

Dosimetría de protones con película radiocrómica EBT3: simulaciones con PENH y Geant4

A.M. Lallena, M. Anguiano (UGR)

M.A. Cortés-Giraldo, M.I. Gallardo, C. Battaglia (US)

F. Salvat (UB)

Dosimetría de protones con película radiocrómica EBT3: simulaciones con PENH y Geant4

A.M. Lallena, M. Anguiano (UGR)

M.A. Cortés-Giraldo, M.I. Gallardo, C. Battaglia (US)

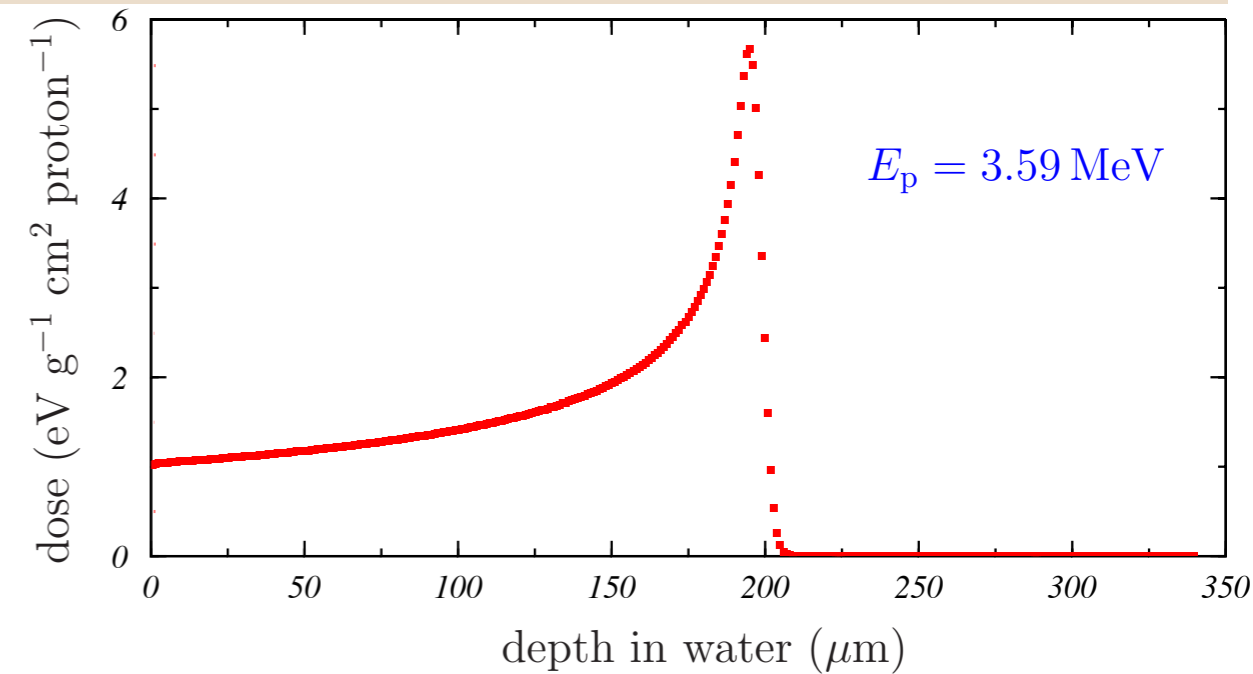
F. Salvat (UB)

- Motivación
- El código PENH
- Resultados
- Conclusiones

Motivación

-ventajas *a priori* del uso de protones en terapia del cáncer: **pico de Bragg**

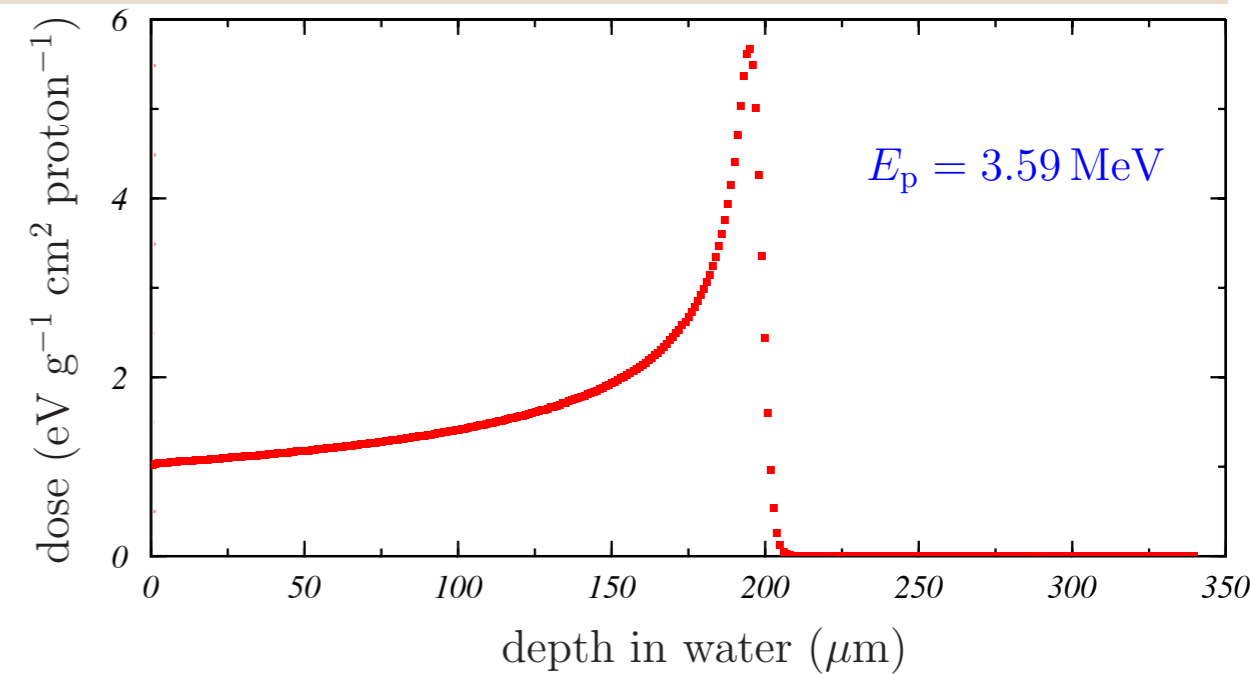
-efectividad biológica relativa (RBE) conocida con incertidumbres para energías usuales (de unos centenares de MeV): **1.1 ~ 1.7** [H. Paganetti, *Phys. Med. Biol.* 59 (2014) R419-R472]



Motivación

-ventajas *a priori* del uso de protones en terapia del cáncer: **pico de Bragg**

-efectividad biológica relativa (RBE) conocida con incertidumbres para energías usuales (de unos centenares de MeV): **1.1 ~ 1.7** [H. Paganetti, *Phys. Med. Biol.* 59 (2014) R419-R472]



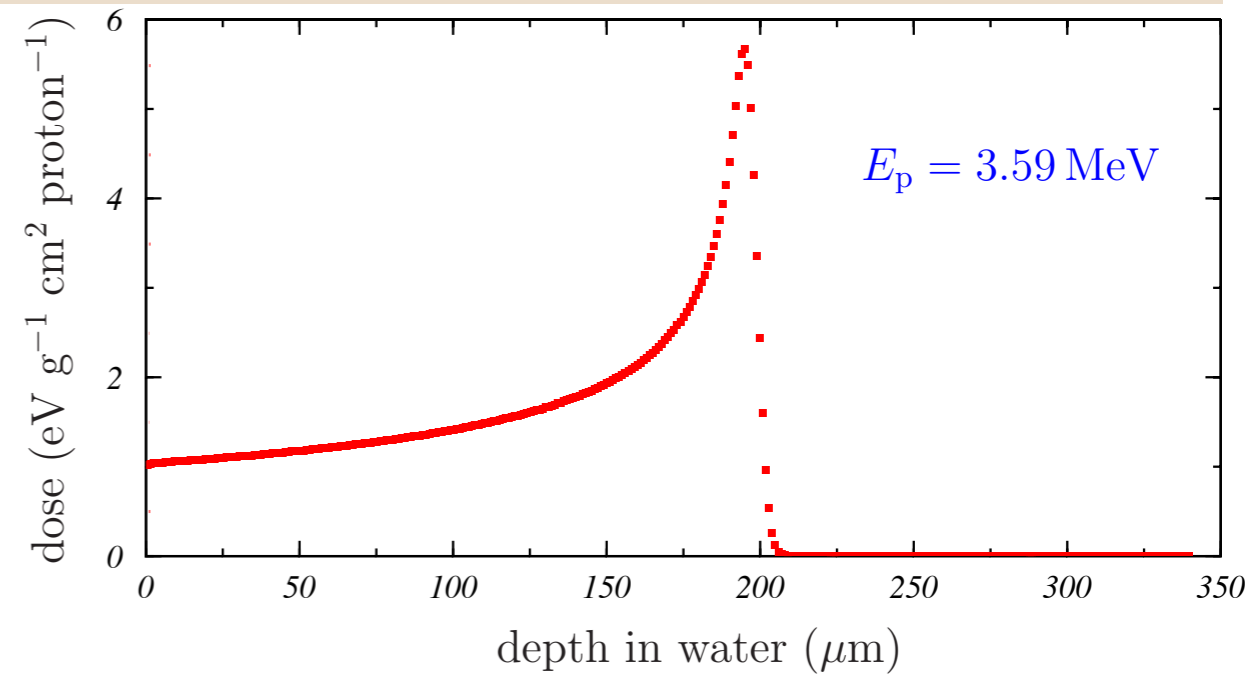
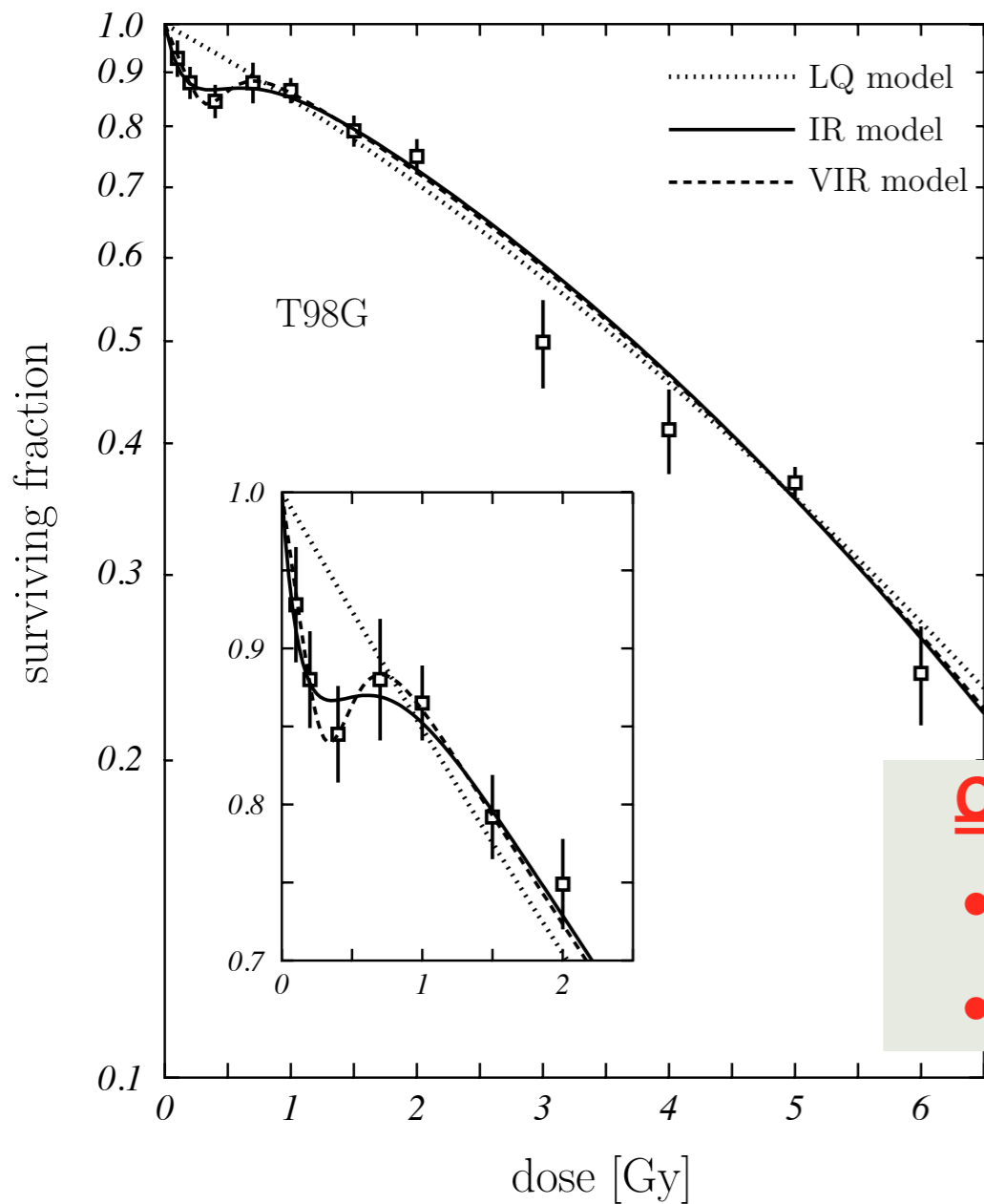
OBJETIVOS

- determinar RBE para protones de baja energía
- estudiar la hipersensibilidad a baja dosis con protones

Motivación

-ventajas *a priori* del uso de protones en terapia del cáncer: **pico de Bragg**

-efectividad biológica relativa (RBE) conocida con incertidumbres para energías usuales (de unos centenares de MeV): **1.1 ~ 1.7** [H. Paganetti, *Phys. Med. Biol.* 59 (2014) R419-R472]



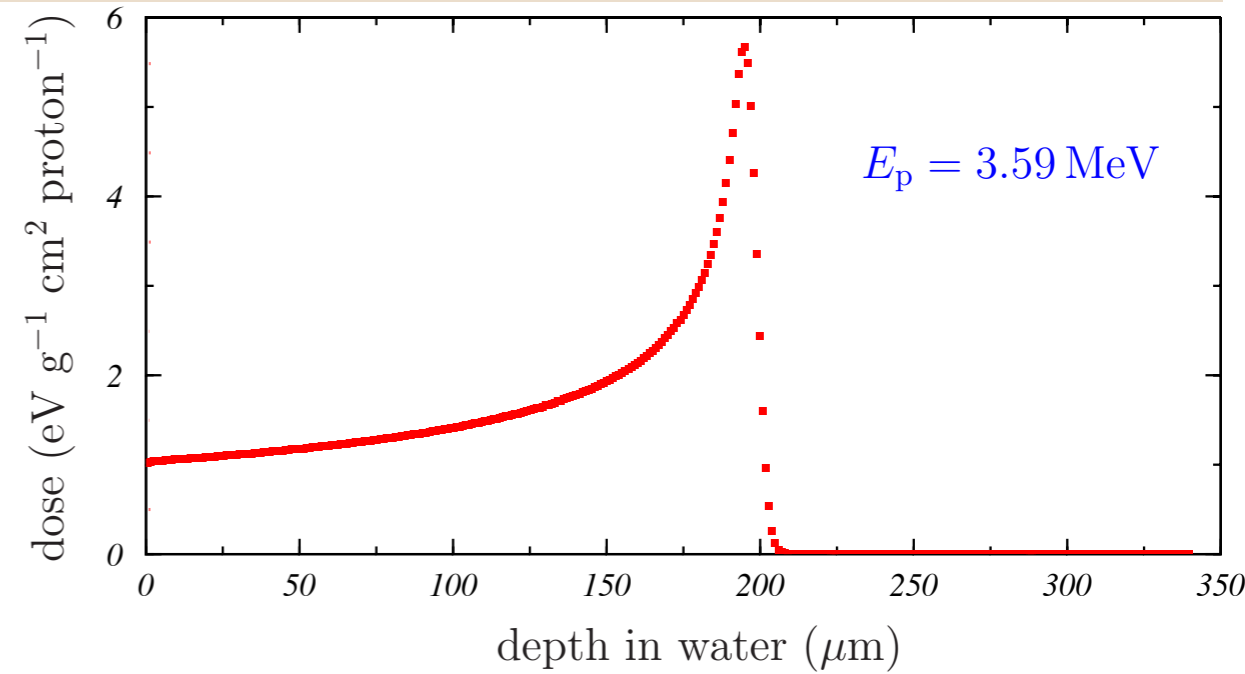
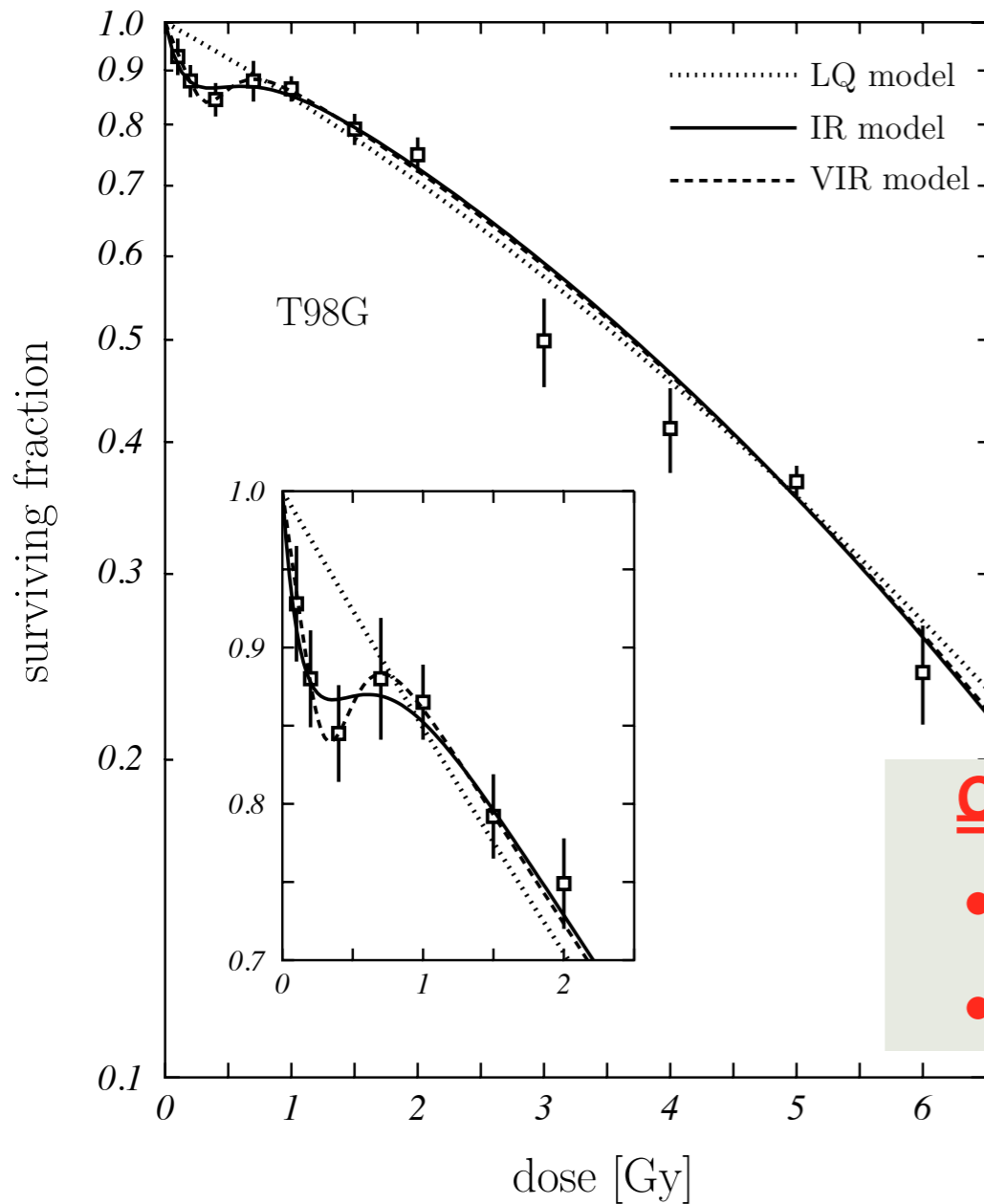
OBJETIVOS

- **determinar RBE para protones de baja energía**
- **estudiar la hipersensibilidad a baja dosis con protones**

Motivación

-ventajas *a priori* del uso de protones en terapia del cáncer: **pico de Bragg**

-efectividad biológica relativa (RBE) conocida con incertidumbres para energías usuales (de unos centenares de MeV): **1.1 ~ 1.7** [H. Paganetti, *Phys. Med. Biol.* 59 (2014) R419-R472]

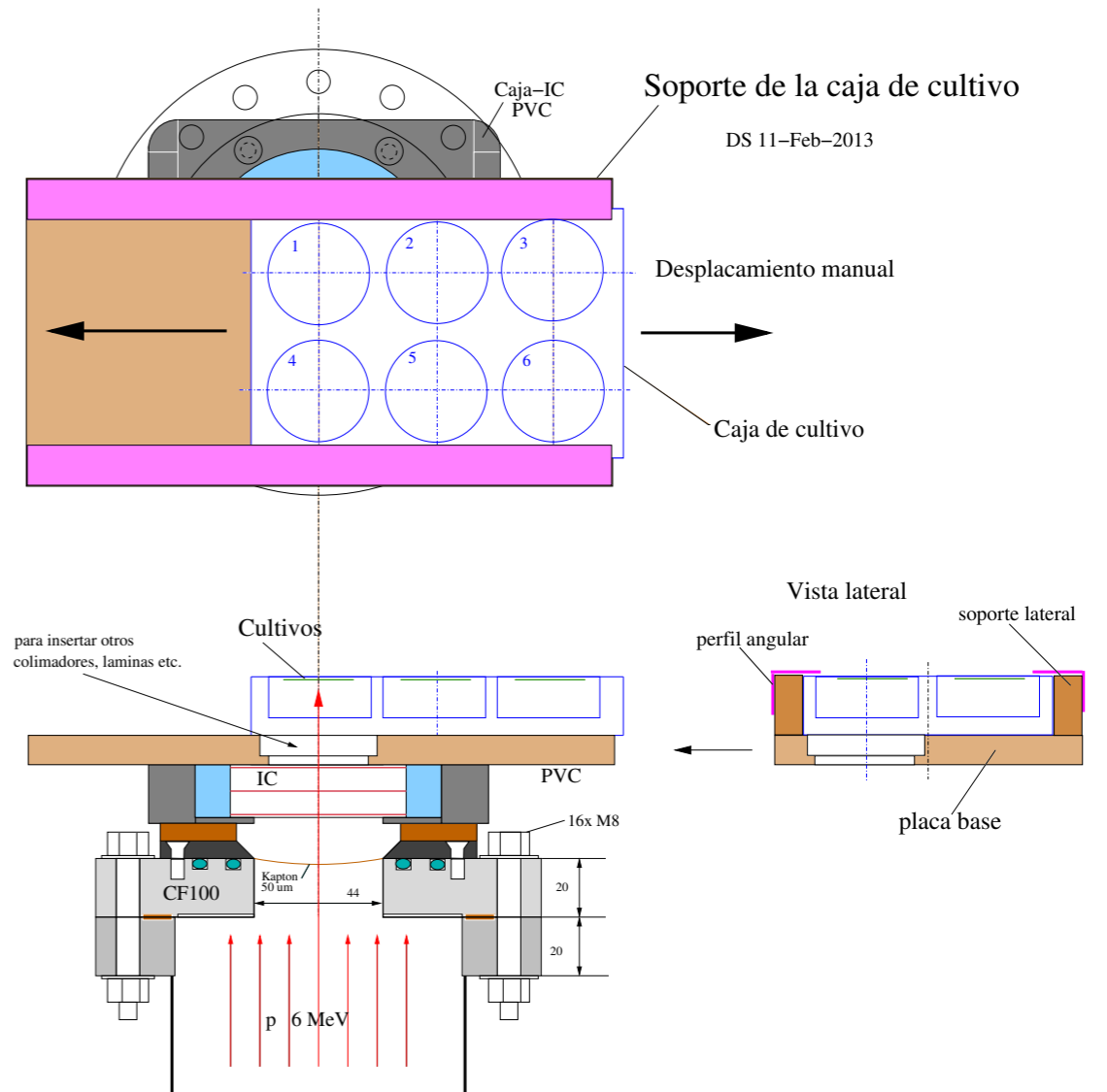
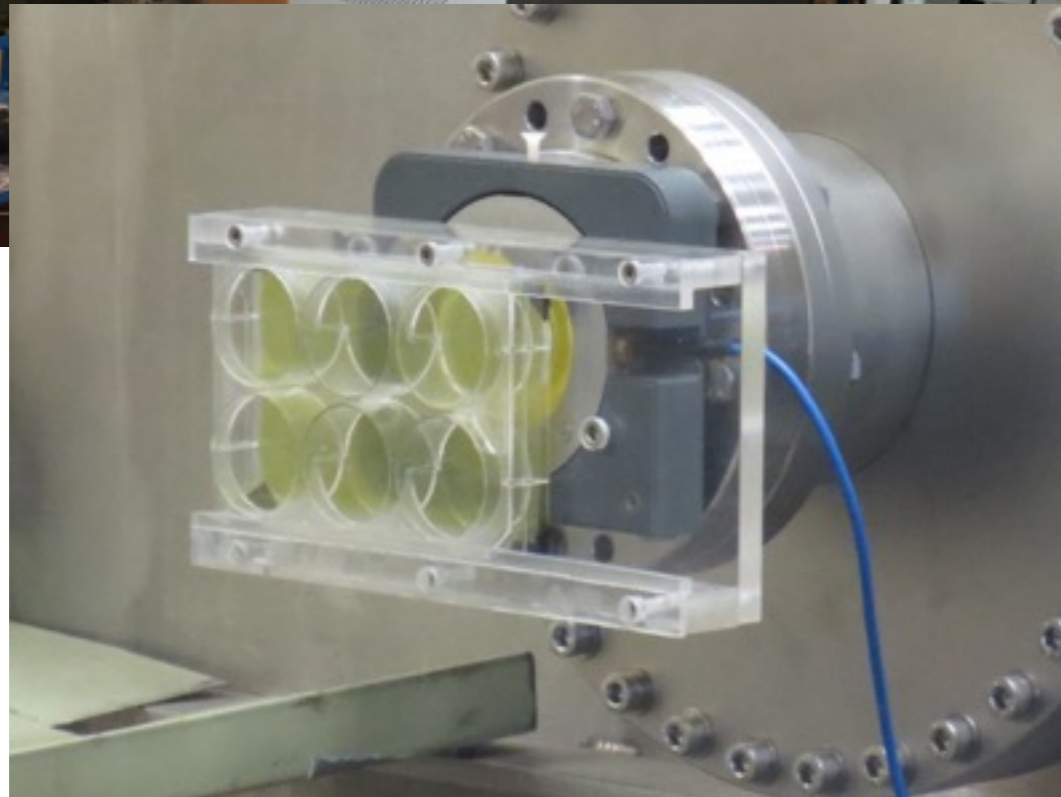


OBJETIVOS

- **determinar RBE para protones de baja energía**
- **estudiar la hipersensibilidad a baja dosis con protones**

-necesidad de dosimetría precisa: ¿capacidad de la película radiocrómica EBT3?

Motivación



C. Battaglia, D. Schardt, J.M. Espino,
M.I. Gallardo, M.A. Cortés-Giraldo,
J.M. Quesada, H. Miras (Sevilla)
D. Guirado, A.M.L. (Granada)

Proton beam optimization for dosimetry studies with radiochromic films and ionization chambers at the 3 MV Tandem Ac celerator (National Centre of Ac celerators, Seville).

CAoPAC: Computer-Aided Optimization of Particle Ac celerators Workshop. Darmstadt (Alemania) 2015.

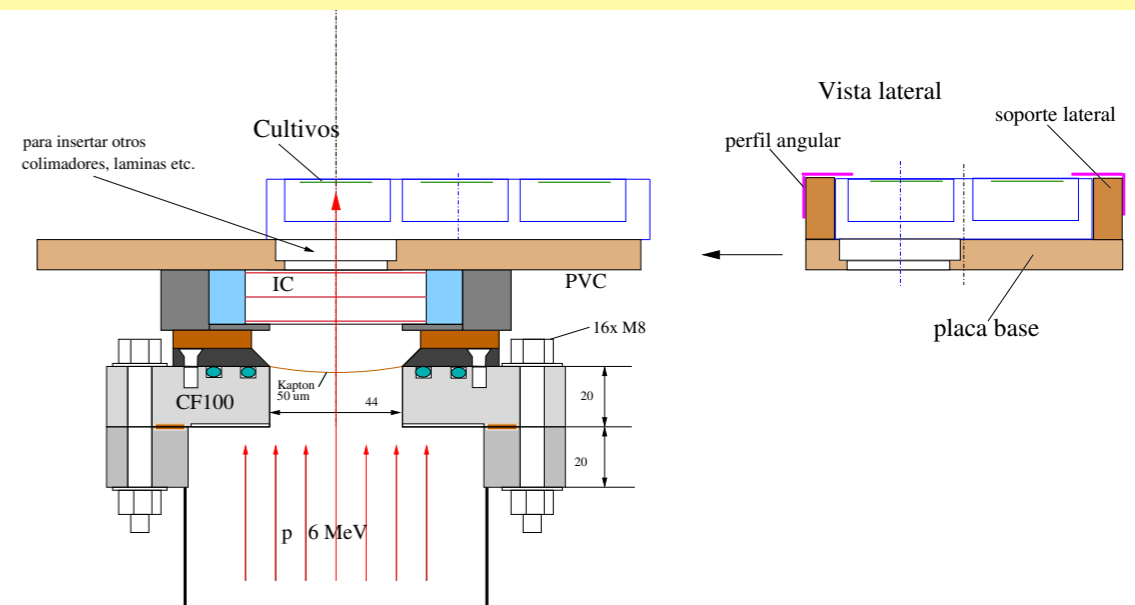
-cambio de energía: **degradación pasiva con hojas de mylar**

Motivación

Irradiación de cultivos celulares:

- estudio del daño celular
- comparación fotones/protones

B. Torres, M. Villalobos, A. Tornero-López,
J. Torres del Río



C. Battaglia, D. Schardt, J.M. Espino,
M.I. Gallardo, M.A. Cortés-Giraldo,
J.M. Quesada, H. Miras (Sevilla)
D. Guirado, A.M.L. (Granada)

Proton beam optimization for dosimetry studies with radiochromic films and ionization chambers at the 3 MV Tandem Ac celerator (National Centre of Ac celerators, Seville).

CAoPAC: Computer-Aided Optimization of Particle Ac celerators Workshop. Darmstadt (Alemania) 2015.

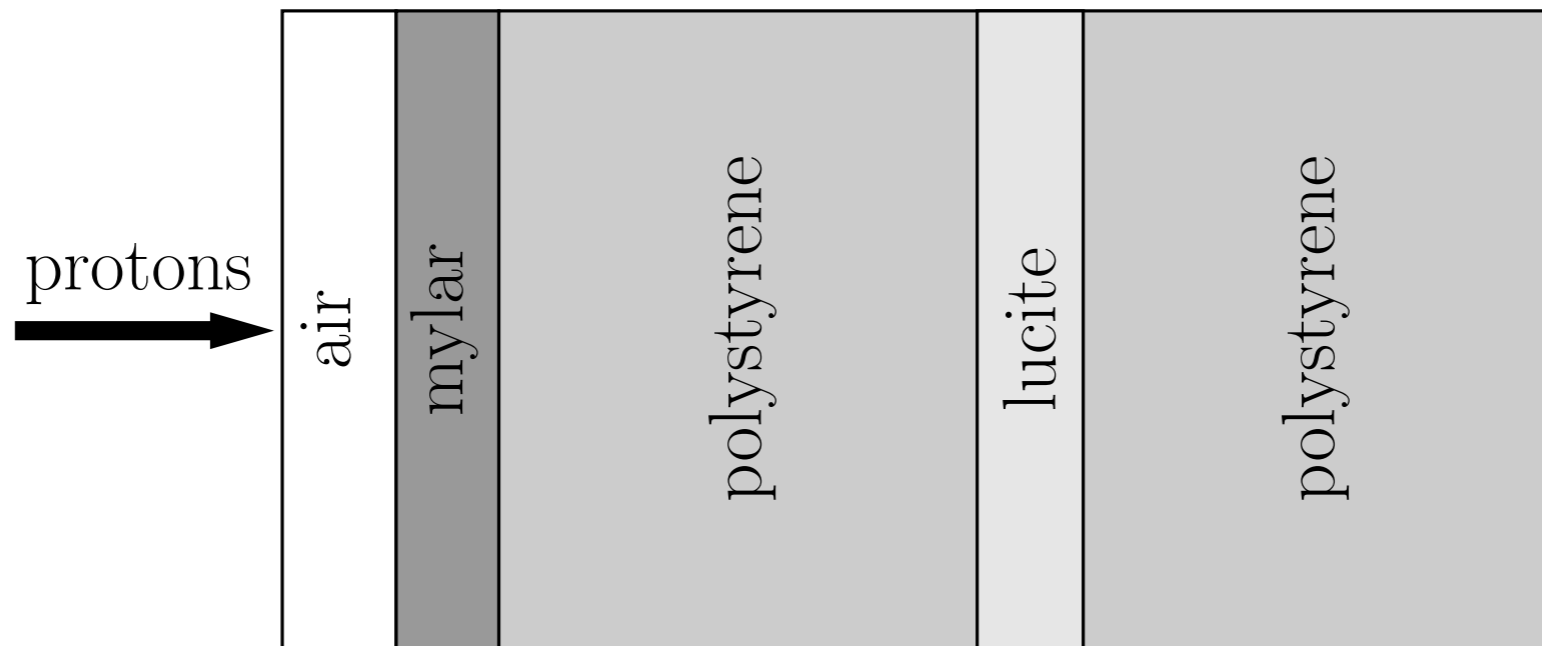
-cambio de energía: **degradación pasiva con hojas de mylar**

Geometría de las simulaciones



$$E_p = 3.59 \text{ MeV}$$

zona activa de
EBT₃ (28 micras)



(57 micras) EBT₃ (278 micras)

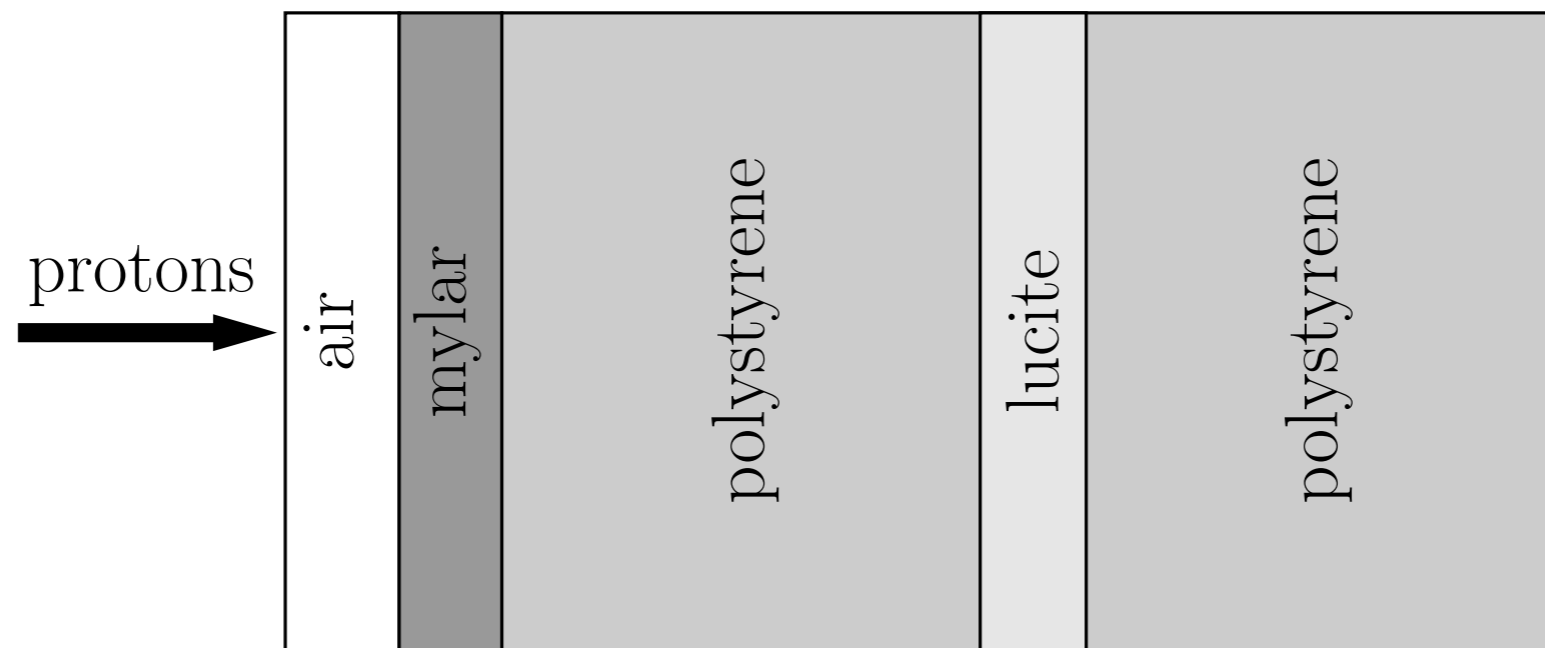
Geometría de las simulaciones



$$E_p = 3.59 \text{ MeV}$$

zona activa de
EBT₃ (28 micras)

- dosis depositada en la zona activa de EBT₃
- posición del pico de Bragg



(57 micras) EBT₃ (278 micras)

A generic algorithm for Monte Carlo simulation of proton transport.

F. Salvat.

Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B 316 (2013) 144-159

- **PENELOPE para electrones, fotones y positrones**
- **algoritmo mixto (clase II) para el transporte de protones**
- **colisiones elásticas: aproximación eikonal + potencial atómico Dirac-Hartree-Fock-Slater**
- **colisiones inelásticas: aproximación de Born de ondas planas**
 - **modelo de Sternheimer-Liljequist de la intensidad de oscilador generalizada**
 - **parámetros ajustados para reproducir poderes de frenado y secciones eficaces de ionización de capas internas**
- **absorción nuclear: sección eficaz empírica de Prael-Chadwick**
- **buena descripción de la distribución de pérdida de energía en colisiones individuales y de la emisión de rayos X debida al impacto de protones**

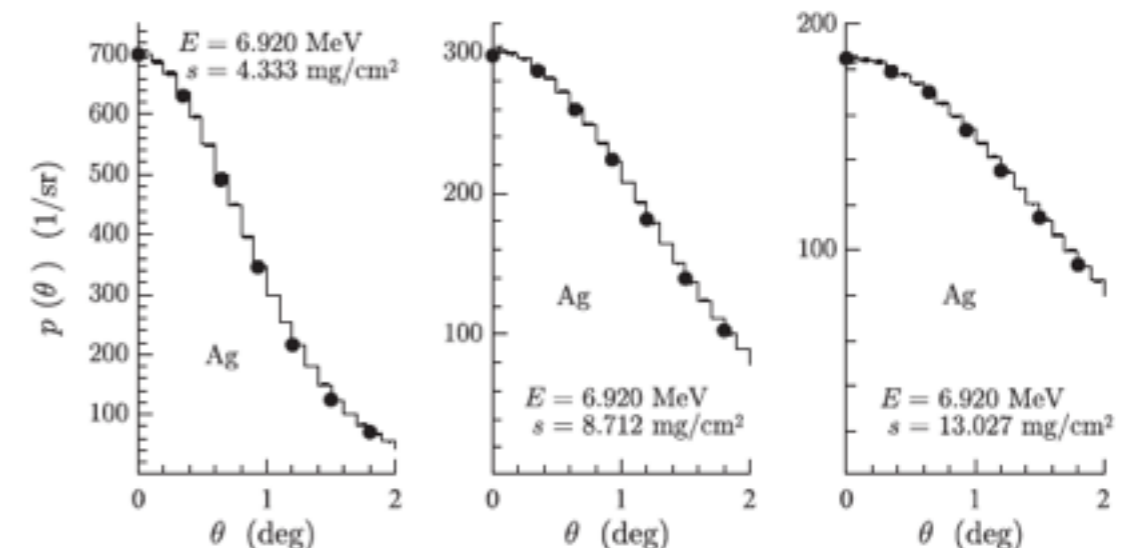
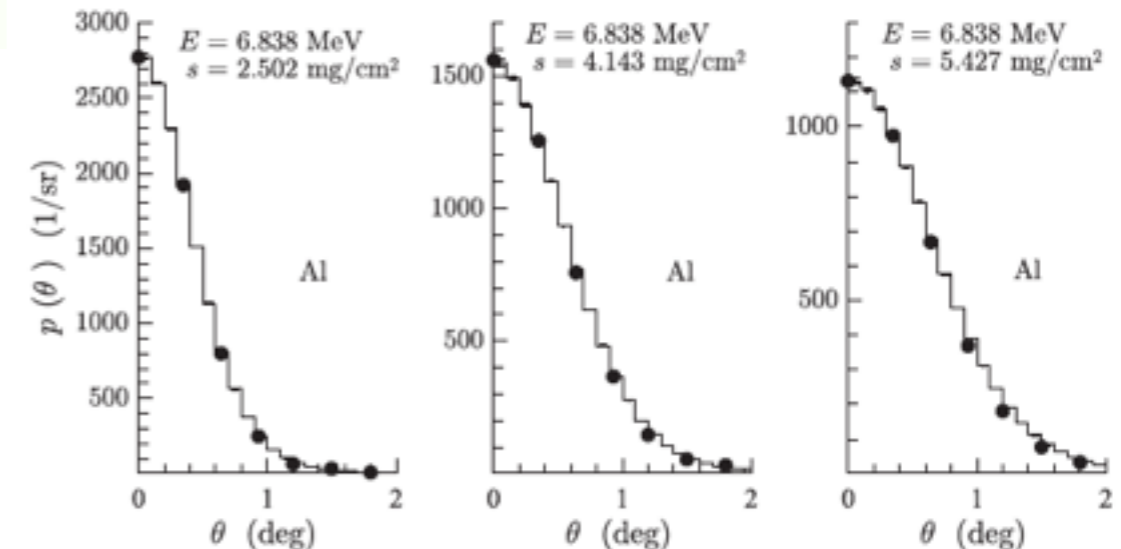
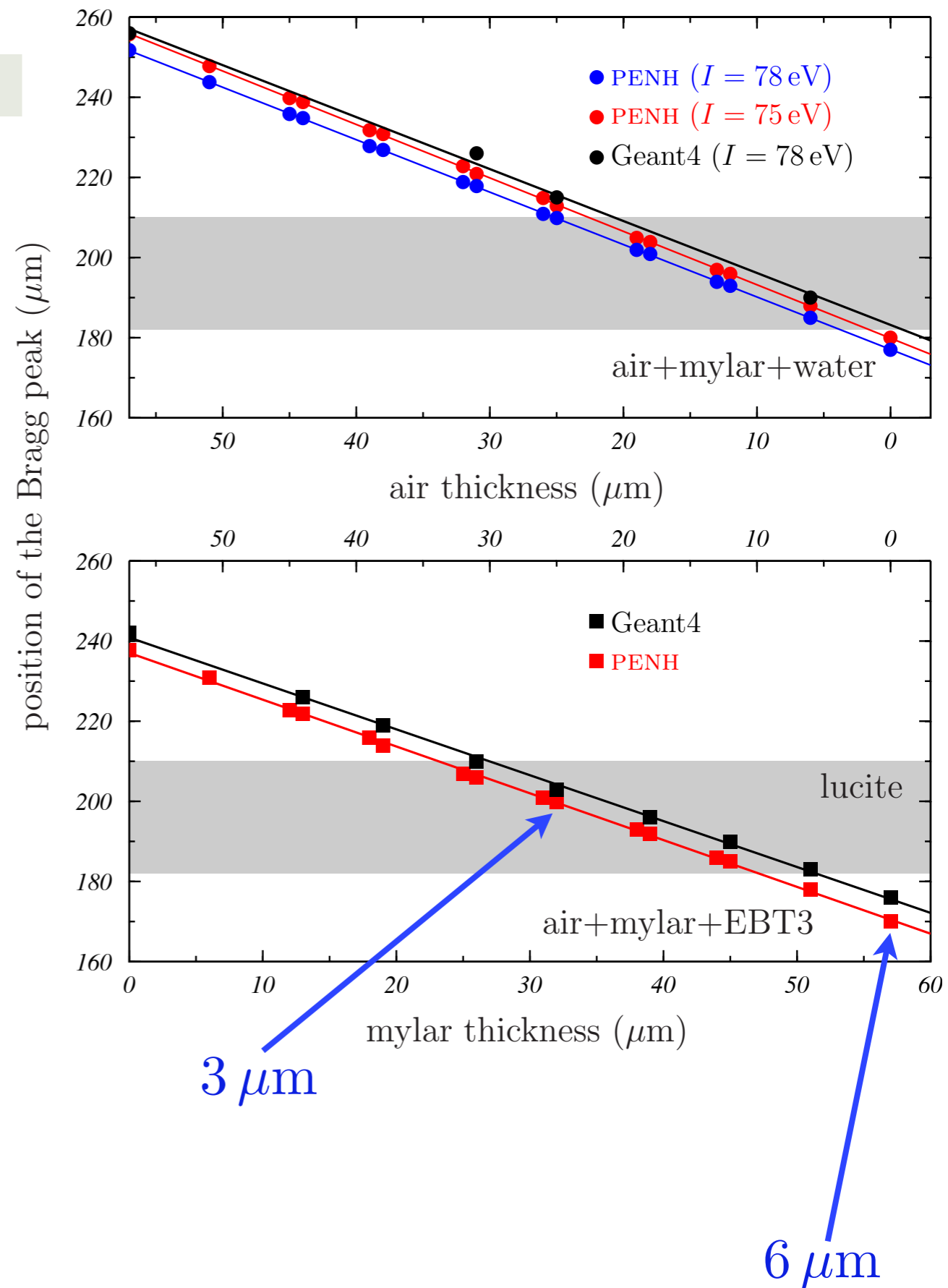
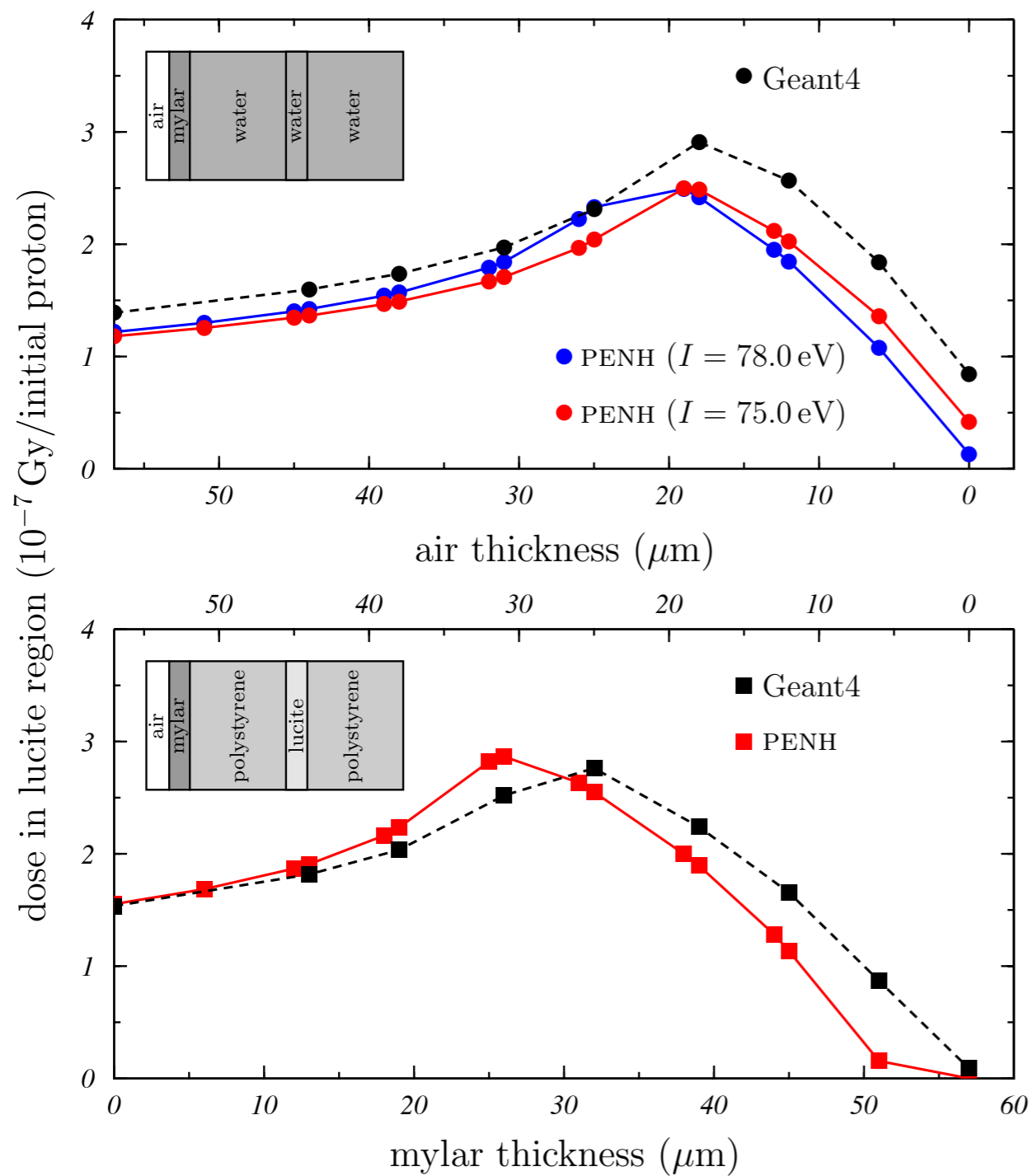


Table 2

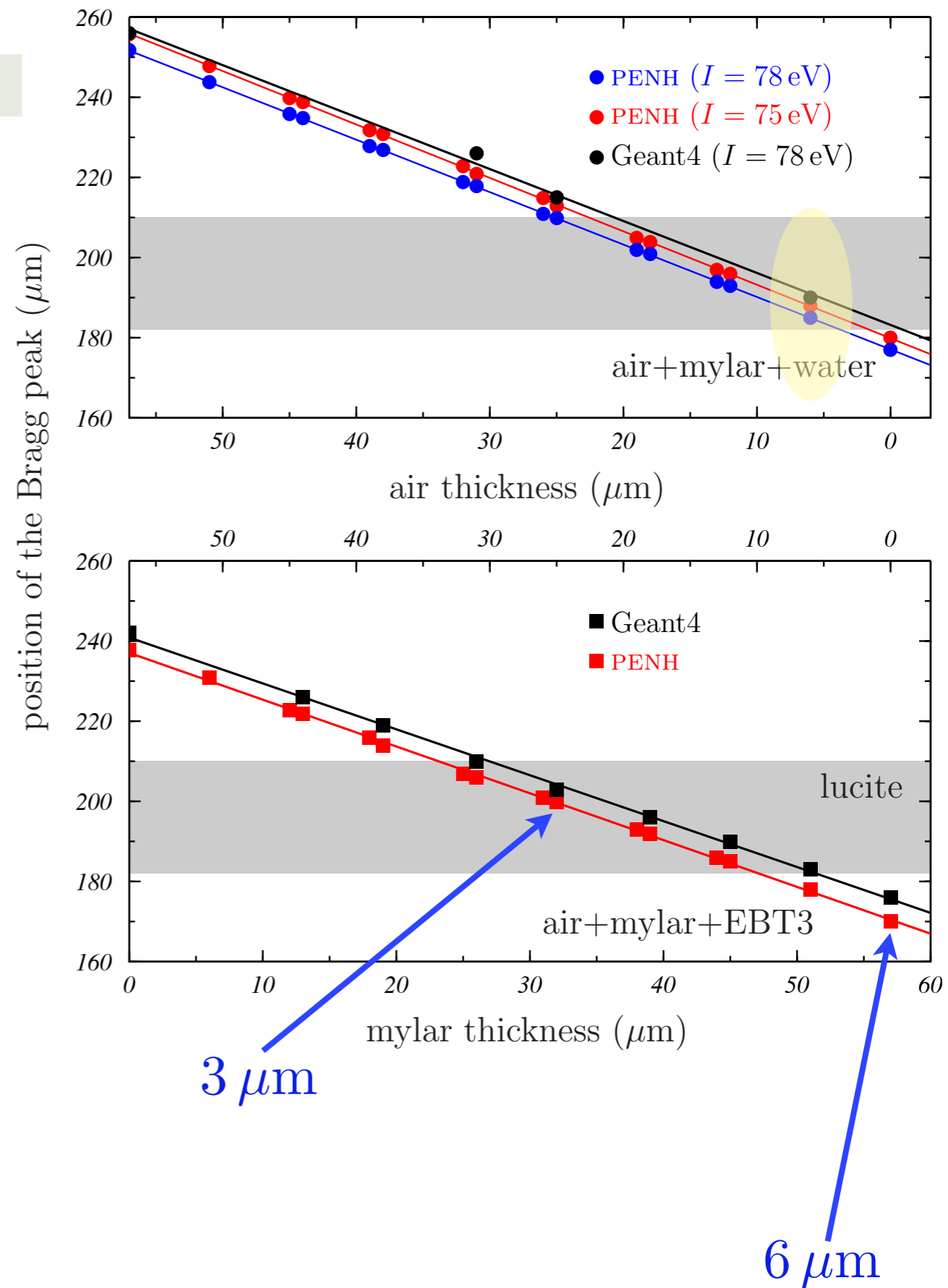
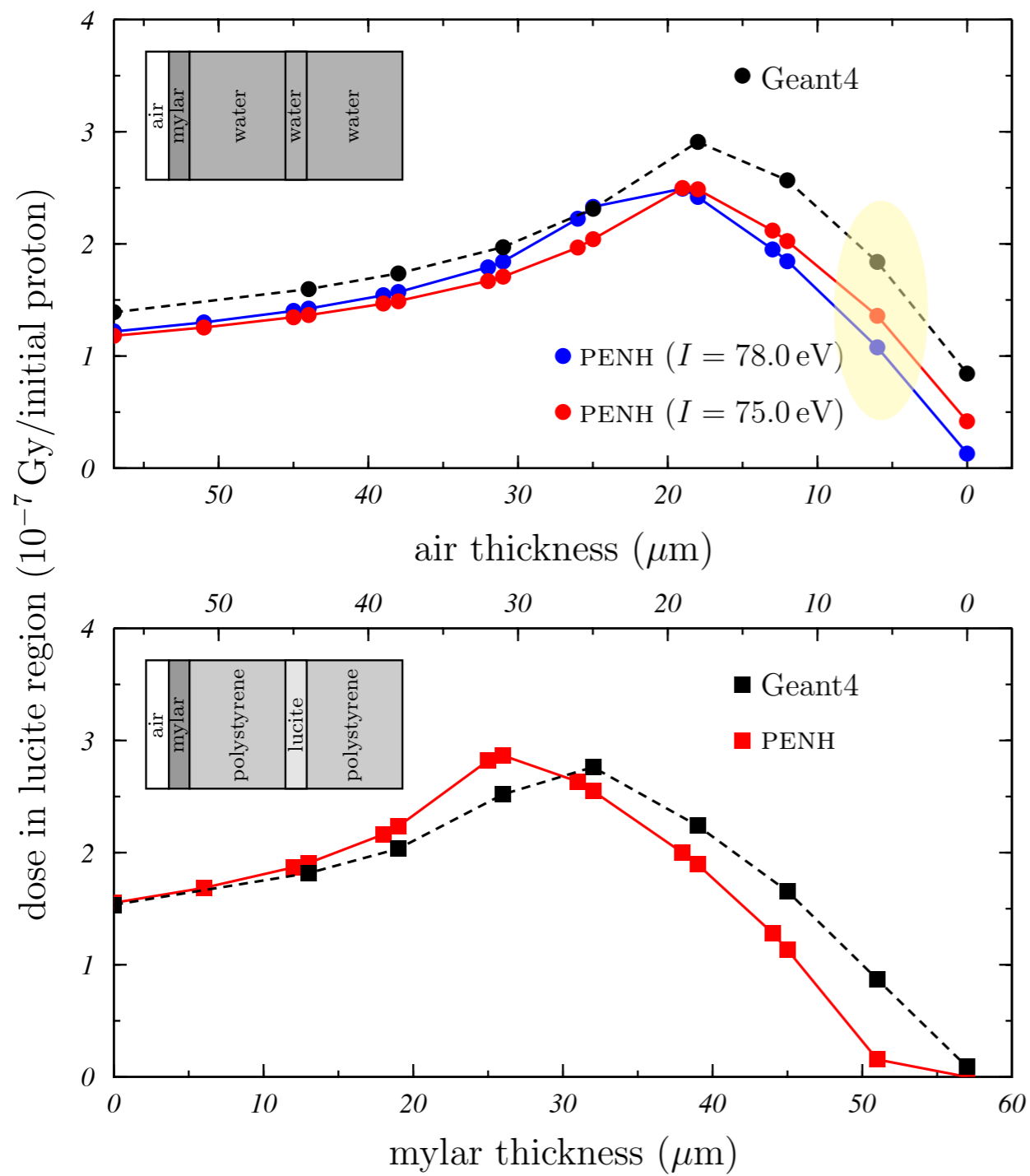
Average energies $E(0)$ of protons transmitted in forward directions from a beam of energy E impinging normally on a foil of thickness s of the indicated element. Results from measurements by Ishiwari et al. [51] (exp.) and from present Monte Carlo simulations (MC). All energies are in MeV.

Material	s (mg/cm ²)	E	$E(0)$, exp.	$E(0)$, MC
Al	2.502	6.838	6.723	6.7245 ± 0.0001
Al	4.143	6.838	6.648	6.6492 ± 0.0002
Al	5.247	6.838	6.586	6.5899 ± 0.0002
Ag	4.333	6.920	6.793	6.7909 ± 0.0002
Ag	8.712	6.920	6.661	6.6589 ± 0.0002
Ag	13.027	6.920	6.529	6.5269 ± 0.0002

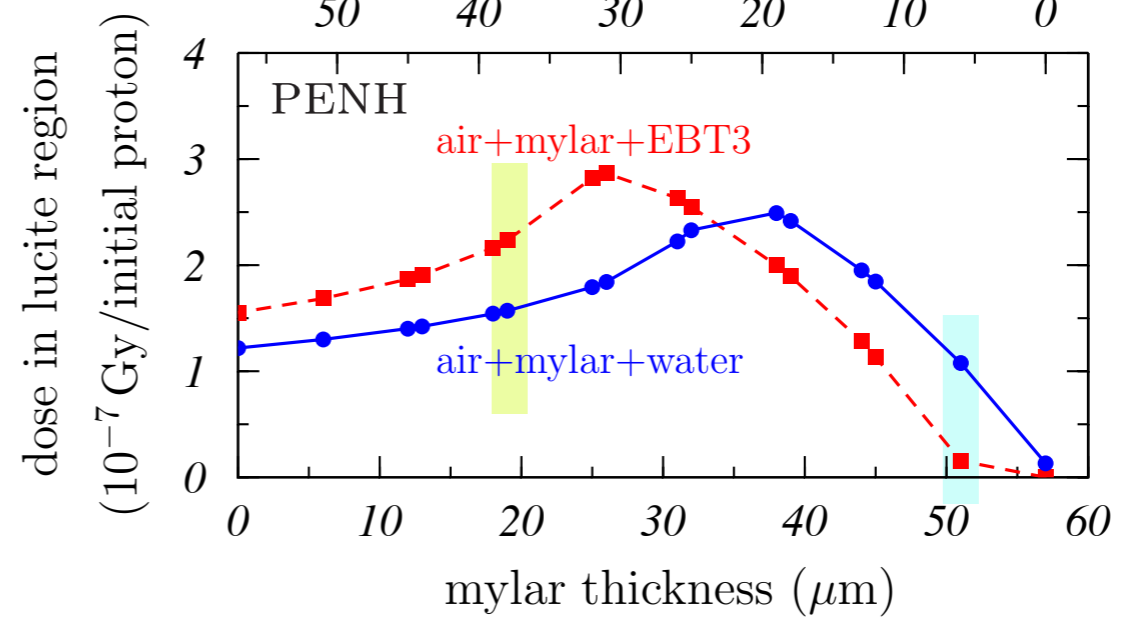
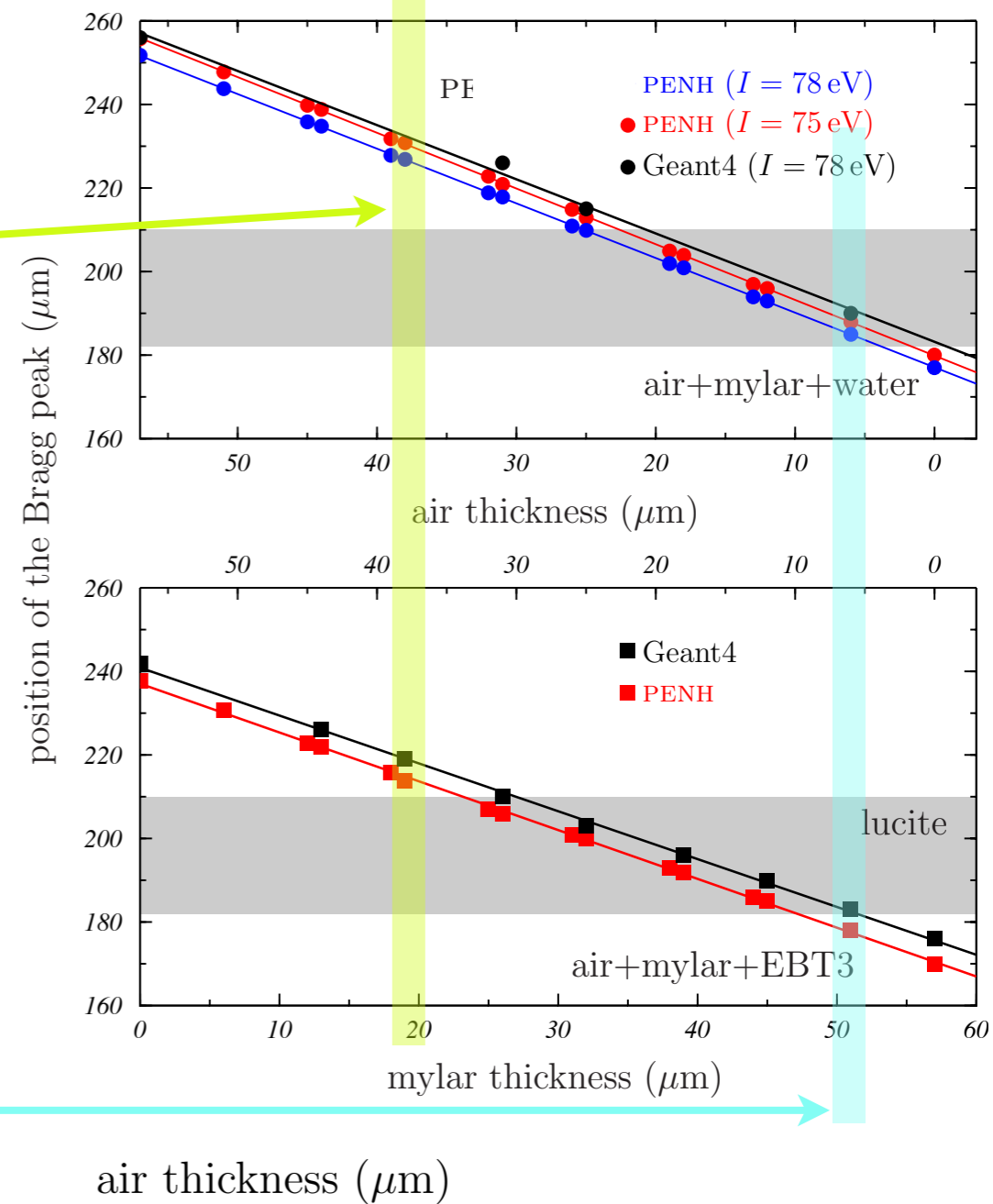
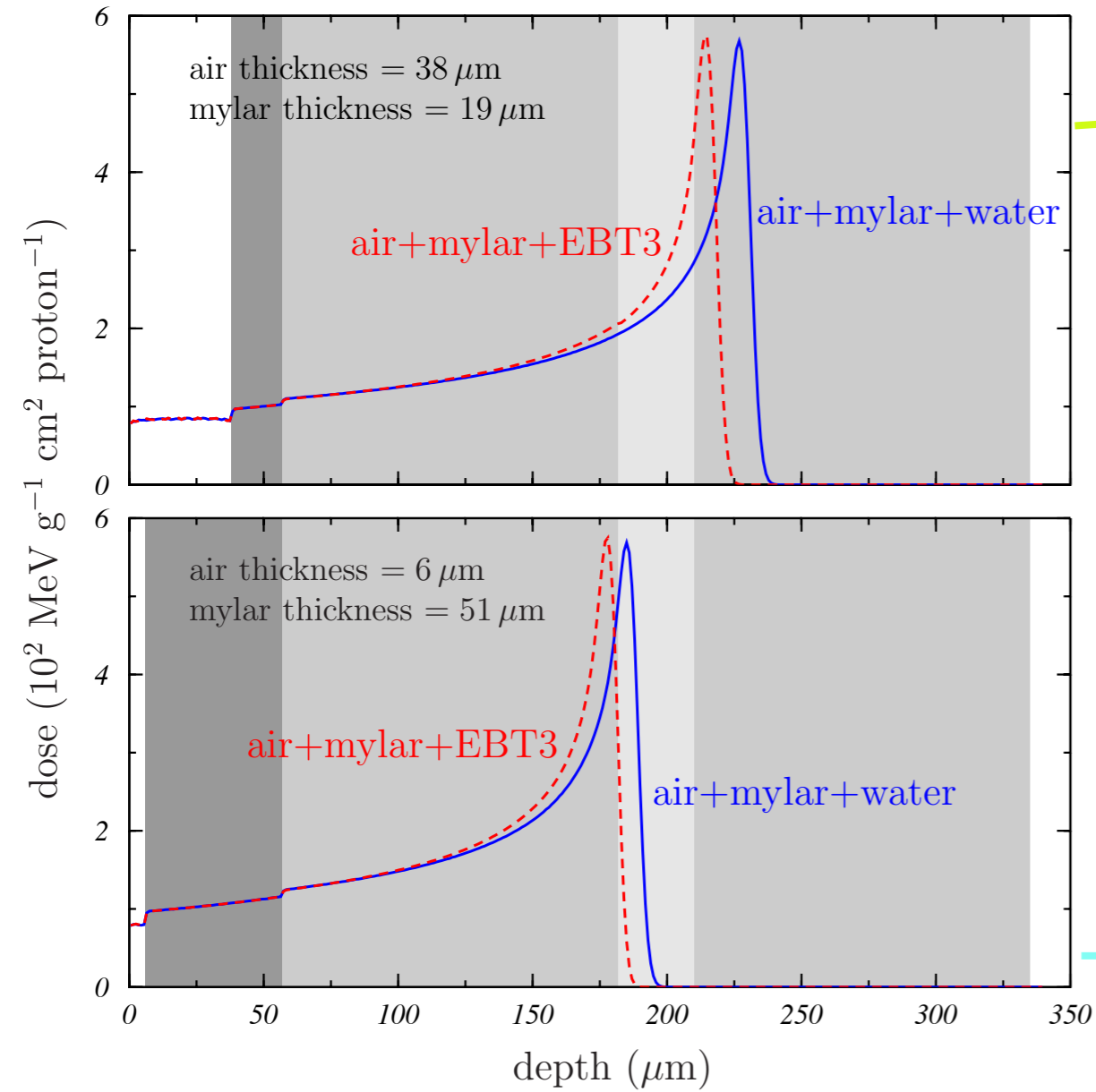
Comparación PENH / Geant4



Comparación PENH / Geant4

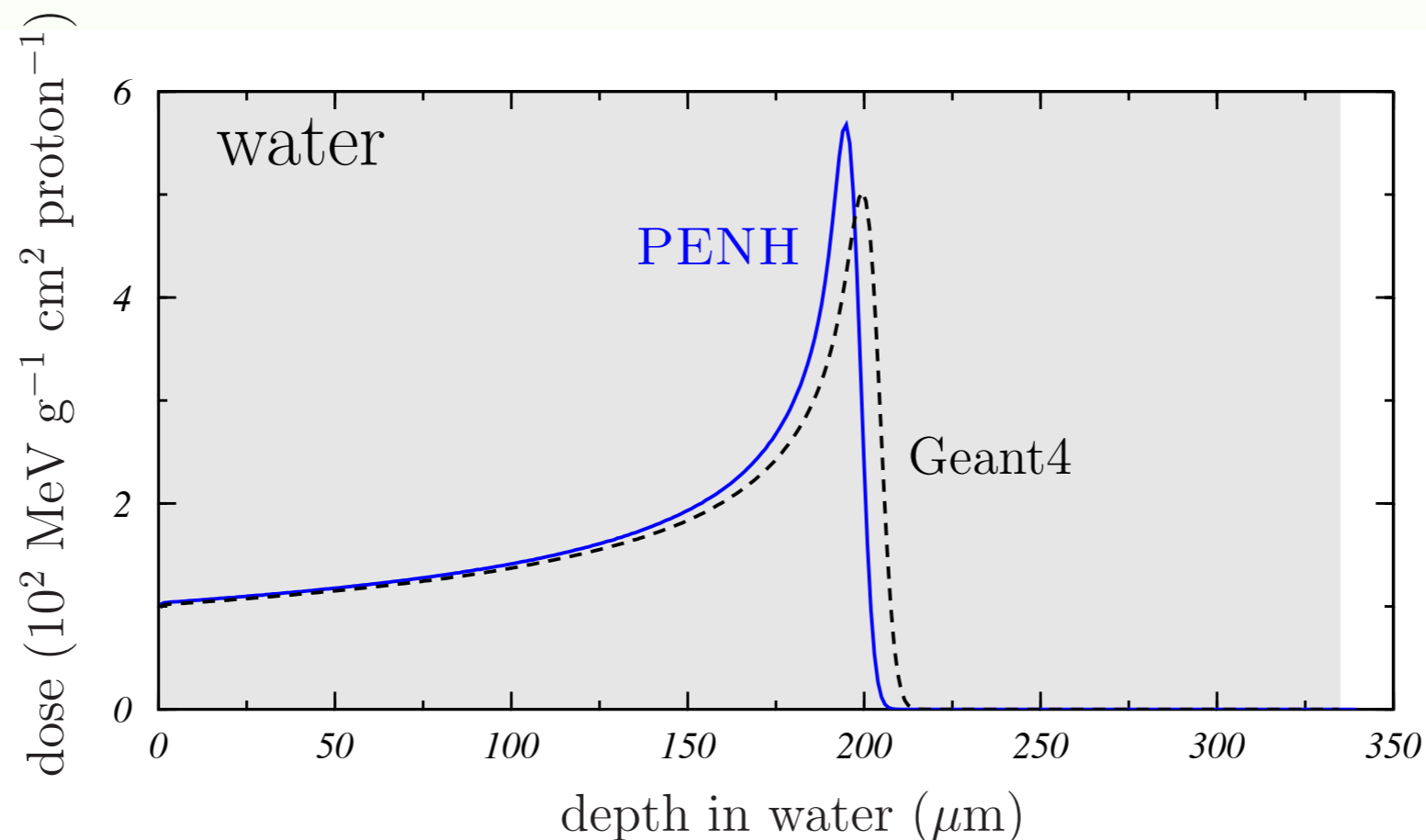


Resultados



- **Comparación entre PENH y Geant4 para protones de baja energía**
- **Geometrías compuestas por láminas muy delgadas simulando el experimento**
- **Diferencias significativas en las dosis depositadas en la zona activa de EBT3**
- **Geant4 produce mayor penetración de los protones que PENH:
el pico de Bragg aparece entre 3 y 6 micras más profundo**
- **Es necesario hacer una comparación Geant4/PENH más detallada**

- Comparación entre PENH y Geant4 para protones de baja energía
- Geometrías compuestas por láminas muy delgadas simulando el experimento
- Diferencias significativas en las dosis depositadas en la zona activa de EBT3
- Geant4 produce mayor penetración de los protones que PENH:
el pico de Bragg aparece entre 3 y 6 micras más profundo
- Es necesario hacer una comparación Geant4/PENH más detallada



- M. Anguiano, A.M.L. (Dpto. FAMN, UGR), M.Á. Carvajal (Dpto. Electrónica y T.C., UGR)
- D. Guirado, J.M. de la Vega, J. Almansa, R. Guerrero, J. Torres del Río, C. Forastero (H.U. Granada)
- S. García-Pareja (H.U. Málaga)
- M. Vilches (IMOMA, Oviedo)
- A. Tornero-López (H.U. Gran Canaria)
- L.I. Zamora (H.U. Córdoba)

Colaboraciones

- A. Palma (Dpto. Electrónica y T.C., UGR) / A. Jaksic (Tyndal, Cork)
- M. Villalobos, B. Torres (Lab. Radiobiología, Dpto. Radiología y M.F., UGR)
- M.I. Gallardo, J.M. Quesada, M.A. Cortés-Giraldo, C. Battaglia (US) / D. Schardt (GSI, Darmstadt) / J.M. Espino (CNA, Sevilla)
- F. Salvat (UB) / G.M. Díaz-Londoño (U. La Frontera, Chile)
- L. Brualla, W. Sauerwein (H.U. Essen)
- J. Pérez-Calatayud (H.U. Valencia)
- Y. Prezado, W. González (CNRS, Orsay)

¿Qué hacemos?

- Aplicaciones de simulación Monte Carlo en teleterapia y braquiterapia
- Modelos de fuentes para linacs de uso clínico (fotones y electrones)
- Técnicas de reducción de varianza: aplicaciones (medicina nuclear, radioterapia, ...)
- Aplicaciones específicas para PENELOPE: PENGEOM (visualizar/manipular geometrías)
- Dosimetría MOSFET: caracterización y simulación de MOSFET comerciales
- Radiobiología con protones: hipersensibilidad a baja dosis
- Aplicación de técnicas estadísticas a procedimientos de control de calidad
- Respuesta de cámaras de ionización
- Simulación Monte Carlo de programas de cribado

