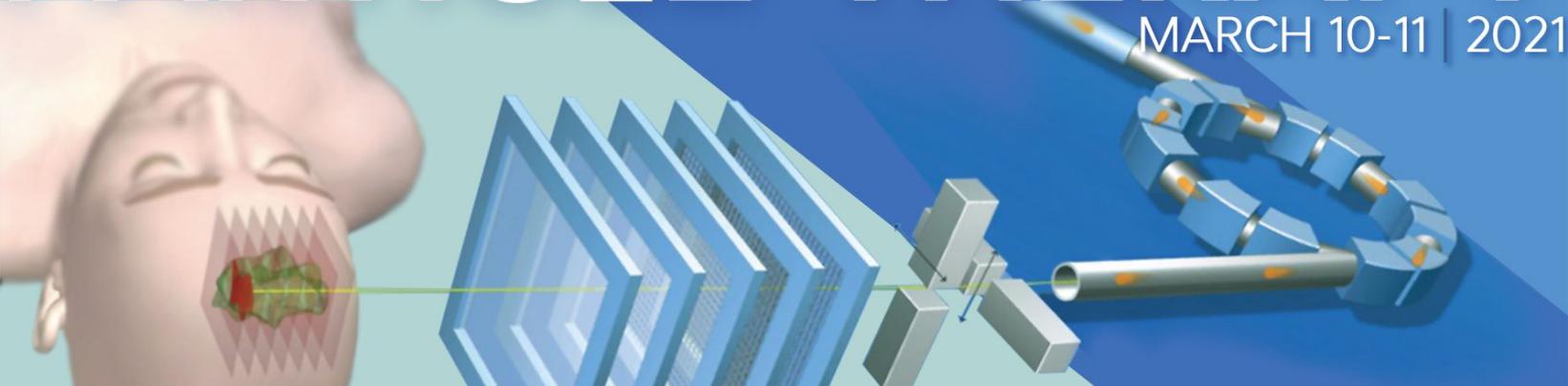


VIRTUAL INTERNATIONAL MASTERCLASS ON PARTICLE THERAPY

MARCH 10-11 | 2021



Aguilar Vieyra Elizabeth

Estudiante de Ingeniería en Sistemas Biomédicos (FI-UNAM)

González Badillo Itzel Viridiana

Estudiante de Ingeniería en Sistemas Biomédicos (FI-UNAM)

Sánchez Vázquez Alejandro Enrique

Estudiante de Ingeniería Mecatrónica (FI-UNAM)

Supervisado por: Dr. Antonio Ortiz Velásquez



Instituto de
Ciencias
Nucleares
UNAM



ALICE



International Particle
Physics Outreach Group



Contenidos

1. TEORÍA

- 1.1. Fenómenos biológicos
 - 1.1.1. ¿Qué es radiación?
 - 1.1.2. ¿Qué es cáncer?
 - 1.1.3. Muerte celular
 - 1.1.4. Terapia de partículas aplicada al cáncer
- 1.2. Consideraciones físicas
 - 1.2.1. Partículas usadas
 - 1.2.2. Instalaciones
 - 1.2.3. Dosis absorbida de radiación

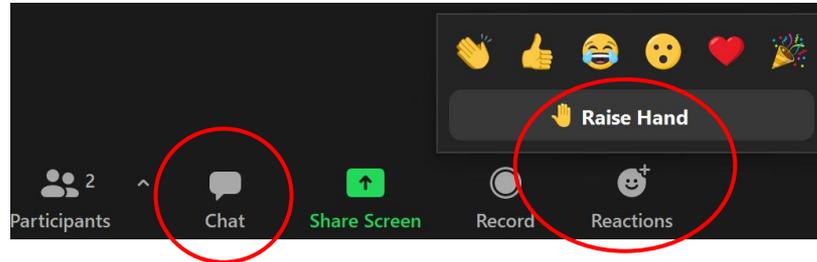
2. APLICACIÓN

- 2.1. Conoce tus tarjetas (conceptos básicos)
- 2.2. Qué es matRad
 - 2.2.1. Cómo funciona
- 2.3. Aplicación
 - 2.3.1. Ejecución general
 - 2.3.2. Fantasma
 - 2.3.2.1. Curva y pico de Bragg
 - 2.3.3. Hígado
 - 2.3.4. Cabeza y cuello
 - 2.3.4.1. Radiosensibilidad
 - 2.3.4.2. Análisis de radiosensibilidad

3. Conclusiones

1. TEORÍA: ¿Por qué sirve la terapia de partículas?

- 1.1 Fenómenos biológicos
- 1.2 Consideraciones físicas



1.1.1 ¿Qué es la radiación?

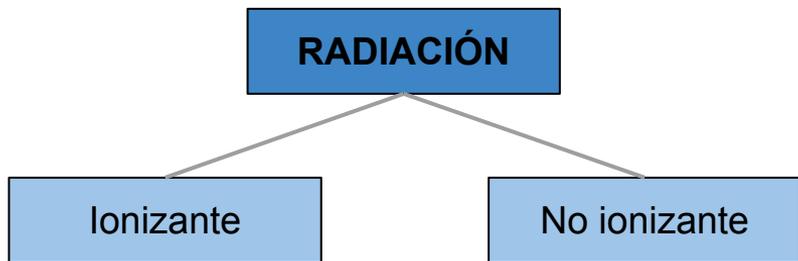


vs.

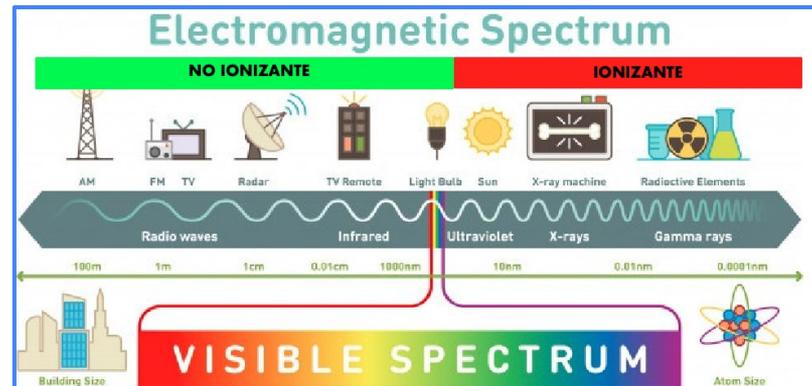


1.1.1 ¿Qué es la radiación?

Es la propagación de **energía** en forma de **ondas electromagnéticas** o **partículas subatómicas**.



Ionizante: Tipo de radiación de alta **energía** que tiene suficiente energía como para **eliminar** un **electrón** de un átomo o molécula.



1.1.2. ¿Qué es cáncer?

En el cáncer las células se **multiplican mal, alterando** la **función** celular.

El tejido crece (hiperplasia, alerta): \uparrow Volumen celular \rightarrow \uparrow # células

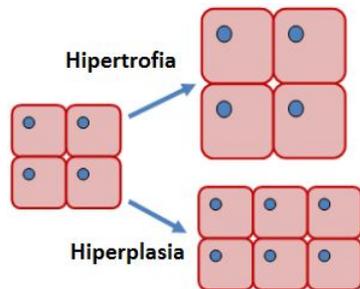
El tejido luego crece mal (displasia)

*No confundir con hipertrofia (sano):

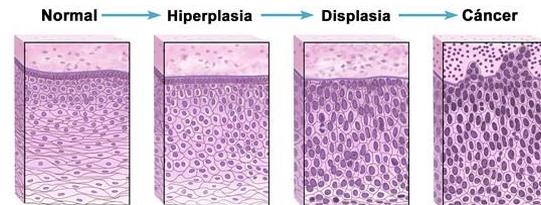
\uparrow Volumen celular \rightarrow \uparrow tamaño de las células



Hipertrofia



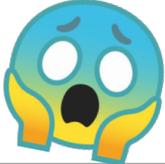
Las células normales se pueden convertir en células cancerosas



© 2014 Teresa Winslow LLC
U.S. Govt. has certain rights

1.1.3. Muerte celular

Una célula puede morir según alguno de los siguientes mecanismos:

Necrosis	Apoptosis	Autofagia	Catástrofe mitótica
<ul style="list-style-type: none">● Inflamación● Afecta grandes áreas● Si se infecta, se llama gangrena● DOLOR 	<ul style="list-style-type: none">● Muerte programada● Limpia● Formación de cuerpo apoptótico● Fagocitado por células vecinas o macrófagos.	<ul style="list-style-type: none">● Muerte programada● Limpia● Depende de organelos propios (autofagosomas y autolisosomas)	<ul style="list-style-type: none">● Error en la mitosis● Muchos núcleos● Número cromosómico 23 alterado

1.1.4. Terapia de partículas aplicada al cáncer

La terapia de partículas **busca**:



Apoptosis



Autofagia



Necrosis

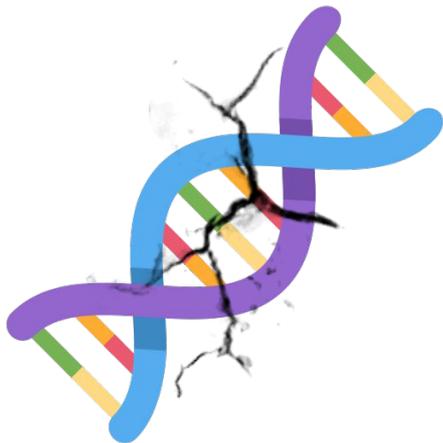
**Pocos haces
Intensos**



**Muchos haces
Ieves**



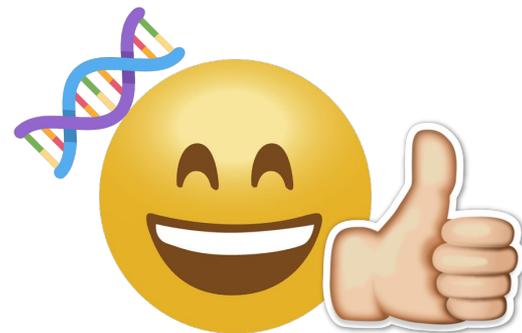
1.1.4. Terapia de partículas aplicada al cáncer



ADN dañado por dosis controladas de radiación



gen p53 suprime la replicación celular para reparar...

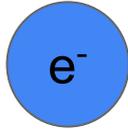


Apoptosis ✨

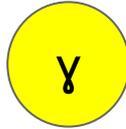
1.2.1. Partículas usadas

La terapia de partículas es usada para el **tratamiento** de **cáncer y otras enfermedades**. Se puede realizar con:

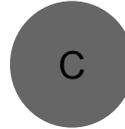
Electrones



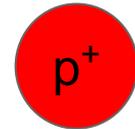
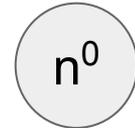
Fotones



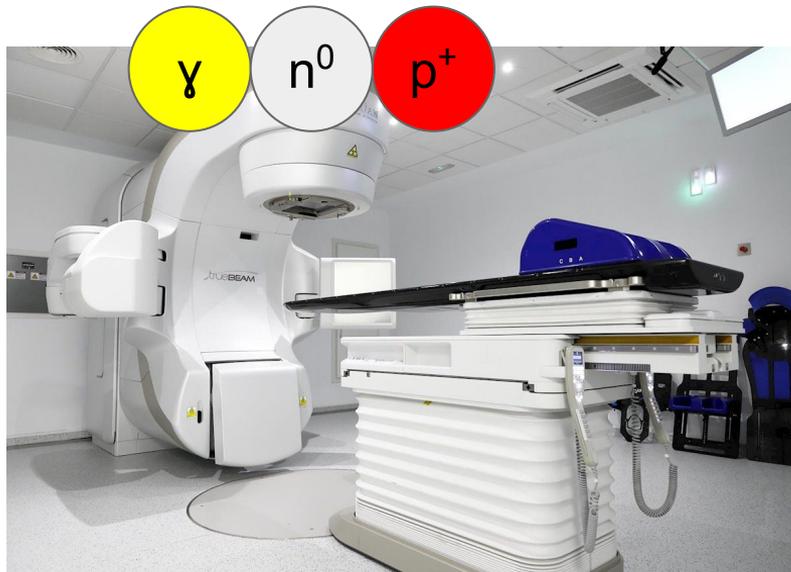
Iones (de carbono)



Hadrones:
Protones o
neutrones

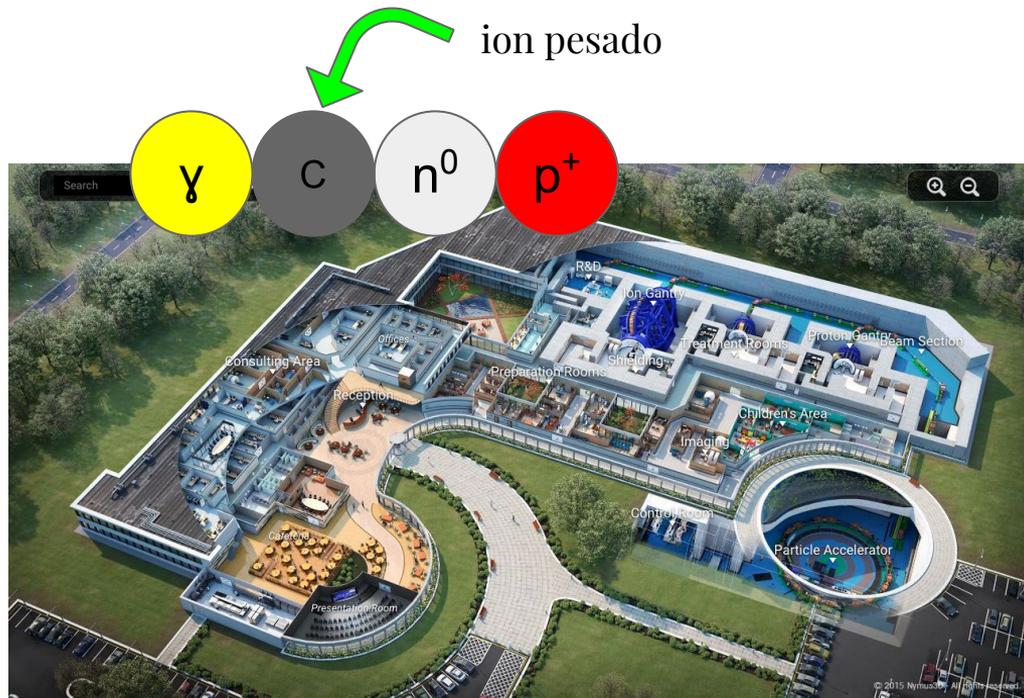


1.2.2. Instalaciones



Acelerador lineal

\$\$\$



Acelerador toroidal (“donita”)

\$\$\$\$\$\$

1.2.2. Instalaciones

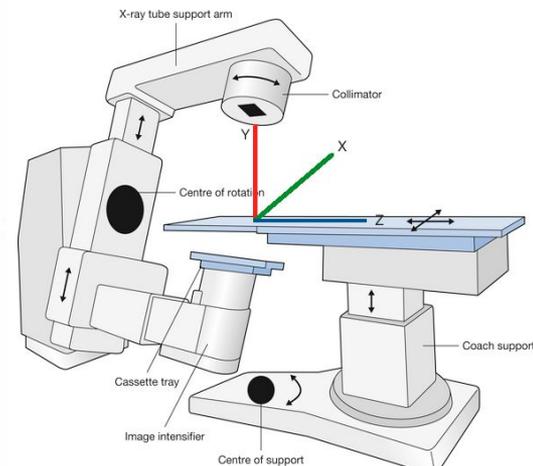
Los aceleradores más modernos tienen el **Gantry rotatorio** (todos los aceleradores lineales, pero solo hay 2 en el mundo para iones de carbono).

El sistema de referencia o “centro” está en el tumor (en el **isocentro**).

Trabajaremos con el Gantry rotatorio.



GIF de Philips
Healthcare



1.2.3. Dosis absorbida de radiación

¿Cómo **medir** la energía de **radiación** que ha absorbido el **cuerpo**?

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$$

2. APLICACIÓN

- 2.1 Conoce tus cartas
- 2.2 ¿matRad?
- 2.3. A aplicar



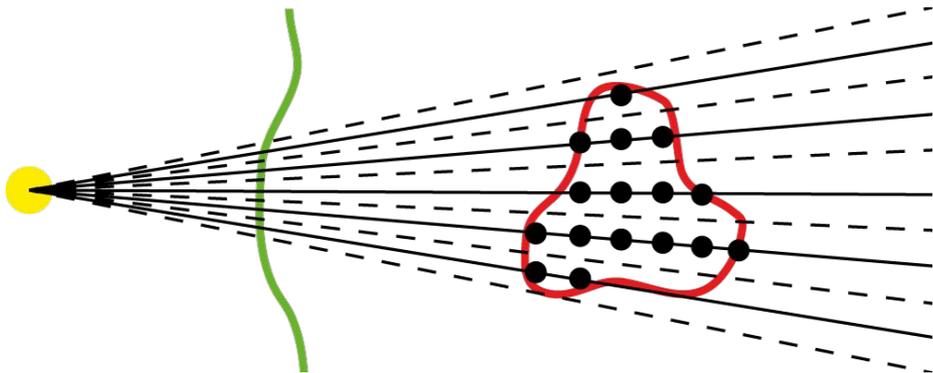
2.1. Conoce tus tarjetas

Organ at risk (órgano en riesgo, a evitar porque está sano)

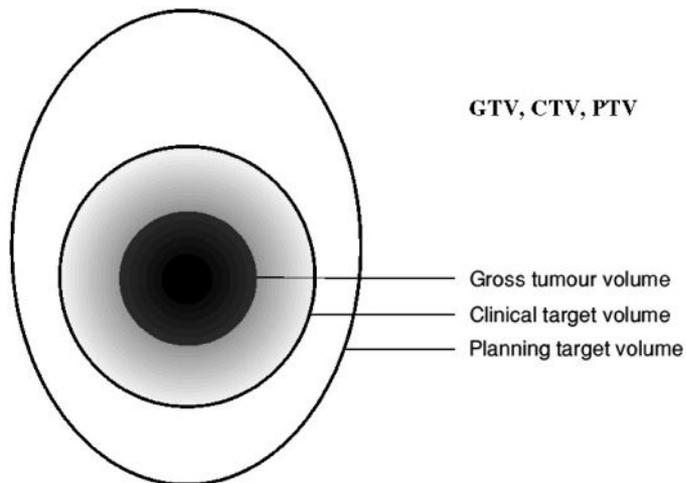


2.1. Conoce tus tarjetas

Es un elemento de fluencia en un rectángulo discreto a través del cual inciden los fotones. El conjunto de todos los bixeles representan al blanco completo.



2.1. Conoce tus tarjetas



Volumen más chico



Un tumor no necesariamente está en todo el órgano

- Tumor bruto (GTV)
- Objetivo clínico (CTV)
- Objetivo planeado (PTV)

2.1. Conoce tus tarjetas

VOXEL

Celda (cúbica) de un arreglo. Volumetric pixel.

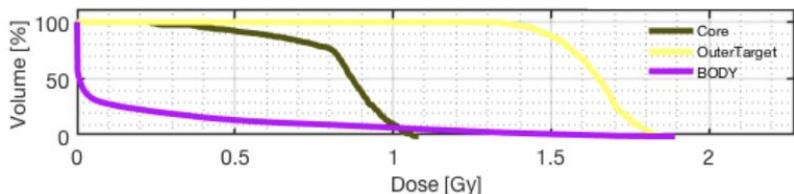
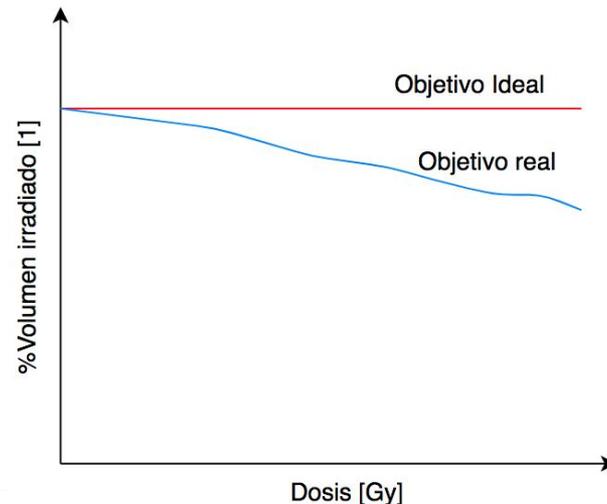
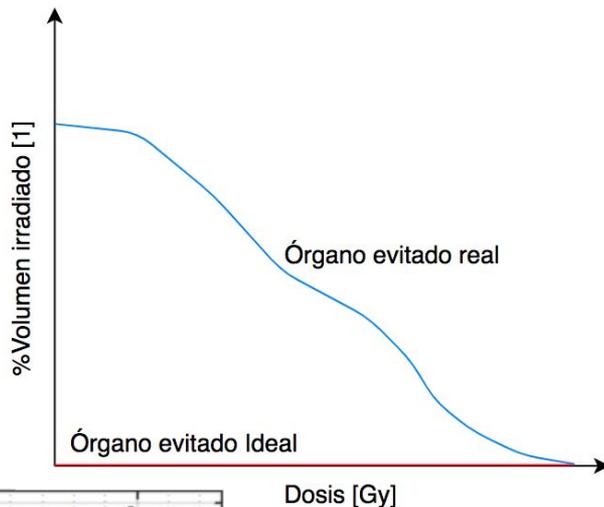
VOI

Volume of interest (tumor)



2.1. Conoce tus tarjetas

DVH: dose-volume histogram

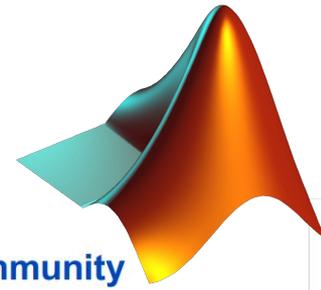


← ejemplo real

2.2. ¿Qué es matRad?

Es un **software educativo** y de investigación que permite **planear** el mejor **tratamiento** con **radioterapia** de **intensidad modulada** usando protones, fotones y iones de carbono.

matRad



matRad – community

TUM
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN



MEDICAL UNIVERSITY
OF VIENNA



大阪大学
OSAKA UNIVERSITY



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

dkfz.

GERMAN
CANCER RESEARCH CENTER
IN THE HELMHOLTZ ASSOCIATION

THE UNIVERSITY OF TEXAS
MDAnderson
~~Cancer~~ Center
Proton Therapy



UNIVERSITY OF
OXFORD



Universität
Zürich ^{UZH}

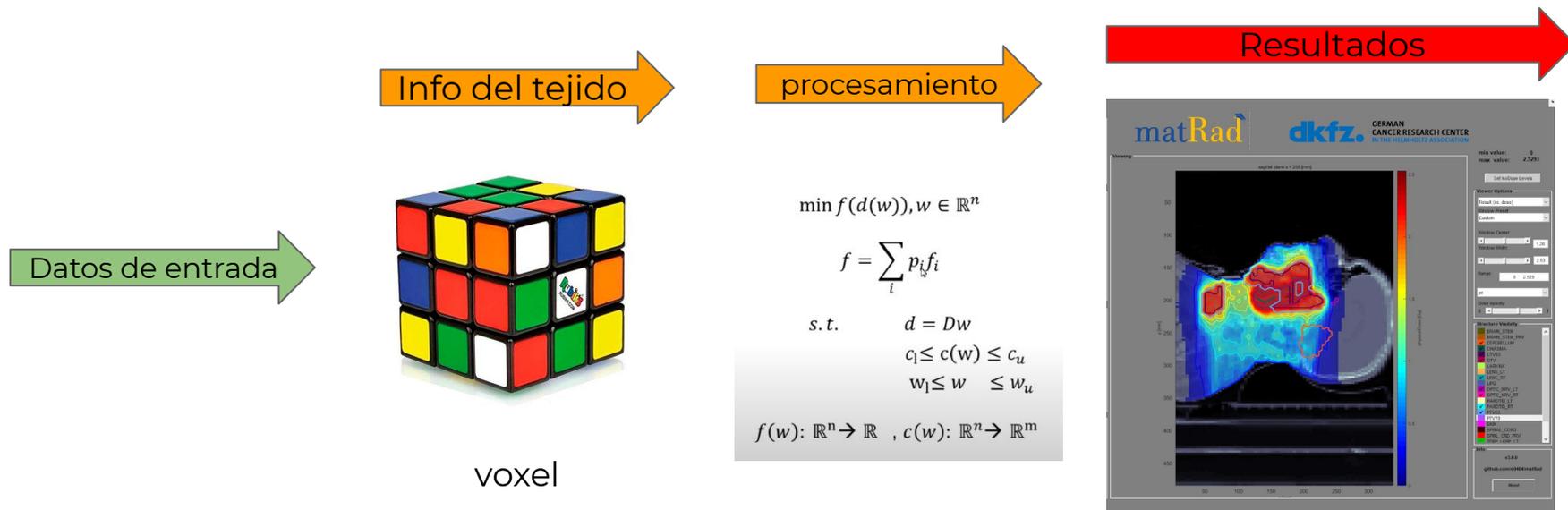
VIRTUAL
INTERNATIONAL MASTERCLASS ON
PARTICLE THERAPY
MARCH 10-11 | 2021



Instituto de
Ciencias
Nucleares
UNAM



2.2.1 ¿Cómo funciona matRad?



2.3. Aplicación: ¡Manos a la obra!

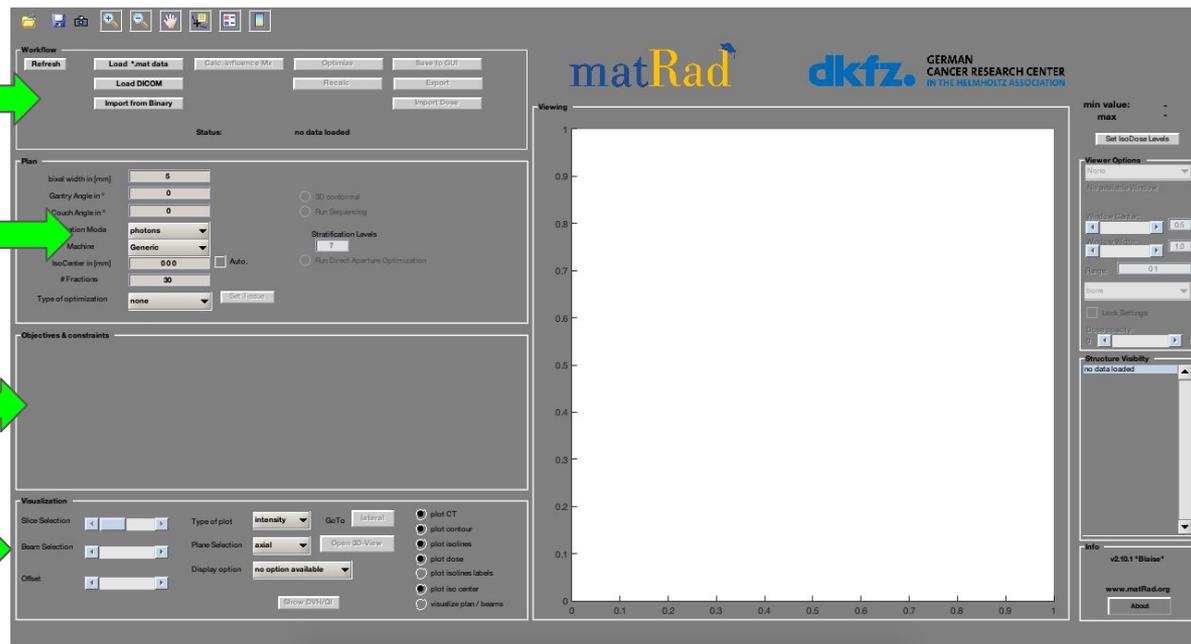


Para dudas y atención
personalizada

2.3.1 Ejecución general: Interfaz

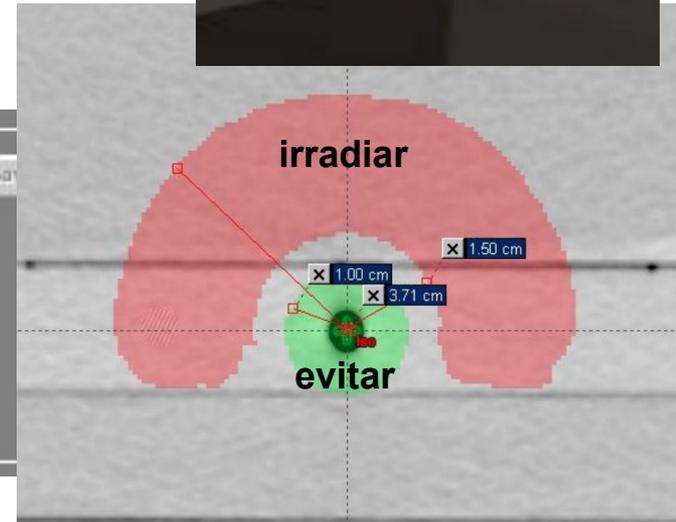
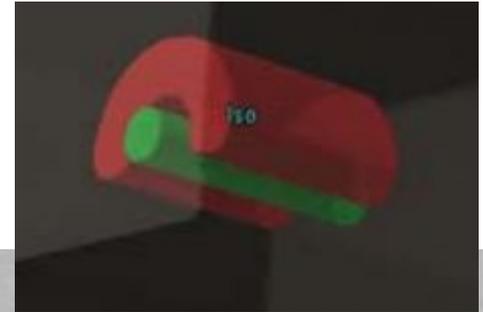
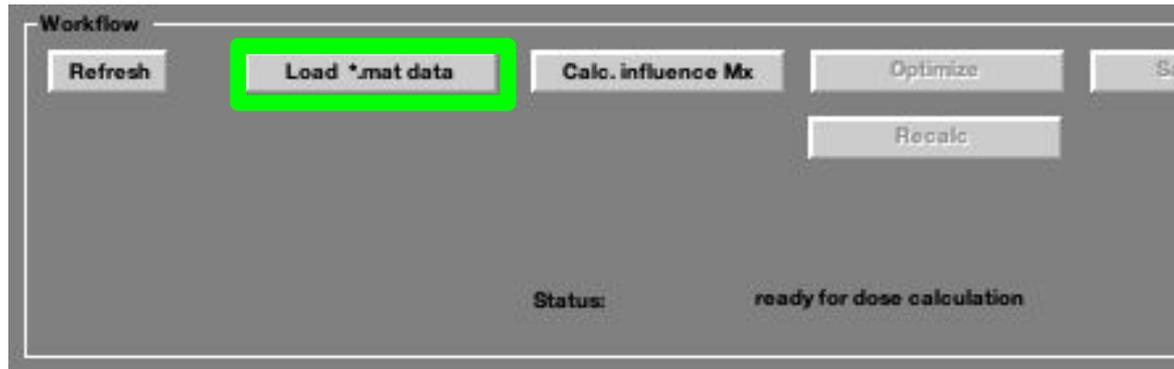
Interfaz

- **Workflow:** ejecuta distintos cálculos para el tratamiento
- **Plan:** configura los haces
- **Objectives & constraints:** define objetivos y restricciones (consideraciones importantes)
- **Visualization:** para modificar la forma de visualizar el plan



2.3.2 Fantasma: Carga de datos

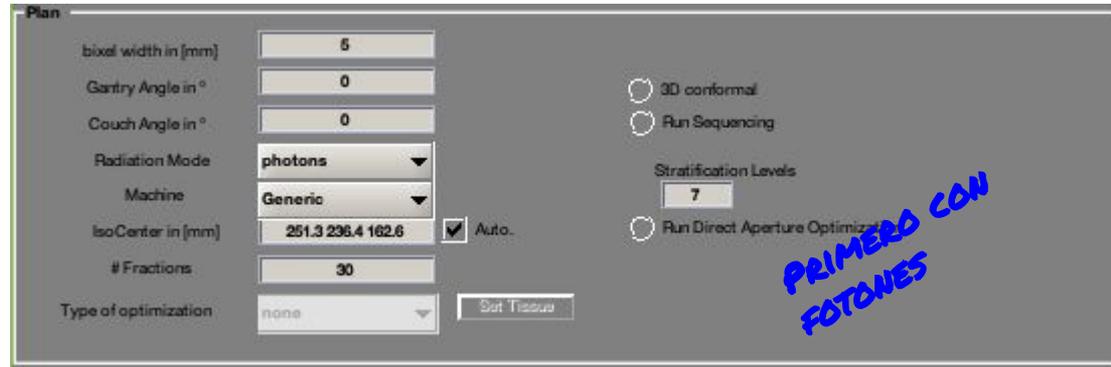
Cargar los datos de unacrílico (fantasma) de prueba: TG119.mat
Todos están en: matRad-2.10.1>phantoms



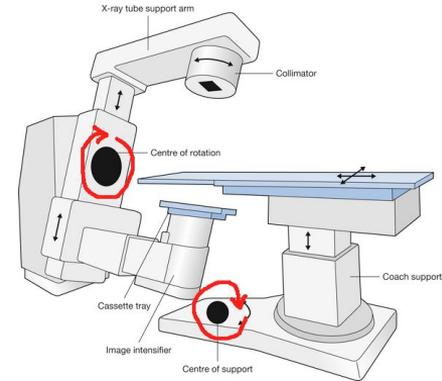
2.3.2 Fantasma: Plan

- No cambiaremos nada
- Verificar estar usando fotones
- Y verificar que todo esté igual

Esto implica usar 1 haz



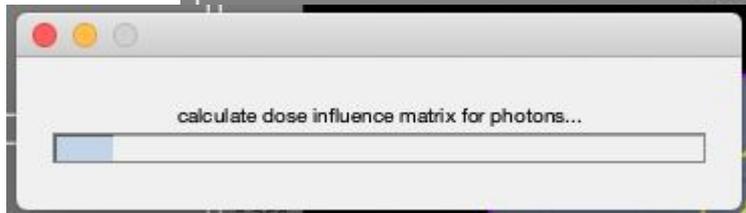
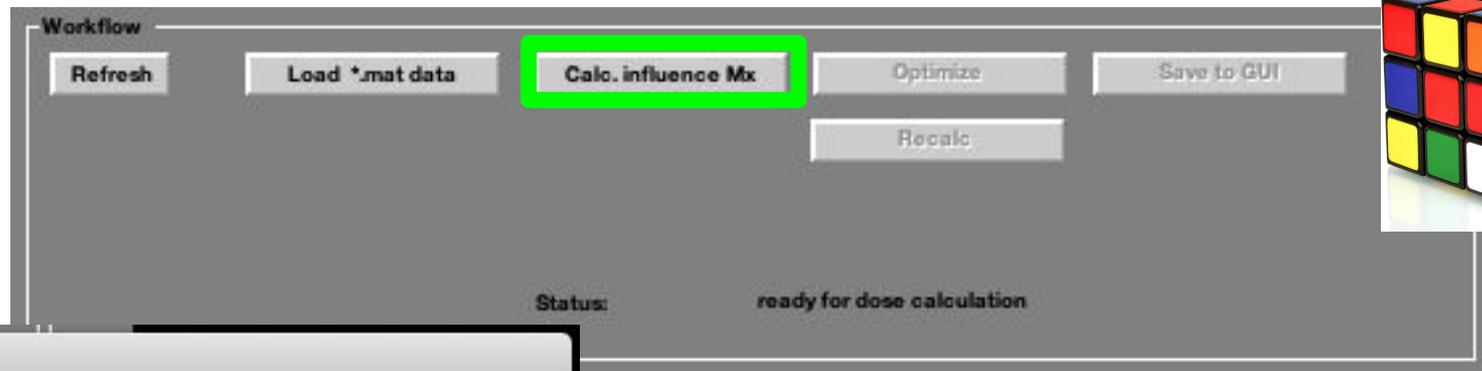
Para siempre ver cómo quedan los haces



2.3.2 Fantasma: Calcular influencia de radiación

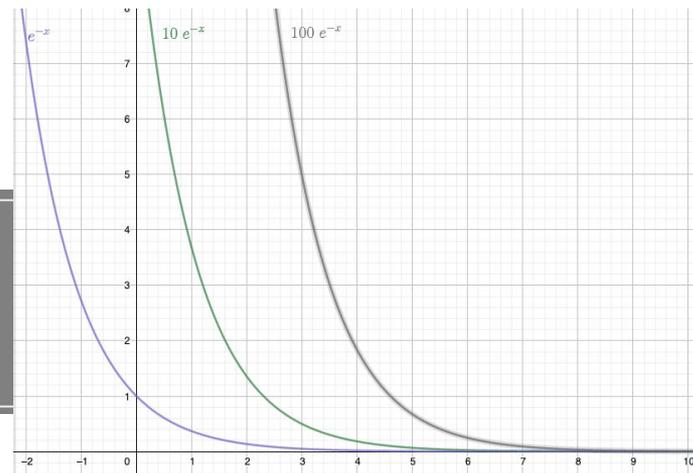
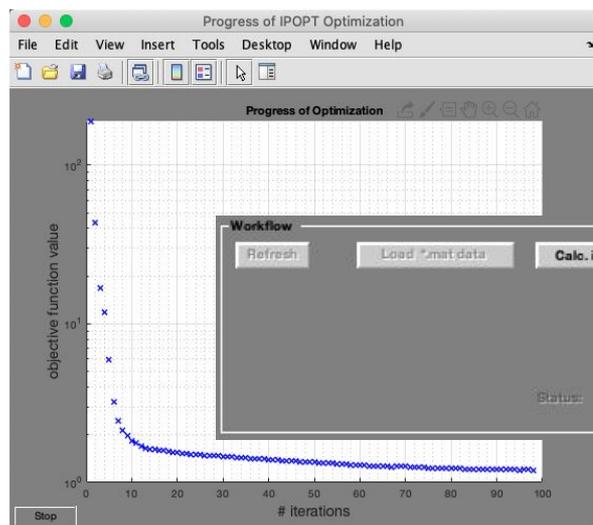
Calc. influence Mx es el comando para calcular la matriz influencia de la radiación.

(Definir los requisitos dosimétricos del tumor con base en los ángulos propuestos)



2.3.2 Fantasma: Optimizar

Busca el mínimo (aceptable) flujo de radiación por bixel. Desplegará una gráfica con comportamiento exponencial.



2.3.2 Fantasma: Guardar datos

Guardará para el despliegue de gráficas.



2.3.2 Fantasma: Visualization

Show DVH/QI te mostrará el Histograma Dosis-Volumen del plan diseñado.

Visualization

Slice Selection

Beam Selection

Offset

Type of plot: intensity

Plane Selection: axial

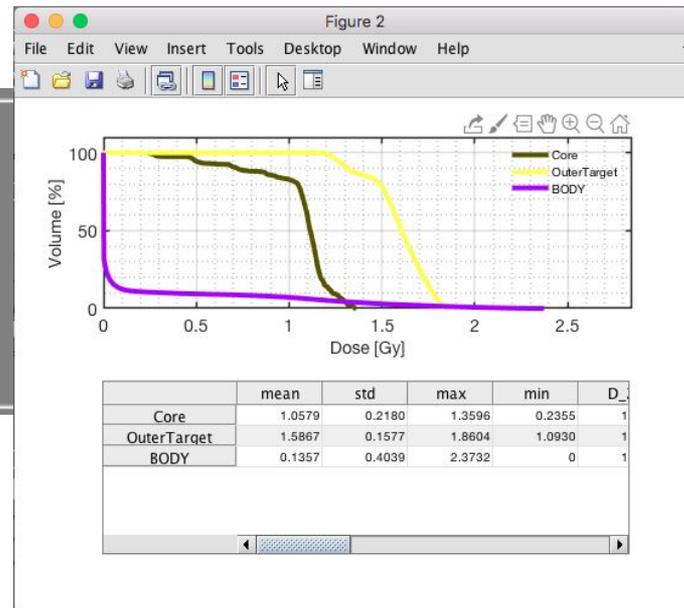
Display option: physicalDose

GoTo: lateral

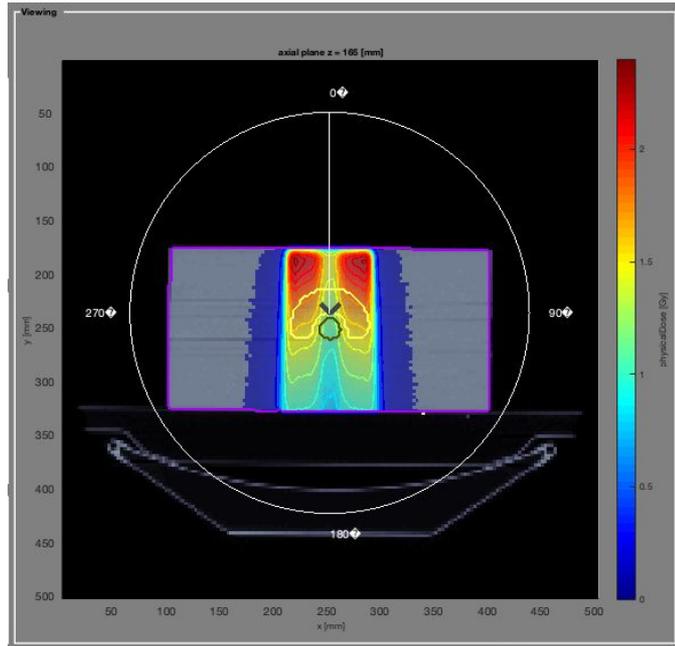
Open 3D-View

- plot CT
- plot contour
- plot isolines
- plot dose
- plot isolines labels
- plot iso center
- visualize plan / beams

Show DVH/QI

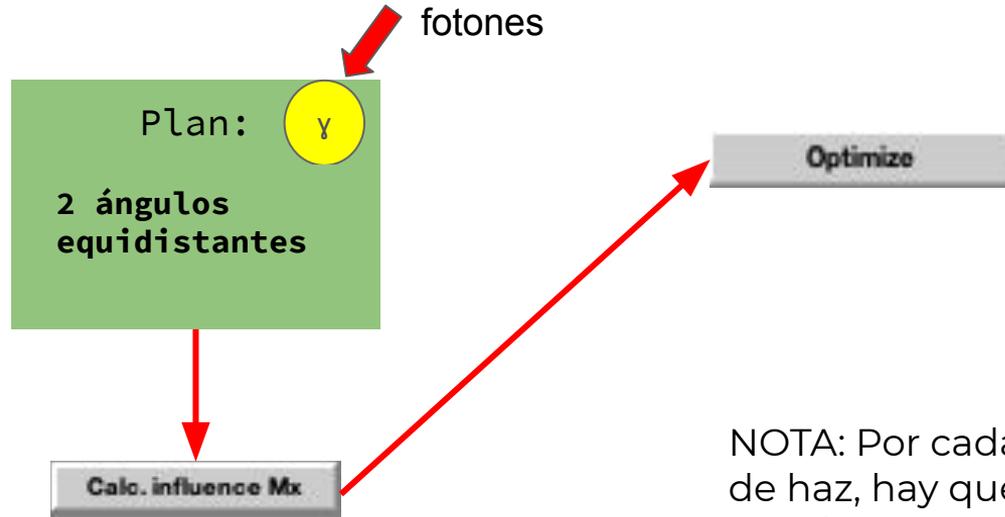


2.3.2 Fantasma: Resultado 1



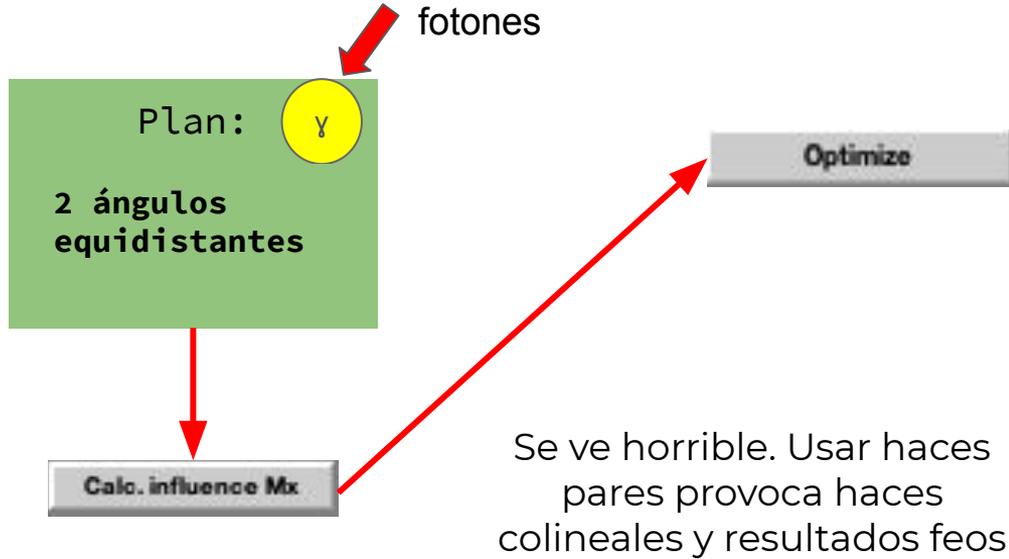
El haz irradia mucho la zona de entrada y va perdiendo fuerza rápidamente... no ataca como necesitamos al tumor. Se quedaría en la piel de la persona toda la radiación poderosa.

2.3.2 Fantasma: Resultado 2

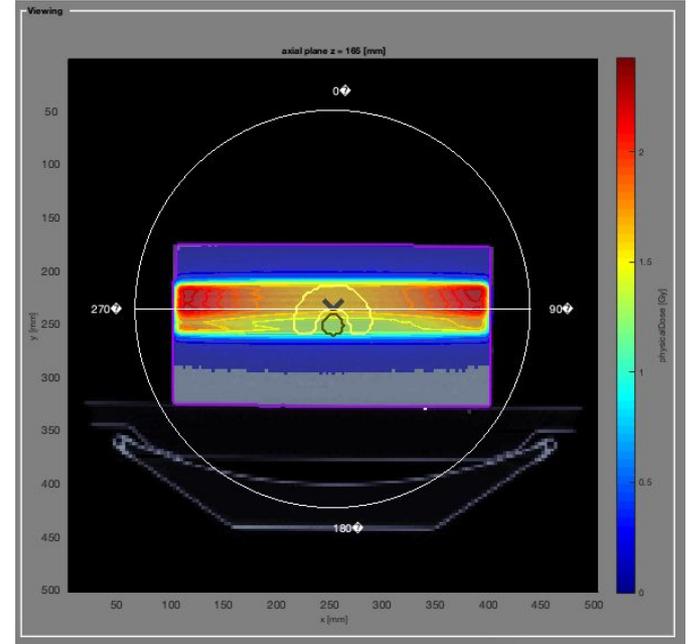


NOTA: Por cada ángulo de haz, hay que poner un 0 en la cama

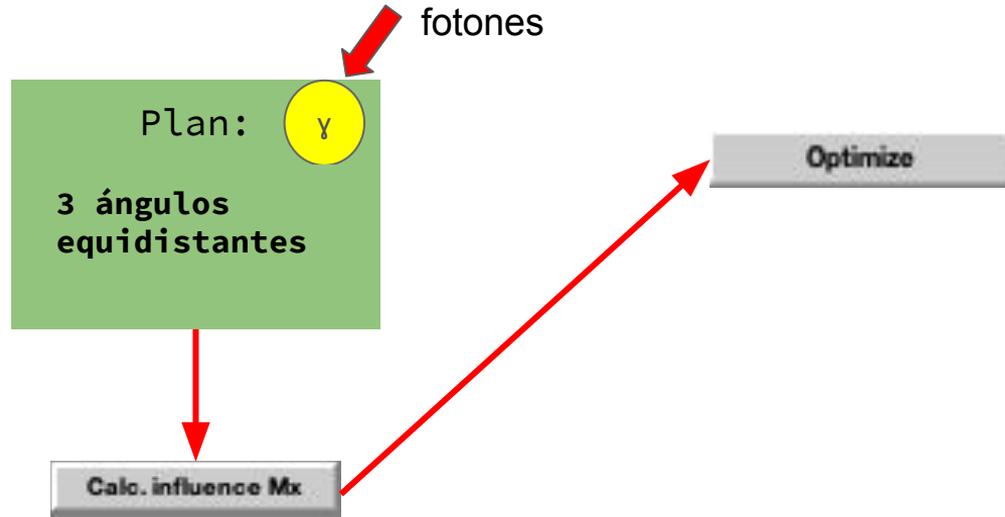
2.3.2 Fantasma: Resultado 2



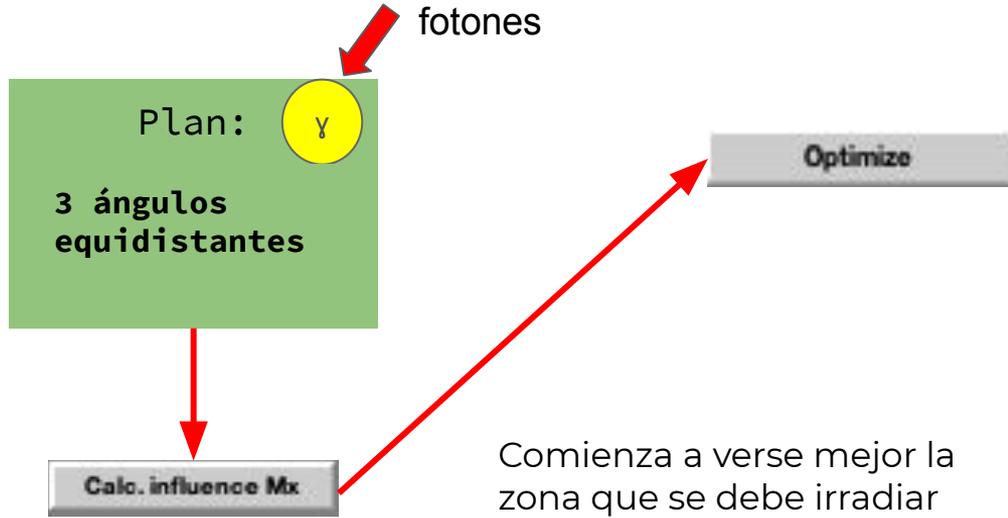
Se ve horrible. Usar haces pares provoca haces colineales y resultados feos



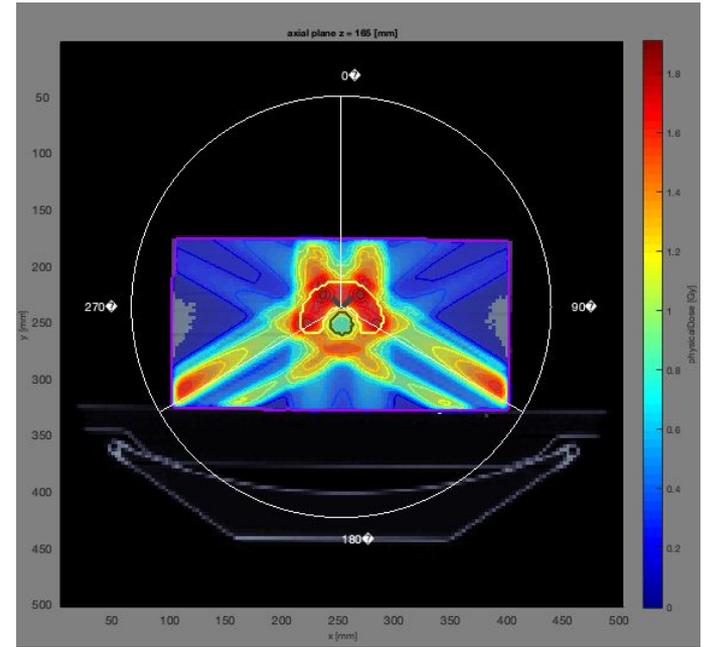
2.3.2 Fantasma: Resultado 3



2.3.2 Fantasma: Resultado 3

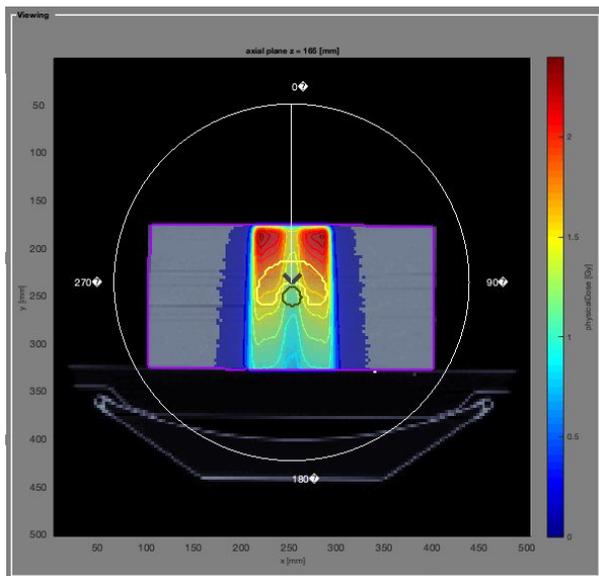


Comienza a verse mejor la zona que se debe irradiar

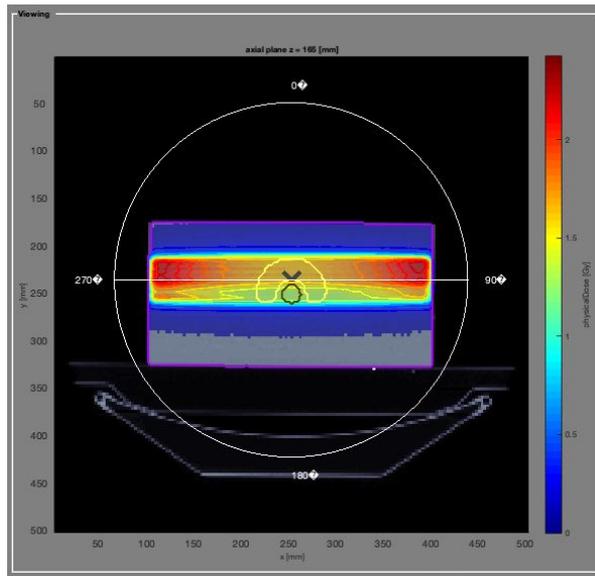


2.3.2 Fantasma: Comparativa con fotones

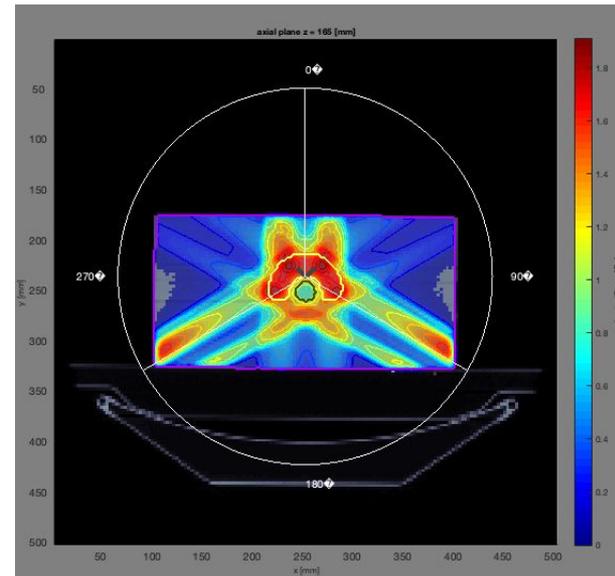
<3 muchos
haces leves
2 min



1 ángulo (18 seg)



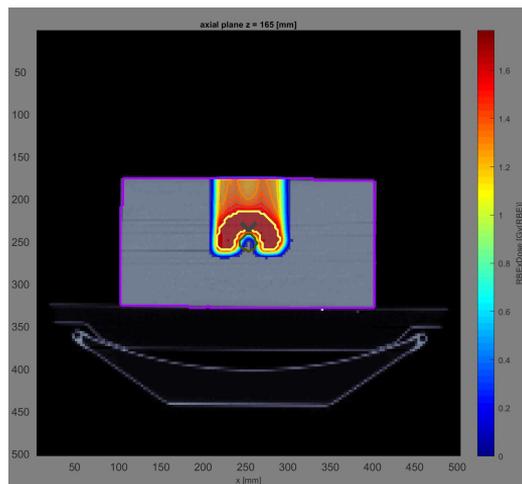
2 ángulos (30 seg)



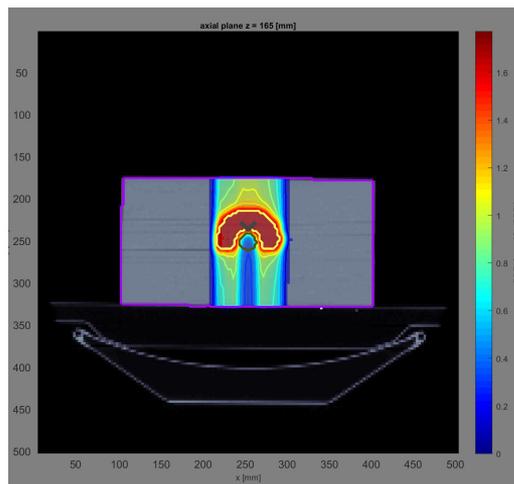
3 ángulos (49 seg)

2.3.2 Fantasma: Comparativa con protones

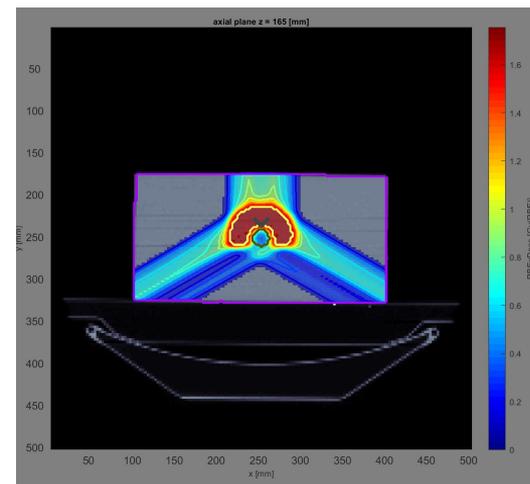
4 min



1 ángulo (49 seg)



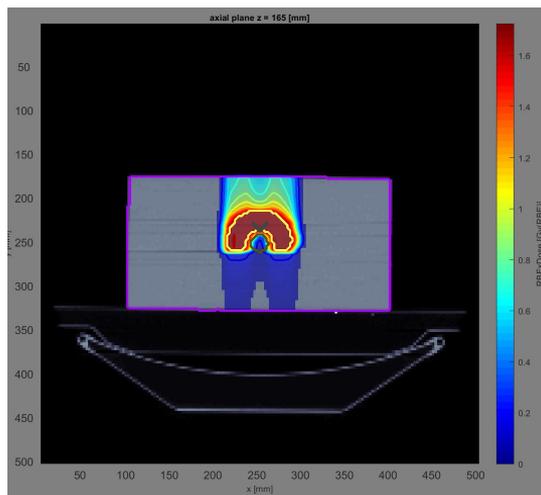
2 ángulos (50 seg)



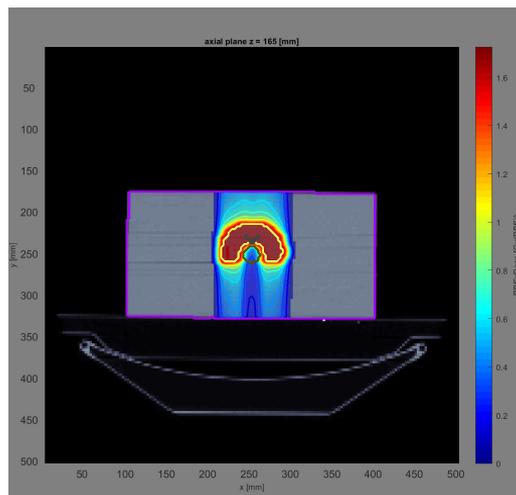
3 ángulos (1.16 min)

2.3.2 Fantasma: Comparativa con carbono

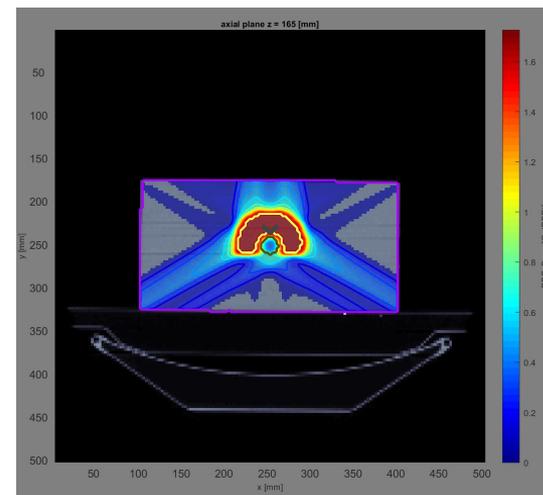
5 min



1 ángulo (58 seg)

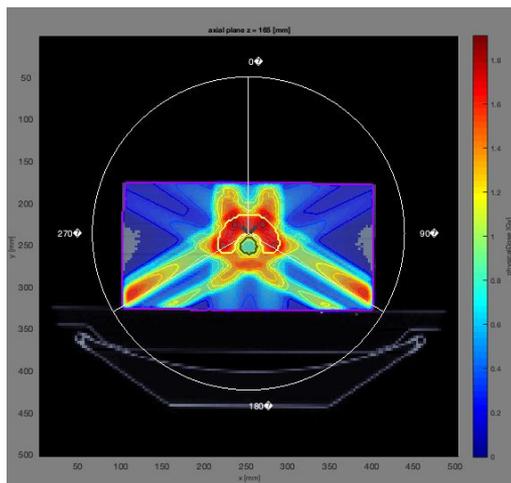


2 ángulos (1.23 min)

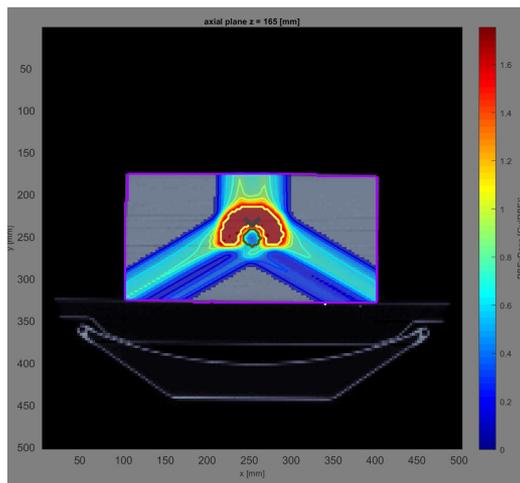


3 ángulos (2.40 min)

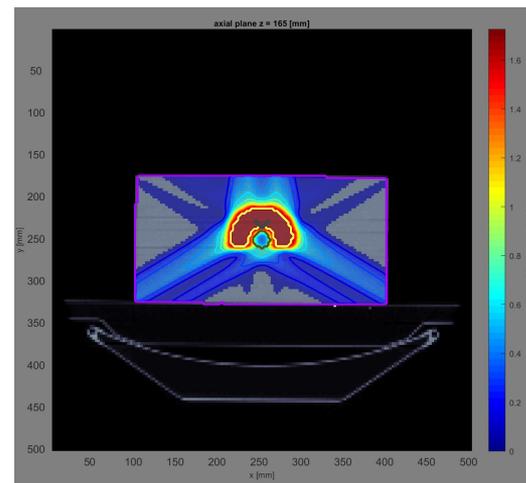
2.3.2 Fantasma: Comparativa con 3 ángulos con las 3 partículas



Fotonos



Protones



Carbonos

2.3.2.1 ¿Por qué es mejor el carbono o protón que el fotón?

Imaginen que comer en clase es irradiar...

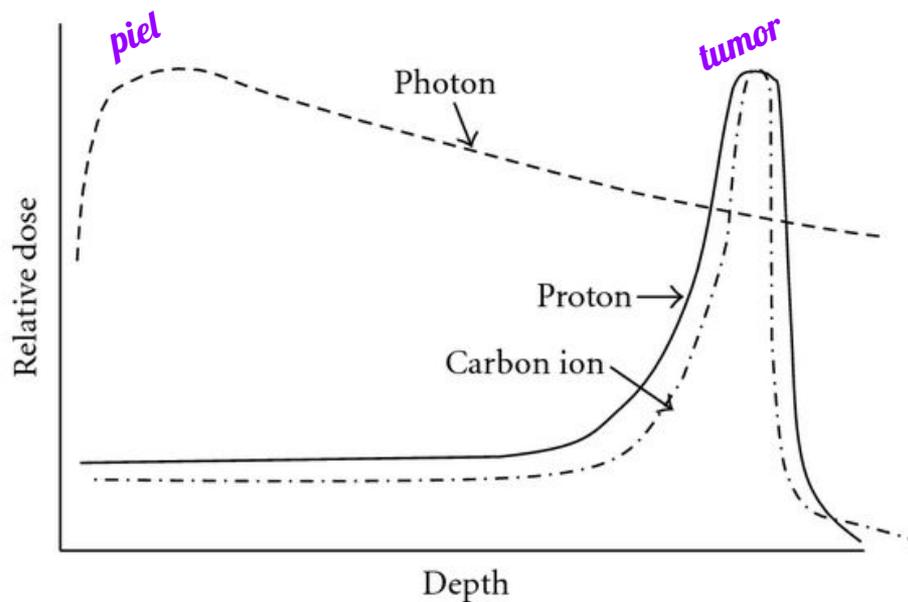


Fotones



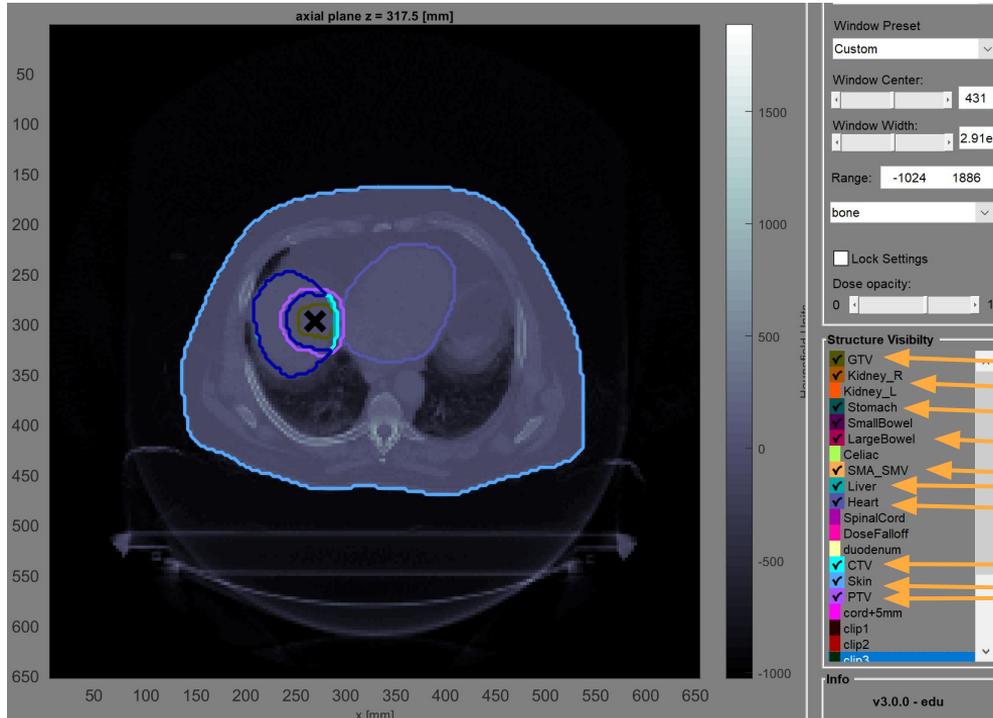
Protones e iones de carbono

2.3.2.1 Curva y pico de Bragg



(Nobuyoshi Fukumitsu, 2012)

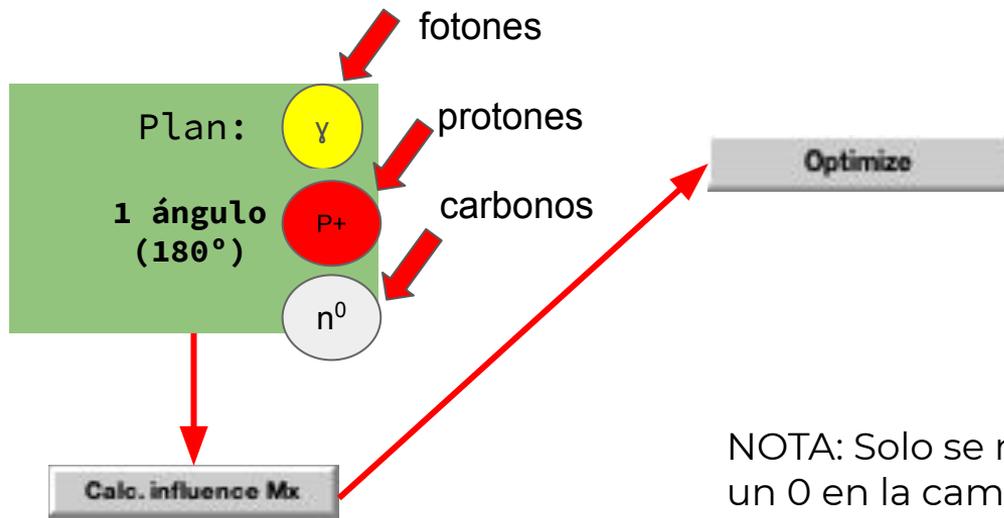
2.3.3 Hígado con un ángulo con las 3 partículas



Ubicación:

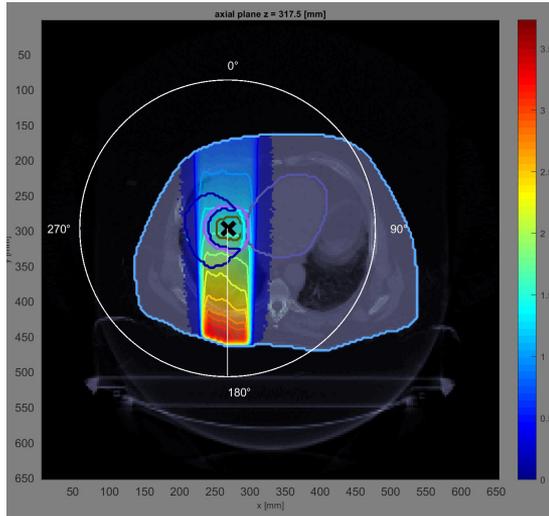
- Parte superior derecha del tórax.
- Detrás de costillas inferiores.

2.3.3 Hígado con un ángulo con las 3 partículas

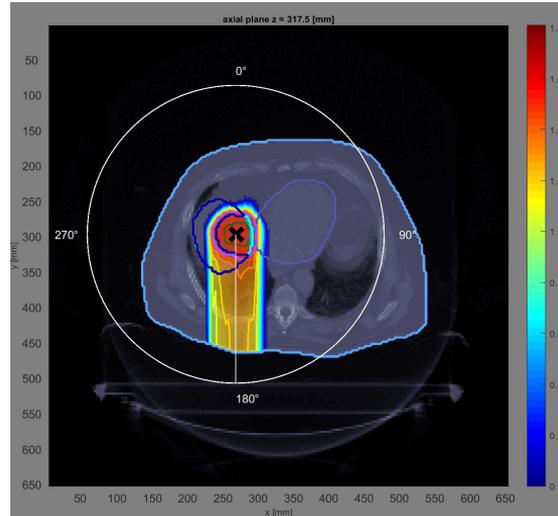


NOTA: Solo se necesita un 0 en la cama, porque se usará un solo ángulo

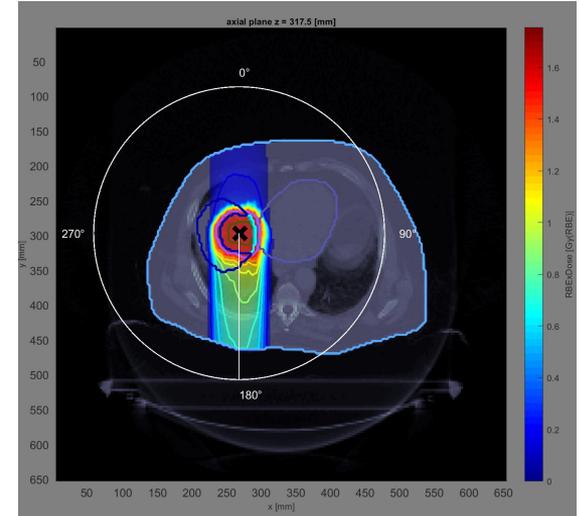
2.3.3 Hígado con un ángulo con las 3 partículas



Fotones



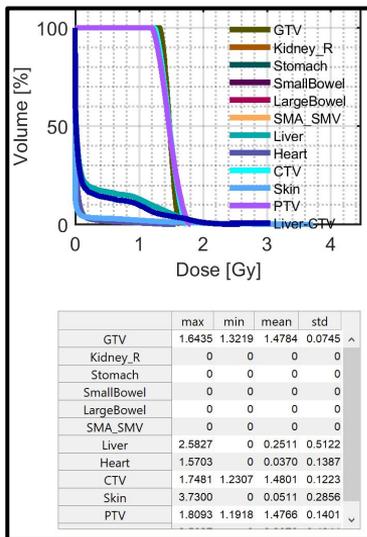
Protones



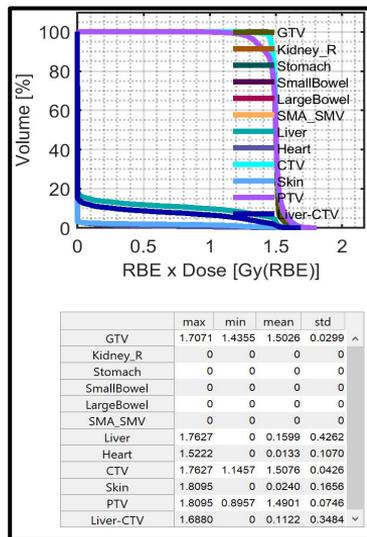
Carbonos

Aumenta precisión respecto a la zona a irradiar

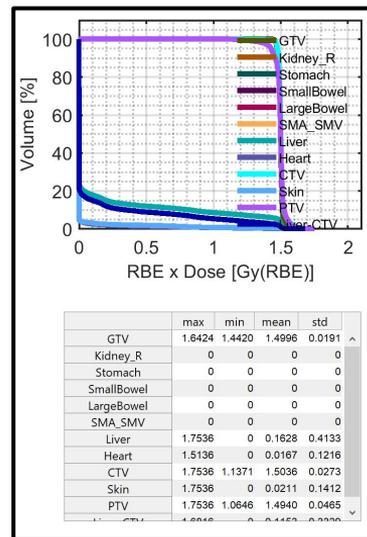
2.3.3 Hígado con un ángulo con las 3 partículas



Fotones

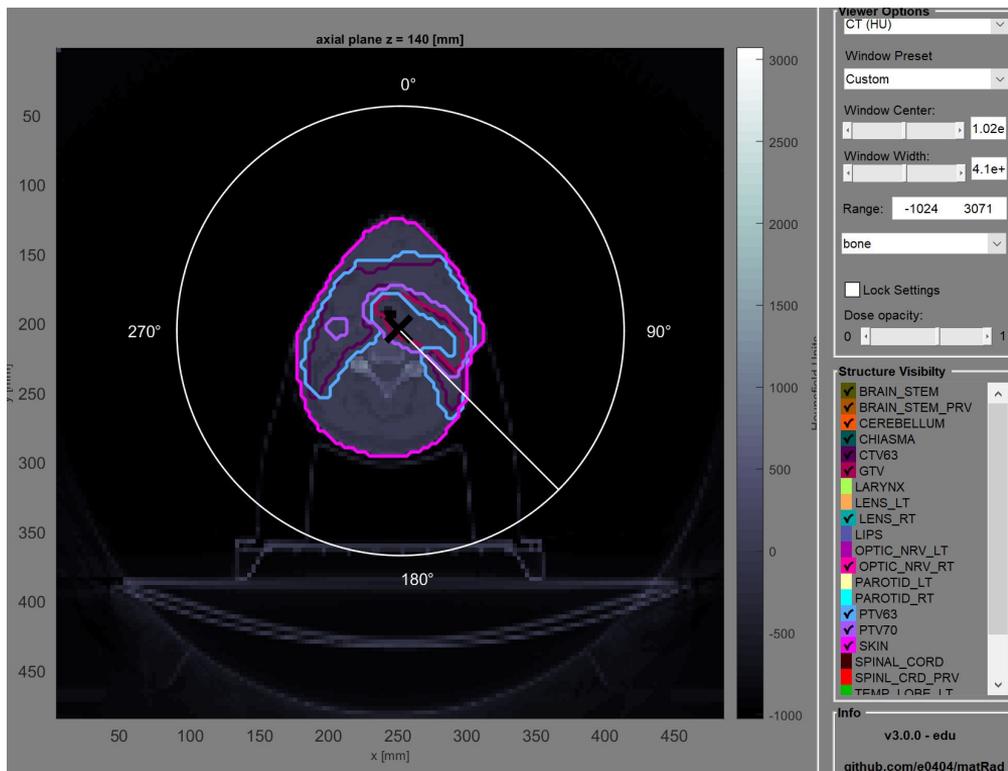


Protones



Carbonos

2.3.4 Cabeza y cuello con un ángulo con las 3 partículas

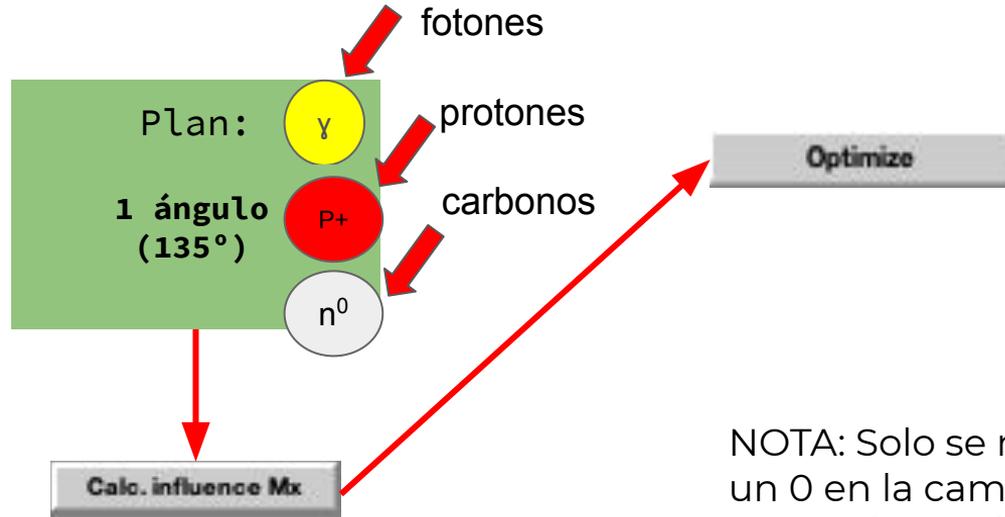


Ubicación GTV:

Hemisferio derecho (parte frontal)

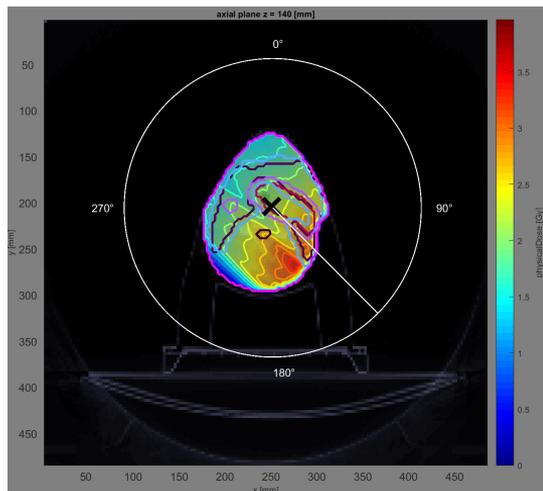
Mantener estructuras RT (right) y cercanas al espacio por irradiar

2.3.4 Cabeza y cuello con un ángulo con las 3 partículas

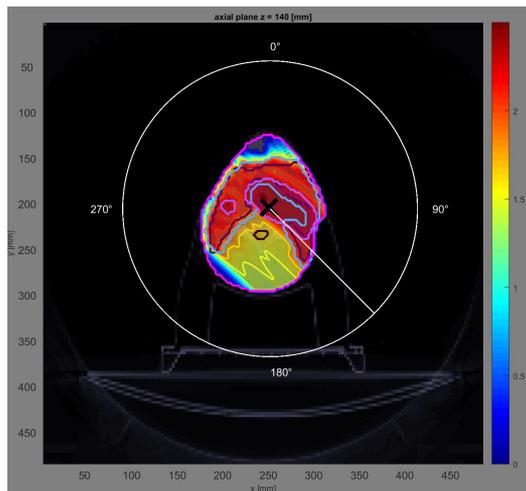


NOTA: Solo se necesita un 0 en la cama, porque se usará un solo ángulo

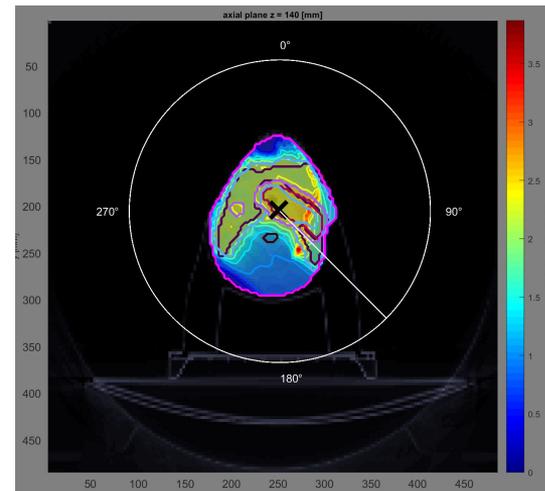
2.3.4 Cabeza y cuello con un ángulo con las 3 partículas



Fotones



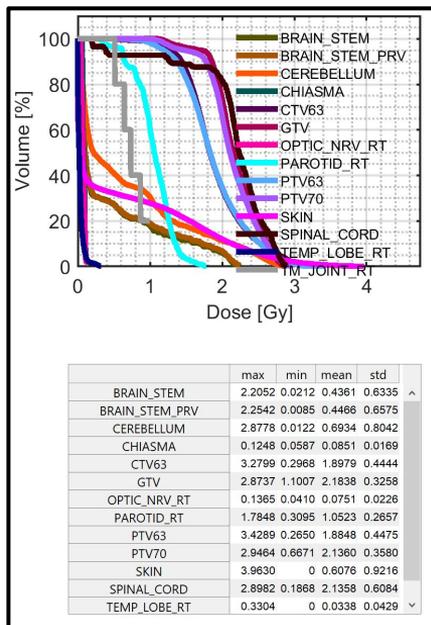
Protones



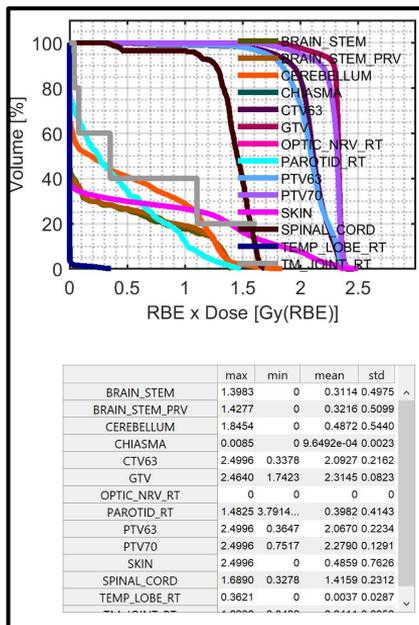
Carbonos

Aumenta precisión respecto a la zona a irradiar

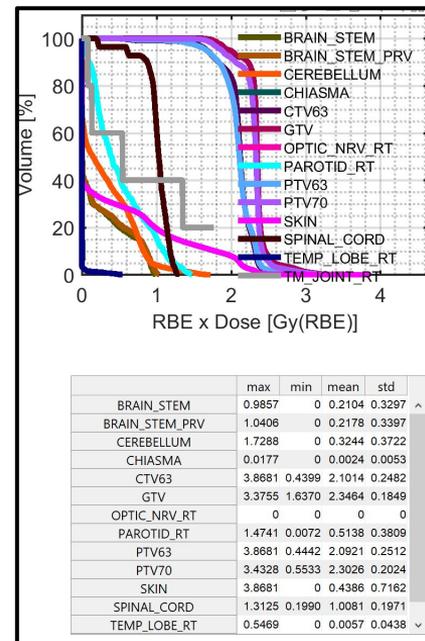
2.3.4 Cabeza y cuello con un ángulo con las 3 partículas



Fotones



Protones



Carbonos

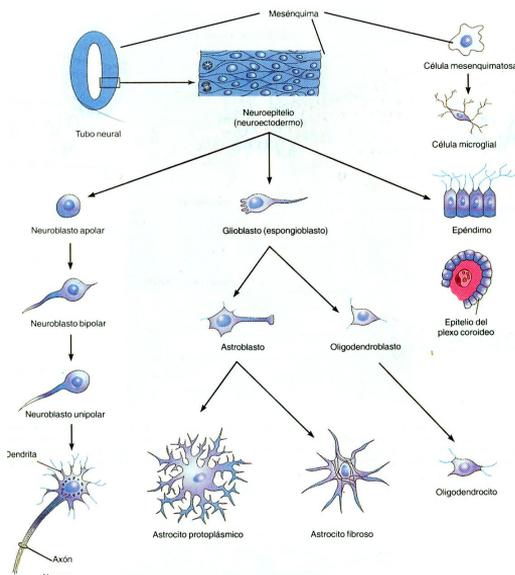
2.3.4.1 Radiosensibilidad

Ley de Bergonie y Tribondeau: la **radiosensibilidad** de las células es directamente proporcional a su **actividad reproductora** e inversamente proporcional a su **grado de diferenciación**.

Radiosensibilidad alta	Linfocitos
	Granulocitos
	Eritroblastos
	Espermatogonias
	Células epiteliales
Radiosensibilidad media	Mioblastos
	Células endoteliales
	Osteoblastos
	Espermátides
Radiosensibilidad baja	Fibroblastos
	Condrocitos
	Osteocitos
	Miocitos
Neuronas	

2.3.4.1 Radiosensibilidad

En otras palabras... **entre más compleja la célula, menos la afecta la radiación.**



Neuronas: muy distintas, muy resistentes

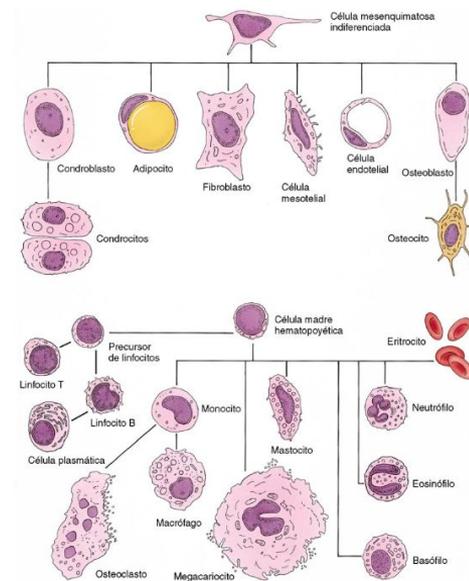
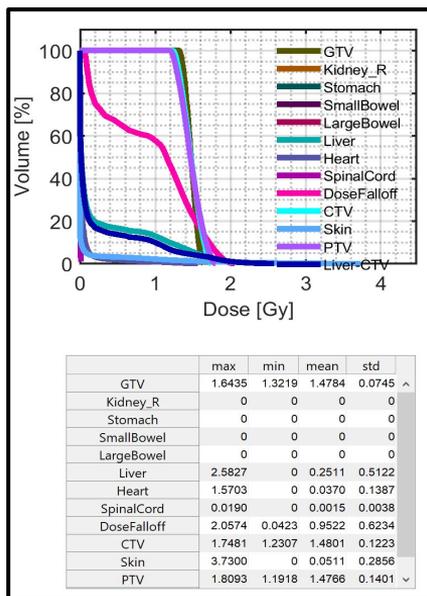


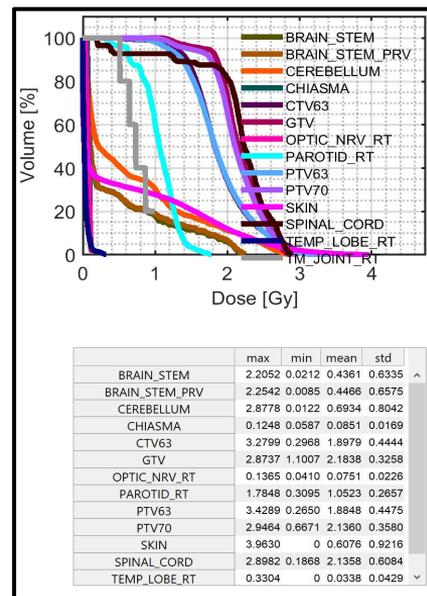
Figura 7.3 Origen de las células del tejido conjuntivo (y osteoblastos, osteocitos y osteoclastos). (Tomado de Garner LP, Hiatt JL: *Color Textbook of Histology*, 3rd ed. Philadelphia, Saunders, 2007, p 112.)

Linfocitos (defensas): muy parecidas, muy sensibles

2.3.4.2 Análisis de radiosensibilidad



Hígado-Fotones (1 ángulo)



Cabeza y cuello-Fotones
(1 ángulo)

3. Conclusiones

- Muerte celular limpia → Muchos haces con poca intensidad.
- Mayor especialización (complejidad) celular → Mayor resistencia a la radiación.
- Protones e iones de carbonos → ¡Ganadores! Pero caros.
- Idealmente: Solo irradiar al tumor, sin afectar a tejidos aledaños (sanos).
- La curva de Bragg describe cómo una partícula desprende su energía sobre un tejido.

!!!LA SIMULACIÓN y MATRAD SON AMOR!!!

EXTRA: Quiz y feedback

<https://forms.gle/MXefQAb2SBnrUkpi7>

