

# TÉCNICAS NUCLEARES EN LA MEDICINA CUBA

Angelina Díaz García

Presidenta Agencia de  
Energía Nuclear y  
Tecnologías de Avanzada  
CUBA



Buenos Aires, ARGENTINA -  
26 to 29 June 2006

# **Tendencias en Medicina**

- **Genética**
- **Farmacología**
- **Imagen Molecular  
(Medicina Nuclear)**

# Medicina Molecular

***Identificar los errores fundamentales de las enfermedades y elaborar las correspondientes correcciones moleculares***

**imagenología molecular**



# SALUD HUMANA

## TÉCNICAS DIAGNÓSTICO

- ( IN VIVO) RAYOS X, SPECT,SPECT-CT PET, PET-CT,PET-NMR
- (IN VITRO) RIA, IRMA

## TÉCNICAS TERAPÉUTICAS

- TELETERAPIA,
- BRAQUITERAPIA,
- RADIOTERAPIA METABÓLICA

## RADIOESTERILIZACIÓN



# MEDICINA NUCLEAR

- A corto plazo: Funciones generales
- A mediano plazo: Imagenología molecular FDG-PET, Tc-99 SPECT
- A largo plazo: Imágenes cuantitativas de procesos bioquímicos y moleculares altamente específicos

*Radioterapia metabólica*

# Pilares de la Medicina Nuclear

**Radiofármacos**



**Recursos Humanos**

**Tecnología de Obtención  
de Imágenes**

**Técnica Anatomía Fisiología Metabolismo Molecular**

---

**TAC**

**US**

**RMN**

**Nuclear**



# DATOS COMPARATIVOS

	SPECT	PET	PET ANIMAL
RESOLUCIÓN ESPACIAL (mm)	7-10	4-6	1.8-2.5

	TAC/RMN	PET
RESOLUCIÓN ESPACIAL (mm)	< 1	>5
SENSIBILIDAD (mg)	< 1	< 0.000 001



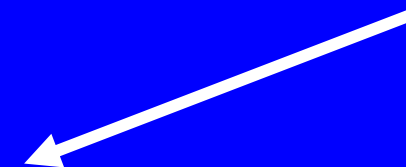
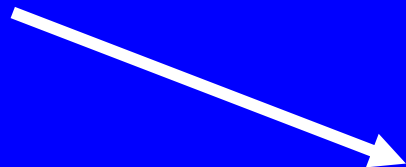
# RELEVANCIA DE LA TECNOLOGÍA PET EN LA IMAGEN MOLECULAR EN SALUD HUMANA



ONCOLOGÍA

NEUROLOGÍA / PSIQUIATRÍA

CARDIOLOGÍA



**CAMBIO DE  
COMPORTAMIENTO**

20 - 40 % Pts

# Fusión de imágenes PET - CT , PET- NMR

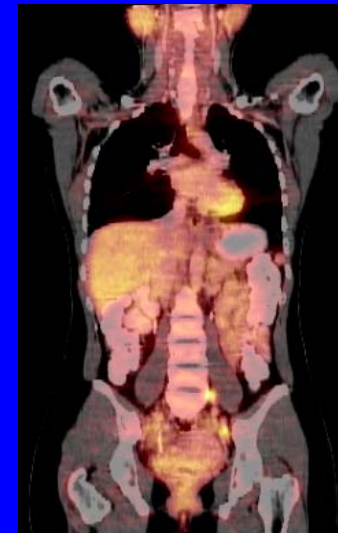
CT



PET



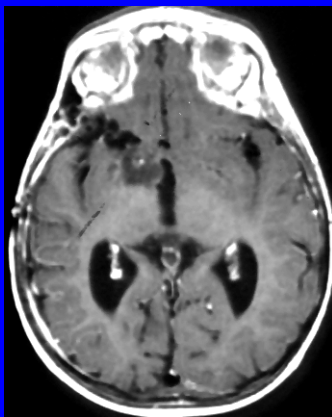
PET-CT



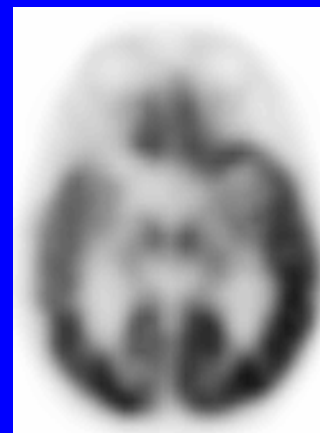
+



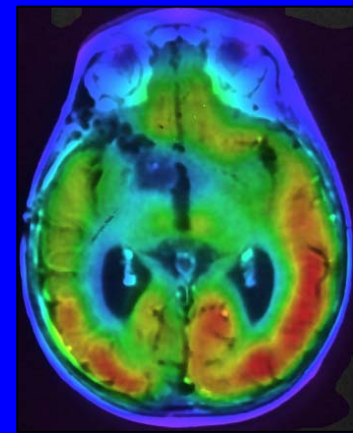
NMR



PET



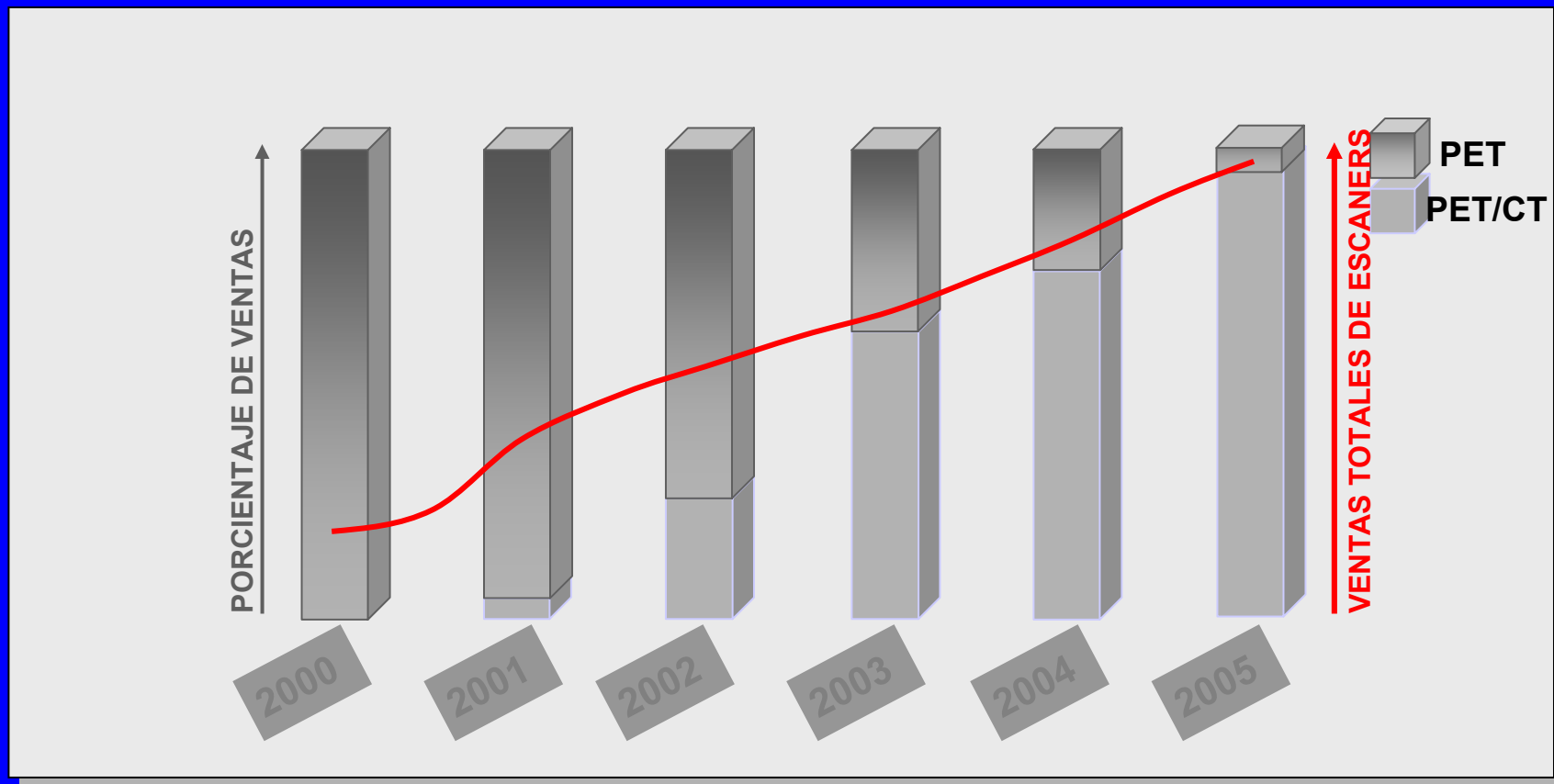
PET NMR



+



# PET dedicados versus PET CT



# MERCADO DE RADIOFÁRMACOS

## RADIONÚCLIDOS

**~1 Billón de USD.  
120 millones en  $^{99m}\text{Tc}$   
Crecimiento: 5-10 %/año  
10,000 hospitales usan  
radionúclidos**

## RADIOFARMACOS

**~4,5 Billones de USD  
Crecimiento: ~ 20 %/año  
20-25 millones de estudios/año con MN**

# MERCADO DE RADIOFÁRMACOS

12 millones de estudios/año con Tc-99m

RF DIAG.	2002	2003	2004	2008	2010
			1530	Cifras, en millones de USD	3200
CARD.	~14 % Anual		1060		1890
FDG	169,4	193,2	249		522
RF TER.	57	~30 % Anual			3800

650,000 estudios con PET en el 2003

1,2 millones en el 2010

# **SITUACIÓN ACTUAL DE LAS TÉCNICAS NUCLEARES EN MEDICINA EN CUBA**



# REALIDADES EN MEDICINA

## Países desarrollados

- **Cáncer y enfermedades cardiovasculares**
- **Enfermedades de la edad avanzada.**
- **Enfermedades infecciosas**

## Países no desarrollados

- **Enfermedades infecciosas**
- **Enfermedades carenciales**

- **Medicina Nuclear**
- **Radioterapia**
- **Radiofármacos**
- **Investigaciones**



# **Nuclear Medicine**

- **22 Servicios de Medicina Nuclear**

**Cámaras Gamma (1 y 2 cabezales)**

## **Radioterapia**

- **Teleterapia (Co-60, aceleradores lineales)**
- **Braquiterapia de altas dosis**
- **Radioterapia metabólica**
- **Sistemas de planificación**
- **Simuladores**
- **Programa Nacional de aseguramiento de la calidad**

**Importación**

**Producción Local**



**Nuestro enfoque**



~~Reactor~~



$^{131}\text{I}$ ,  $^{32}\text{P}$

**Radiofármacos**

**Ciclotrón ?**

$^{18}\text{F}$ ,  $^{123}\text{I}$ ,  $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  
 $^{15}\text{O}$ .

**Generadores de radionúclidos**



$^{99\text{m}}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$

$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$

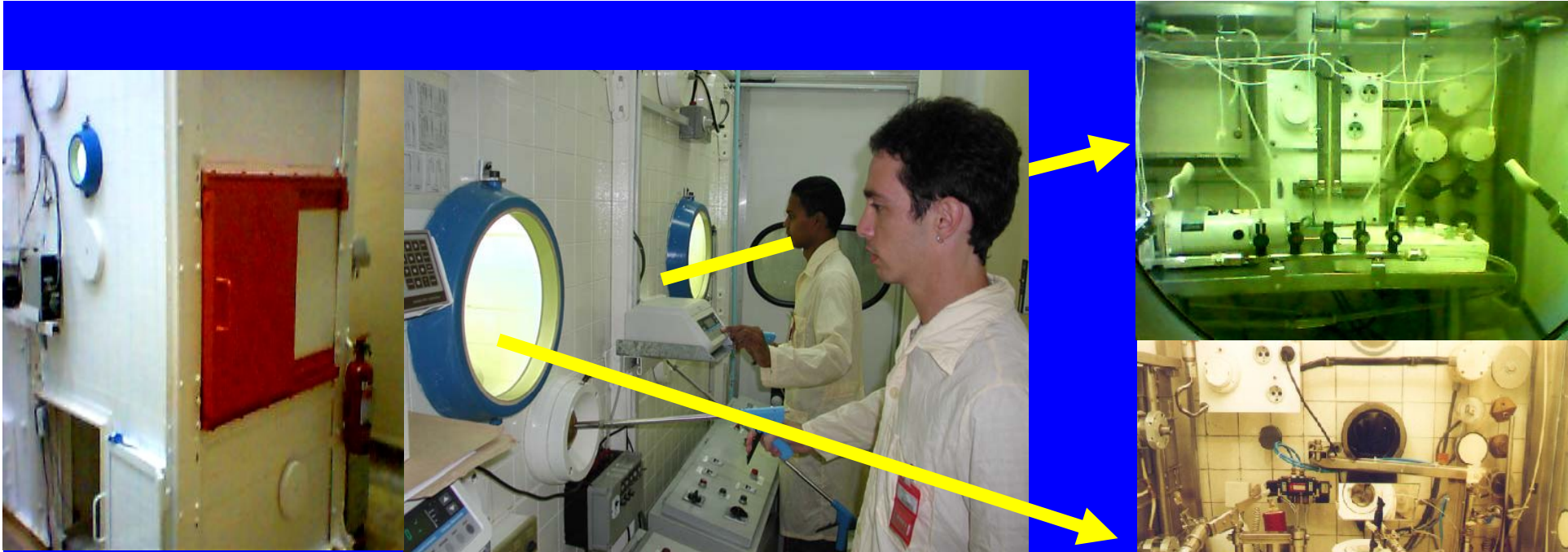


# PRODUCCIÓN DE RADIOFÁRMACOS

- **80% de satisfacción de la demanda nacional.**

- **27 productos radioisotópicos .**
- **> 90 mil pruebas por año .**
- **> Sustitución de importación .**





**Generadores de  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$**



**Generadores**



**+**

**Kits liofilizados**



**=**



**Radiofármacos  
de Tecnecio 99m**





## Kits liofilizados

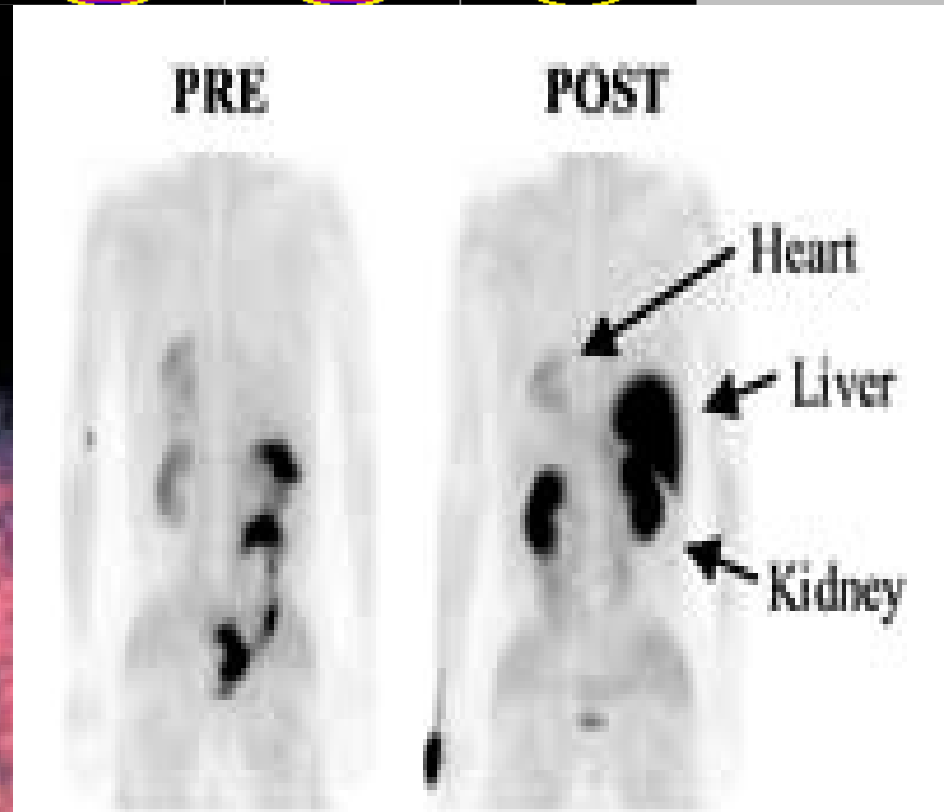
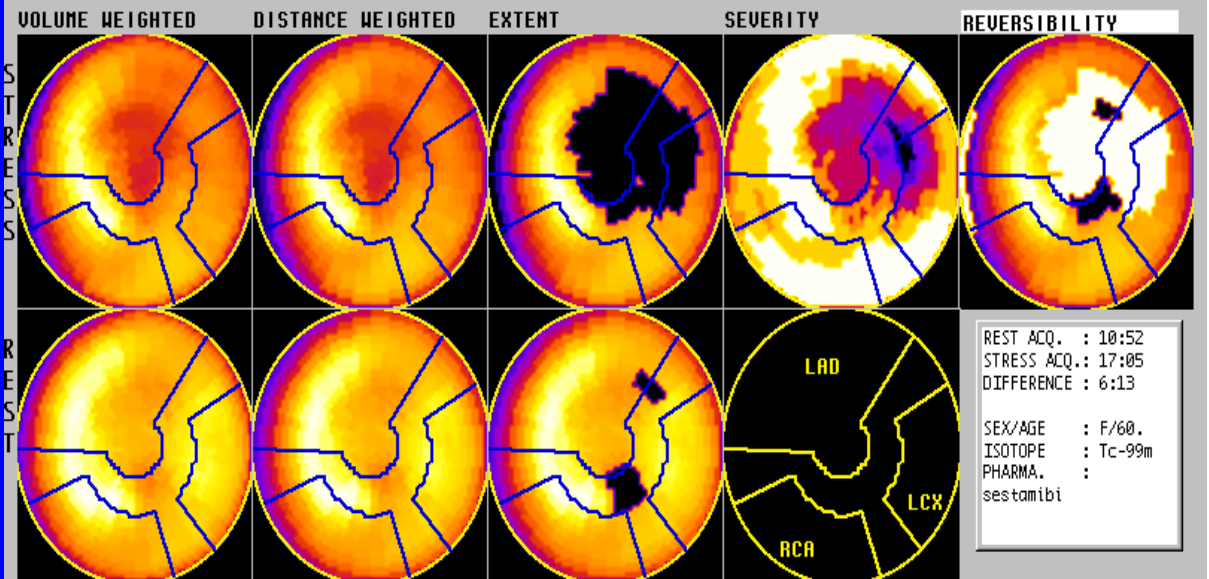


# MIBI-<sup>99m</sup>Tc

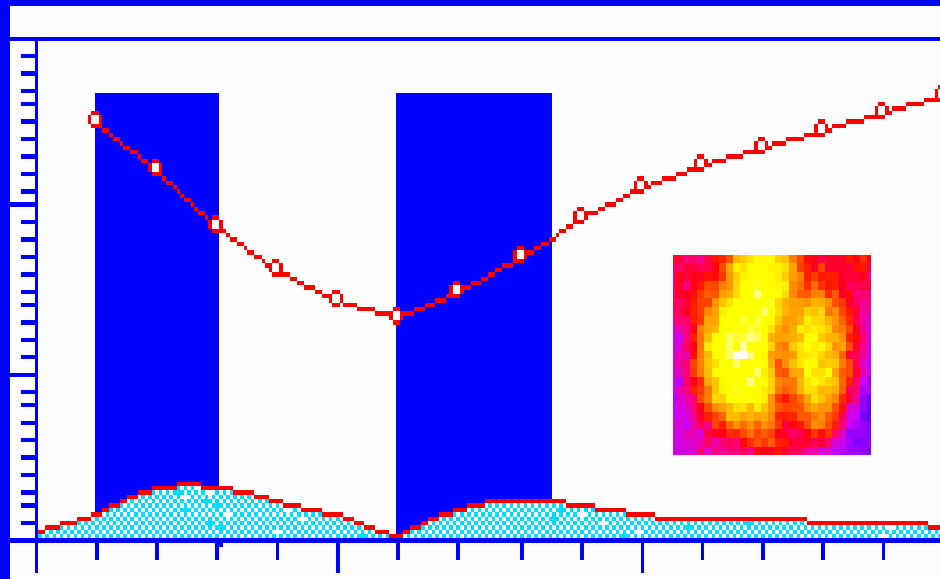
- Enfermedad coronaria

- Rastreo de tumores (mama paratiroides)

- Evaluación de resistencia multidroga.



# Pirofosfato-<sup>99m</sup>Tc



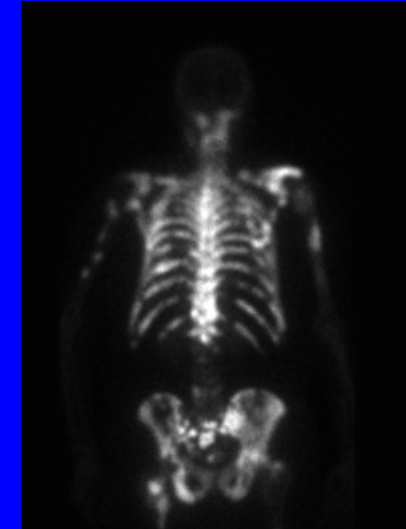
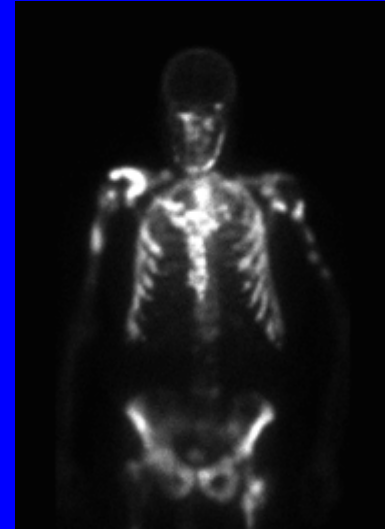
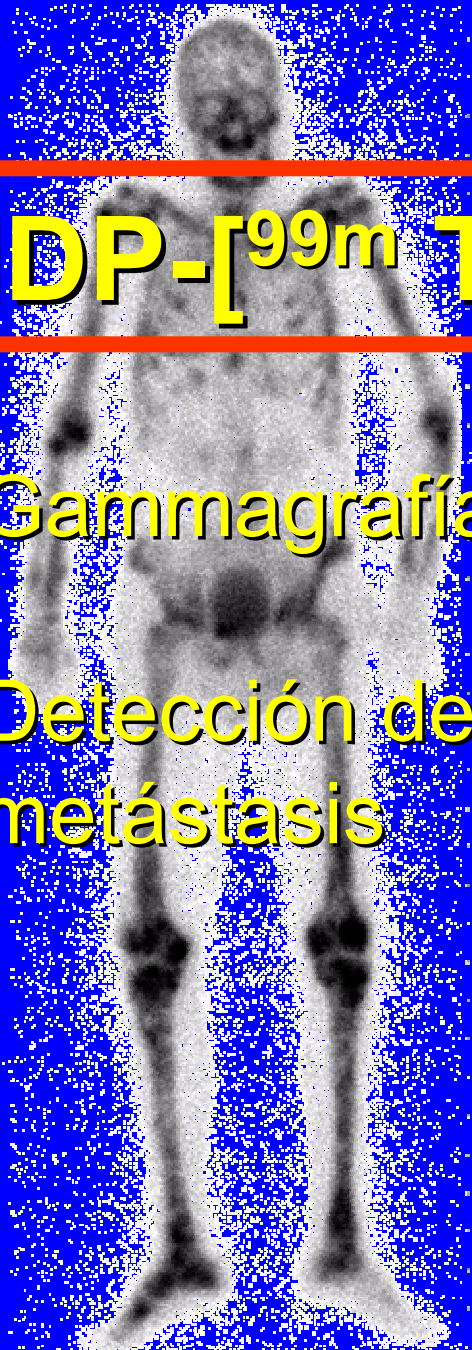
Ventriculografía



# MDP-[<sup>99m</sup>Tc]

Gammagrafía ósea

Detección de metástasis



# Fitato-[<sup>99m</sup>Tc]

Lesiones focales en hígado

Determinación de masa funcional

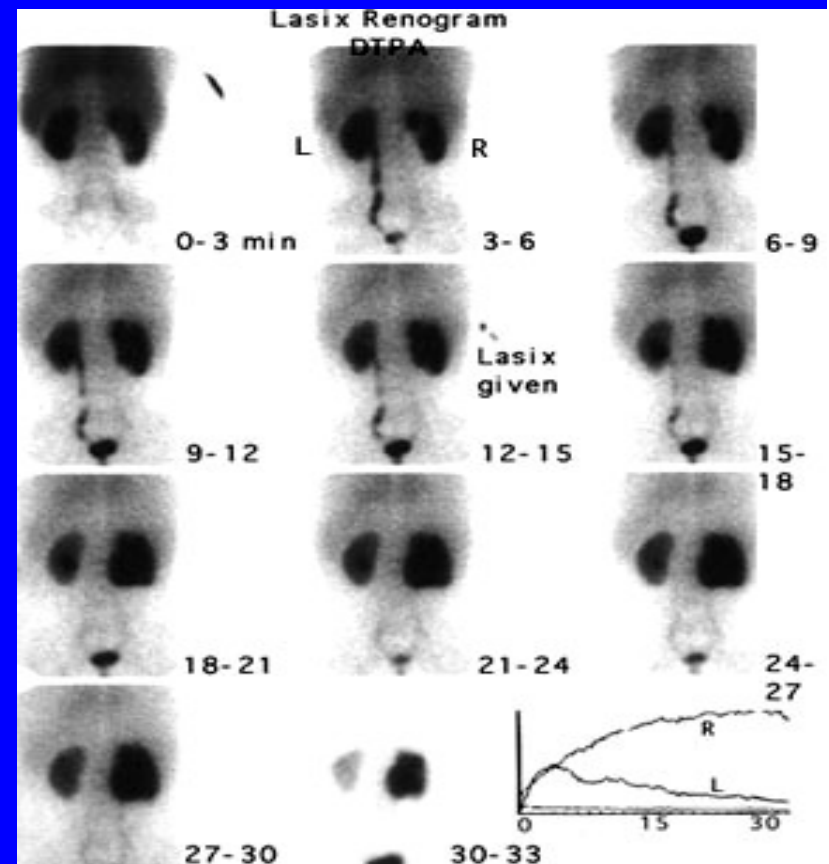


# DTPA, MAG3, DMSA- [<sup>99m</sup>Tc]

Dinámica de función  
glomerular y tubular

Imagen del órgano

Determinación de  
masa funcional

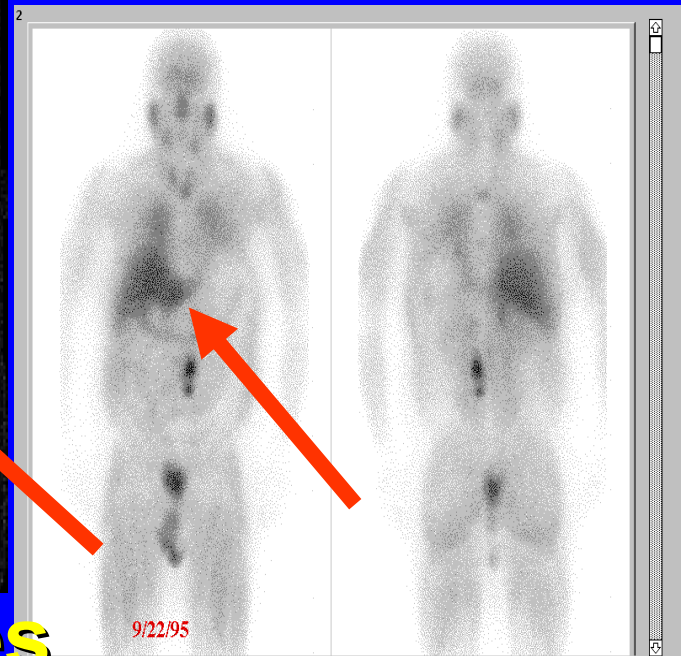
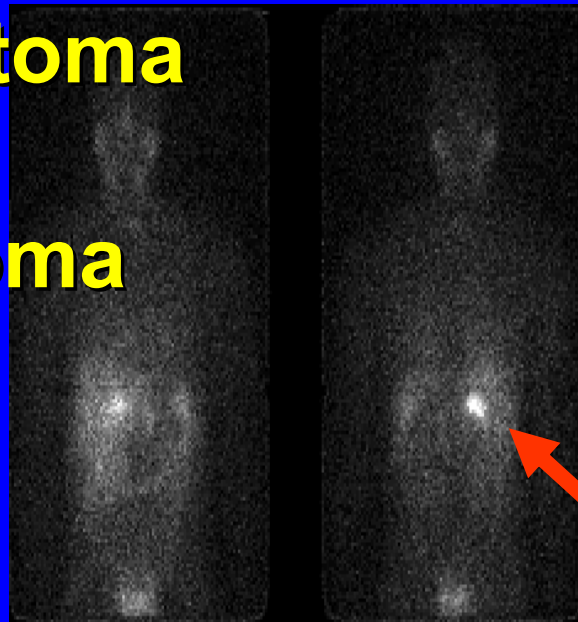




# Metayodobencilguanidina (MIBG)-<sup>131</sup>I

## Tumores neuroendocrinos

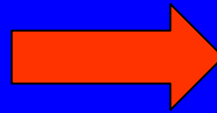
- Feocromocitoma
- Neuroblastoma
- Carcinoide
- Cáncer medular de Tiroides



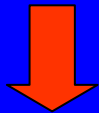


# Esquemas de Terapia Antitumoral

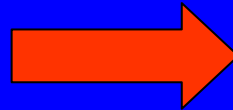
**Tumores primarios  
(crecimiento local) y  
metástasis grandes**



**Cirugía  
Irradiación externa**



**Tumores diseminados**



**Quimioterapia**

---

**Complemento o alternativas independientes**

**Inmunoterapia**

**Terapia  
antiangiogénesis**

**Terapia Génica**

***Terapia  
radionuclídica***

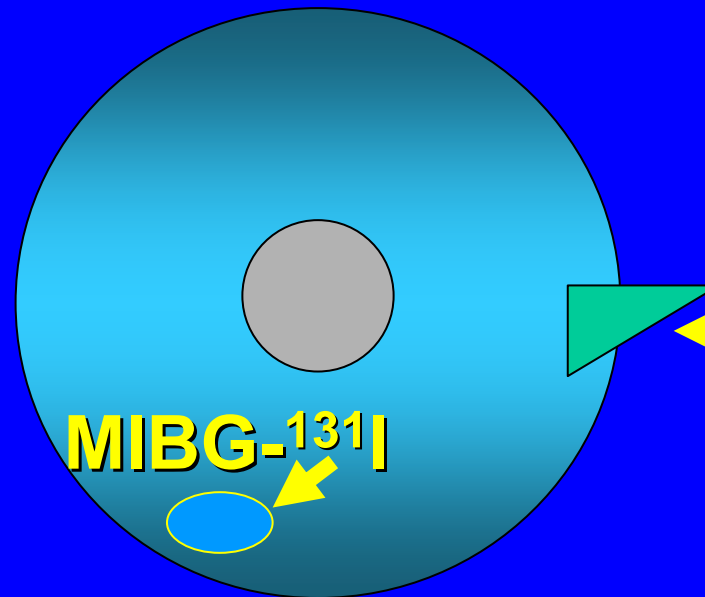
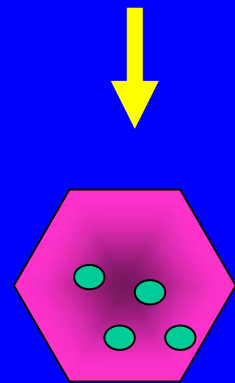
# Radioterapia Metabólica

Cáncer de tiroides,  $^{131}\text{I}$

Dolor óseo por metástasis,  $^{32}\text{P}$

Policitemia vera,  $^{32}\text{P}$

Radiosinoviortesis  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{32}\text{P}$



$^{131}\text{I}$ ,  $^{90}\text{Y}$  AcMo

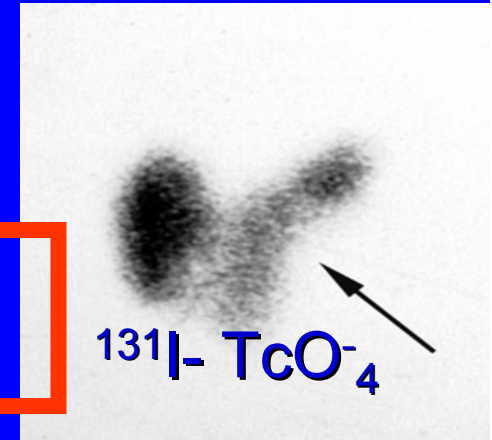
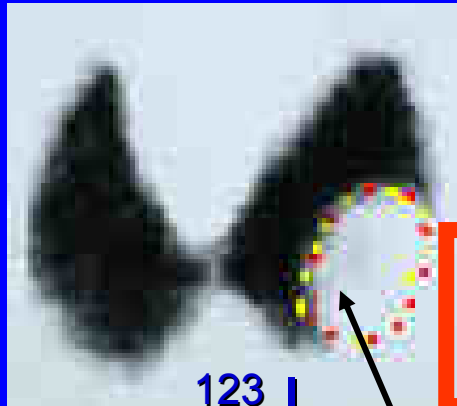
Tumores neuroendocrinos

Tumores de  
origen epitelial

# TERAPÉUTICOS

Yodo-131

## Ioduro de Sodio



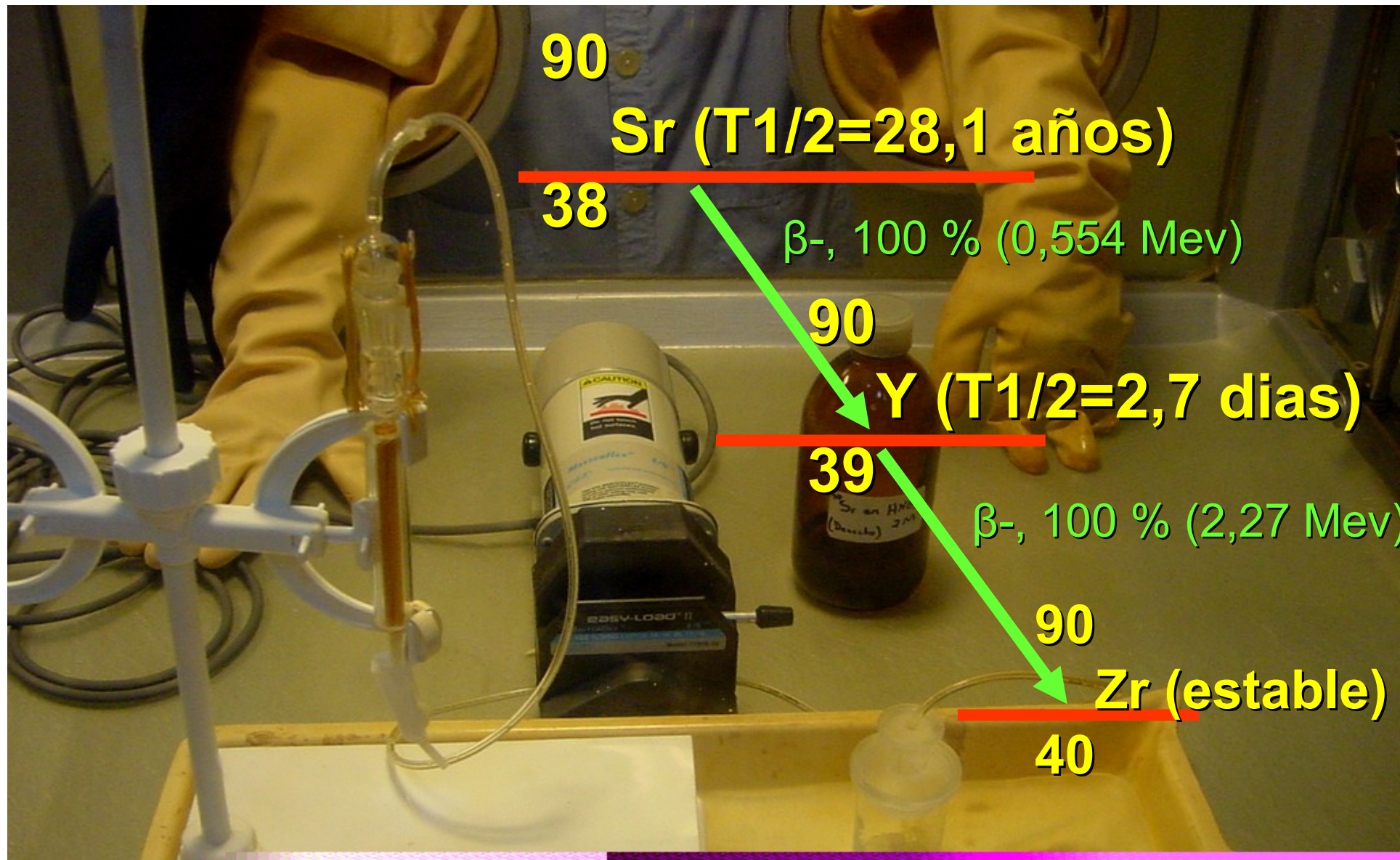
### Tirotoxicosis

- Bocio tóxico difuso
- Bocio tóxico nodular

### Estudios de captación

### Cáncer diferenciado de Tiroides

- Ablación de tejido residual
- Tratamiento de metástasis



90

Sr (T<sub>1/2</sub>=28,1 años)

38

β-, 100 % (0,554 Mev)

90

Y (T<sub>1/2</sub>=2,7 dias)

39

β-, 100 % (2,27 Mev)

90

Zr (estable)

40

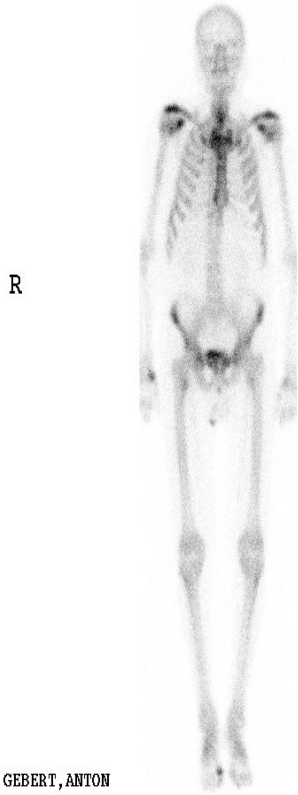
**GENERADOR DE ITRIO-90**



# Fósforo-32

Klinik f. Nuklearmedizin

Zentralklinik Bad Berka



L L



Tc99m HDP

17Oct2001

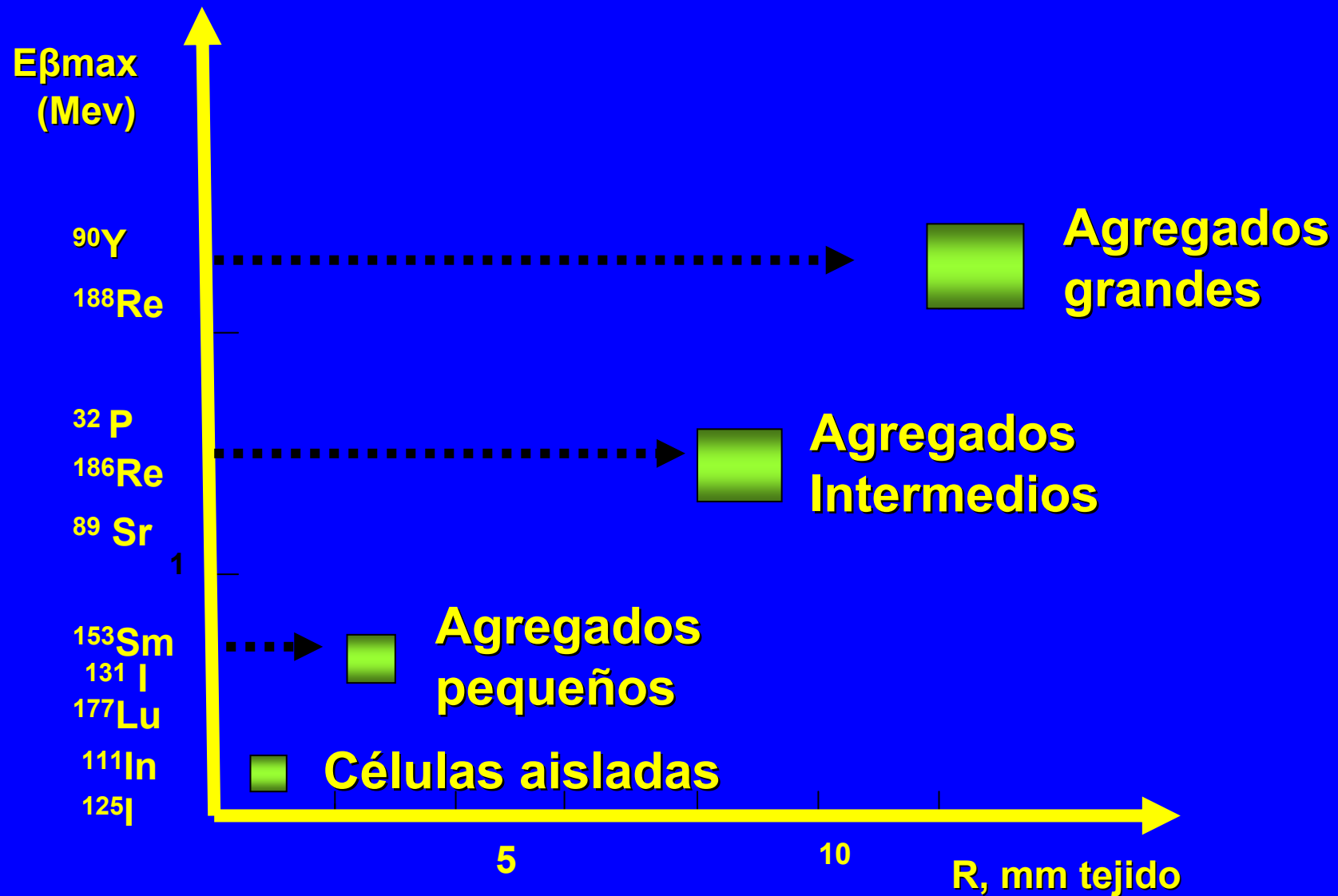
153594

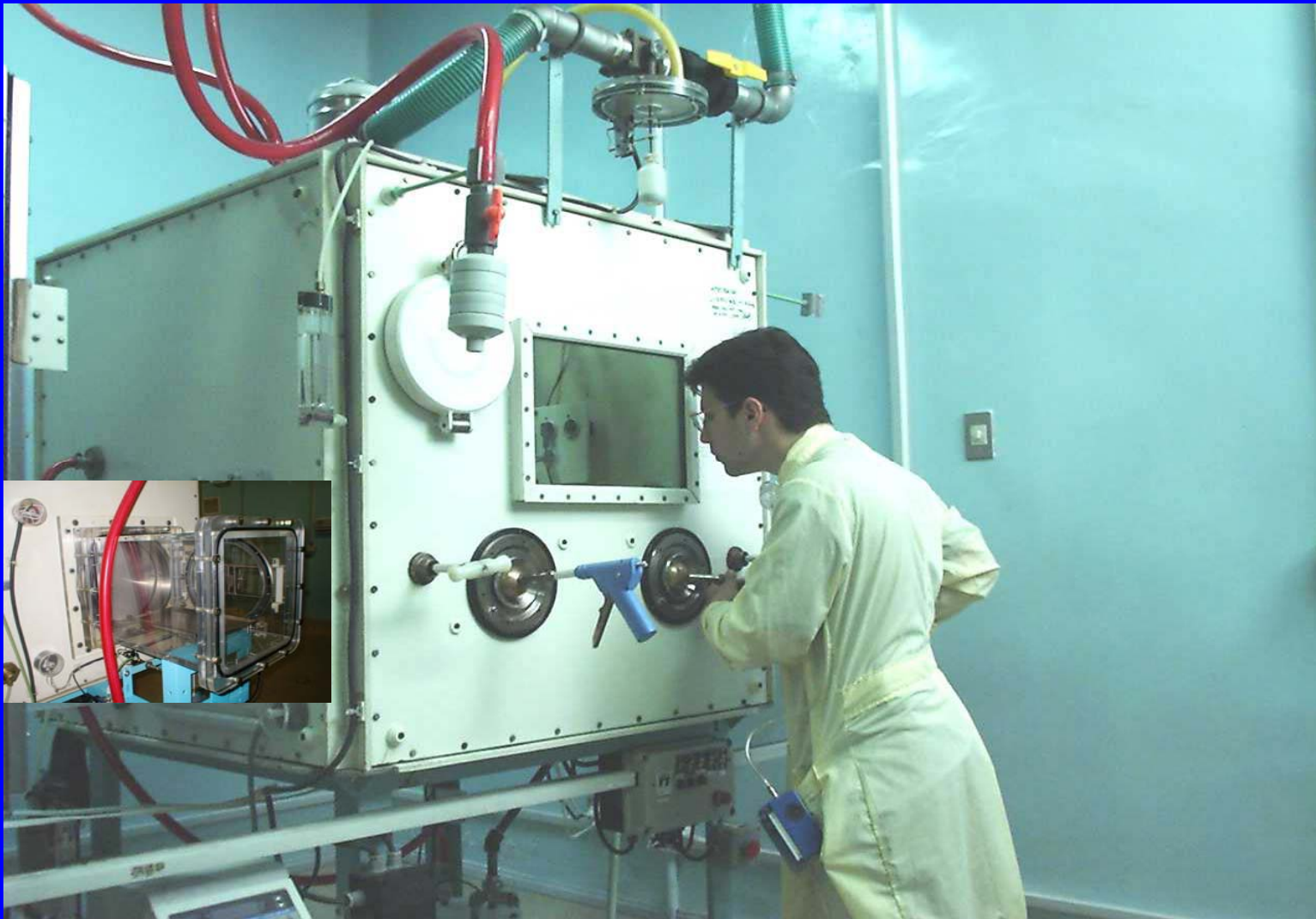


## Dolor por metástasis óseas

RF	T1/2		Dosis	Respuesta
$^{32}\text{P}$ -ortofosfato	14,5 d	↑	4-8 mCi	70 %
$^{153}\text{Sm}$ -EDTMP	1,95 d	↑	70	70
$^{89}\text{SrCl}_2$	50,5 d	↑	2-10,8	65
$^{186}\text{Re}$ -HEDTP	1,1 d	↑	35	75

**Costos**





# Radiosinoviortesis



# Tamaños en radiosinovioartrosis

*Recomendados: > 0,01  $\mu\text{m}$*

*Deseables: > 5  $\mu\text{m}$*

*Fosfato de cromo(III)- $^{32}\text{P}$*

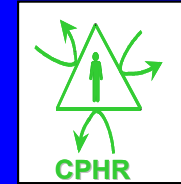
*En clínica*

*Usados: 0,06-2  $\mu\text{m}$*

*En Investigación-desarrollo*

*Obtenidos: hasta 2  $\mu\text{m}$*

# Industria medico-farmacéutica



**CECMED**

**Producción  
de Ac Mo**

- CIM
- CIGB



**Preclínica**

- CENTIS
- CENPALAB
- CIM

Marcaje  
Biodistribución  
Farmacocinética

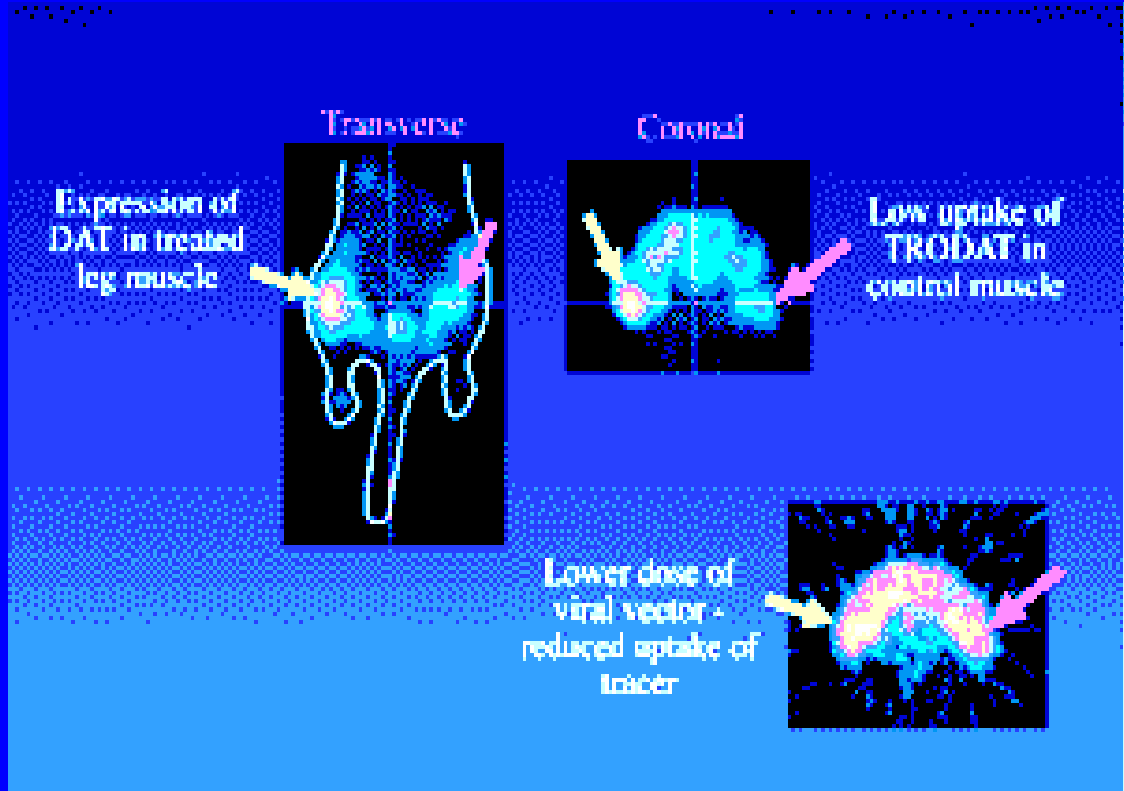
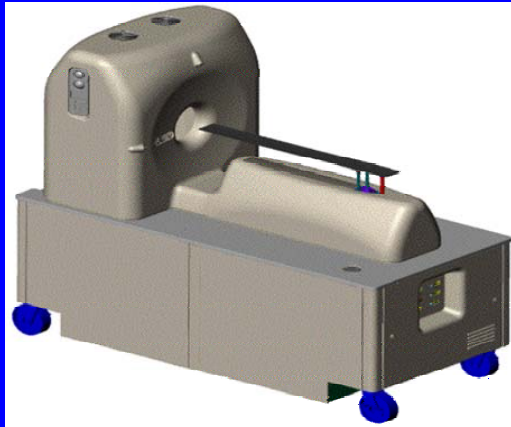
**Centro Coordinador de Ensayos Clínicos**

**Clínica**

- INOR
- CIREN
- CIMEQ
- CICL

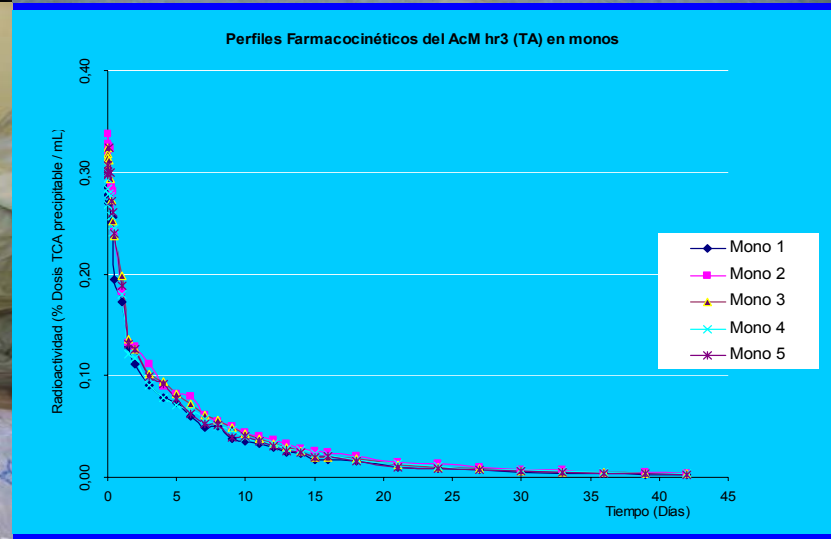
Anticuerpos  
monoclonales  
Radiomarcados



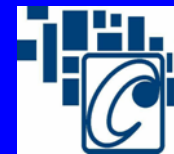




# Evaluación de Fármacos



# Evaluación de medicamentos



**Melagenina-<sup>125</sup>I**

**PPG-T, <sup>14</sup>C**

**Péptidos Sintéticos**

**Anticuerpos Monoclonales**

# Terapia radionuclídica

90Y-R3 h

188Re-R3h

Tumores cerebrales

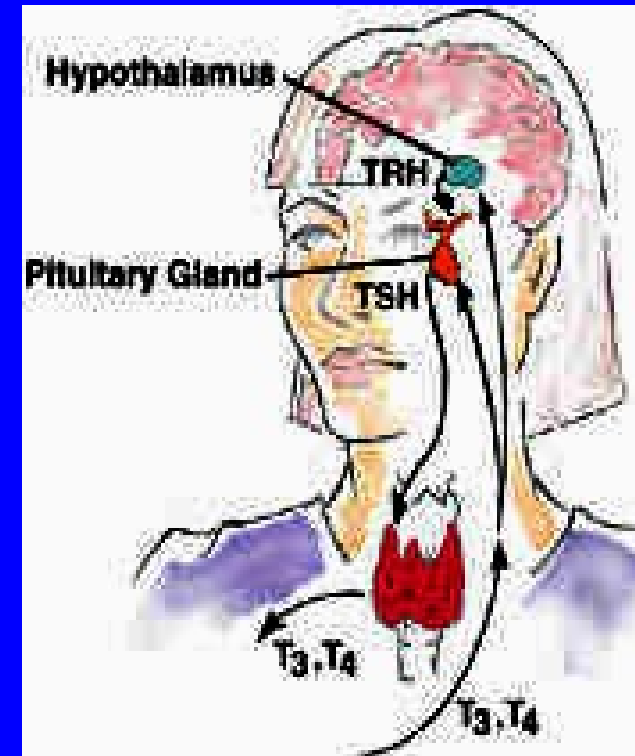
## Investigación de la función

- (RIA-T3). Triyodotironina
- (RIA-T4) Tiroxina
- (IRMA-TSH) Hormona Tiroestimulante

## Seguimiento de tratamiento de cáncer

(IRMA-Tg) Tiroglobulina, (IRMA-Anti Tg) Antitiroglobulina (Des.)

## Tiroides



## Aparato reproductor

### Investigación de la función

- (IRMA-FSH). Hormona folículo estimulante.
- (IRMA-LH) Hormona luteinizante
- (IRMA-Prl) Prolactina.

### Seguimiento cáncer de próstata

(IRMA-PSAT). Antígeno prostático específico total

## Diabetes

(RIA-Ins). Insulina

Trastornos del crecimiento

(IRMA-GH)  
Hormona de crecimiento

# MUERTE

**¿Qué sabéis de la muerte?.**

**Nada.**

**Ni siquiera si existe.**

**Esta gran calumniada,  
la gran triste,  
la poderosa y fuerte,  
es la gran ignorada.**



**Mas ya me veis: espero  
mi momento postrero,  
curioso, preparado,  
pues quizá me sea dado,  
sentir que llega, armada,  
y herido por su espada  
gritar. !Te vi primero!**