



## Radioterapia con partículas cargadas: descripción y perspectivas

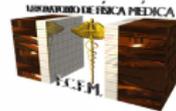
José A. Ramos Méndez

Seminario del Cuerpo Académico de Partículas, Campos y Relatividad

General

10 de Octubre del 2012





## Contenido

### Contenido

- 1 Antecedentes
- 2 Justificación
- 3 Costo/Beneficio de la Terapia de Hadrones
- 4 Conclusiones

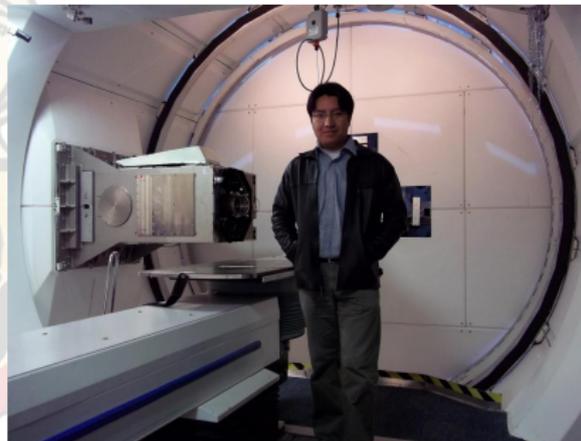
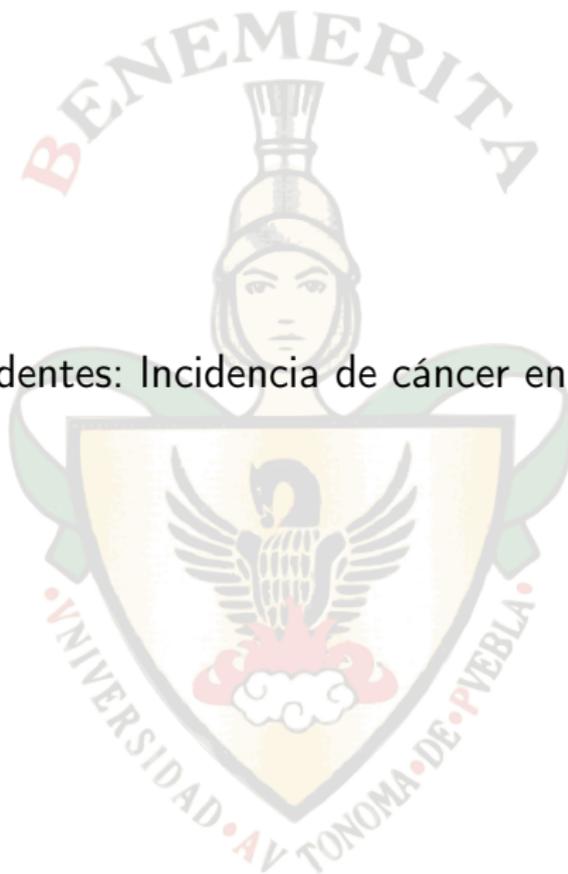


Figura: Francis H. Burr Proton Therapy Center, Massachusetts General Hospital & Harvard Medical School



Antecedentes: Incidencia de cáncer en México





Antecedentes

## Incidencia de cáncer en México

### Subgrupos de causa de muerte en México

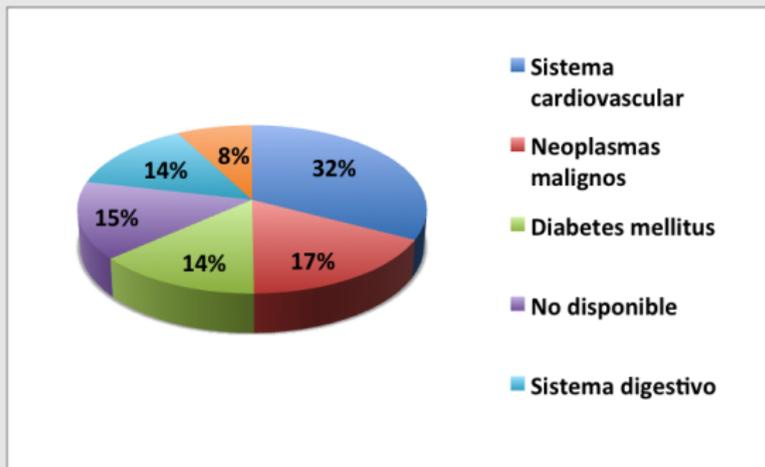


Figura: Regional Mortality Information System. Regional Health Observatory. Pan American Health Organization (PAHO), 2011.



Antecedentes

# Incidencia de cáncer en México

## Principales causas de mortalidad hospitalaria

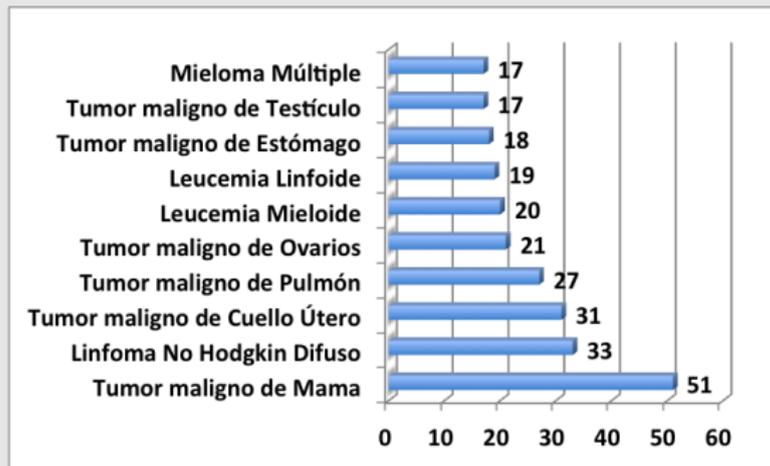


Figura: Otras causas 1258. Subdirección de planeación INCAN. Datos Enero-Diciembre 2011.



Antecedentes



# Incidencia de cáncer en México

## Diagnóstico y tratamiento

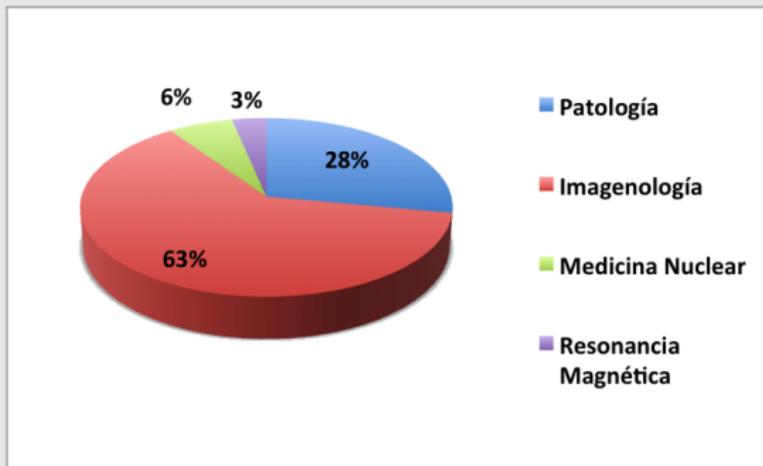


Figura: Instituto Nacional de Cancerología. 2011



Antecedentes



# Incidencia de cáncer en México

## Tratamiento

- Quimioterapia
- Hormonoterapia
- Cirugía
- Crioblación
- Inmunoterapia
- Radioterapia

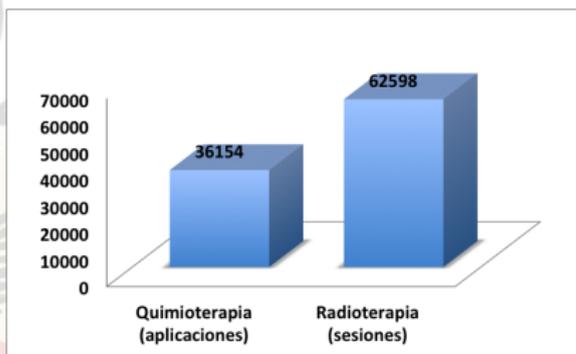


Figura: Datos del Instituto Nacional de Cancerología. 2011



Antecedentes

## Incidencia de cáncer en México

### Fuente: World Health Organization

- Existen alrededor de 120000 personas diagnosticadas con cáncer anualmente.
- 70000 personas mueren por cáncer anualmente.
- Aproximadamente el 5% de las muertes en infantes son por cáncer. (29.3% de la población, INEGI)



## Justificación: Ventajas Sobre la Radioterapia Convencional

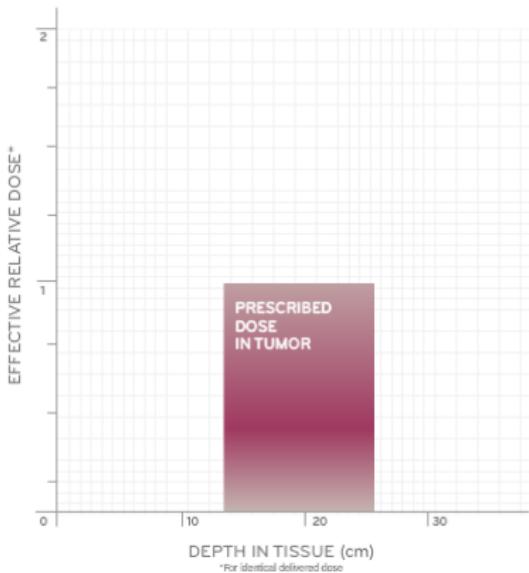




Justificación

Justificación

## THE BRAGG PEAK

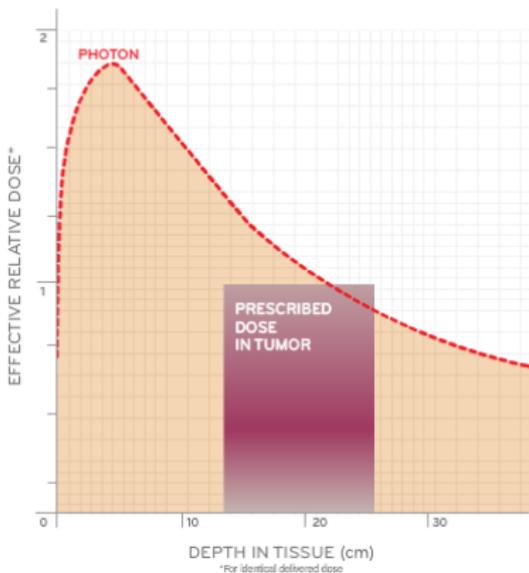




Justificación

Justificación

## THE BRAGG PEAK



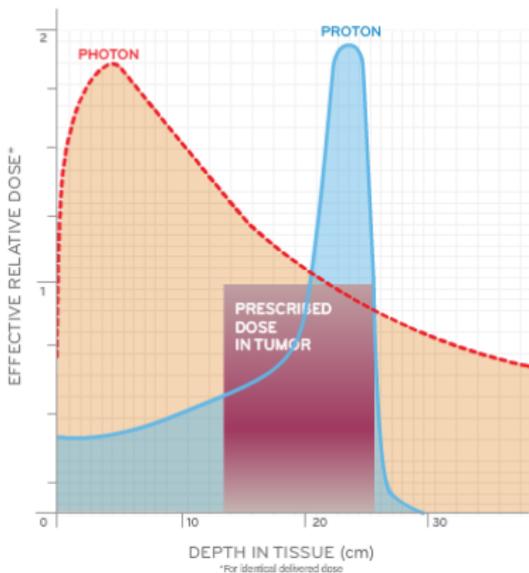


Justificación



Justificación

## THE BRAGG PEAK



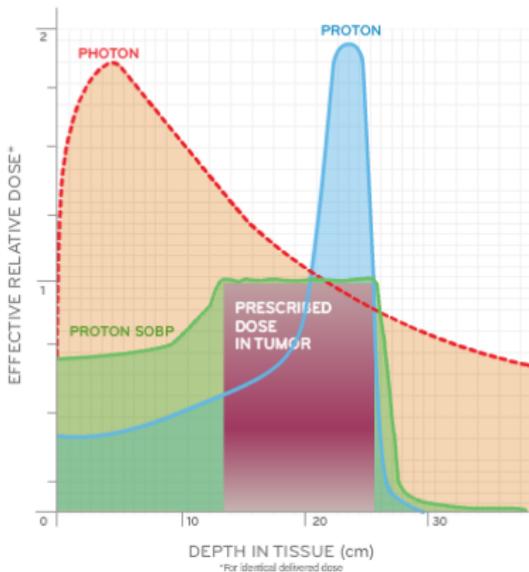


Justificación



Justificación

## THE BRAGG PEAK

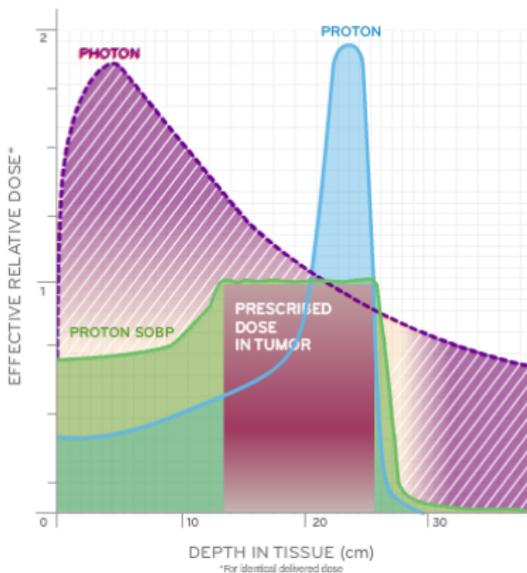




Justificación

Justificación

## THE BRAGG PEAK





Justificación

Justificación

## Iones de Carbono

- Presentan mayor daño biológico que los fotones:  $RBE^a$  &  $OER^b$ .
- Mejor conformación del haz (al igual que protones): escaneo.
- E.g. La tasa de control local durante 4 años para cánceres de cabeza y cuello<sup>c</sup>:

Fotones: 25 %

Fotones + Iones de Carbono: 75 %

<sup>a</sup>Relative Biological Effectiveness

<sup>b</sup>Oxygen Enhancement Ratio

<sup>c</sup>H Suit, *et.al* "Protons vs carbon ion beams in the definitive radiation treatment of cancer patients." *Radiother. Oncol* 95(1):3 22, 2010.



## Justificación

# Justificación

### CENTRAL NERVOUS SYSTEM

Adult Low Grade Gliomas  
 Pediatric Gliomas  
 Acoustic Neuroma  
 Recurrent or Unresectable Meningiomas  
 Recurrent or Unresectable Craniopharyngioma  
 Chordomas and Low Grade Chondrosarcoma  
 Clivus and Cervical Spine Arteriovenous Malformations  
 Pituitary Adenoma  
 Posterior Fossa Tumors  
 Brain Cancer

### HEAD & NECK

Paranasal Sinus  
 Nasopharynx  
 Primary and Recurrent Esophageal Carcinoma  
 Recurrent Carcinomas

### ABDOMEN

Paraspinal Tumors  
 Soft Tissue Sarcomas  
 Pancreatic Cancer  
 Hepatocellular Carcinoma  
 Pediatric Malignancies

### EYE & ORBIT

Uveal Melanoma  
 \*Macular Degeneration  
 Choroidal Melanoma  
 Retinoblastoma  
 Choroidal Metastases  
 Orbital Rhabdomyosarcoma  
 Choroidal Hemangiomas  
 Optic Glioma

### THORAX

Non Small Cell Lung Carcinoma  
 Breast Cancer  
 Early Stage-Medically Inoperable Paraspinal Tumors  
 Soft Tissue Sarcomas  
 Lymphoma

### PELVIS

Early Stage Prostate Carcinoma  
 Locally Advanced Prostate Carcinoma  
 Locally Advanced Cervix Carcinoma  
 Sacral Chordoma  
 Recurrent or Unresectable Colorectal Carcinoma  
 Recurrent or Unresectable Pelvic Masses  
 Pediatric Malignancies  
 Ewing's Sarcoma

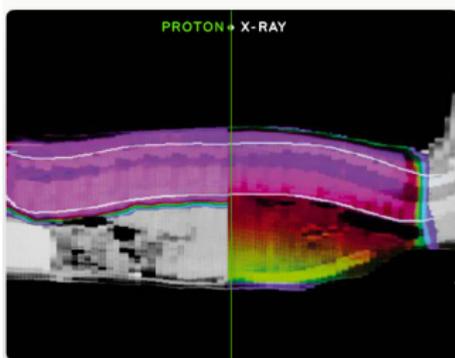




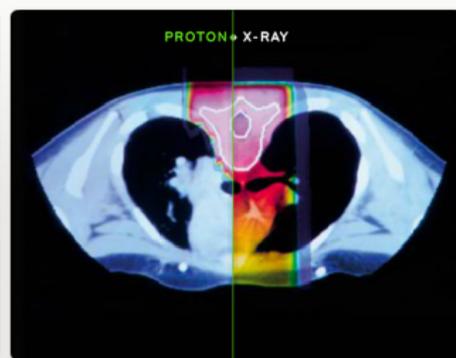
Justificación

Justificación

SAGITTAL VIEW



TRANSVERSE VIEW



**Figura:** Irradiación de meduloblastoma en infante. (Francis H. Burr Proton Therapy Center, Massachusetts General Hospital.)



Justificación

Justificación

## ¿Cuándo son adecuadas?

- Tumores cerebrales pediátricos.
- Leucemias pediátricas y tumores sólidos.
- Tumores cerca del tallo cerebral
- Tumores de ojo y órbita.
- Tumores gastrointestinales (inoperables: hígado).
- Tumores radio-resistentes: Hipoxia



## Costo/Beneficio de la Terapia de Hadrones





Costo/Beneficio

Costo/Beneficio

## Hechos<sup>a</sup>

- La radioterapia convencional (RC) es relativamente barata (5 % del costo del presupuesto global de oncología)
- RC avanzada ~ \$133040 (Tipo de protocolo, número de fracciones, haces por fracción, horas de operación por día, número de salas de tratamiento, equipo requerido y métodos de control de calidad)
- La terapia de hadrones (TH), es claramente superior.
- La TH puede ser costo-efectiva, si se considera el costo global.
- La TH es 2.4 veces mayor a la RC. Poca literatura al respecto

<sup>a</sup>A. Peeters *et. al* "How costly is particle therapy? Cost analysis of external beam radiotherapy with carbon-ions, protons and photons" *Radiother Oncol* 95(1), 45-53, 2010



Costo/Beneficio

Costo/Beneficio

## Costo general

	Fotones	Protones	Combinado
Construcción (M\$)	389.2	1611.5	2305.0
Operación anual (M\$)	159.7	414.1	610.4
Tratamiento por fracción (K\$)	3.9	12.3	18.8

**Cuadro:** A. Peeters *et. al* "How costly is particle therapy? Cost analysis of external beam radiotherapy with carbon-ions, protons and photons" *Radiother Oncol* 95(1), 45-53, 2010



Costo/Beneficio

Costo/Beneficio

## Ejemplos de tratamientos

Sitio del tumor	Fotones		Protones		Carbono	
	(K\$)	Fracc.	(K\$)	Fracc.	(K\$)	Fracc.
Próstata	302.00	39 (IMRT)	267.58	39	208.37	20
Pulmón	61.86	4 (SBRT)	205.88	10	166.80	4
	135.53	35 (3DRT)				
Cabeza y cuello	191.58	33 (IMRT)	658.71	32	500.23	16
BC Cordoma	232.32	30 (FSRT)	507.71	37	416.91	20

Cuadro: A. Peeters *et. al* "How costly is particle therapy? Cost analysis of external beam radiotherapy with carbon-ions, protons and photons" *Radiother Oncol* 95(1) 45-53, 2010



Costo/Beneficio

Costo/Beneficio

## Cordoma en la base del cráneo

Tasa de control local a 5 años	Primer tratamiento	Recurrencia	Total
50 % (Fotones)	450673	677423	1128096
70 % (Carbono)	725068	406454	1131522

**Cuadro:** O. Jäkel *et. al* "On the cost-effectiveness of carbon ion radiation therapy for skull base chordoma." *Radiother Oncol* 83(2) 133-138, 2007

- Se consideró el tratamiento completo: cirugía, quimioterapia, hospitalización y recurrencia (ponderada por probabilidad de recurrencia).
- El costo del primer tratamiento incluye: cirugía \$182930 y hospitalización \$209538.



## Conclusiones



## Conclusiones

# Conclusiones

## Conclusiones

- El costo de la Terapia de Hadrones (TH) es mucho mayor (3.6-4.2 veces) que el costo de la Terapia Convencional (TC).



## Conclusiones

# Conclusiones

## Conclusiones

- El costo de la Terapia de Hadrones (TH) es mucho mayor (3.6-4.2 veces) que el costo de la Terapia Convencional (TC).
- La TH ofrece un control tumoral superior a la TC.



## Conclusiones

# Conclusiones

## Conclusiones

- El costo de la Terapia de Hadrones (TH) es mucho mayor (3.6-4.2 veces) que el costo de la Terapia Convencional (TC).
- La TH ofrece un control tumoral superior a la TC.
- ¿Es aceptable el costo/beneficio de la TH?



## Conclusiones

# Conclusiones

## Conclusiones

- El costo de la Terapia de Hadrones (TH) es mucho mayor (3.6-4.2 veces) que el costo de la Terapia Convencional (TC).
- La TH ofrece un control tumoral superior a la TC.
- ¿Es aceptable el costo/beneficio de la TH?
- Claro que por su puesto que desde luego que SI



## Conclusiones

# Conclusiones

## Conclusiones

- El costo de la Terapia de Hadrones (TH) es mucho mayor (3.6-4.2 veces) que el costo de la Terapia Convencional (TC).
- La TH ofrece un control tumoral superior a la TC.
- ¿Es aceptable el costo/beneficio de la TH?
- Claro que por su puesto que desde luego que SI
- El análisis presentado muestra que el costo del tratamiento total debe ser evaluado, **no solo el costo de la TH vs TC.**



## Conclusiones

# Conclusiones

## Conclusiones

- El costo de la Terapia de Hadrones (TH) es mucho mayor (3.6-4.2 veces) que el costo de la Terapia Convencional (TC).
- La TH ofrece un control tumoral superior a la TC.
- ¿Es aceptable el costo/beneficio de la TH?
- Claro que por su puesto que desde luego que SI
- El análisis presentado muestra que el costo del tratamiento total debe ser evaluado, **no solo el costo de la TH vs TC.**
- Algo no cuantificable en dinero: el invaluable beneficio de los pacientes en términos de efectos secundarios que ofrece la TH.



Conclusiones



## Una reflexión

"... firmó un contrato con I.I.I. Servicios para construir la Estela de Luz, por un monto de 393 millones 489 mil 970.34 pesos, IVA incluido, pero que los sucesivos convenios modificatorios han elevado el precio hasta mil 146 millones." *La Jornada* 27/03/2012.



Imagen: Miguel Ángel Parras