

Evaluación de un programa para dosimetría en radioterapia: DPM

Trabajo Académicamente Dirigido

Vanessa Morcillo Ortega

Dirigido por:

José Manuel Udías Moinelo

Joaquín López Herraiz

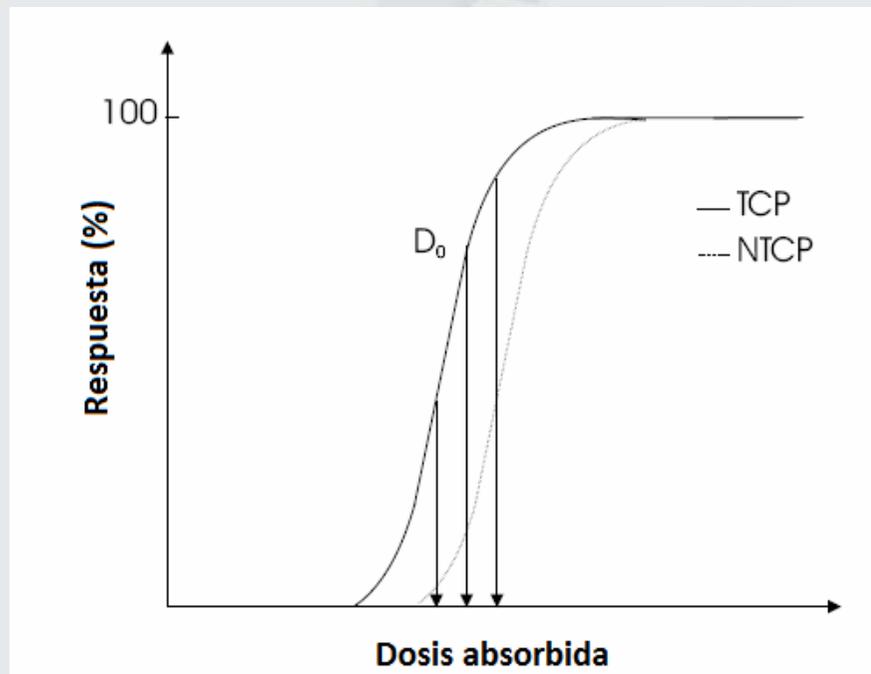
Objetivos

Grupo de Física Nuclear. UCM

- Explorar el problema del cálculo de dosis recibida por pacientes de radioterapia.
- Conocer los diversos software disponibles para este tipo de estudios.
- Estimar la importancia del cálculo detallado de dosis cuando el volumen que recibe la radiación tiene composición compleja
- Trataremos de ver con algunos ejemplos las diferencias que ocasiona el considerar la distinta composición de los materiales en la evaluación de la dosis, frente al caso en que se consideran todos los tejidos como agua.

DOSIMETRÍA

- La dosis se administra fraccionada.
- Es importante conocer cómo la cantidad de dosis absorbida por el tumor influye en la probabilidad de control tumoral (TCP)



Dosis Total	Órganos que presentan complicaciones
Baja: 1000-2000 rads	Ovarios y testículos Mamas, huesos y cartílagos Médula ósea Cristalino Estomago, intestino, colon
Moderada: 2000-4500 rads	Hígado (3500-4500) Riñón (>2500) Pulmón (>2500) Corazón (>4500) Glándulas tiroides y pituitaria Músculos en desarrollo Ganglios linfáticos
Alta: 5000-7000 rads	Estructuras epiteliales (piel) Cavidad oral, esófago, recto, glándulas salivales, páncreas, vejiga Huesos y cartílagos adultos Ojo, oído SNC (cerebro y médula espinal) Glándulas suprarrenales
Muy alta:>7500 rads	Uréteres, vagina, uretra Mamas adultas Músculo, sangre, conductos biliares

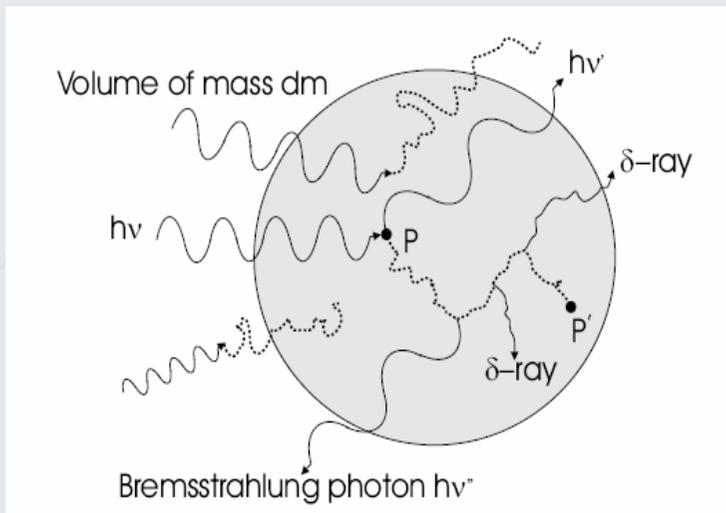
Dosis Total	Órganos que presentan complicaciones
Baja: 1000-2000 rads	Ovarios y testículos Mamas, huesos y cartílagos Médula ósea Cristalino Estomago, intestino, colon
Moderada: 2000-4500 rads	Hígado (3500-4500) Riñón (>2500) Pulmón (>2500) Corazón (>4500) Glándulas tiroides y pituitaria Músculos en desarrollo Ganglios linfáticos
Alta: 5000-7000 rads	Estructuras epiteliales (piel) Cavidad oral, esófago, recto, glándulas salivales, páncreas, vejiga Huesos y cartílagos adultos Ojo, oído SNC (cerebro y médula espinal) Glándulas suprarrenales
Muy alta:>7500 rads	Uréteres, vagina, uretra Mamas adultas Músculo, sangre, conductos biliares

Dosis absorbida

Grupo de Física Nuclear. UCM

- Es en realidad un valor promedio.

$$D = \frac{d\bar{E}_{ab}}{dm},$$



- Energía cedida por los electrones secundarios a lo largo de la trayectoria P-P'

- Si dm es demasiado pequeño las fluctuaciones serán tan grandes

que el proceso de deposición se volverá estocástico y no se podrá definir con D.

Dosis equivalente (H_T)

Grupo de Física Nuclear. UCM

- Es necesario un factor que pondere los efectos de la radiación (1Gy de rayos alfa no produce el mismo efecto que 1Gy de RX)

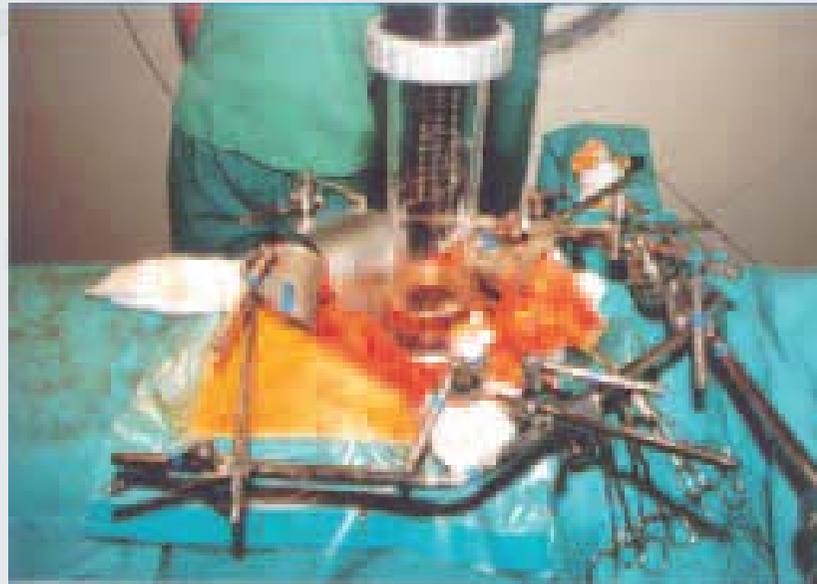
Tipo de radiación	w_R
Fotones de todas las energías	1
Electrones y muones de todas las energías	1
Neutrones:	
Energía < 10 keV	5
De 10 keV 100keV	10
De 100 keV a 2 MeV	20
De 2 MeV a 20 MeV	10
Energía > 20 MeV	5
Protones de energía < 2MeV	10
Partículas α , s, fragmentos de fisión y núcleos pesados	20

>> Expresa en una escala común el daño producido a personas expuestas a distintas radiaciones, definiéndose sobre un tejido T.

$$H_T = D_{T,R} \cdot w_R$$

Aplicación de dosis: radioterapia

- Radioterapia externa
 - Intraoperatoria (IORT): la radiación se administra durante la cirugía



Aplicación de dosis: radioterapia

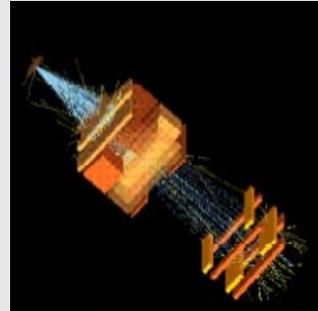
- Radioterapia externa
 - Intraoperatoria (IORT): la radiación se administra durante la cirugía
 - Irradiación craneal profiláctica (PCI) : aplicada al cerebro



Aplicación de dosis: radioterapia

- Radioterapia externa
 - Intraoperatoria (IORT): la radiación se administra durante la cirugía
 - Irradiación craneal profiláctica (PCI) : aplicada al cerebro
 - Otras : RT3D, Radioterapia con intensidad modulada (IMRT), radioterapia estereostática.

- Radioterapia interna
 - La fuente de radiación se coloca muy cerca del tumor en un implante.
 - Ofrece la posibilidad de administrar dosis altas en un tiempo reducido y a un volumen bien delimitado.
- Radioterapia sistémica
 - Usa materiales como el yodo ^{131}I que pueden tomarse via oral o inyectarse en el cuerpo.



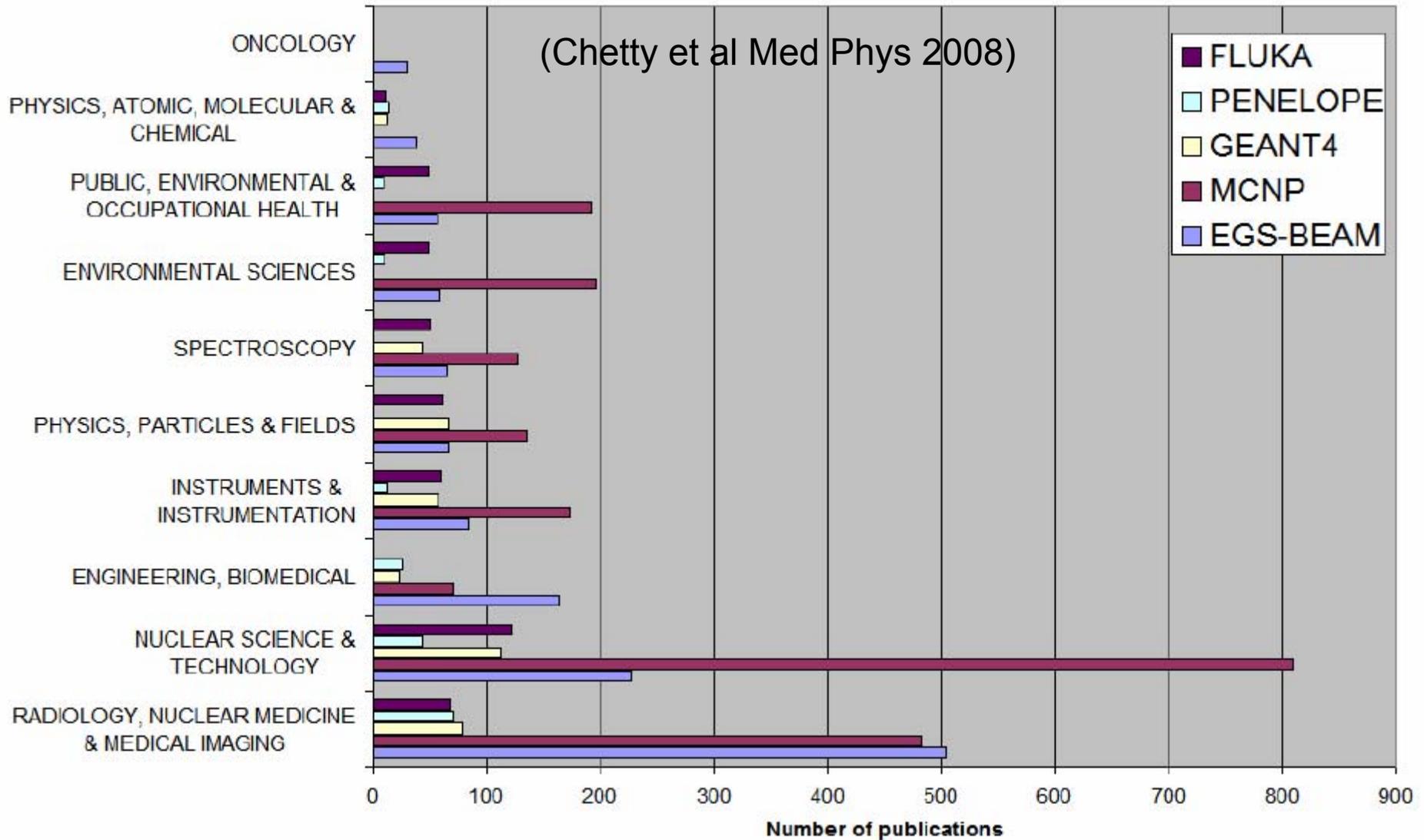
SOFTWARE



- Se utilizan para la planificación de tratamientos en radioterapia empleando métodos de superposición de dosis, calculadas con métodos de MC.
 - **Problema:** pueden dar valores fuera de los márgenes saludables en tejidos muy heterogéneos.
 - **Solución:** Introducir en parte de los cálculos de los sistemas de planificación métodos de MC.

- **Problema:** Necesitan una gran potencia de cálculo, traducido a un largo tiempo de computación para obtener incertidumbres pequeñas.
- **Solución:** Instalación de Clusters o redes de distribución en hospitales para disminuir el tiempo de cálculo.
 - Aparecen códigos de computación de MC para radiaciones ionizantes, de libre distribución.

- Antiguamente en la planificación de tratamientos se obtenían errores de hasta el 50% para haces de electrones y del 30% para fotones. (Aprox. Analíticas sin restricciones)
- Actualmente, gracias a la aparición de paquetes basados en MC las restricciones radioterapéuticas son posibles.
- Paquetes específicos de geometrías (BEAM), de calculo de dosis (VCM, DPM...)
- La mayoría están siendo desarrollados con lenguajes y paquetes de libre distribución.



DPM

(Dosis Planning Method)

- Es un algoritmo de simulación MC para el cálculo de distribución de dosis en tratamientos con haces de fotones y electrones.
- Optimiza el cálculo de distribuciones de dosis dadas por e⁻ y fotones de alta energía.
- Su precisión es comparable a la de otros códigos MC.
- Se basa en un código más sofisticado, PENELOPE.
- La innovación más importante es el uso de nuevos cálculos en el transporte de electrones.

- Explota un rango dinámico pequeño de energías y materiales.
 - Energías de 100 KeV – 20 MeV
 - En la mayoría de las aplicaciones clínicas aparecen materiales de bajo Z y por ello ciertas secciones eficaces y funciones de distribución son determinadas por la ampliación de los datos calculados en agua.
- Esta constituido por 4 programas:
 - Material
 - Predpm
 - Genvoxel
 - Dpm

MATERIAL

- Extrae datos de la librería de PENELOPE para construir tablas y secciones eficaces de diversos materiales.
- Da la posibilidad de añadir nuevos materiales.

PREDPDM

- Usa los datos creados por material y los prepara para ser leídos por DPM.
- Tiene cómo variables de entrada:

MATERIAL

- Extrae datos de la librería de PENELOPE para construir tablas y secciones eficaces de diversos materiales.
- Da la posibilidad de añadir nuevos materiales.

PREDPM

- Usa los datos creados por material y los prepara para ser leídos por DPM.
- Tiene cómo variables de entrada:

E_{min}	$199.0 \cdot 10^3$	La energía mínima de los e ⁻ en tablas [penepN.tab]
E_{máx}	$21.0 \cdot 10^3$	
E_{minph}	$49.0 \cdot 10^3$	
W_{cc}	$200.0 \cdot 10^3$	Energía de corte por producción de rayos delta
W_{cb}	$50.0 \cdot 10^3$	Energía de corte por producción de radiación de frenado
Shigh	5.0 cm por e ⁻ 1.0 cm por fotón	Longitud de paso para energías por encima de la sección eficaz
	1.0 cm por e ⁻ 0.5 cm por fotón	Longitud de paso para energías por debajo de la sección eficaz
Slow		

- GENVOXEL

- Crea voxel a voxel una lista de densidades de la geometría dibujada.

- DPM

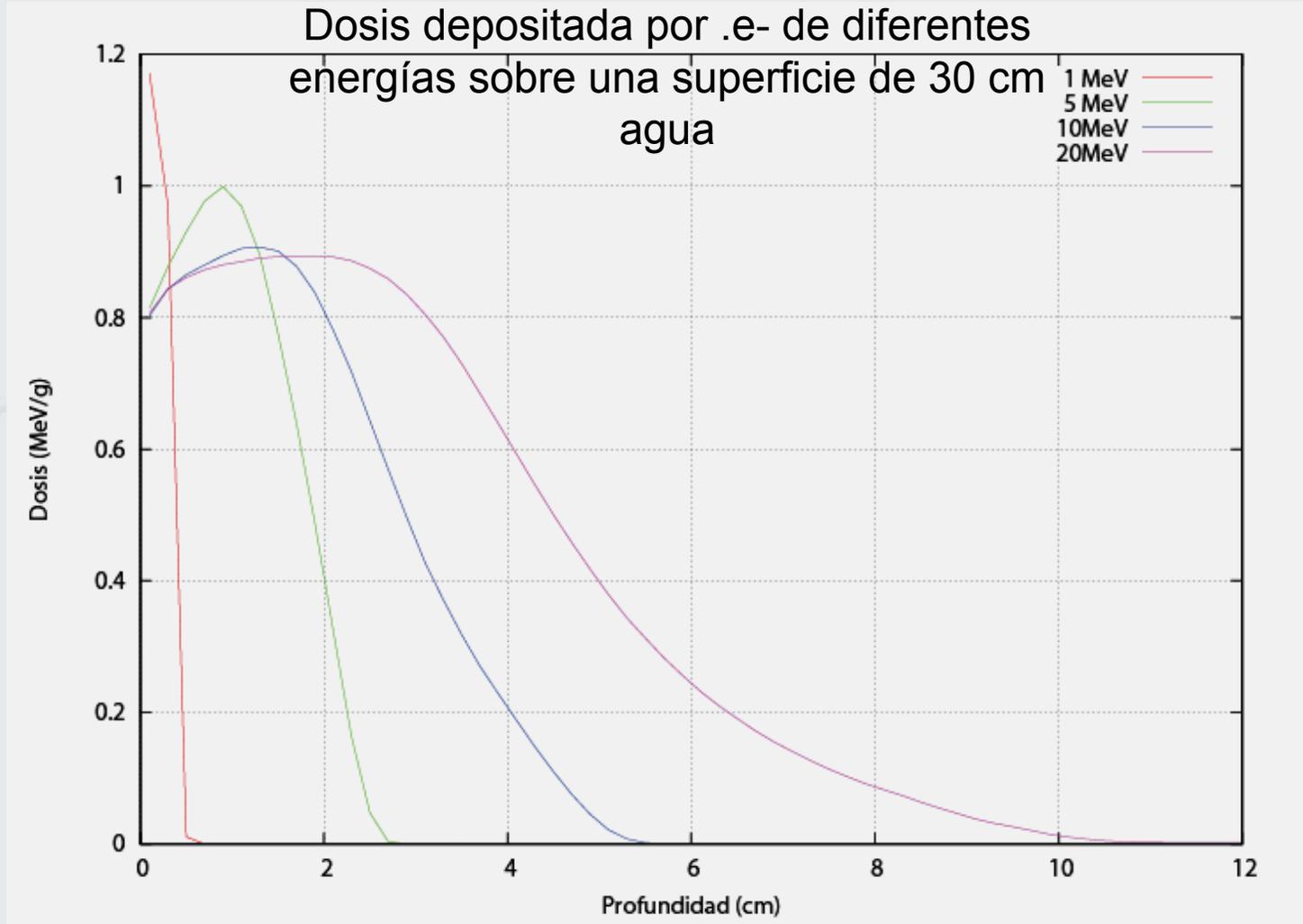
- Es el propio programa y tiene como variables de entrada:

- GENVOXEL
 - Crea voxel a voxel una lista de densidades de la geometría dibujada.
- DPM
 - Es el propio programa y tiene como variables de entrada:

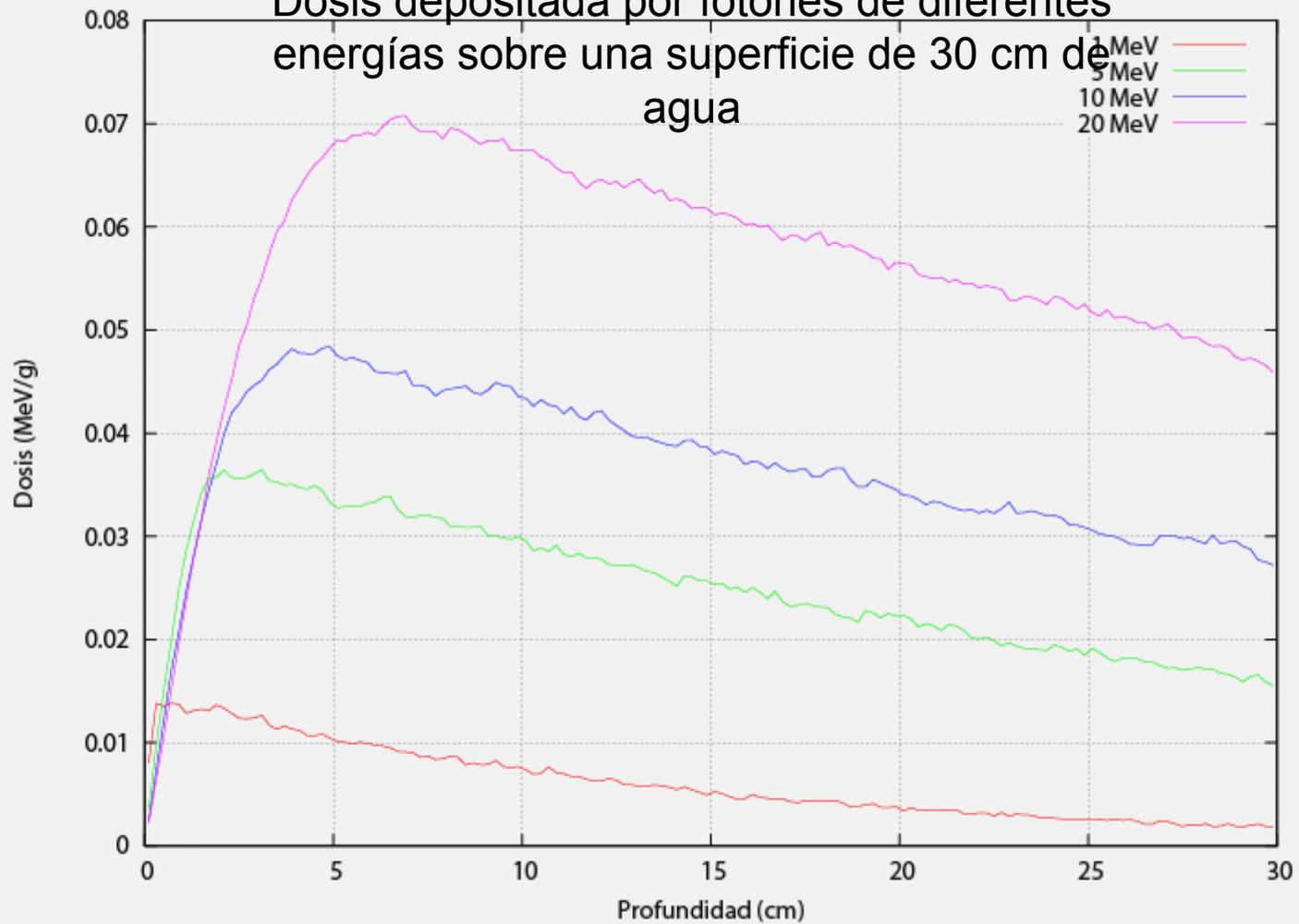
```
No of histories:
 011500000
Allotted time; use neg values to indicate CPU time (s):
-900000030
Particle Type (-1 for e-, 0 for photons):
 -1
Source energy (eV):
 20.0e6
Square source beam size; use 0 for pencil beam (cm):
 1.5
Electron absorption energy (eV):
 200.0e3
Photon absorption energy (eV):
 50.0e3
Prefix of all compatible files:
pre4elec
Geometry file to use:
sample.vox
Rectangular Region of Interest (initial and final values for {x,y,z} in
cm):
 15.25 15.25  15.25 15.25  0.00 100.00
Random seeds [set both to 0 for default]:
 0 0
```

RESULTADOS

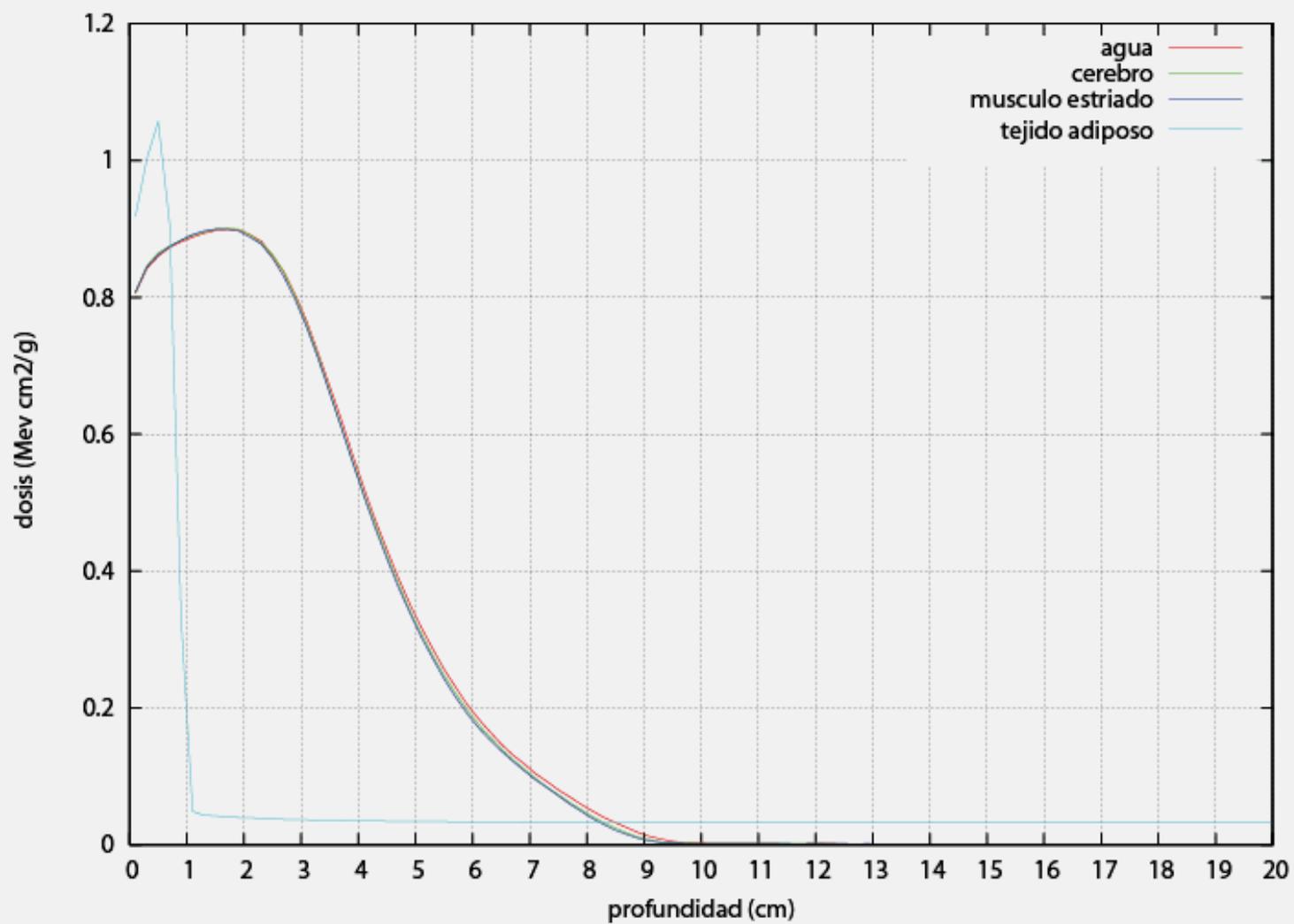
Comportamiento de los electrones



Dosis depositada por fotones de diferentes energías sobre una superficie de 30 cm de agua

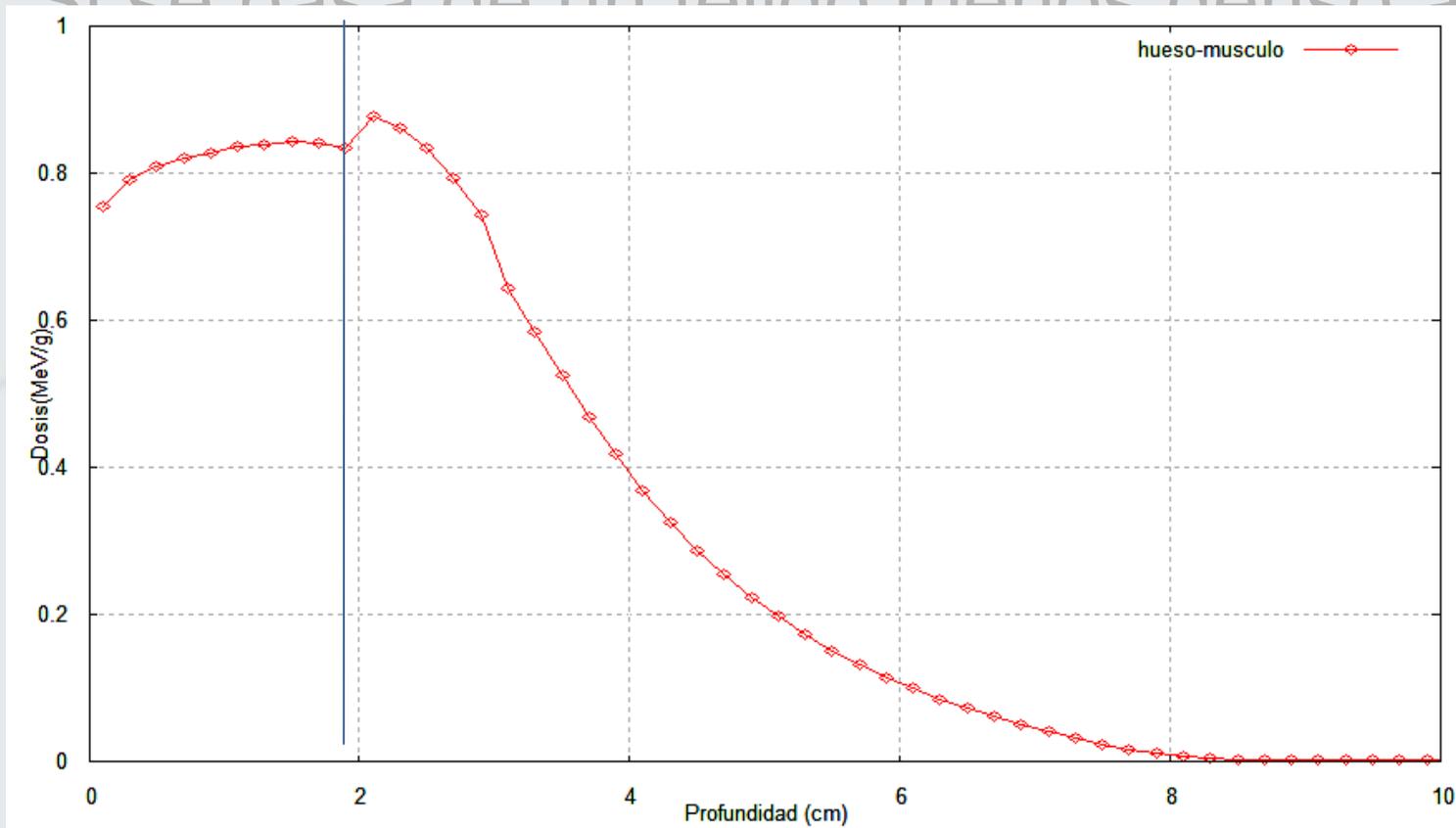


- Estudio realista: consideración de las inhomogeneidades presentes. La densidad del músculo, es muy parecida a la del agua pero no ocurre lo mismo con el hueso, el tejido adiposo y otros tejidos que encontramos en el cuerpo humano.
 - Estudiamos primero la absorción de electrones en una superficie homogénea de diversos tejidos.



- Si se pasa de un tejido menos denso a otro más denso se produce una región de acumulación (disminución de dosis) en este último.
- Por el contrario, si se pasa de un tejido más denso a otro menos denso la dosis en el último aumenta.

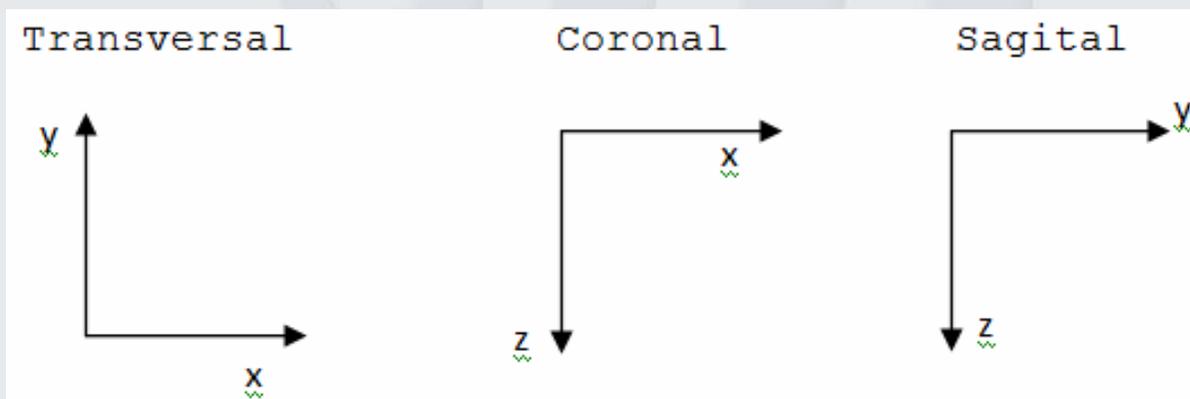
- Si se pasa de un tejido menos denso a



de
->
osis

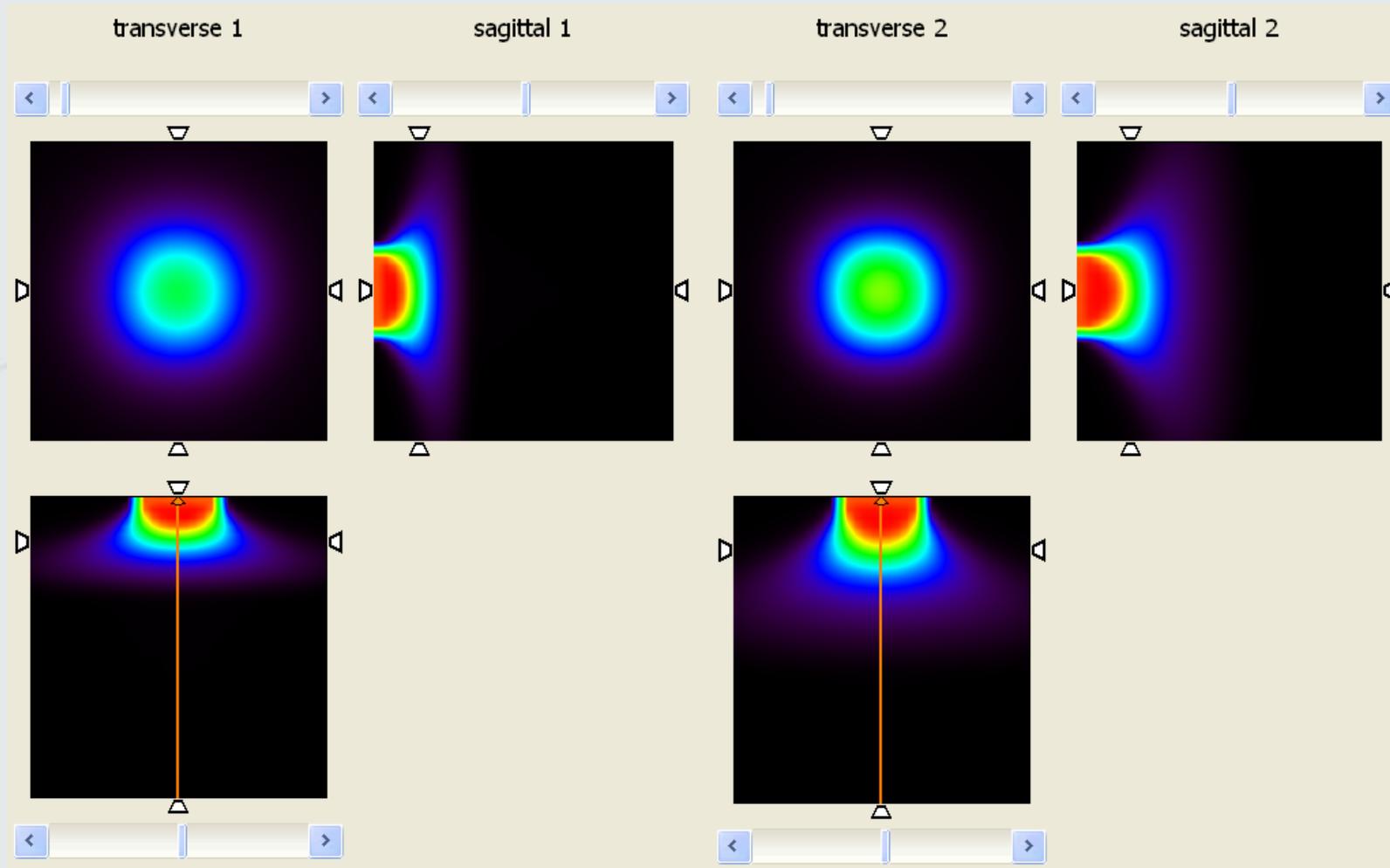
DISPERSIÓN DEL HAZ

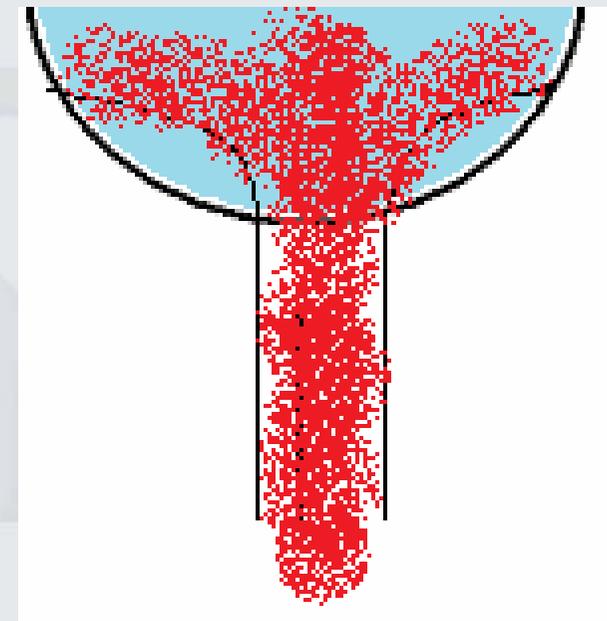
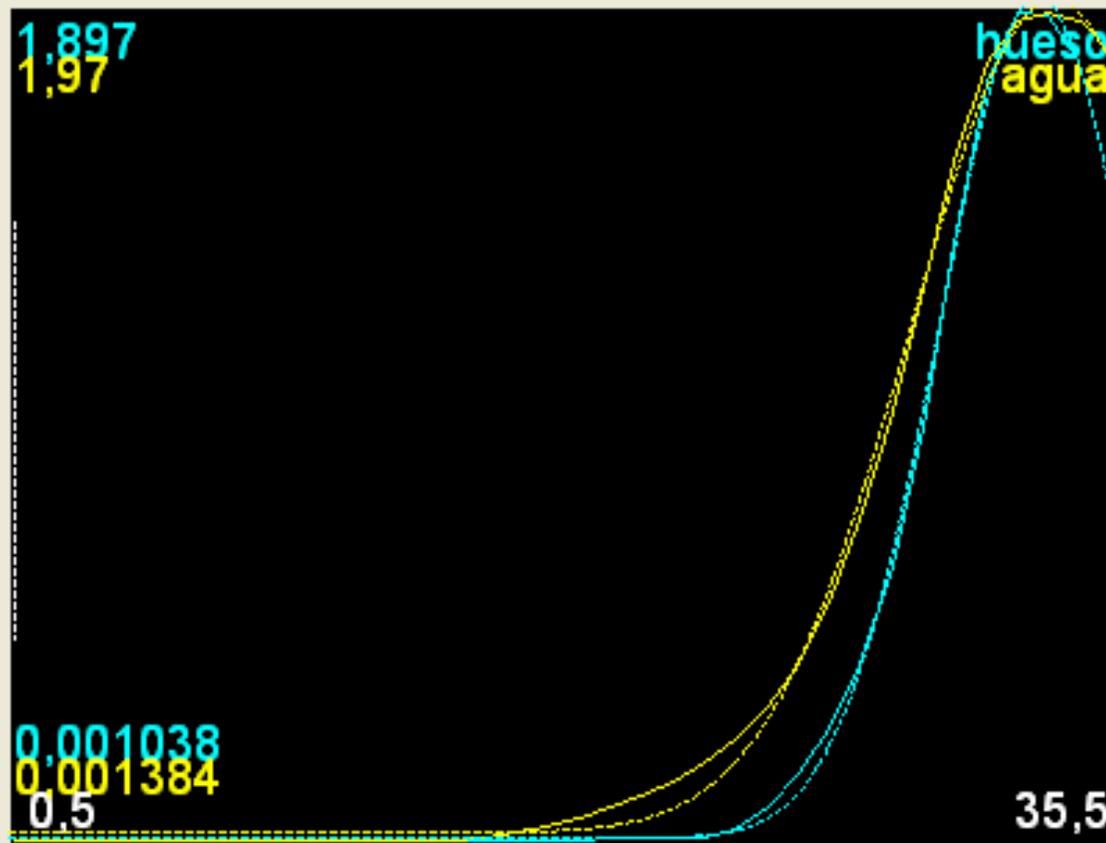
- Objetivo: observar la dispersión de los electrones en un tejido al atravesarlo.
- Orientación del haz: perpendicular a la superficie, haciendo que incida normalmente en la zona a observar.
- Energías utilizadas: 20 MeV



Cilindros concéntricos

- tamaño de 35x35x120 voxeles
 - haz incidente de 1 cm
- a) hueso, b) agua.

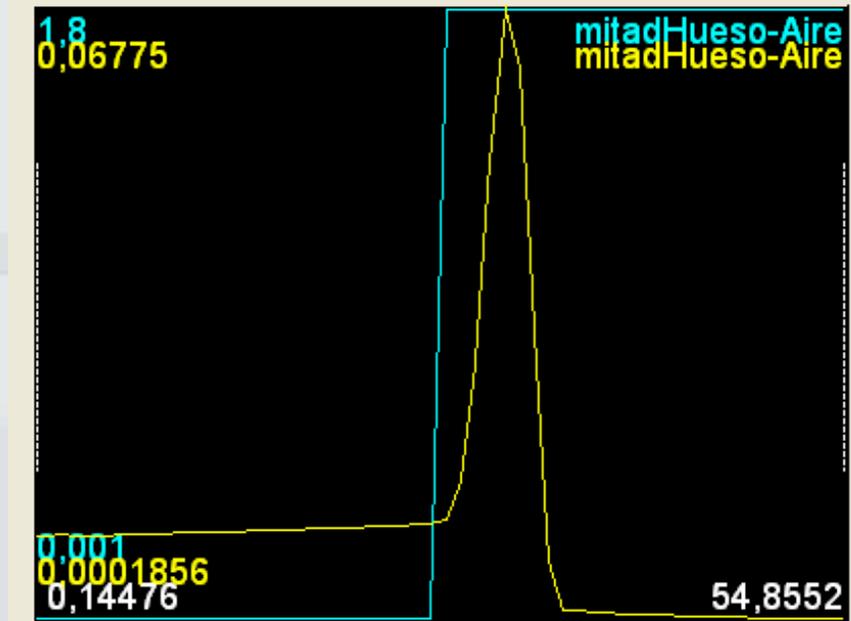
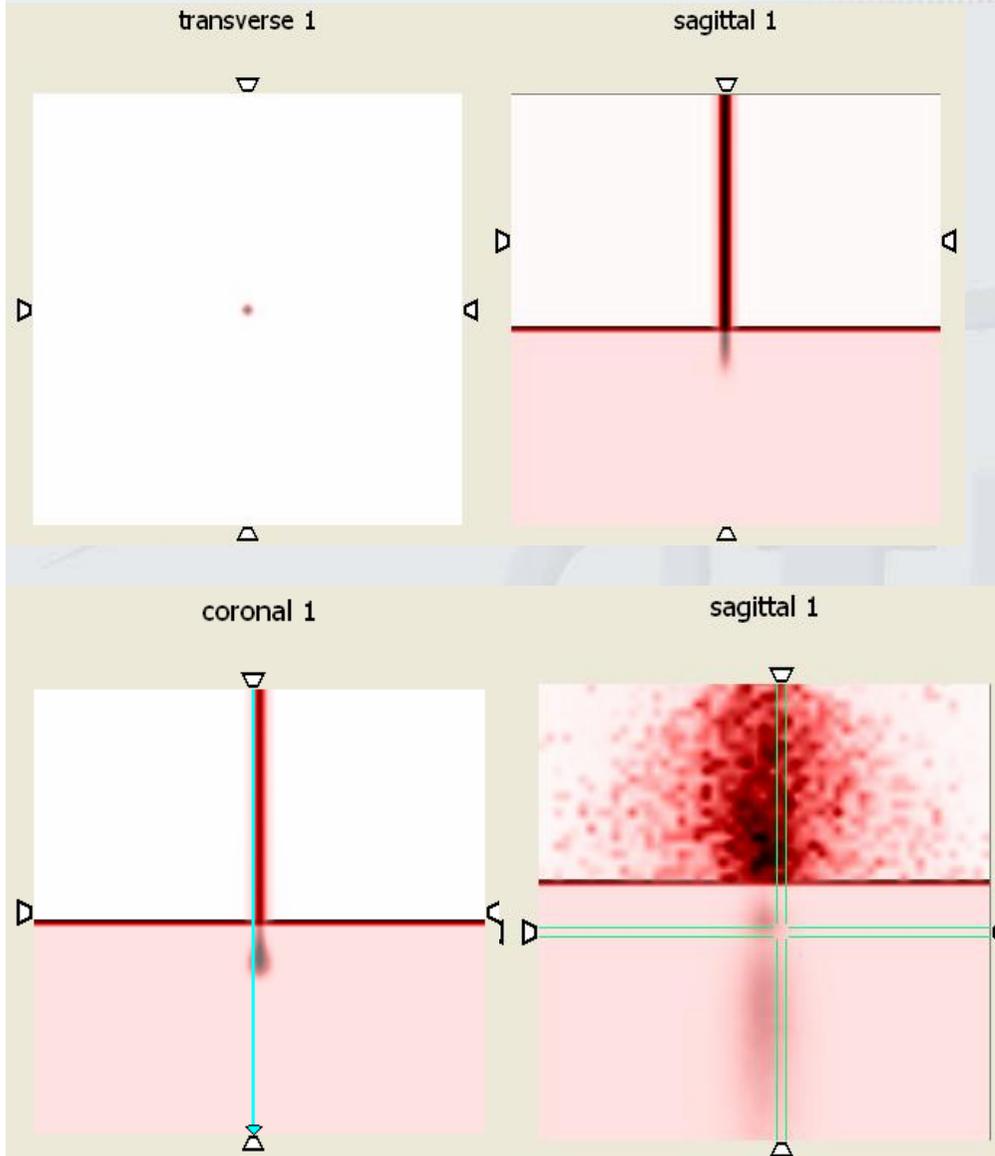




El haz llega desde el aire sin perder energía y cuando se encuentra con el cilindro cuya densidad es mayor, se abre y deja la dosis que observamos en el perfil.

Plano de aire-hueso

Grupo de Física Nuclear. UCM

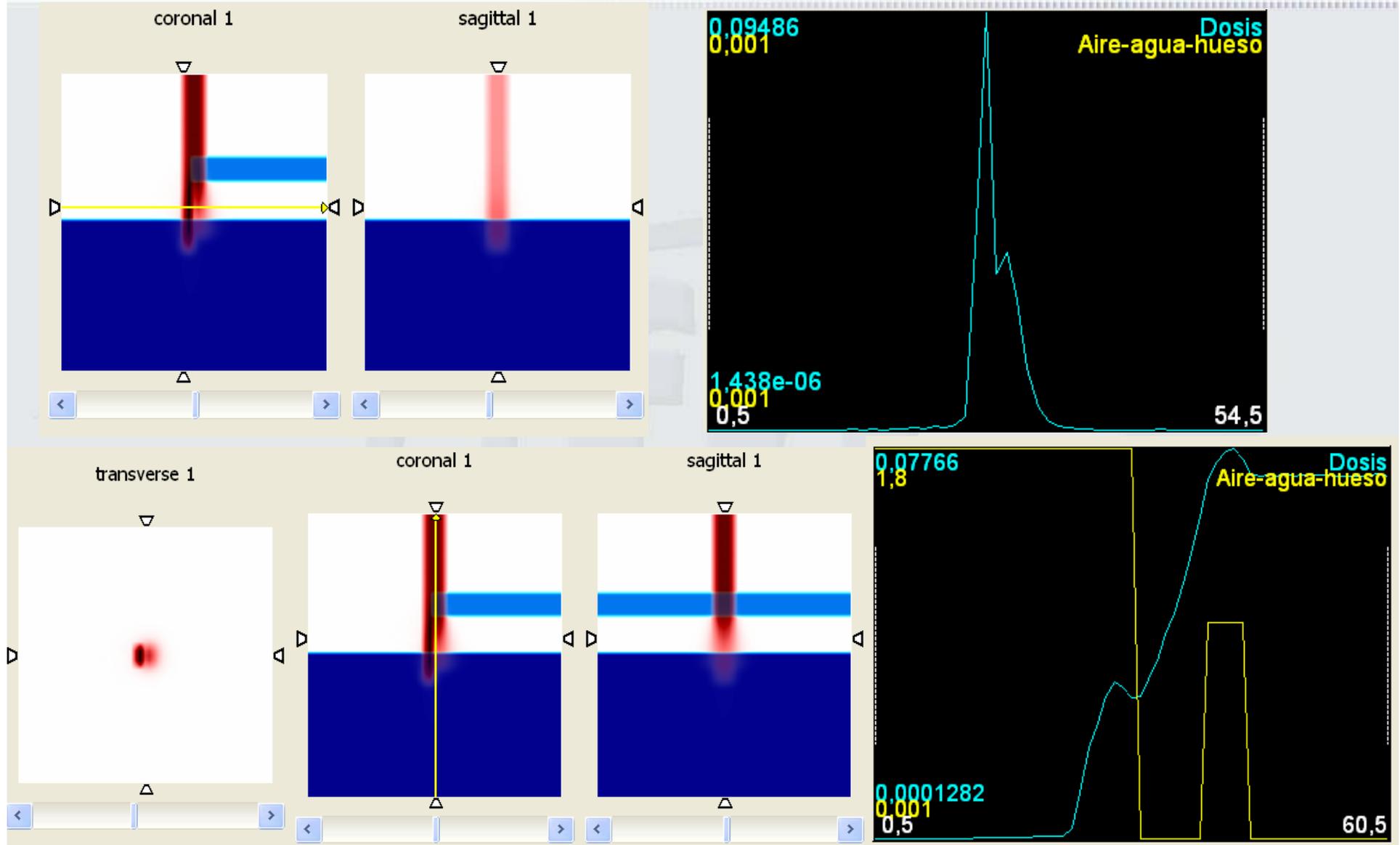


La dosis depositada en hueso tiene un valor máximo a pocos cm de la superficie, ya que la mayoría de la dosis se deposita en la superficie de separación

Plano de aire-agua-hueso

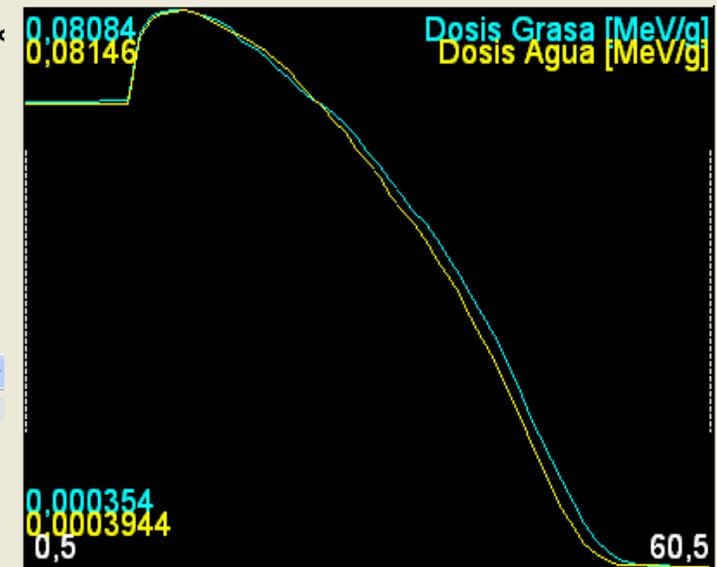
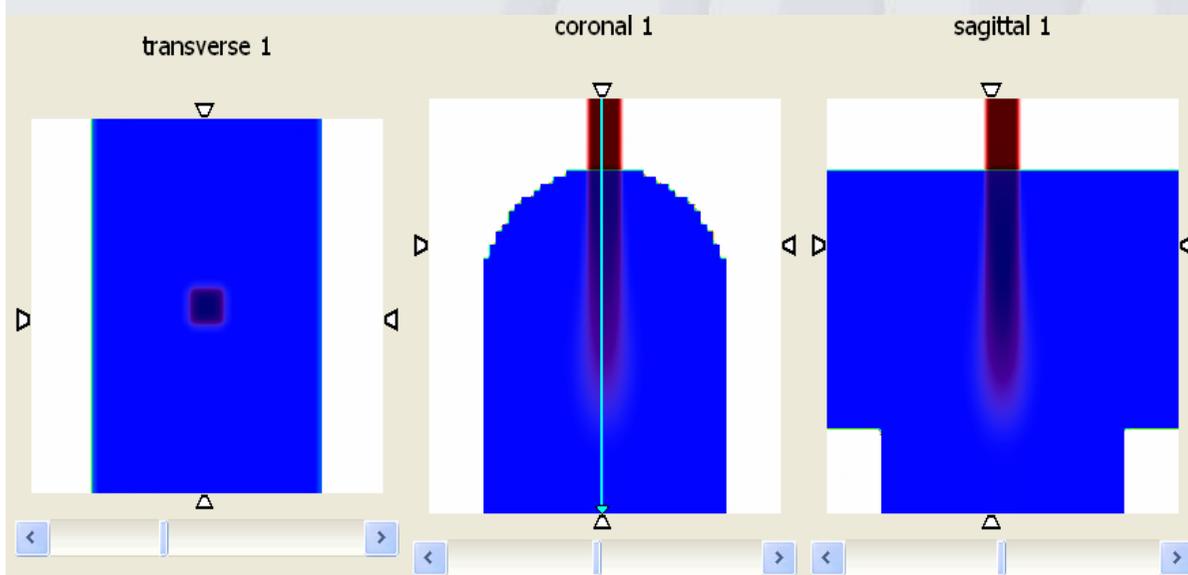
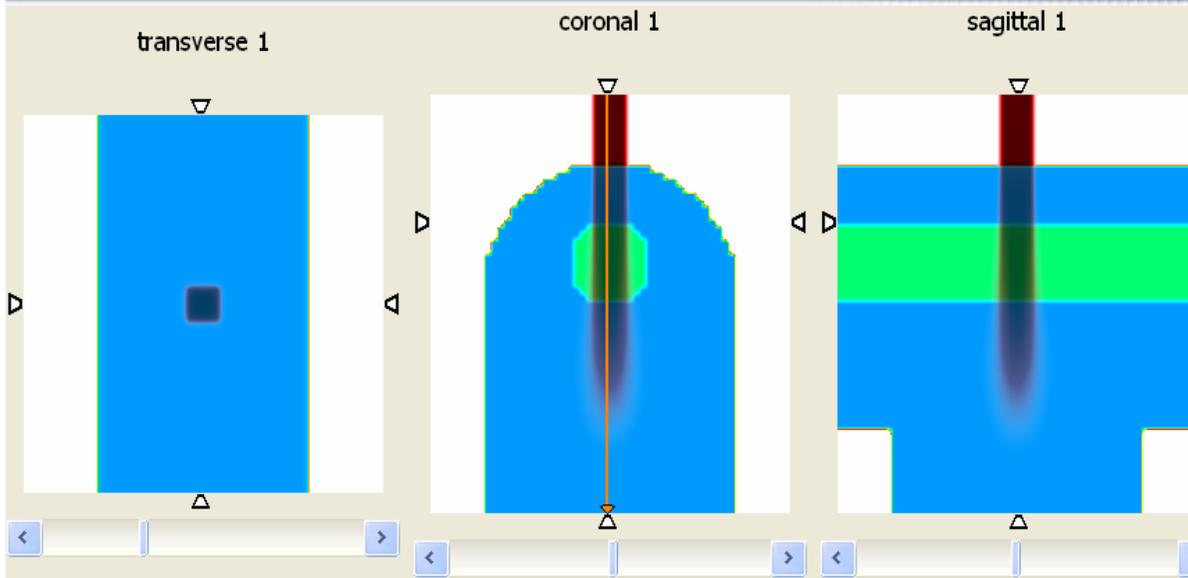
lámina de agua de 20 cm

Grupo de Física Nuclear. UCM

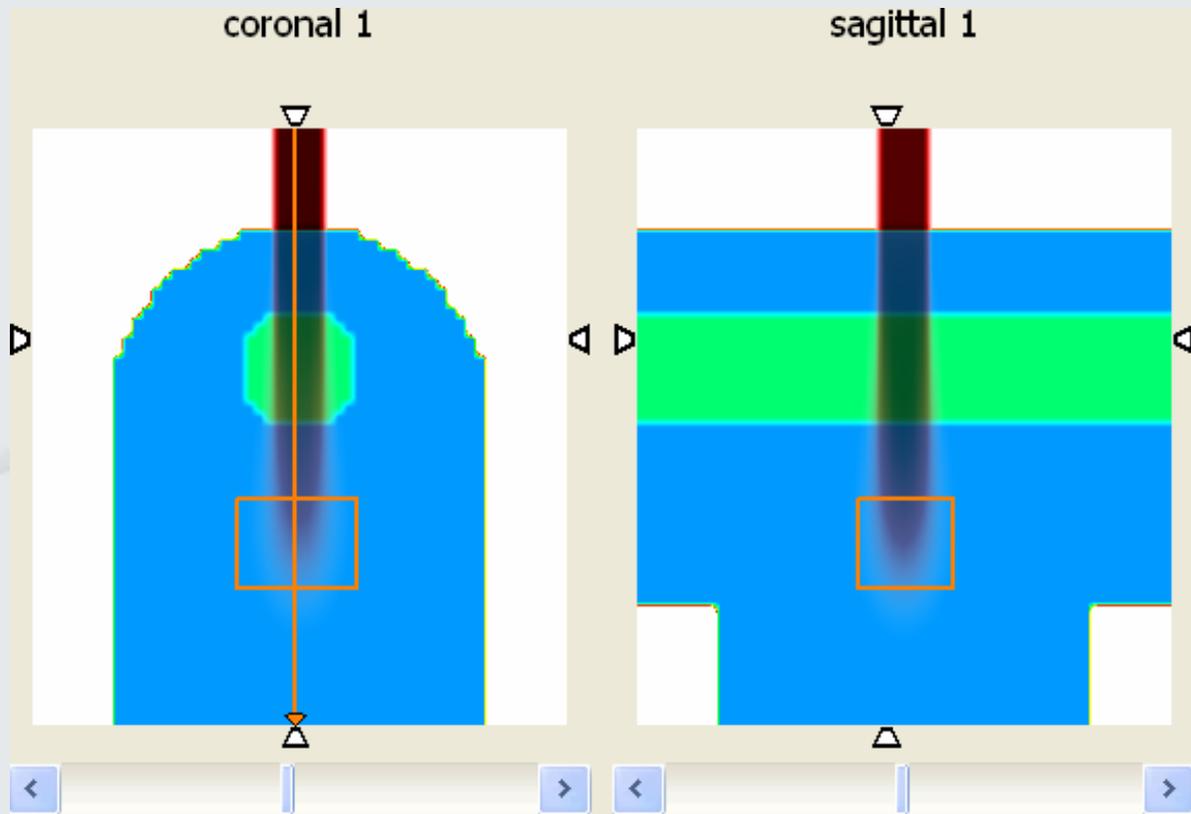


Maniquí de agua y grasa

Grupo de Física Nuclear. UCM



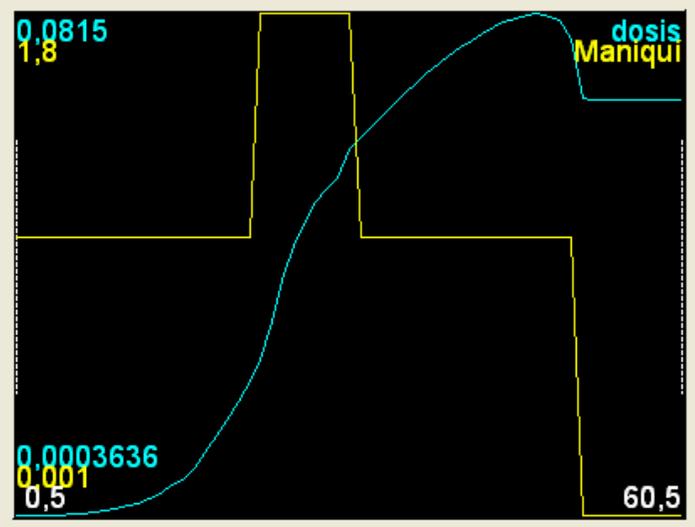
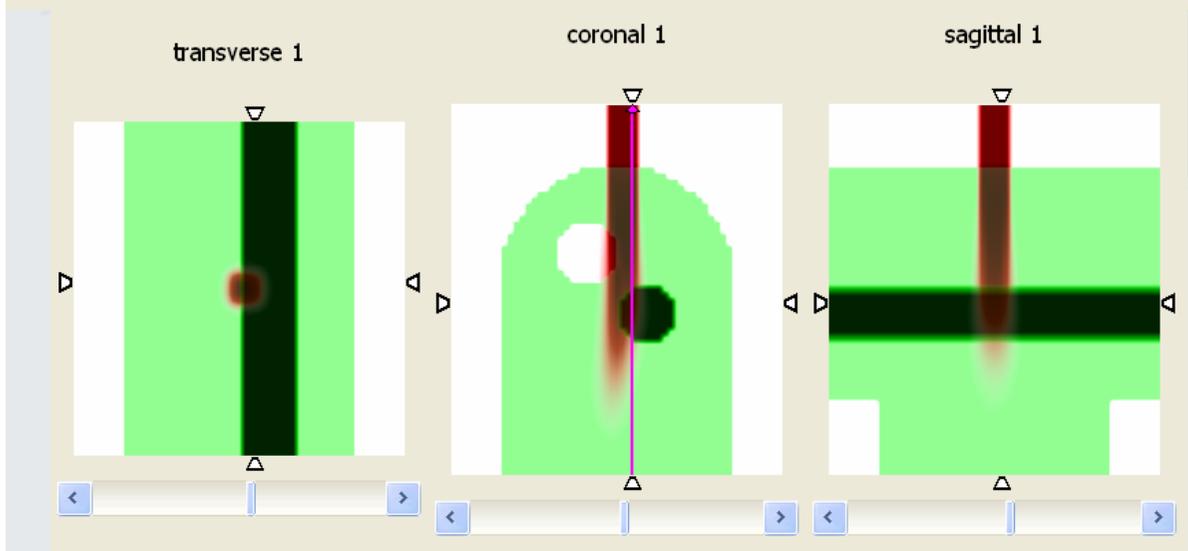
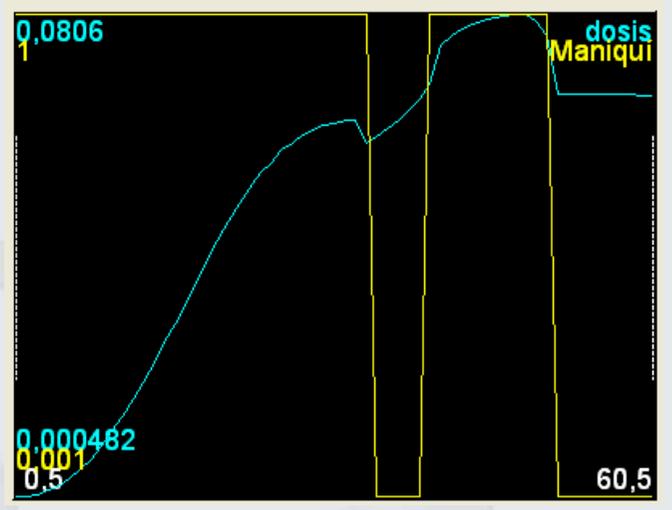
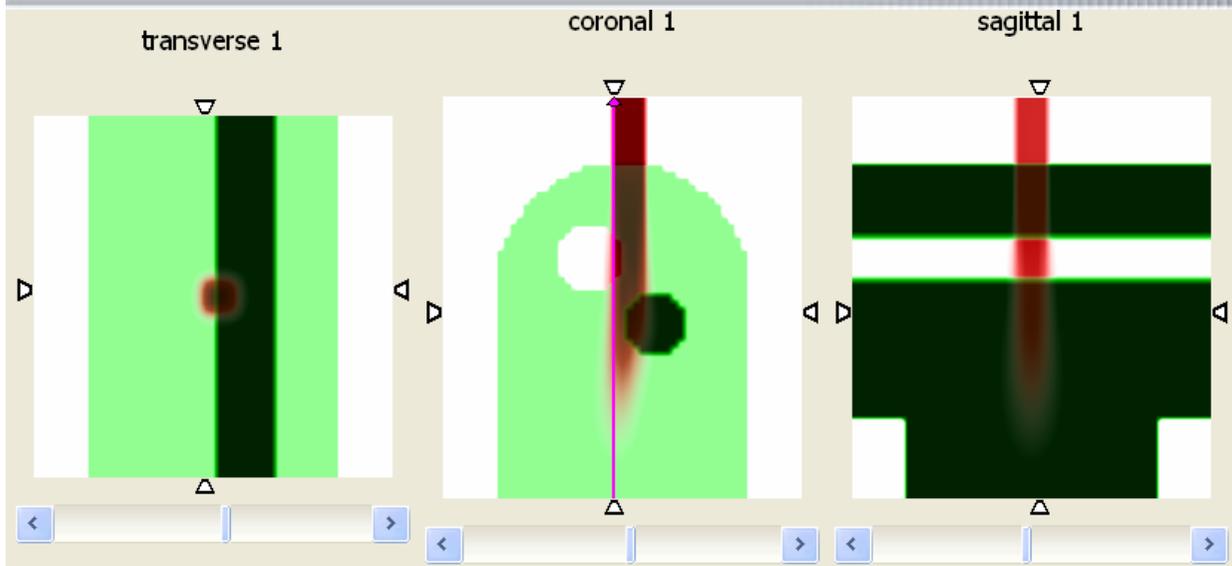
Estudio estadístico



Error del 15 %

ROI	Data Set	Median	Mean	Var	Std Dev	Min	Max	Size (mm ³)	Frac. Vol
roi	Dosis Grasa [MeV/g]	0,0047235	0,0119317	0,000179163	0,0133852	3,244e-05	0,06732	1156,25	1156,25
roi	Dosis Agua [MeV/g]	0,0040405	0,0105882	0,000149099	0,0122106	1,472e-05	0,06326	1156,25	1156,25

Maniquí de agua, aire y hueso



- Se han creado dos programas más para la realización del trabajo:
 - Uno para voxilizar imágenes complejas y obtener una imagen binaria de la misma.
 - Otro para obtener una imagen binaria de los datos obtenidos con DPM.
- Aparte de DPM se ha aprendido a utilizar FLUKA pero no ha habido tiempo suficiente para obtener resultados.
- DPM es muy rápido a la hora de cálculos con un número suficiente de historias, y que sería una herramienta muy útil en hospitales debido a su sencillo uso

- Se ha comprobado que el error cometido al considerar el cuerpo humano como un medio homogéneo no puede considerarse despreciable en bastantes situaciones.
- Considerar el músculo como agua no supone un error importante, pero el error aproximado del 15% que encontramos al considerar como agua la grasa, es considerable, puesto que los músculos contienen capas importantes de tejido adiposo.

FIN
GRACIAS!