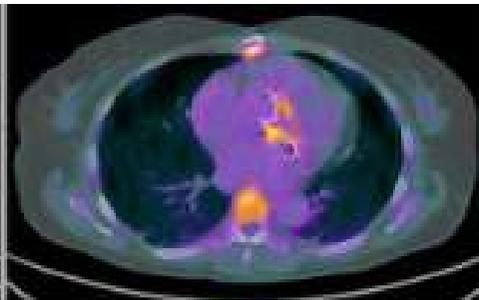


IMAGEN TC



FUSION PET-TC

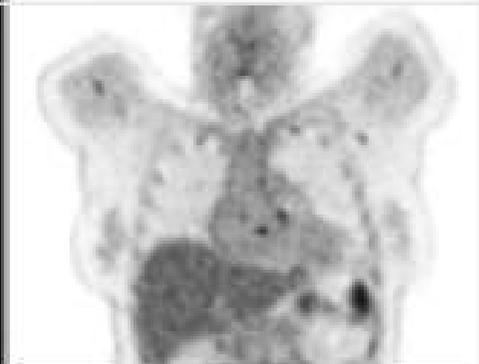
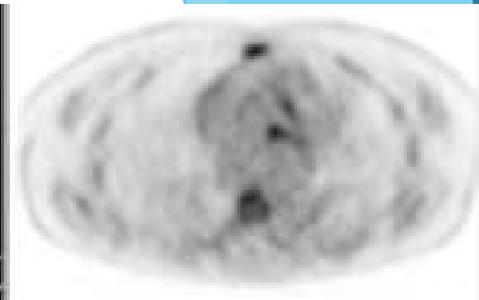
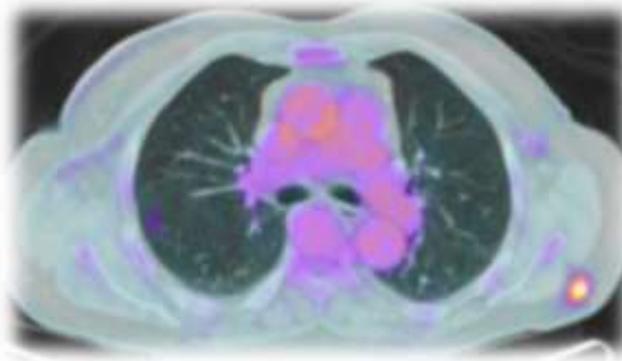
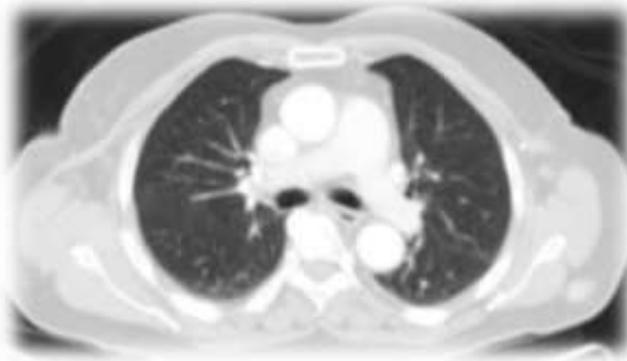
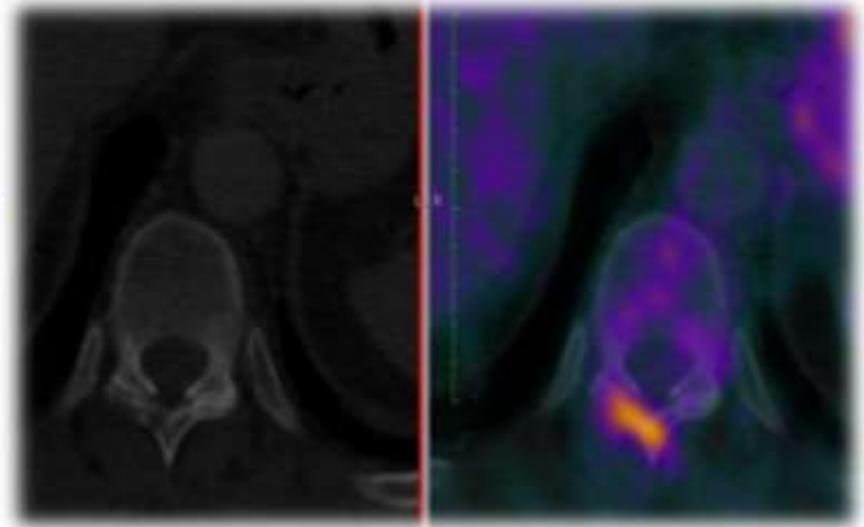
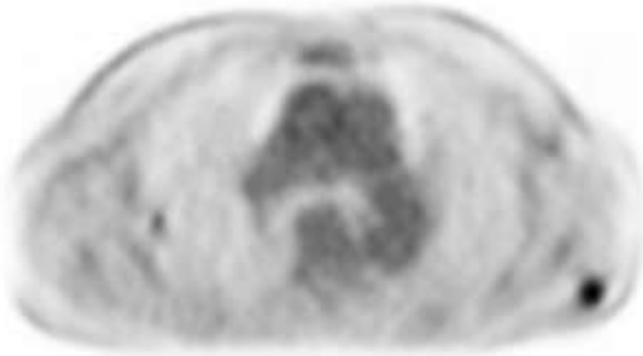


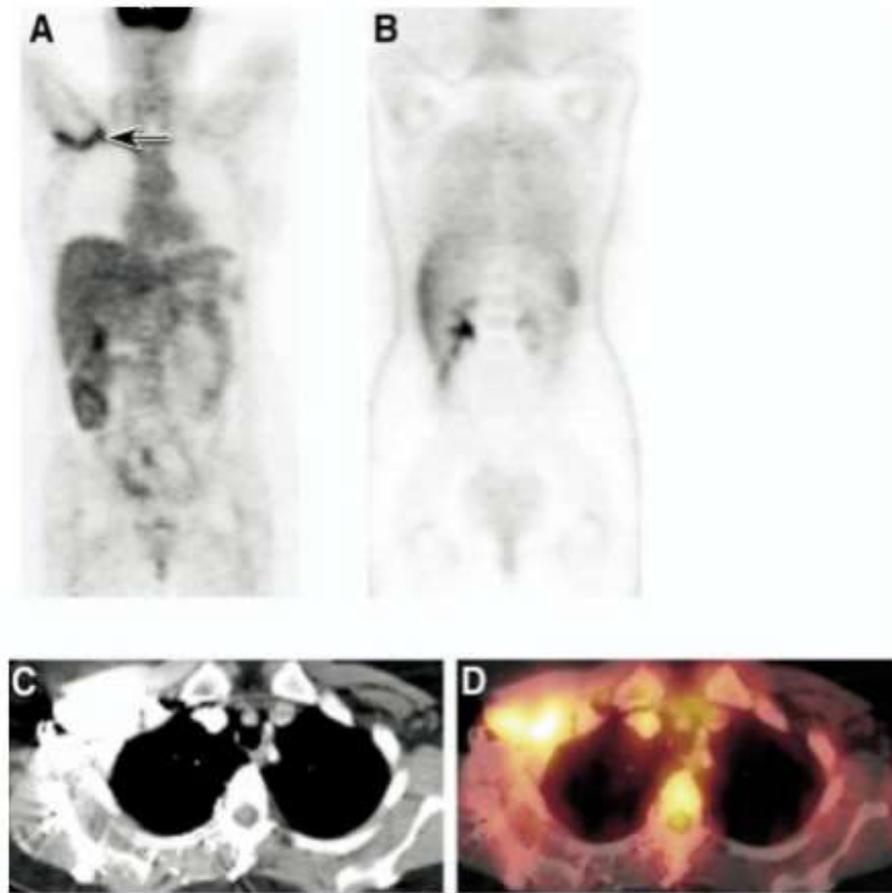
IMAGEN PET

⊙ PET-TAC: mejor que cada técnica por separado:

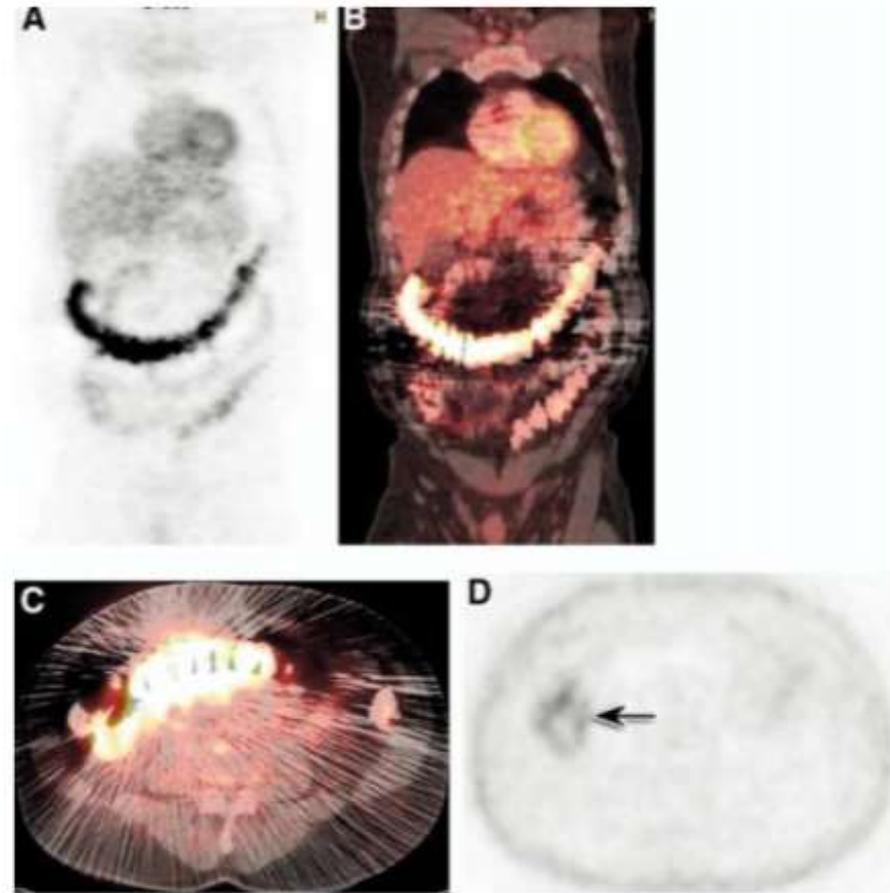
- TAC: disminuye los FP de la PET
- PET: disminuye los FN de la TAC



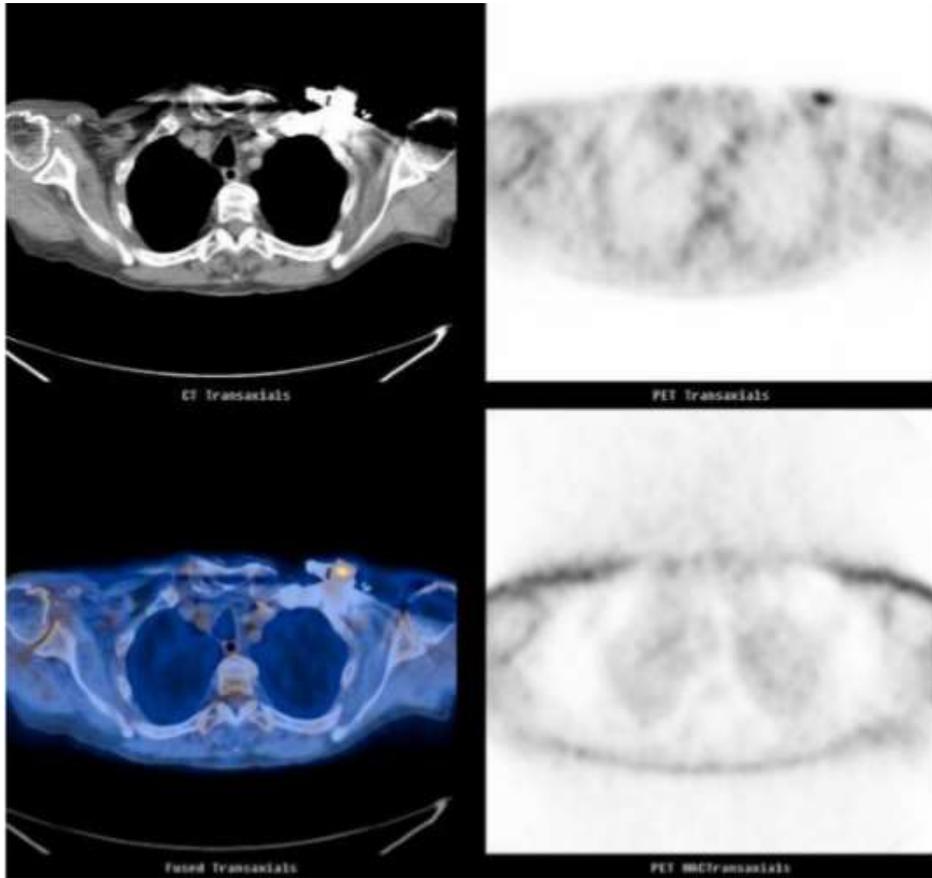
► Artefactos en PET-TC



Artefacto por contraste iv



Artefacto por contraste baritado días previos



La administración del
contraste I.V. debe estar
siempre pautado por un
médico y
administrado por enfermería.

Vamos a conocer un poco mejor la técnica del PET. El qué, el cómo, el cuándo y el para qué se usa.

► RADIONUCLIDOS EN PET

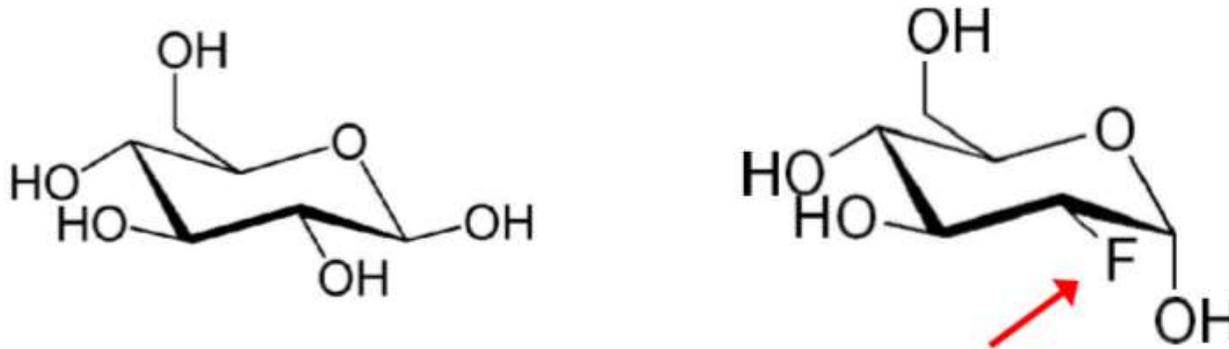
Características físicas de los RN emisores de positrones empleados en MN			
RN	Semivida física (min)	Energía del positrón (MeV)	Producción
^{11}C	20	<u>0,06</u>	Ciclotrón
^{13}N	10	<u>1,19</u>	Ciclotrón
^{15}O	2	<u>1,73</u>	Ciclotrón
^{18}F	110	<u>0,635</u>	Ciclotrón
^{68}Ga	68	<u>1,9</u>	Generador (^{68}Ge)
^{82}Rb	1,3	<u>3,15</u>	Generador (^{82}Sr)

Añadir Y-90, con un T/2 de 2,67 días.

- Los RF más empleados son:
 - Con F-18: 18-FDG (fluoro-desoxi-glucosa), Fluorocolina, Fluorodopa y Fluorbetaben
 - Con Carbono-11: C-Metionina

► La 18-FDG:

- C. Cancerosas: metabolismo aumentado respecto a C. normales.
- Se multiplican con mayor rapidez.
- Requieren + sustrato energético (glucosa).
- 18F-FDG: glucosa marcada con 18F • > afinidad por los tejidos cancerosos.

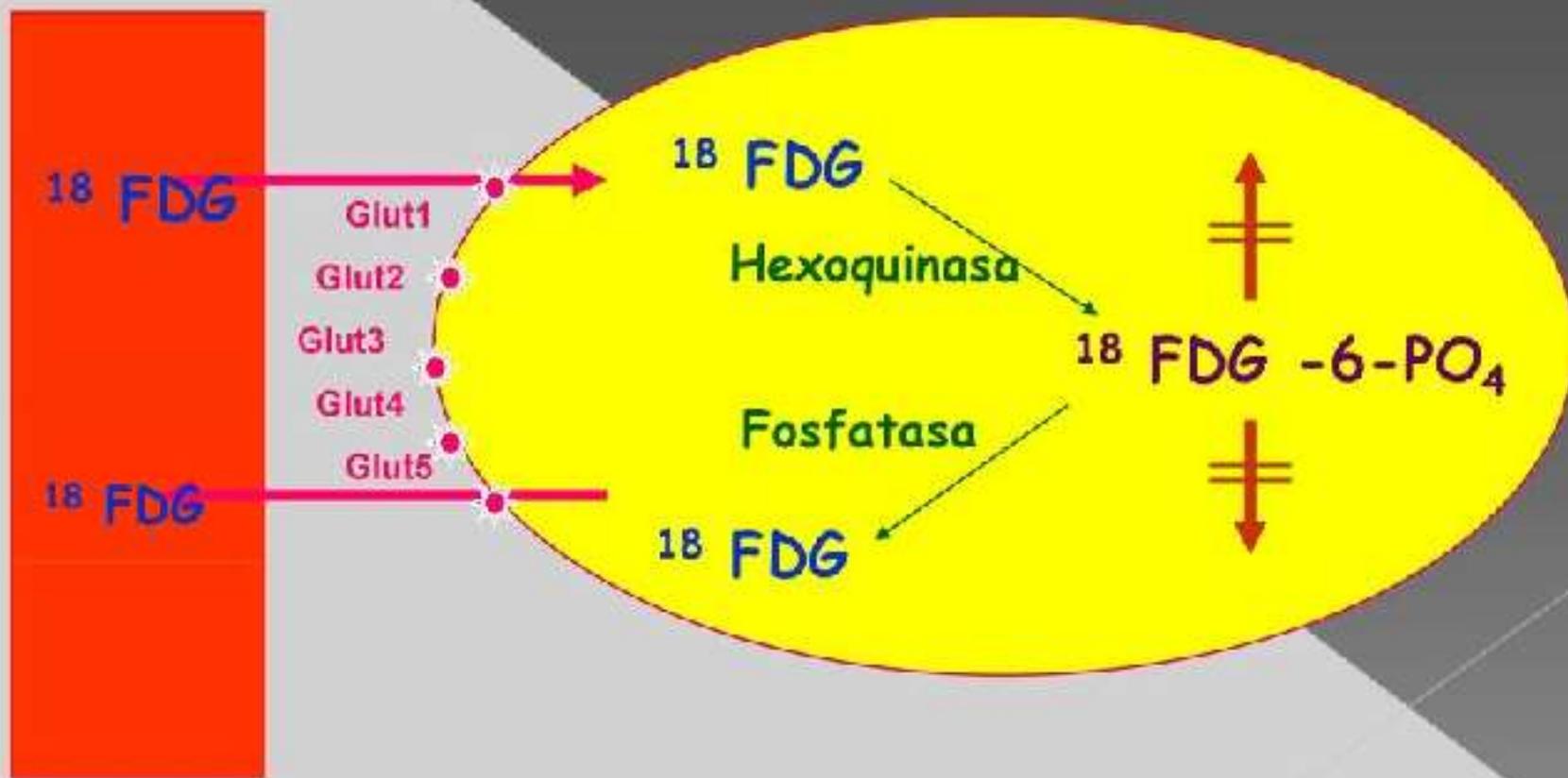


Vamos a engañar a nuestras células.....



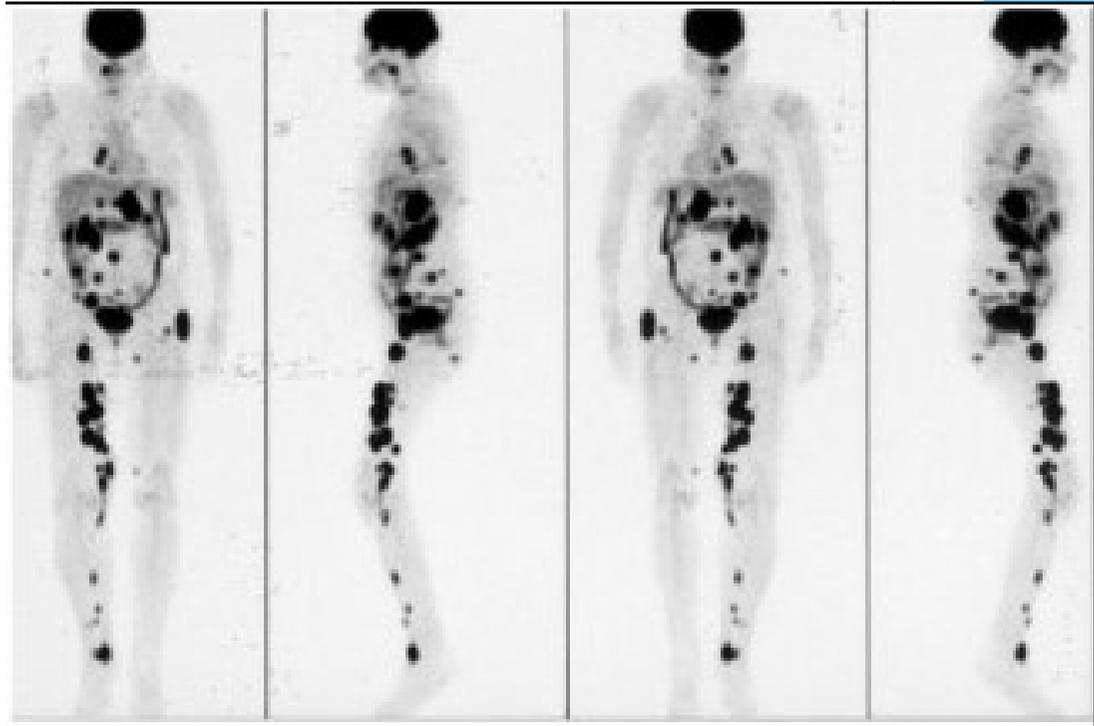
Compartimento vascular

Compartimento Celular



▶ Qué hace útil a la 18-FDG:

- Periodo de semidesintegración 110 min.
- Administración: i.v.
- Pasa al interior de la célula.
- Queda atrapada en su interior.
- El estudio PET se realiza a los 45-60 min de la inyección.
- Se distribuye por los tejidos.
- Máx actividad: células tumorales.
- Nos permite valorar el SUV



► Qué es el SUV

Es un índice que nos permite valorar la agresividad de un tumor. Su malignidad VS benignidad. Si está creciendo o encogiéndose....todo ello averiguando cuánto azúcar está comiendo (es decir, el metabolismo glucídico).

¿Cómo medimos el metabolismo glucídico?

SUVmax: *Standardized Uptake Value*

$$\text{SUV} = \frac{\text{Actividad en un VOI (MBq/g) x peso paciente (g)}}{\text{Dosis FDG inyectada}}$$

- Actividad encontrada en una lesión
- Expresada según peso paciente y dosis¹⁸F-FDG
- Cada centro establece sus valores.
- Útil para evaluar respuesta terapéutica en un paciente individual

▶ CONTROL DE CALIDAD DEL TOMOGRAFO PET:

- Se realiza a diario, 1ª hora
- Comprobación y calibración:
 - PET: Fuente cilíndrica sellada y fuente de ^{68}Ge : 2,5 mCi (92,5MBq)
 - TAC: Phantom metacrilato relleno agua



Control de calidad del TC:

- Alineamiento de la luz
- Alineamiento de la mesa y el gantry
- Localización sobre topograma
- Precisión del paso de mesa
- Espesor de corte
- Calidad de imagen: • Resolución espacial de alto contraste • Resolución y sensibilidad de bajo contraste • Uniformidad • Ruido • Ausencia de artefactos

Control de calidad del PET:

- Resolución espacial.
- Desempeño de conteo • Coincidencias totales • Coincidencias al azar • Coincidencias por dispersión • Coincidencias verdaderas netas • Tasa de cuentas por ruido.
- Sensibilidad en 2D y 3D.
- Calidad de imagen.
- Exactitud de las correcciones de atenuación y dispersión.



▶ PROTOCOLO “STANDARD” DE ADQUISICION DEL PET:

1. Preparación paciente
2. Administración RF y tiempo reposo
3. Técnica de exploración
4. Valoración del estudio antes de que el paciente se vaya
 - ¿Tardías?
 - ¿Selectivas?
5. Información PR al paciente.
6. Informe médico.



1- Preparación del paciente:

- Ayuno 6 h (4h en diabéticos). Abundante ingesta hídrica/suero.

Explicación de la prueba:

- Duración (90 min): Sala de reposo (45-60 min), Adquisición de imágenes (20 min).
- Posibilidad de imágenes tardías o Variación captación transcurrido más tiempo.
- Administración de contrastes: Riesgos. Firma CI. Valorar si oral (para patología digestiva) o I.V. (resto).



Hospital

SERVICIO DE MEDICINA NUCLEAR

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PETITAC CON CONTRASTE YODADO INTRAVENOSO

PRUEBA A REALIZAR:

D./Dña.

paciente D./Dña.

informado/a por el Dr.

como paciente (o representante del
) manifiesto que he sido
de los siguientes aspectos:

- Situaciones especiales:

- Codeína
- Valium
- Sedación: anestesia (Niños o Requerimientos del paciente por claustrofobia)



- Aportar H^a clínica: patología, tratamientos, infecciones, DxM...
- Firmar el C.I.

2- Administración del RF y reposo:

Son labores del gremio de enfermería.

- Vía venosa
- Control de glucemia

Sala de reposo: 1h

- Administración FDG
- Administración del contraste si necesario
- Tapado con mantas (frío: captación en grasa parda)



3- Técnica de adquisición:

- Posición paciente: según protocolo
 - Topograma (scout): 120Kv/10mA
 - Límites del estudio
 - TAC cuerpo completo o según estudio. 120kV/modulación automática mA
 - Craneo-caudal
 - Administración contraste i.v. (coordinación técnico/DUE)
- Duración total: 3-5 minutos
- Inicio PET:
 - Dirección caudo-craneal
 - 5-6BEDS o CAMAS (1 BED=16 cm, variable según equipo)
 - 3-4 min/BED: total unos 15-18 min

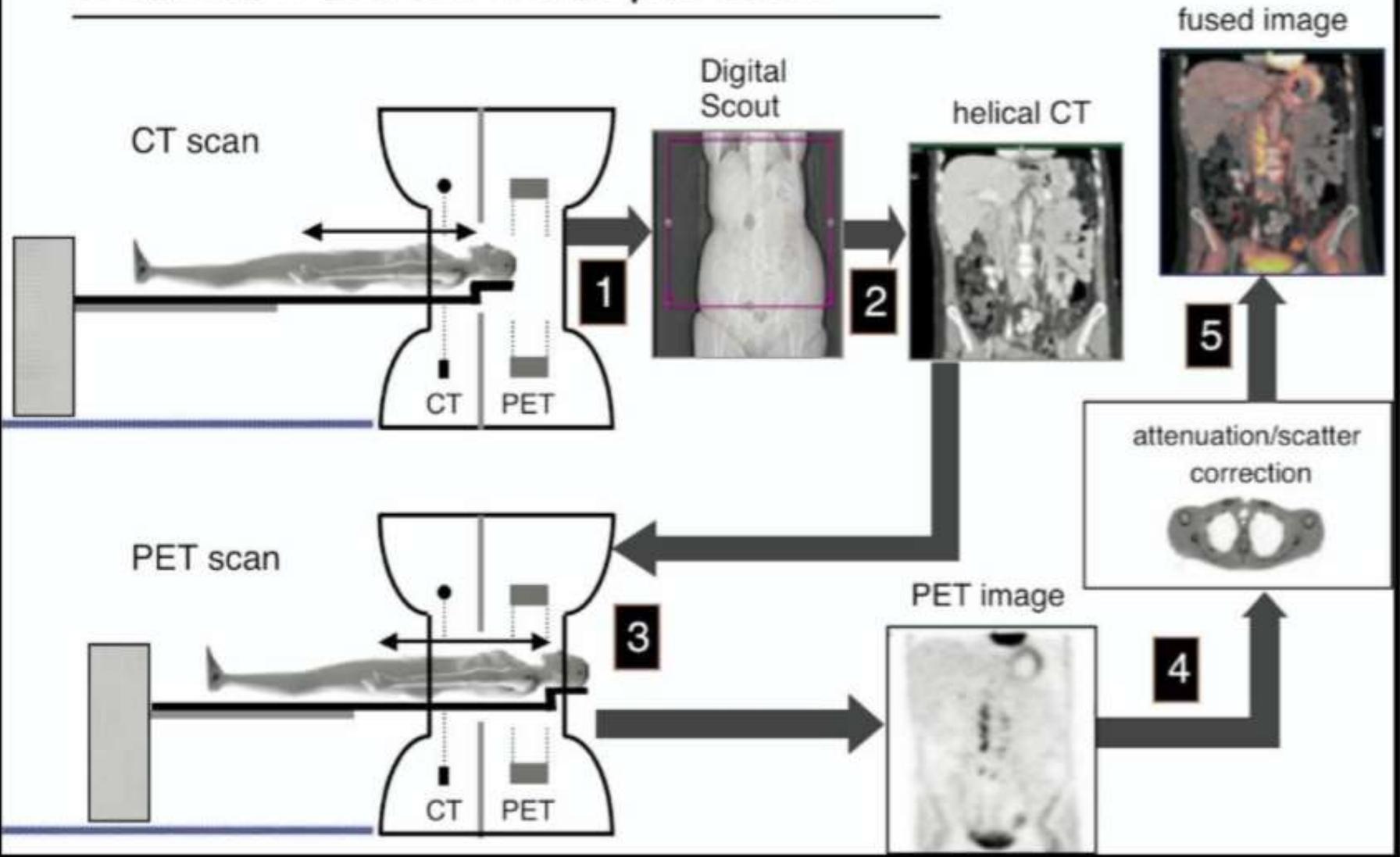




BED/CAMA



General PET/CT scan protocol

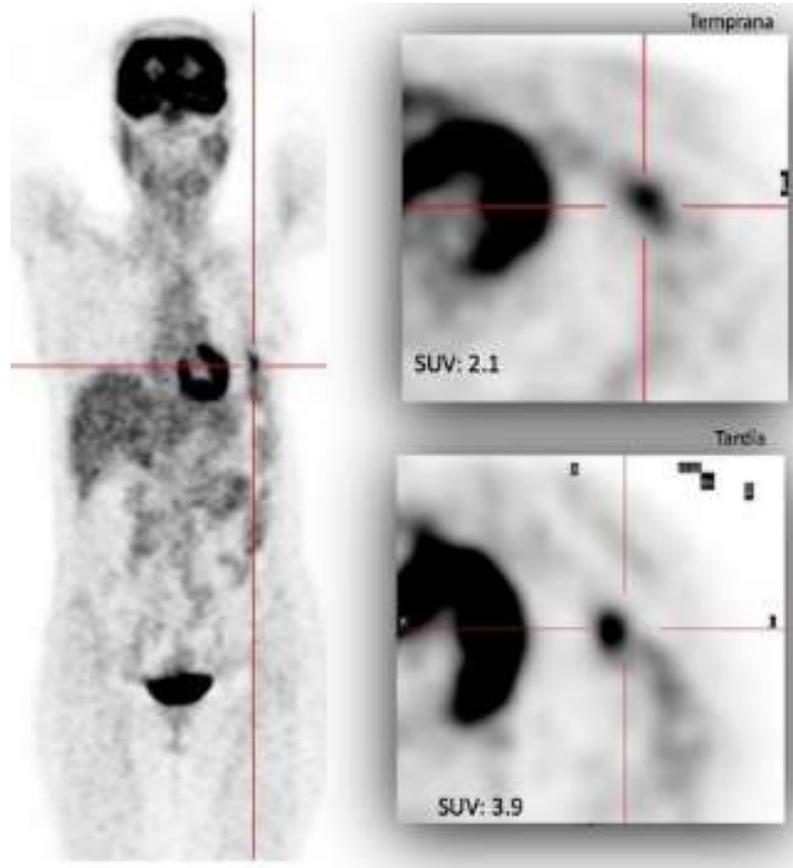


Resultado final como el de la figura



-4. Valoración del estudio:

- Correcta fusión imágenes
- Posibilidad de imagen selectiva (TC baja dosis) por movimiento paciente o mala reconstrucción imagen
- Posibilidad de Imágenes tardías por escasa incorporación RT.



5. Información de PR al paciente:

Las medidas de PR a seguir durante 6 horas aprox.:

- Ambulante:

- o Ingesta hídrica

- o NO contacto con embarazadas y Niños < 12 años

- Ingresado:

- o PR a personal sanitario

- Reducir tiempo de contacto/distancia con embarazadas

- Diálisis: o Justo antes del PET-TAC. No antes de 24h tras PET-TAC 4. Residuos biológicos radiactivos

6. Informe médico:

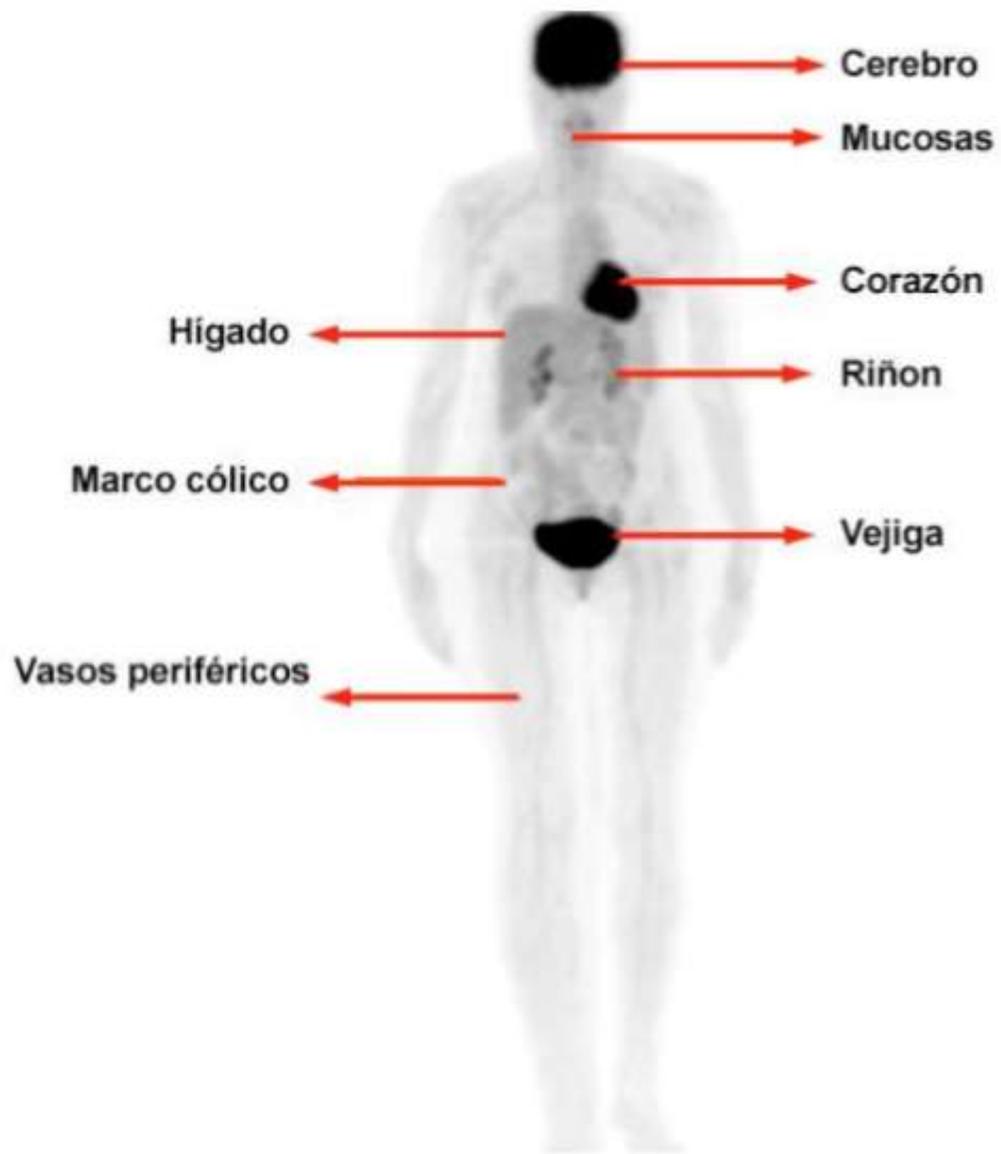
- Visualización e interpretación del estudio
- Análisis cualitativo
- Análisis semicuantitativo (SUVmax)
- Comparación con estudios previos
- □ Informe único PET-TAC □ MN + RX

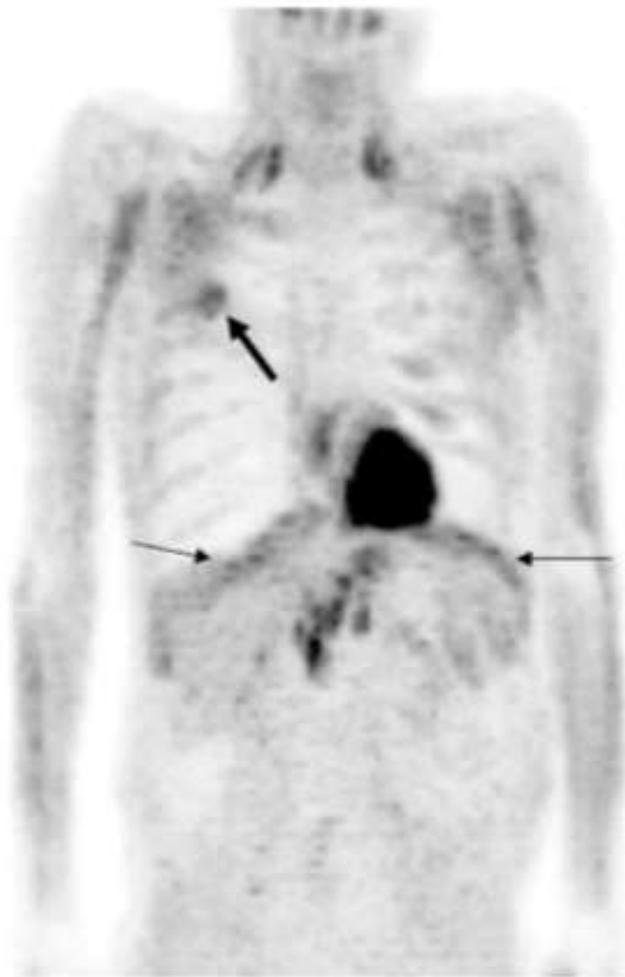


▶ CAPTACIONES FISIOLÓGICAS EN PET:

- Aumentada: cerebro, miocardio, riñones y vejiga .
- Moderada: hígado, bazo y MO.
- Captación moderada o intensa, focal, parcheada o difusa puede aparecer en miocardio, tracto gastrointestinal o vejiga.
- Captación mamaria: mastopatía fibroquística y lactancia.
- Incremento de captación muscular: ansiedad, patología respiratoria (asma), contracturas, uso de muletas o incluso mascar chicle, leer o hablar.
- Persistencia de timo en pacientes jóvenes.

En todos estos casos no hay patología por parte del paciente.

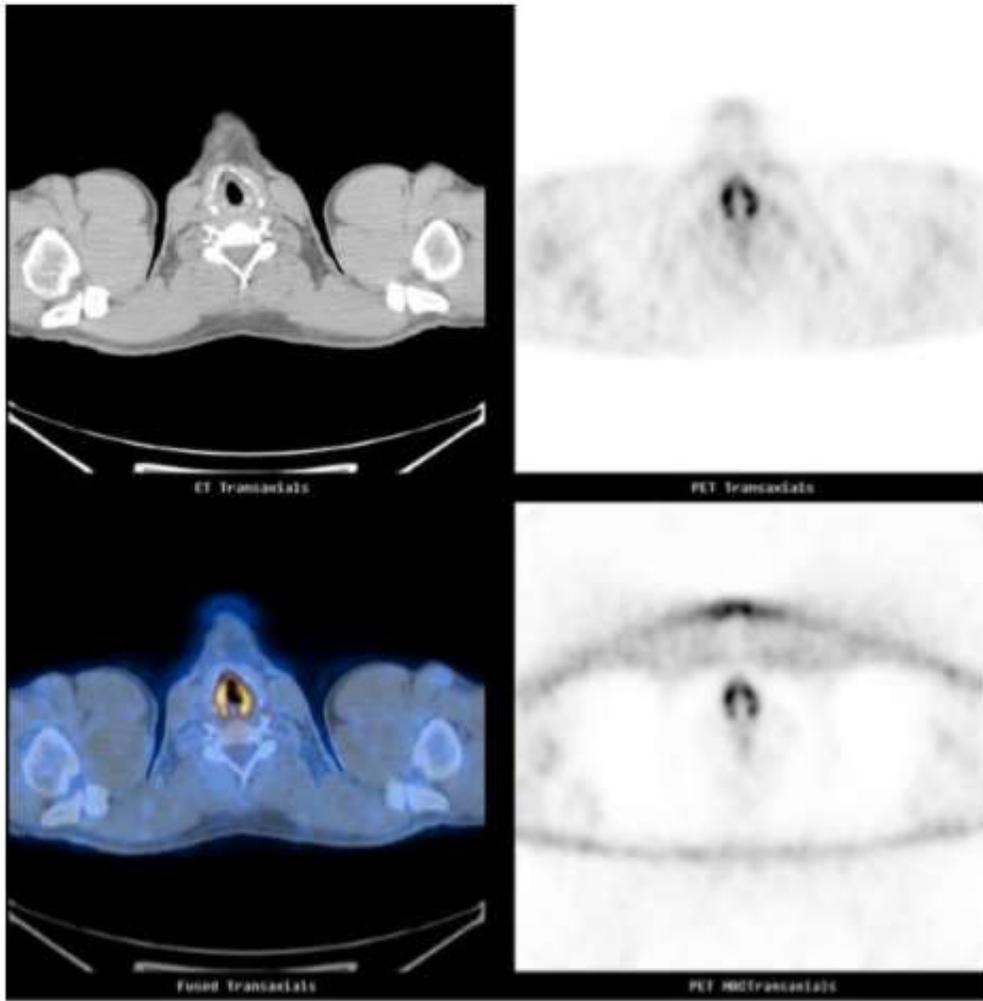




Diafragma



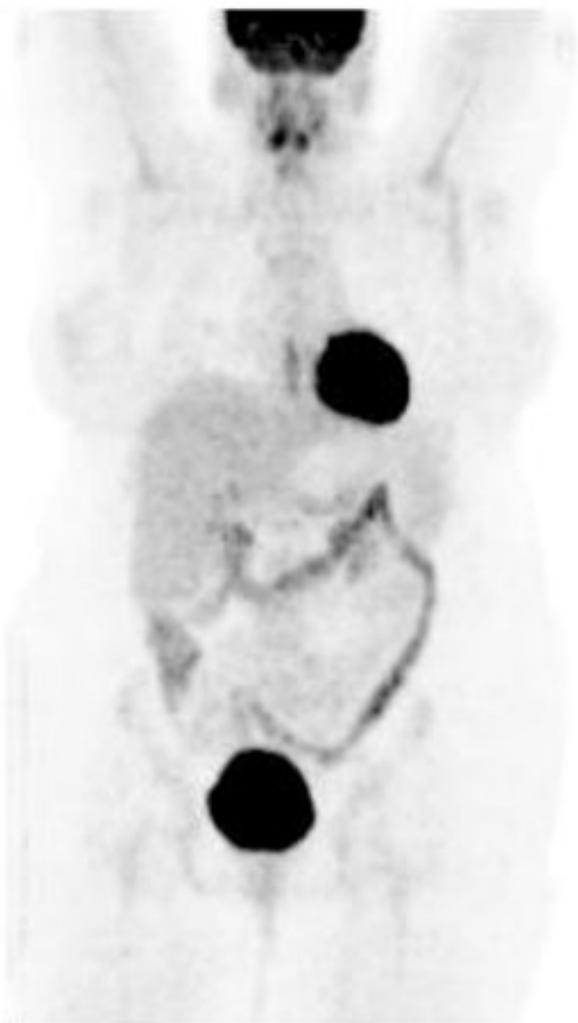
Musculatura esquelética



Cuerdas vocales



Eliminación renal



Captación colon

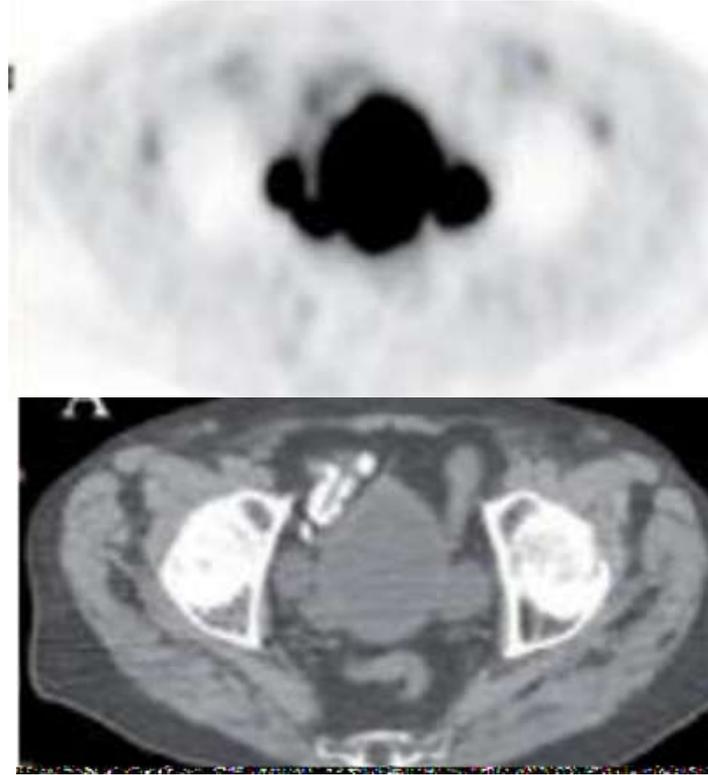


En ocasiones, por captaciones moderadas o difusas, la patología localizada no tiene que ver con la buscada.

- MO: captación aumentada en procesos mieloproliferativos, tanto malignos como por estímulo de la hematopoyesis (QT o uso de factores estimulantes de colonias)
- En pelvis divertículos vesicales, menstruación y ovulación
- Procesos inflamatorios-infecciosos, enfermedades granulomatosas, mastitis, neumonitis o enteritis post-RT, Cxs o biopsias recientes e inyecciones intramusculares o subcutáneas
- Presencia de grasa parda: mujeres jóvenes, frío, ansiedad...
- Tromboembolismo pulmonar.



▶ Proceso mieloproliferativo

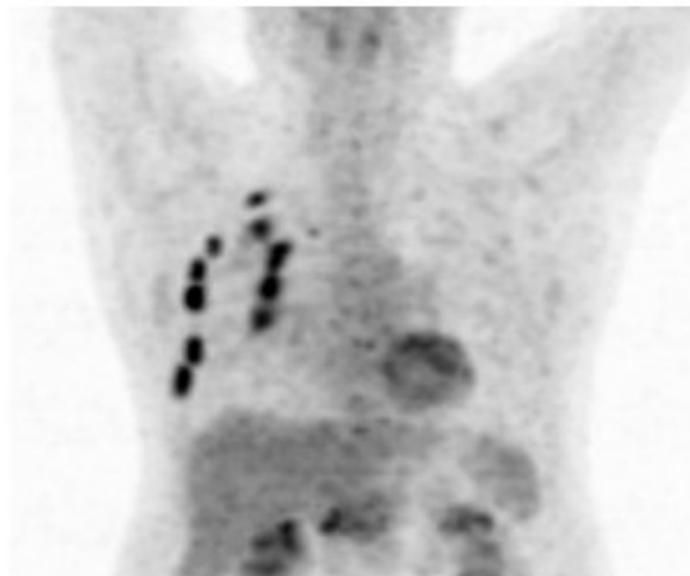


prostatitis

Contracturas



Fracturas Costales



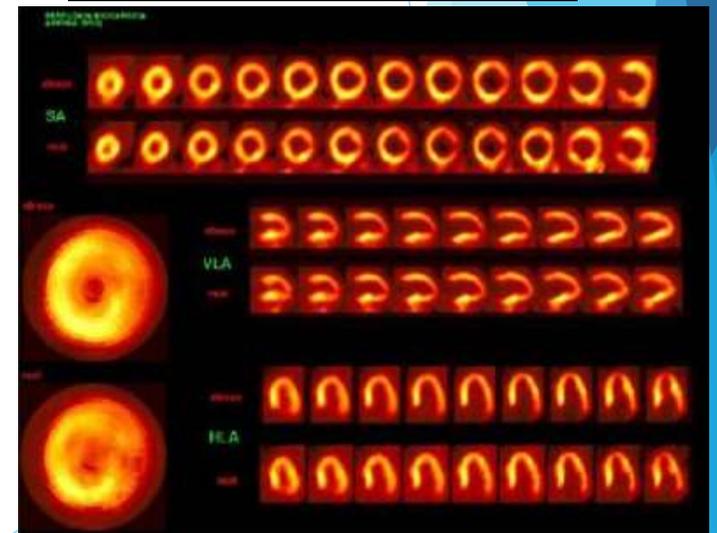
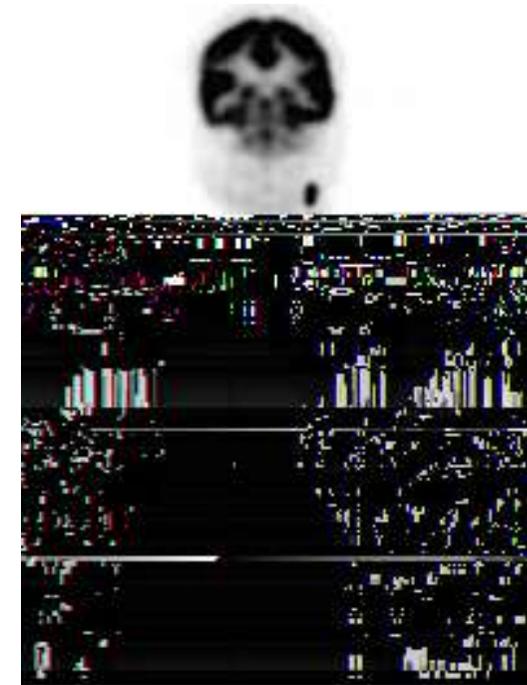
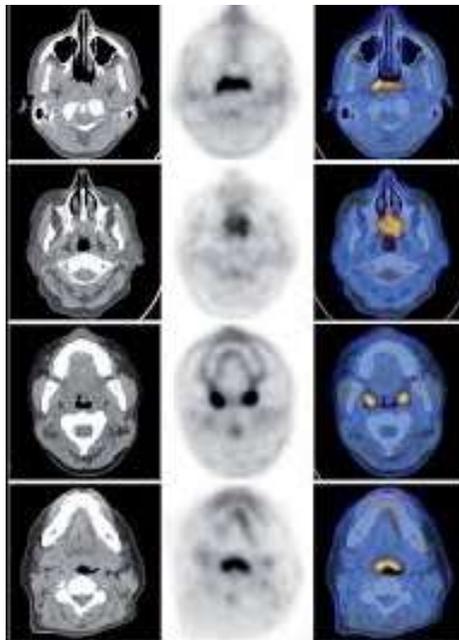
▶ INDICACIONES DEL PET

Utilidad principal: evaluación del cáncer

- Diagnóstico
- Estadificación
- Reestadificación tras recidiva
- Monitorización de la respuesta al tratamiento

Otras utilidades:

- Estudios de enf. Neurodegenerativas
- Estudios de enf. cardíacas



⊙ Melanoma:

- Breslow > 1,5
- Sospecha de recidiva

⊙ Tumores C y C:

- Estadificación
- Monitorización respuesta tto
- Sospecha de recidiva

⊙ Ca tiroides

- Sospecha de recidiva

⊙ Linfoma:

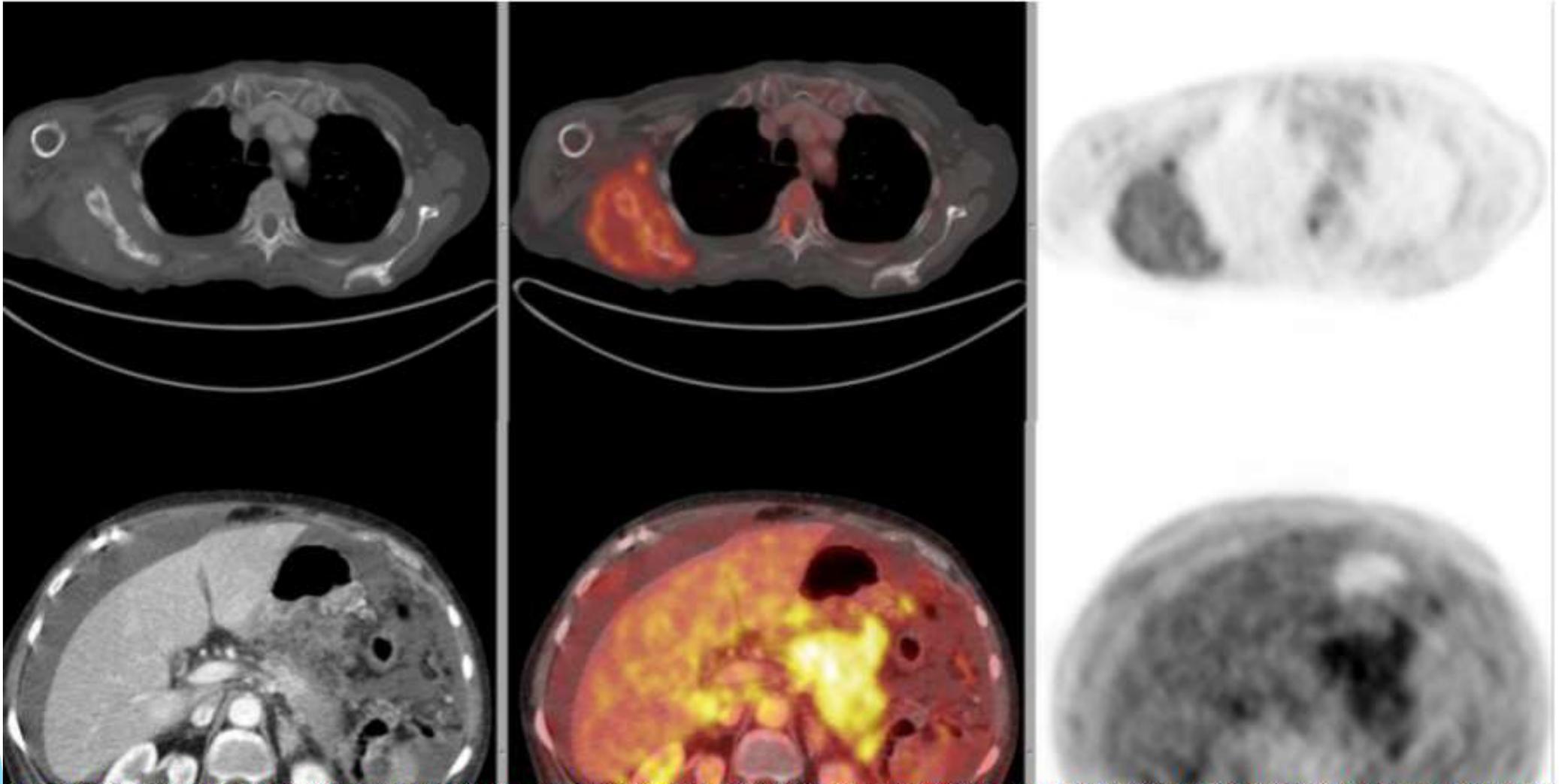
- Estadificación inicial
- Monitorización respuesta tto
- Sospecha de recidiva

⊙ Ovario:

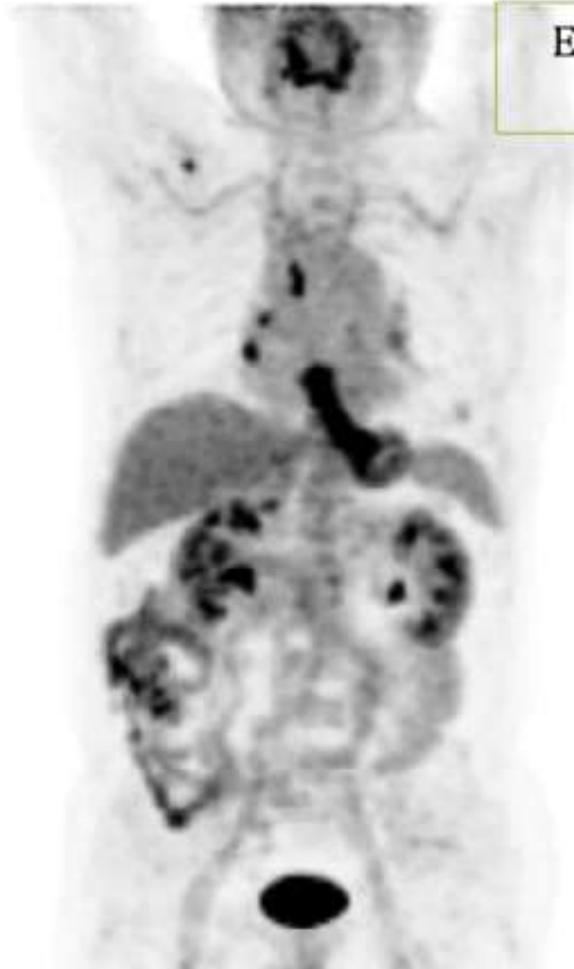
- Sospecha de recidiva



1: Ca páncreas MTS



2: Ca esófago

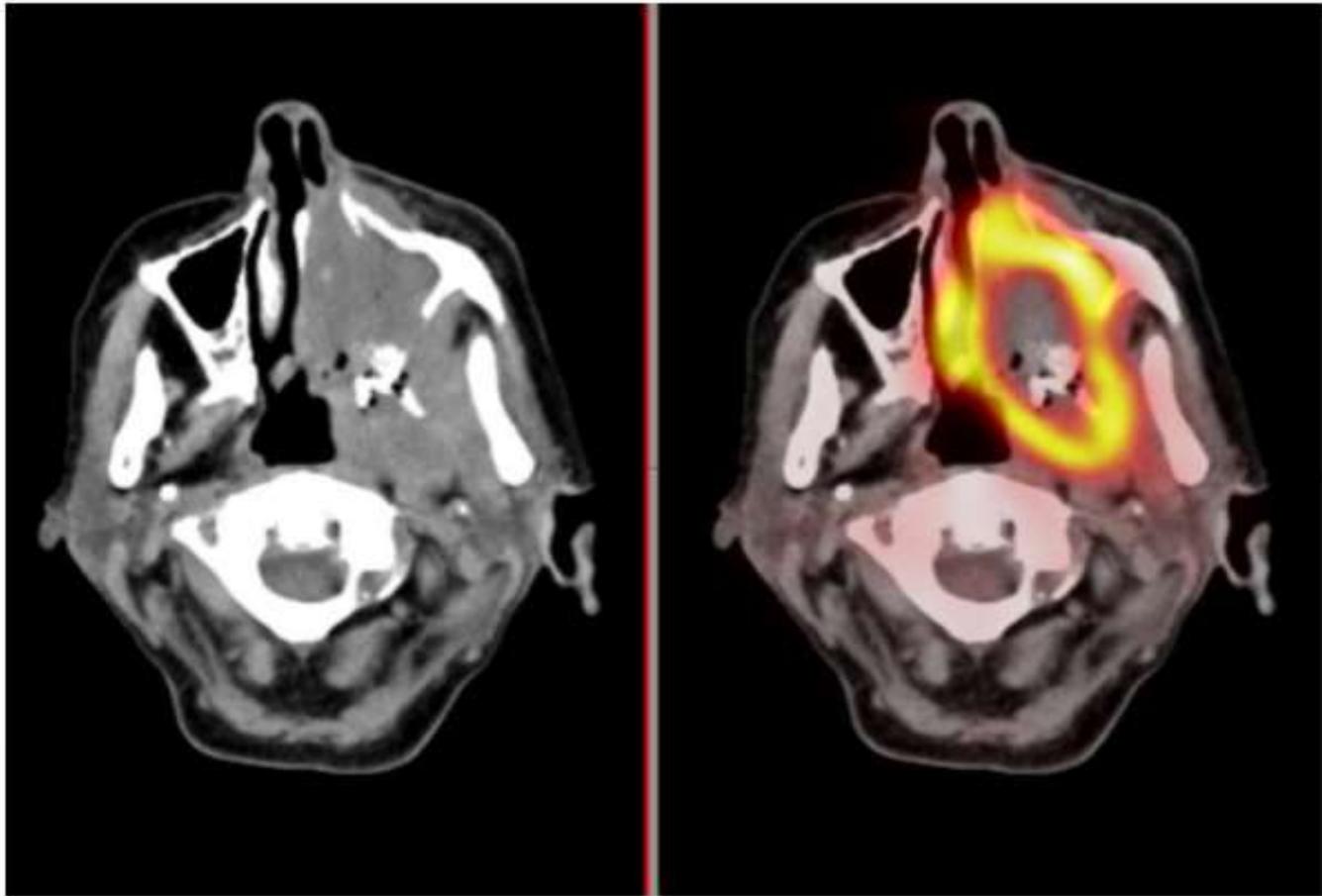


Estadificación
inicial



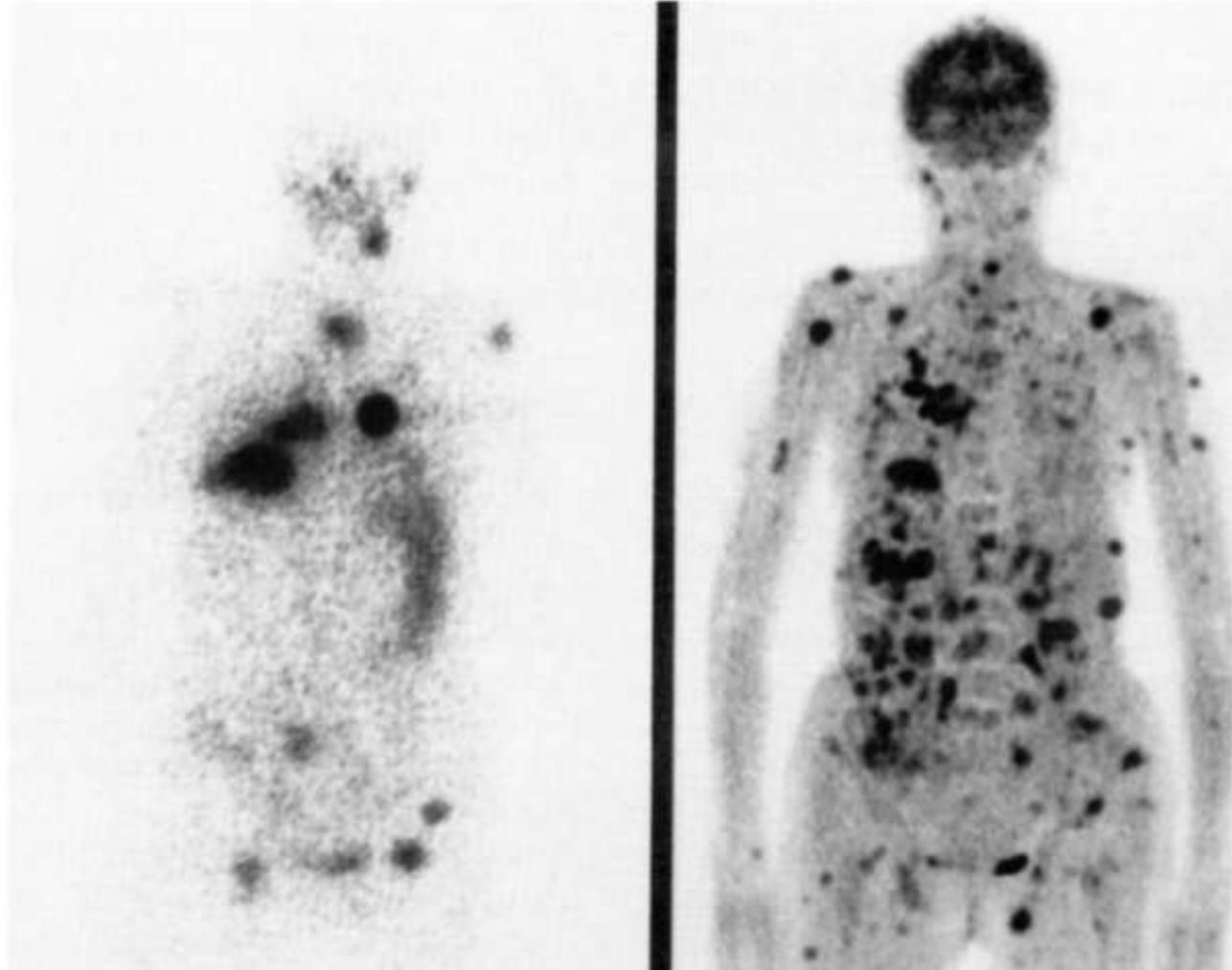
Resp al tto (3
meses QT)

3: Tumor seno maxilar izquierdo

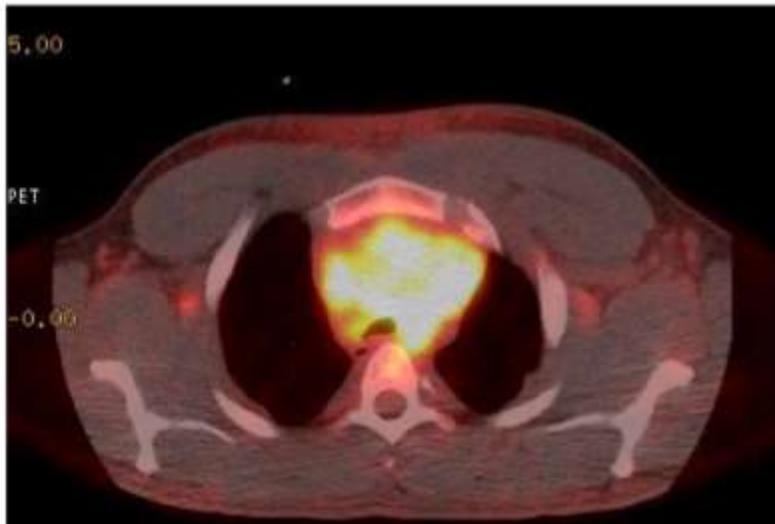
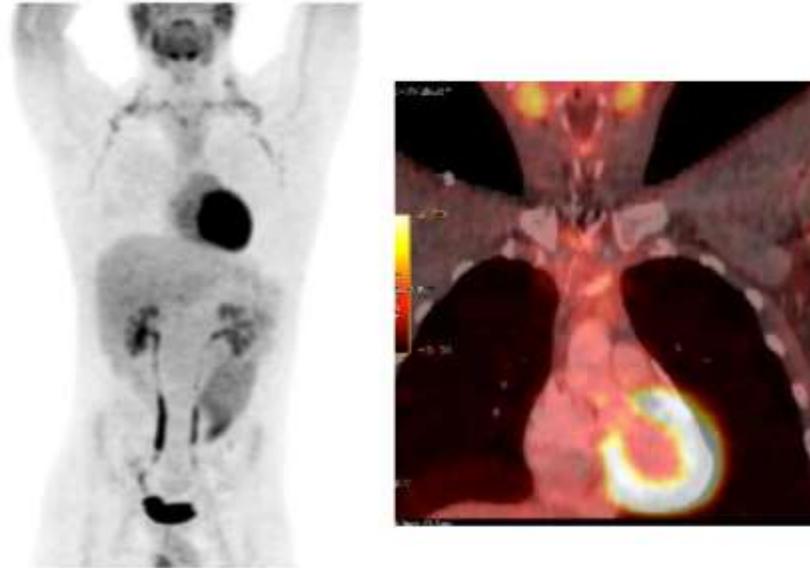
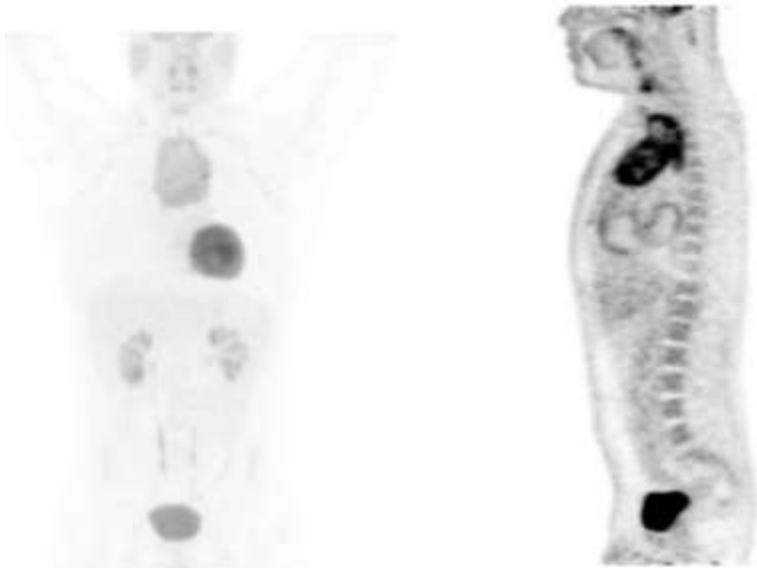


4: Ca papilar tiroides con TG elevada

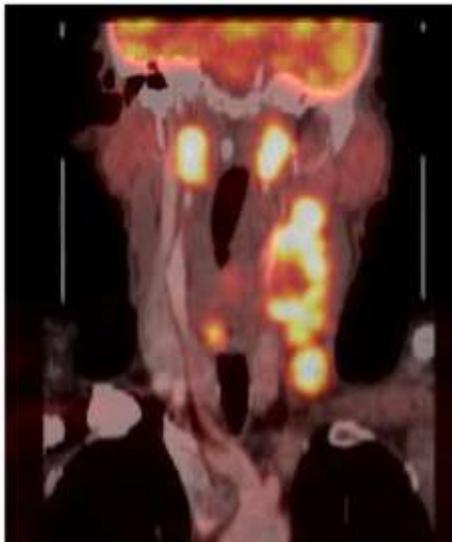
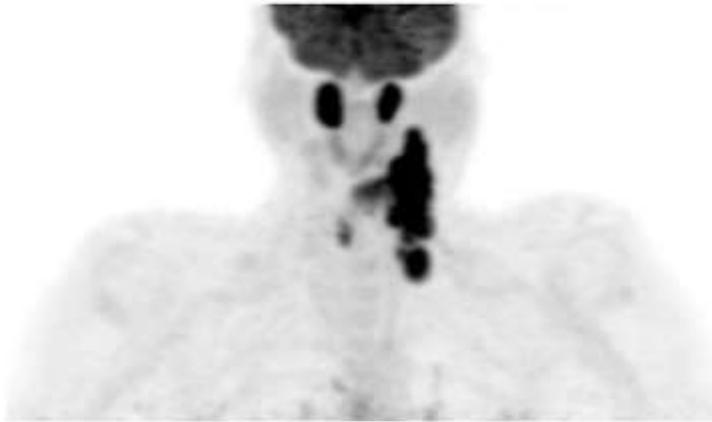
Izda: Rastreo con ^{131}I
Dcha: PET



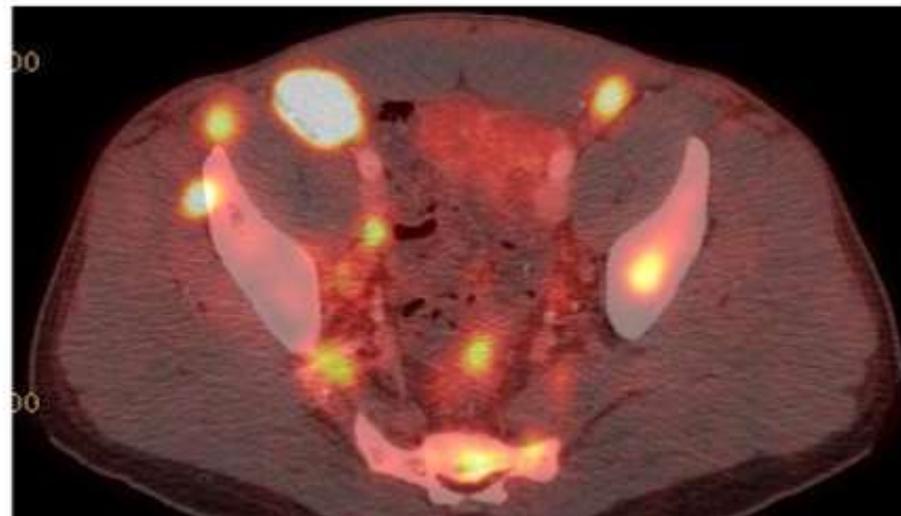
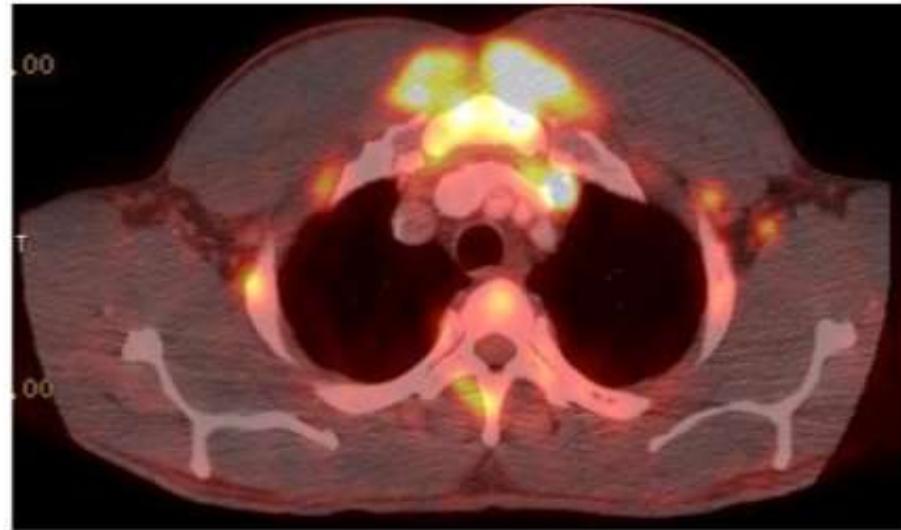
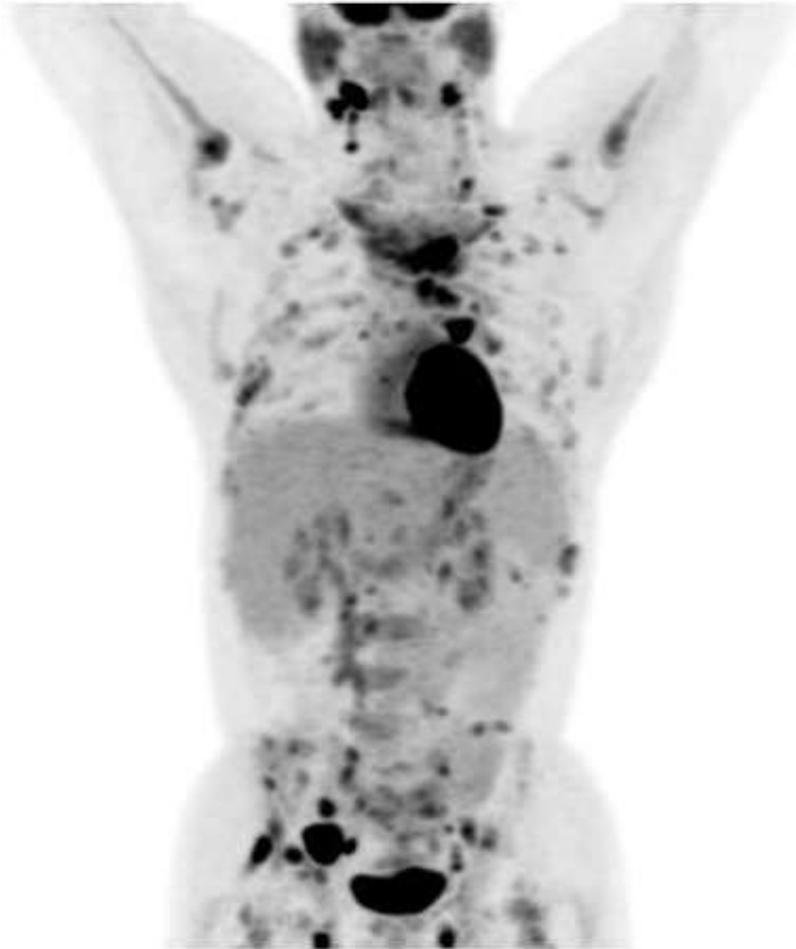
5: Linfoma: respuesta al tto



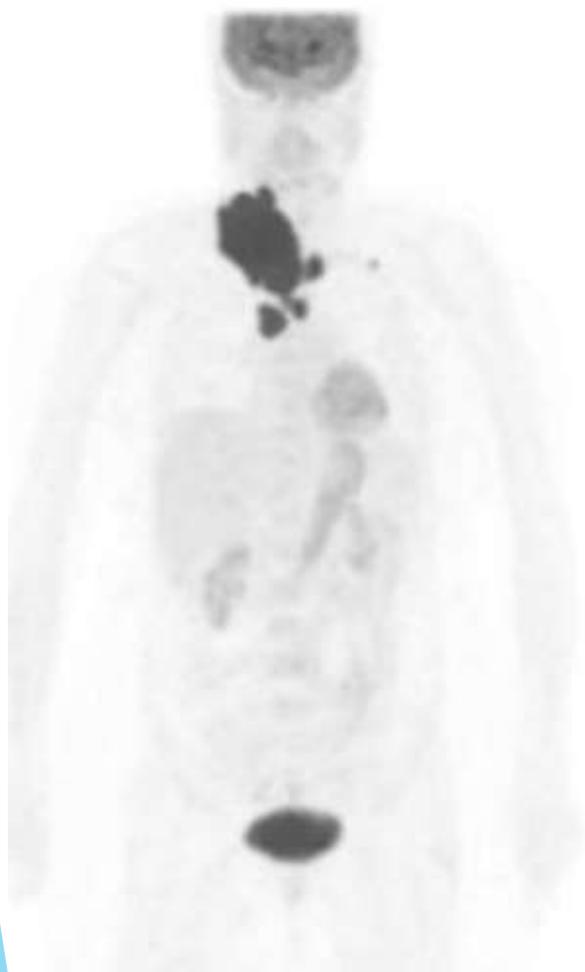
6: CyC → planificación RT y resp al tto



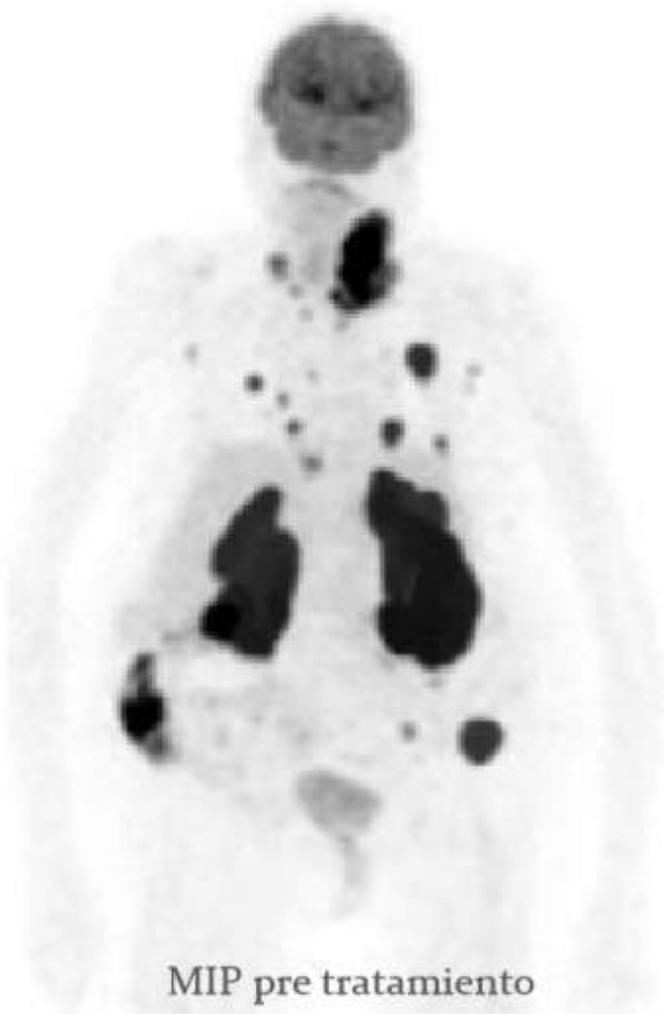
7. Linfoma: estudio extensión



8. LNH-B estadio II-A



▶ **LNH-B estadio IV-A**



Vídeos de interés sobre PET

<https://www.youtube.com/watch?v=j7GTBtZAJk4&t=125s> Todo el procedimiento. 6 min

<https://www.youtube.com/watch?v=9Wde9dRXkZY> Resumen en inglés. 2 min

La Milagrosa 3 min

https://www.youtube.com/watch?v=8Jy_h3a7wH8 CUN 3 minutos