

Aplicaciones de la Tecnología Nuclear en Argentina

*Lic. Juan Carlos Furnari
Gerente de Área Aplicaciones
de la Tecnología Nuclear*

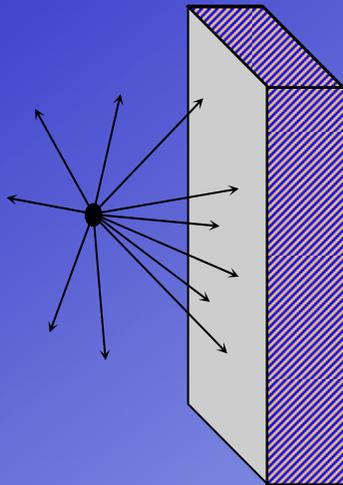
*Ciclo de Seminarios Gerencia de Investigación y
Aplicaciones GAIANN 5 nov 2010*



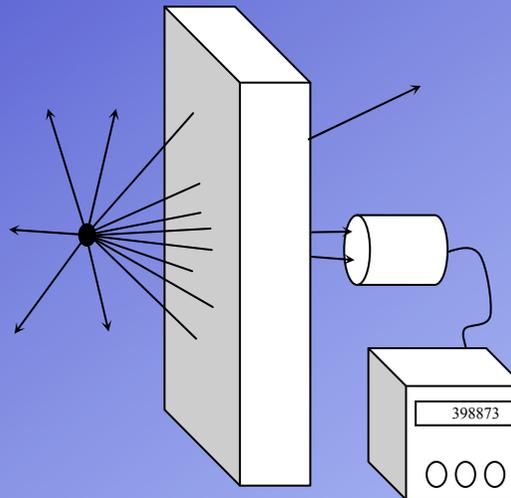
Aplicaciones Nucleares más importantes

- Generación de electricidad
- Ciclo de combustible (minería, EECC, generación, repro, residuos)
- Medicina nuclear
- Aplicaciones industriales
- Preservación de alimentos
- Nutrición y salud
- Fertilidad de suelos, riego y cultivos agrícolas
- Lucha contra insectos y plagas
- Producción y sanidad pecuarias
- Tratamiento de efluentes
- Desarrollo de recursos hídricos y minerales
- Dosimetría de Radiaciones y Metrología de Radioisótopos
- Técnicas analíticas nucleares
- Vigilancia ambiental
- Investigación y desarrollo en ciencias básicas y aplicadas

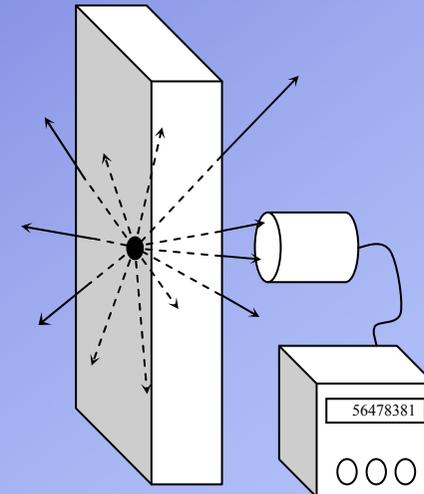
Principios de las Aplicaciones



Las radiaciones
afectan
a los materiales



Los materiales
absorben
a las radiaciones



Los radioisótopos
trazan (marcan)
a los materiales

Tecnología Nuclear en CNEA

Principales actividades

- Energía Nuclear (Atucha II, CAREM, servicios)
- Ciclo de Combustible (varios proyectos, GCCN)
- Producción de Radioisótopos
- Desarrollo de Radioisótopos y Radiofármacos
- Medicina Nuclear (CMN Htal Roffo y Clínicas FCDN, FUESMEN)
- Desarrollo de acelerador de p^+ para BNCT (GAIANN)
- Desarrollo de aceleradores para hadronterapia (GAIANN)
- Desarrollo de métodos para enriquecimiento de uranio (GAIANN)
- Desarrollo y aplicaciones en tecnología agropecuaria
- Metrología de Radioisótopos y Dosimetría de Radiaciones ionizantes
- Técnicas Analíticas Nucleares (GAATN y GAEN)
- I & D en Radiobiología
- I & D en Radioquímica y Datos Nucleares
- Formación de Recursos Humanos
- Servicios Tecnológicos

Tecnología Nuclear en INVAP

- *Diseño y construcción de reactores de investigación y plantas de producción de radioisótopos, radiofármacos y elementos combustibles*
- *Adaptación de procesos de producción de radioisótopos*
- *Instrumentación y control*
- *Desarrollo de un reactor homogéneo*
- *Desarrollo de métodos de enriquecimiento (con CNEA)*
- *Diseño y construcción de equipos de radioterapia*
- *Servicios (reparación, automatización, integración, capacitación –con IDB-)*



Reactores construidos total o parcialmente por INVAP

País	Nombre	Ubicación	Puesta en Marcha	Potencia Térmica	Notas
Perú	RP-0	Lima	1978	10 W	Sistema de instrumentación nuclear. Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN)
Argentina	RA-6	Bariloche	1982	3 MW	CNEA
Perú	RP-10	Huarangal	1988	10 MW	Sistema de instrumentación nuclear (IPEN)
Argelia	NUR	Argel	1989	1 MW	Alto Comisariado para Investigación, del Gobierno Argelino
Argentina	RA-8	Pilcaniyeu	1997	100 W	CNEA
Egipto	ETRR-2	El Cairo	1997	22 MW	Autoridad de Energía Atómica de Egipto
Australia	OPAL	Sydney	2007	20 MW	Org. Australiana para la Ciencia y la Tecnología (ANSTO)

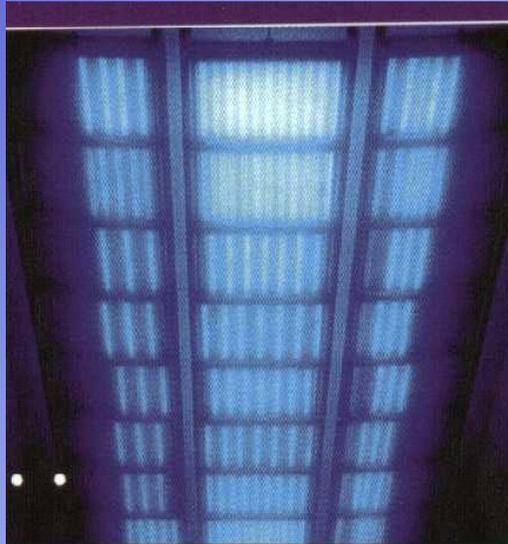
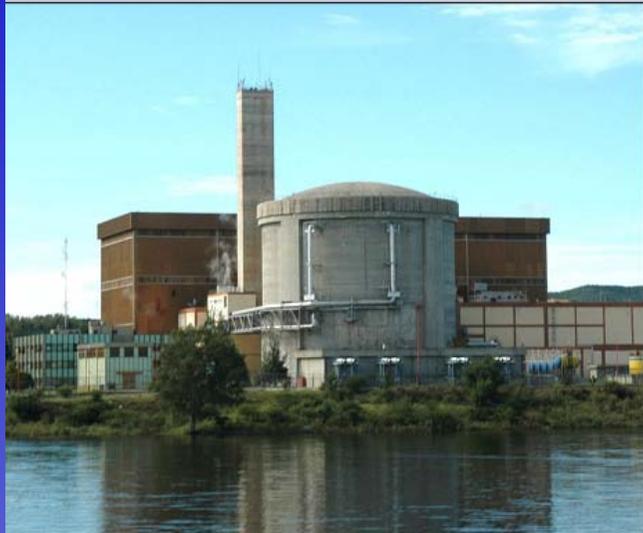
Tecnología Nuclear en DIOXITEK

- *Purificación del concentrado de uranio y su conversión a polvo de dióxido de uranio*

Concentrado > diuranato de amonio (YC) > nitrato de uranilo > UO_2 (150 t/año)



● *Fabricación de fuentes selladas de Co-60*



Tecnología Nuclear en el resto del país

- *~300 Centros de Medicina Nuclear*
- *~1500 instalaciones industriales que emplean fuentes radiactivas*



Aplicaciones Nucleares en CNEA

- Gerencia de Área Aplicaciones de la Tecnología Nuclear
 - Gerencia de Producción de Radioisótopos
 - Gerencia de Química Nuclear y Ciencias de la Salud
 - Gerencia RA-3
 - Gerencia de Aplicaciones y Tecnología de Radiaciones
 - Gerencia de Investigación Aplicada
- Gerencia de Área Energía Nuclear
- Gerencia de Área Investigación y Desarrollo
- Gerencia de Ciclo de Combustible Nuclear



Instalaciones Clases I y II en el CAE

- Reactor Nuclear RA-3
- Planta de Producción de Radioisótopos
- Planta de Fisión
- Ciclotrón de Producción
- Planta de Irradiación Semiindustrial
- Planta de Co-60 (operada por Dioxitek)
- LFR - LTA - LUE
- LOOP - CELCA
- Laboratorios Radioquímicos (DPA, LMR, TAN)



Producción de Radioisótopos

Gerencia Reactor RA-3

Gerencia de Producción de Radioisótopos

GAATN

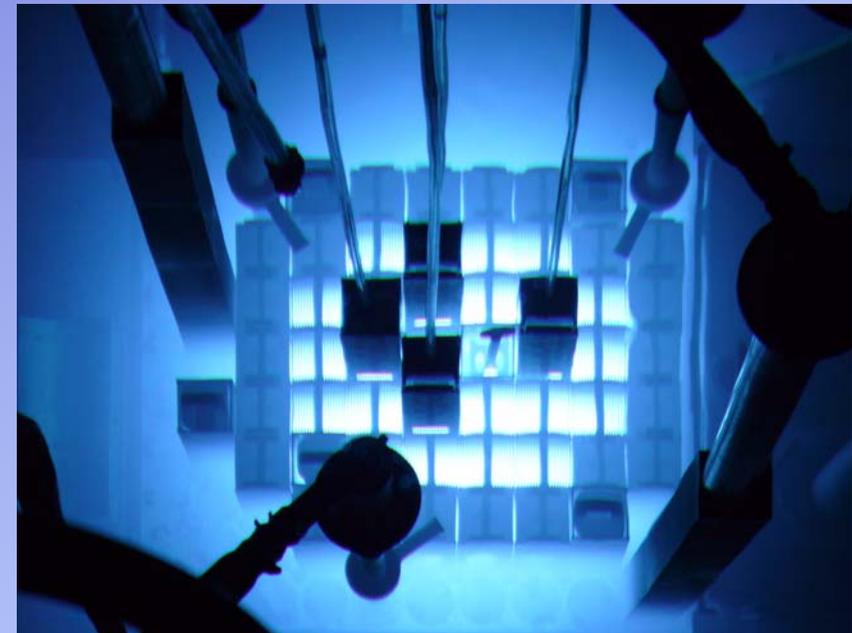
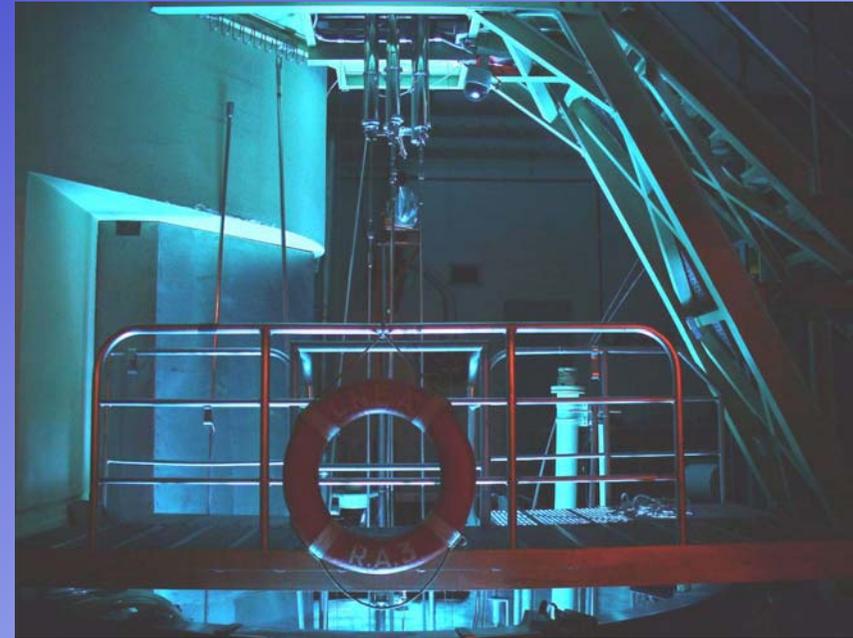
Centro Atómico Ezeiza



Gerencia Reactor RA-3

Puesta en marcha:	1967
Potencia térmica:	10 MW
Tipo Pileta, Diámetro	3,3 m
Altura:	12 m
Remodelación:	1987 - 1990 2000 - 2001
Flujo térmico (máx.):	$2 \cdot 10^{14}$ n.cm⁻².s⁻¹
Elementos combustible:	23 MTR ²³⁵U 20%
Moderador y refrigerante:	Agua liviana
Barras de Control:	4 (Ag-Cd-In)
Posiciones de Irradiación:	96
Columna Térmica:	1 (15 posiciones)

Proyecto RA-10



Proyecto Reactor RA-10

Principales usos

- > Producción de radioisótopos*
- > Desarrollo de materiales y combustibles nucleares*
- > Empleo de haces para I & D en diversas áreas*

Requerimientos RA-10

Aplicación	Espectro	Flujo perturbado	Condiciones de Irradiación	Posiciones	Ubicación
Mo-99 y otros productos de Fisión	Térmico	1.25×10^{14} (mín)	* experimento móvil * refrigeración independiente	* 10 posiciones (hasta 80 miniplacas; 10800 Ci al lunes)	Reflector
Ir-192 (Industrial)	Térmico	1×10^{14} (mín)	* 2-3 ciclos	1	Reflector
Ir-192 (medicinal)	Térmico	2×10^{14} (mín)	* 2-3 ciclos	2	Reflector
Lu-177	Térmico	2×10^{14} (mín)		2	Reflector
Bi-213	Térmico	1×10^{15}		1	Esquina
Otros RI	Térmico	1×10^{14}		3	Reflector
* daño por radiación + H * Corrosión por irradiación * Rotura inducida por H	Rápido	3×10^{14}	* Cápsula	2	Central
LBP: Quemado comb de potencia/Rampa	Térmico	$1-1.3 \times 10^{14}$ (en irrad. base) 2.5×10^{14} (máximo rampa)	* Loop	1	Reflector

Requerimientos RA-10 (continuación)

Aplicación	Espectro	Flujo perturbado	Condiciones de Irradiación	Posiciones	Ubicación
Quemado combustibles MTR/miniplacas	Reactor	1×10^{14} (mín)		1	Esquina
daño RPV	Rápido	5×10^{13} (máx)	* Cápsula	1	Esquina
AAN	Reactor	2×10^{14} (integrado)	* Neumático / Directo	1	Esquina
AAN	Térmico	$1 \times 10^{13} \rightarrow 2 \times 10^{14}$	* Neumático / Directo	12	Reflector
Haces neutrones fríos	Térmico	2.5×10^{14}	* CNS: liqD ₂ ~22lts	2	Reflector
Haces neutrones térmicos	Térmico	3×10^{14}		2	Reflector
NDT	Térmico	$> 1 \times 10^{13}$	con dispositivo para homogeneización	2→8" 1→10"	Reflector
Neutrografía Bajo Agua	Térmico	$> 1 \times 10^8$	L/D>150	1	Pileta
Programa de vigilancia			Representativo de exposición en la grilla	3	Adyacente

Gerencia de Producción de Radioisótopos

- Producción de Radioisótopos por activ. neutrónica
- Producción de ^{99}Mo + ^{131}I por fisión
- Producción de Radioisótopos de ciclotrón
- Desarrollo de Radiofármacos
- Dirección Técnica: Control y Gestión de la Calidad
- Proyecto Ciclotrón Pie de Hospital
- Proyecto Fuentes selladas de ^{137}Cs



PLANTA DE PRODUCCION DE RADIOISOTOPOS



Procesamiento : 21 celdas 1 a 10 cm Pb

Control de calidad : 2 celdas

Producción y fraccionamiento de ^{131}I , ^{51}Cr , ^{32}P , ^{153}Sm .

Eventualmente ^{195}Hg , ^{24}Na , ^{35}S y otros.

Nuevos nucleidos ^{177}Lu , ^{125}I



PLANTA DE FISIÓN

*Producción de ^{99}Mo , ^{131}I
Nuevos nucleidos ^{90}Sr (^{90}Y), ^{137}Cs*

**Capacidad máxima:
2000 Ci ^{99}Mo / proceso**

Celdas Nuevas

Disolución blanco : 1 celda (30 cm Pb)

Almacenamiento U : 1 celda (30 cm Pb)

Servicios : 2 celdas (15 cm Pb)

Celdas anteriores

Recuperación Mo-99 : 2 celdas (20 cm Pb)

Servicios : 2 celdas (10 cm Pb)



CICLOTRON DE PRODUCCION

Puesta en marcha : 1994 Tipo Isócrono, partículas aceleradas : H⁻

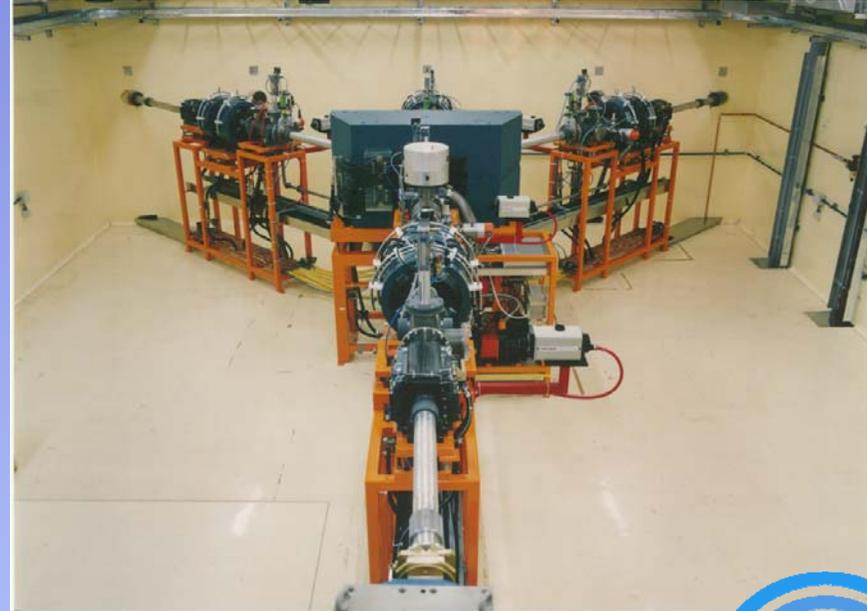
Energía : 25 a 42 MeV (absorbedor: 11 MeV)

Intensidad de haz : 100 μA (máx.)

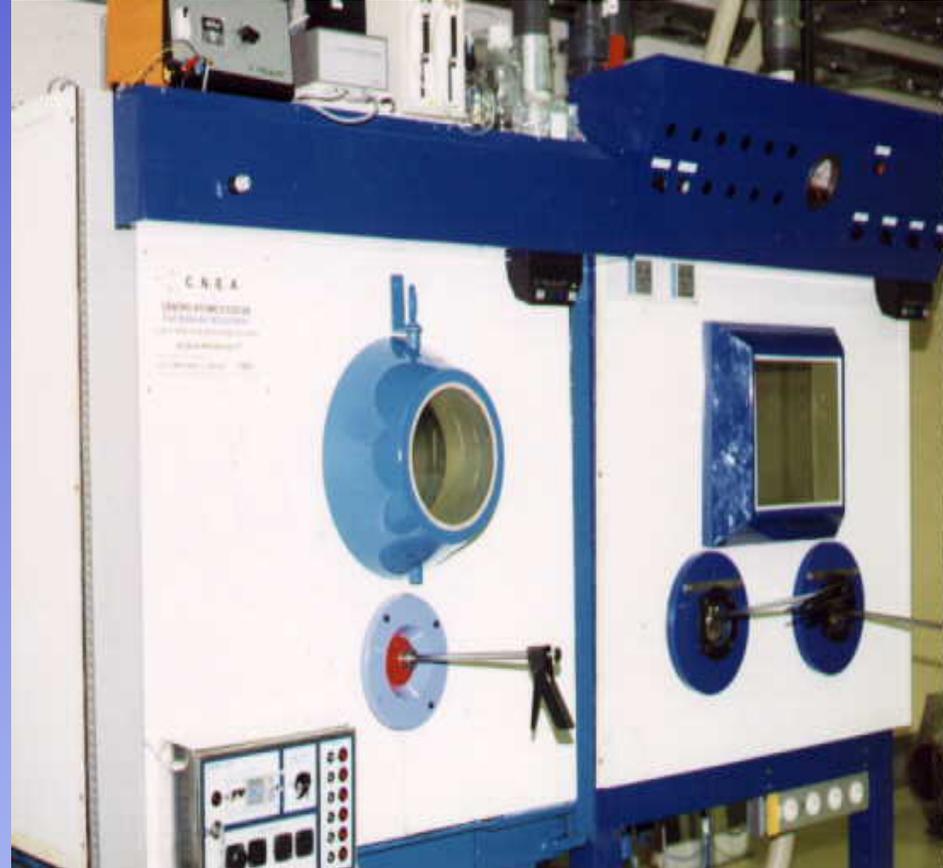
Productos



Nuevos proyectos: ¹²⁴I, ⁶⁴Cu



Celdas de Producción de ^{18}F FDG, ^{201}Tl , ^{67}Ga



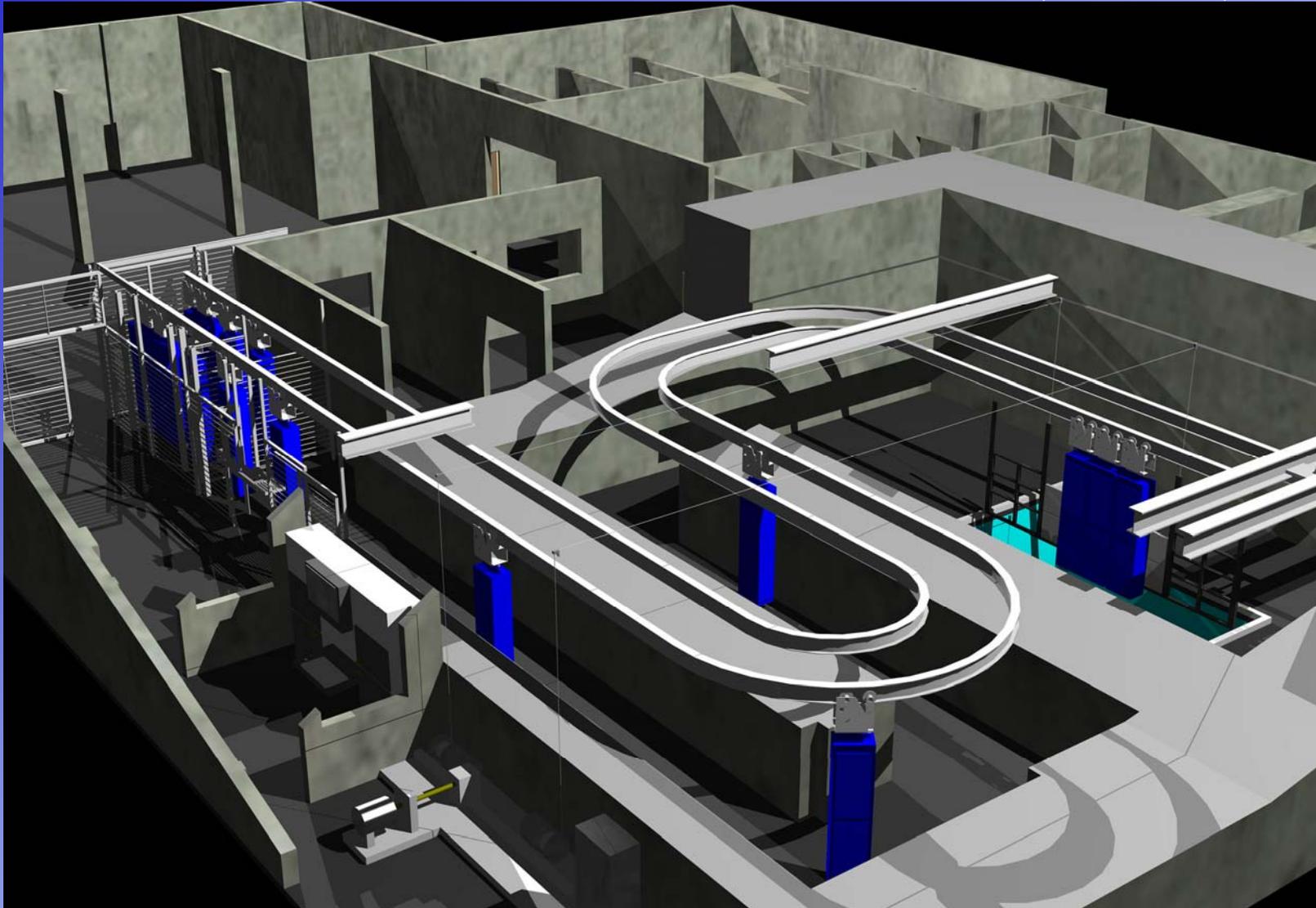
Otros Proyectos

- > Nueva Planta de Fisión*
- > Ciclotrón multipartículas para producción de Radioisótopos*

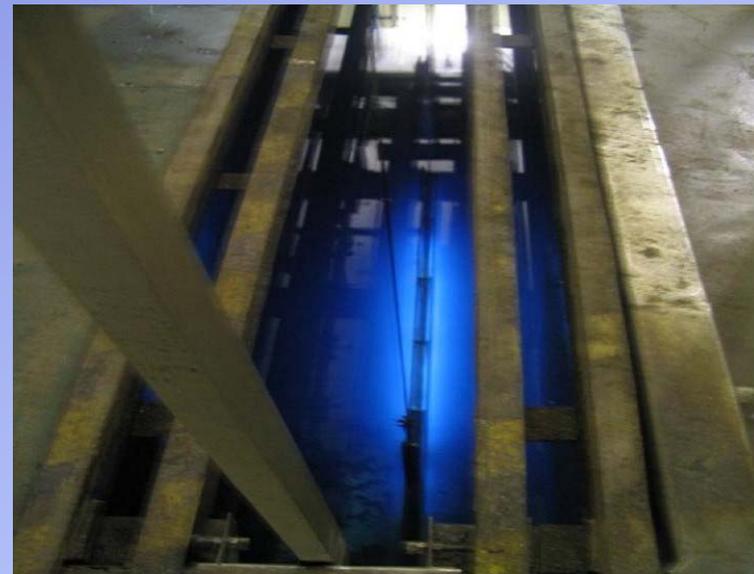
Tecnología de irradiación

*Gerencia de Aplicaciones y Tecnología de
las Radiaciones – GAATN - CAE*

Planta de Irradiación Semi Industrial del Centro Atómico Ezeiza (PISI)



Planta de Irradiación Semi Industrial del Centro Atómico Ezeiza (PISI)



Aplicaciones en Industria

*Modificación y Generación de
Nuevos Materiales*

Laboratorio de Polímeros

Mejoramiento en el reticulado de polímeros

Radiovulcanización de caucho de látex natural

Inmovilización de compuestos en matrices
poliméricas

Impregnación de maderas y radiopolimerización

Depolimerización de teflón

Desarrollo de composites
y compuestos símil hueso



Piel artificial



*Aplicaciones en la Industria
Alimenticia*

Radiopreservación de Alimentos

Ejemplos



Inhibición de la
brotación

Retardo de la
acción
bacteriana



Irradiación de arándanos, manzanas y peras



Irradiación de alimentos

Conclusiones

Libera al alimento de microorganismos patógenos, sin introducir sustancias extrañas. Las especias, por ejemplo, que no pueden decontaminarse con óxido de etileno debido a la retención de residuos tóxicos cancerígenos).

Evita o reduce el empleo de fumigantes o conservadores químicos.

Evita que el producto pierda su calidad de fresco o sus caracteres organolépticos.

Prolonga el tiempo de comercialización, posibilitando alcanzar mercados internos y externos más lejanos.

Al mejorar la calidad higiénico-sanitaria, permite llegar a mercados con exigencias hasta ahora no alcanzadas por nuestros productos.

*Otras Aplicaciones en la
Industria de los Alimentos*

Control de Plagas

La Técnica del Insecto Estéril (TIE)

Algunos insectos, como la mosca de la fruta, poseen un ciclo de reproducción particular: la hembra es fecundada sólo por un macho.



Esto condujo al desarrollo de un método de control de plagas basado en la irradiación de larvas, criadas en insectarios, para lograr que los machos sean estériles.

Al ser liberados ya en su etapa voladora, en las áreas plagadas, la “fecundación” es inviable, disminuyendo drásticamente la población en pocas generaciones. Es un método muy efectivo y no contaminante.

Se implementó con éxito en regiones de Asia y África. En nuestro país existen campañas en las provincias de Mendoza, Neuquén y Río Negro. En Mendoza opera un pequeño irradiador apto para estas aplicaciones.

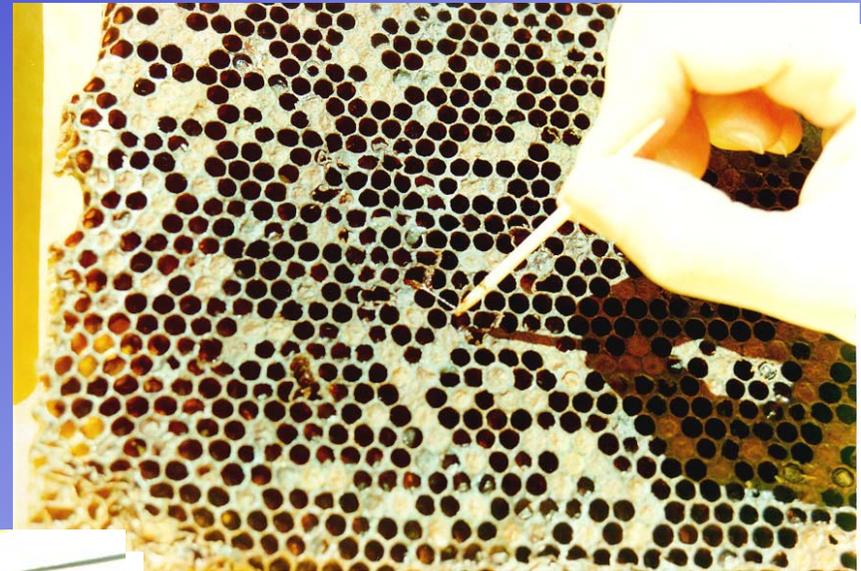
Se comenzó a estudiar el caso del Dengue

***Otras Aplicaciones en la
Industria de los Alimentos***

***Irradiación de panales de abeja
(control de Loque Americana)***

IRRADIACION DE PANALES DE ABEJA

Para eliminar los agentes
causales de enfermedades de
la colmena.



APLICACIONES EN AGRICULTURA Y GANADERIA

- **Manejo del suelo y del agua**
- **Fertilidad de suelos**
- **Control de la erosión**
- **Control de plagas e insectos**
- **Sanidad y nutrición animal**
- **Persistencia de herbicidas**
- **Desarrollo de fertilizantes biológicos**
- **Enfermedades apícolas**





Manejo integrado de suelo, agua, planta y fertilizantes

Marcando los fertilizantes con isótopos tales como ^{32}P o ^{15}N , se puede determinar la relación de nutrientes suelo / planta y en consecuencia la cantidad de fertilizante que absorbe la planta y la que se pierde en el suelo, pudiéndose implementar las medidas correctivas necesarias.

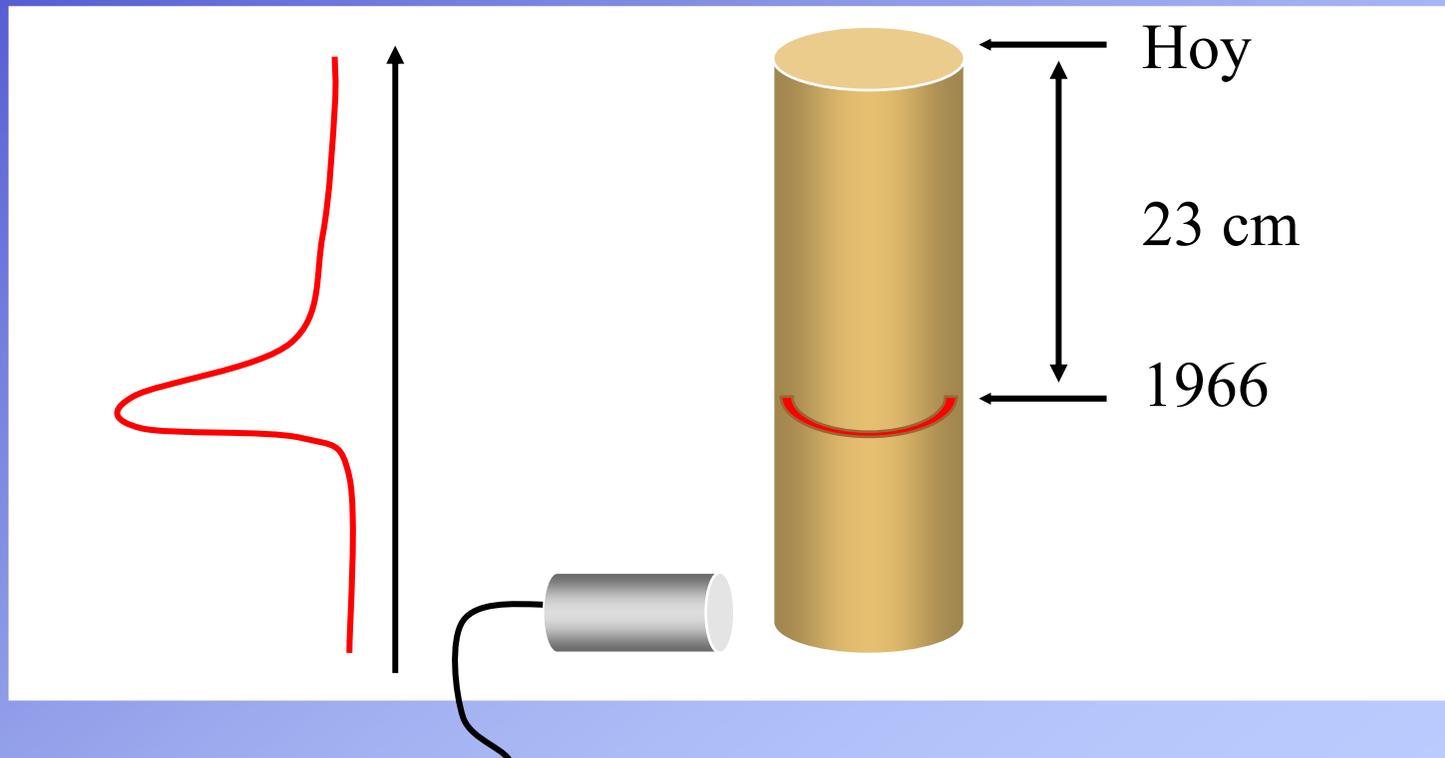
Estudios de erosión de suelos

Se marca el suelo con un trazador de período de semidesintegración medio como $^{110\text{m}}\text{Ag}$ (250 días) y se estudia el contenido de dicho radioisótopo en suelos circundantes.

También se determina la migración del ^{137}Cs depositado por las explosiones atómicas de la década del '60.

Dinámica de sedimentos

Se extrae una muestra de sedimentos y se determina la profundidad en la que se encuentra la capa de ^{137}Cs ($T_{1/2} = 30$ años) depositada en la década del 60. Se calcula la velocidad de sedimentación.



Gerencia de Química Nuclear y Ciencias de la Salud

- Técnicas Analíticas Nucleares
- Metrología de Radioisótopos
- Radiotrazadores
- Radiobiología
- BNCT
- Centros de Medicina Nuclear en Instituto Roffo y en Hospital de Clínicas, FUESMEN, FCDN
- Gestión de Ensayos Clínicos
- Física Médica
- Radioecología



Técnicas Analíticas Nucleares

Análisis por activación neutrónica

➤ Primer laboratorio acreditado de CNEA ante el OAA (IRAM 300 - ISO 17025)

➤ Ejercicios de intercomparación del OIEA

➤ Proyecto ARCAL “Evaluación de la contaminación atmosférica por partículas y gases en ciudades densamente pobladas de América Latina”

➤ Proyecto ARCAL “El rol de las técnicas analíticas Nucleares y el biomonitoreo atmosférico”

➤ Proyecto ARCAL “Técnicas Analíticas Nucleares - caracterización de bienes del patrimonio cultural”



Metrología de Radioisótopos

- Acreditación ISO 17025 ante el OAA en la preparación y calibración de patrones radiactivos y la calibración de activímetros
- Evaluación de pares (CIEMAT-España) para la determinación absoluta de actividad
- Sistema de coincidencias $4\pi - \beta \gamma$; ángulo sólido definido (α) y sistema TDCR β puros y β - γ
- Preparación de patrones radiactivos metrológicos
- Espectrometría gamma
- Simulaciones con Método de Montecarlo
- Servicios de calibración de activímetros y de certificación de “no contaminación radiactiva en alimentos”



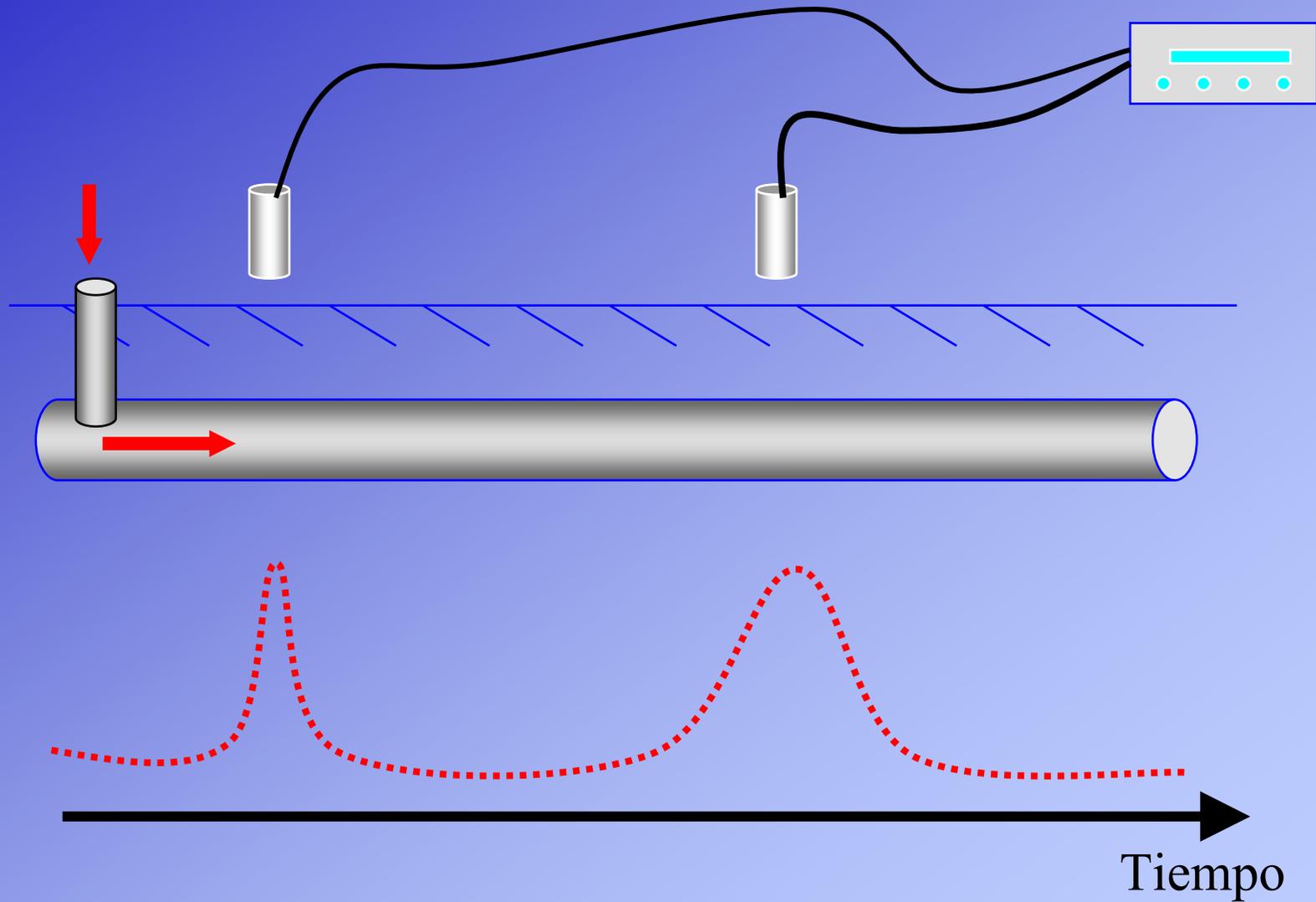
Radiotrazadores



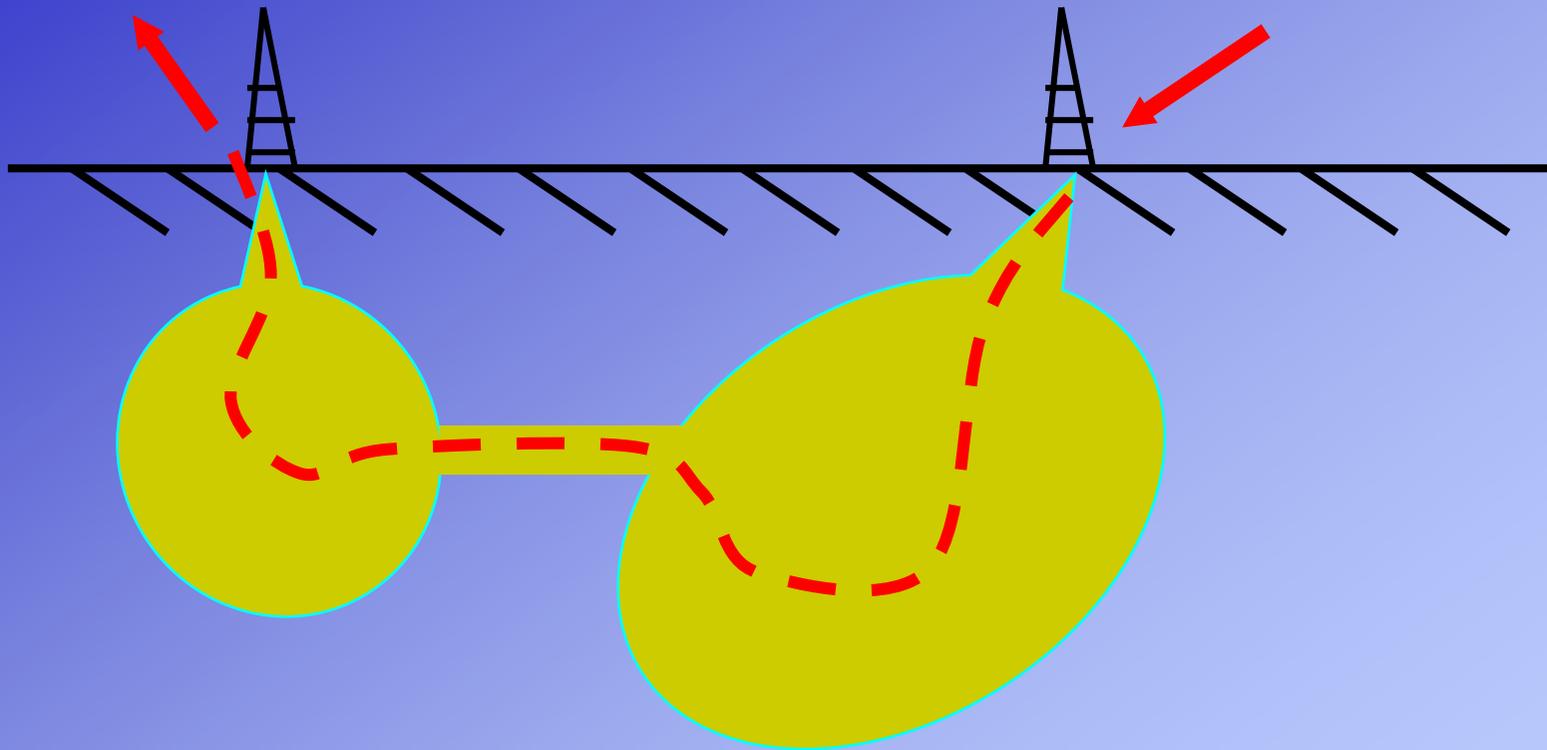
- Desarrollo de un compuesto soluble en agua como radiotrazador basado en ^{35}S para emplear en la industria del petróleo e hidrología.
- Desarrollo de arenas marcadas para estudios de fractura en pozos de petróleo
- Servicios de balance isotópico de mercurio en las celdas de cloro-soda



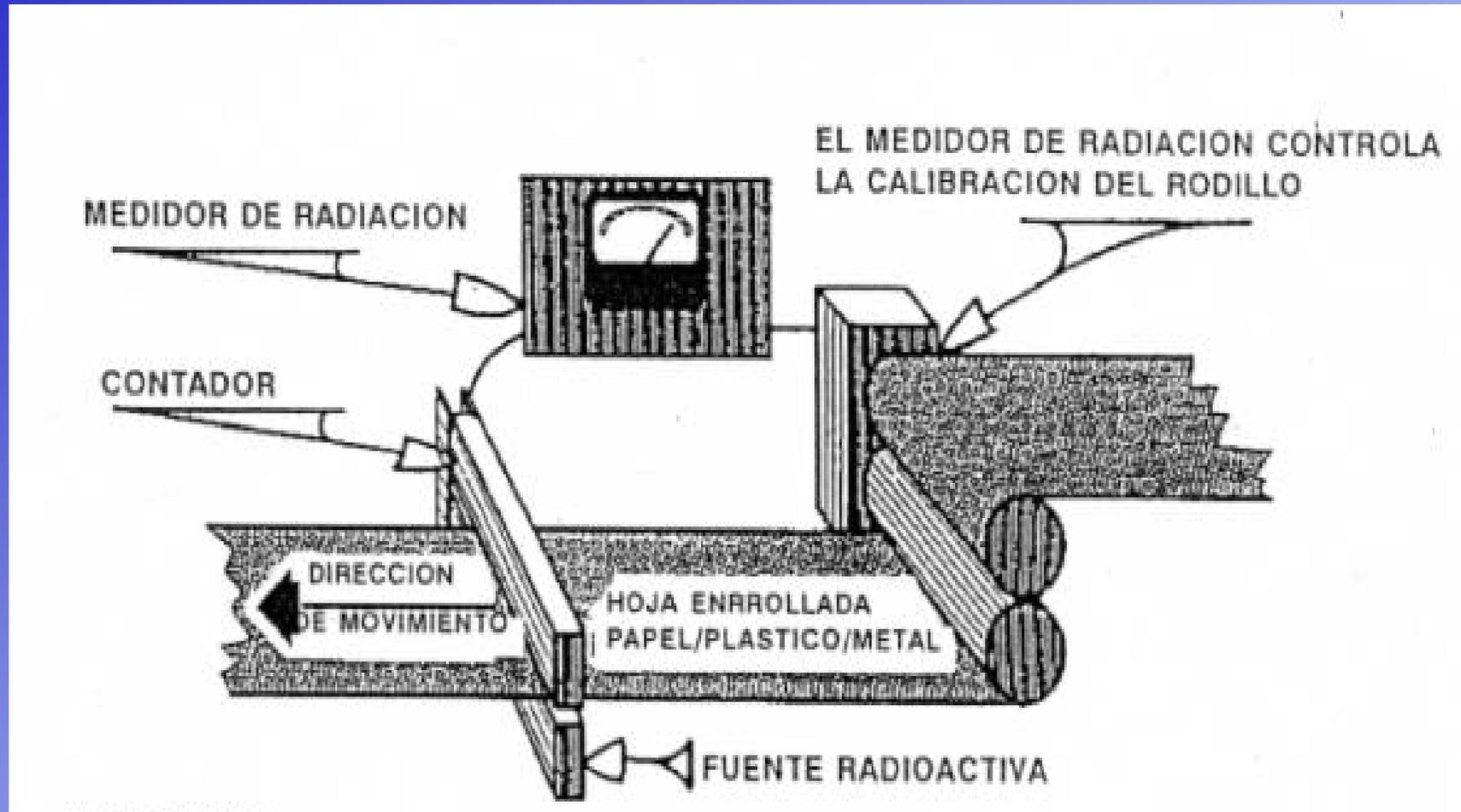
Medición de caudal



Interconexión de pozos petroleros



Medición de Espesor



Radiofarmacia

- Tratamiento paliativo del dolor en metástasis óseas utilizando fosfonatos marcados con ^{177}Lu
 - Anticuerpos monoclonales marcados con ^{188}Re , ^{131}I y ^{177}Lu para radioinmunoterapia
 - Radiofármacos ^{64}Cu
 - Radiofármacos de ^{124}I
 - Radiofármacos para estudios de inflamación/infección
 - Participación en Subcomisión de Preparaciones Radiofarmacéuticas del INAME-ANMAT Farmacopea Argentina
 - Radiofármacos emisores alfa (^{213}Bi , 45,6 min)
- Producción $^{226}\text{Ra}(3n,\gamma)^{229}\text{Th} \gg ^{225}\text{Ac}$
Generador $^{225}\text{Ac}/^{213}\text{Bi}$



Radiobiología

- Mecanismos bioquímicos involucrados en la regulación del crecimiento y la función tiroideas
- Radiosensibilizadores y radioprotectores sobre la tiroides
- Especies reactivas de oxígeno en procesos de carcinogénesis
- Terapia por Captura de Neutrones en Boro (BNCT)
- Biocompatibilidad de materiales de implantes
- Efectos biológicos de radiaciones de bajo y alto LET
- Marcadores biológicos de transformación maligna y daño por radiación
- Efectos de radiaciones en sistemas bacterianos



Radioquímica Básica y Datos Nucleares

- Desarrollo de separaciones radioquímicas con fines analíticos
- Determinación y evaluación de datos nucleares de aplicación analítica y de producción.
- Estudio de reacciones nucleares umbral y secundarias:
 ${}^6\text{Li}(n,t){}^4\text{He}$, ${}^{46}\text{Ti}(t,n){}^{48}\text{V}$.
[LiOH.H₂O], H(n)p ${}^6\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$



Gerencia Ciclo de Combustible Nuclear

- Desarrollo en Materiales y Combustibles Nucleares.
LUE, LFR, LTA
- Recuperación de uranio enriquecido de la producción de Mo-99 por fisión (Repro!)
- Desarrollo de componentes PPFAE, LMFAE
- Fabricación de elementos combustibles y miniplacas PFPU, ECRI
- Fabricación de miniplacas ECRI
- Servicios de ensayos post-irradiación CELCA



Gerencia de Ciclo de Combustible Nuclear

- Proyecto PPECMAD
- Proyecto Sigma
- Proyecto UBERA-6
- Proyecto RUDFEC
- Proyecto CARA
- Proyecto LMN
- Proyecto LFR
- Proyecto LAPEP



Del uranio a la Medicina Nuclear

Plantas Químicas: uranio fresco / recuperación de uranio

PFPU - ECRI: Fabricación de polvos / laminación
Fabricación de Elementos combustibles y Blancos de irrad.

- Operación del RA-3
- Producción de ^{99}Mo + ^{131}I de fisión
- Producción de ^{153}Sm , ^{32}P , ^{51}Cr
- Desarrollo de $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, ^{125}I y ^{177}Lu
- BNCT
- Análisis por activación neutrónica
- Otras aplicaciones previstas

Medicina Nuclear

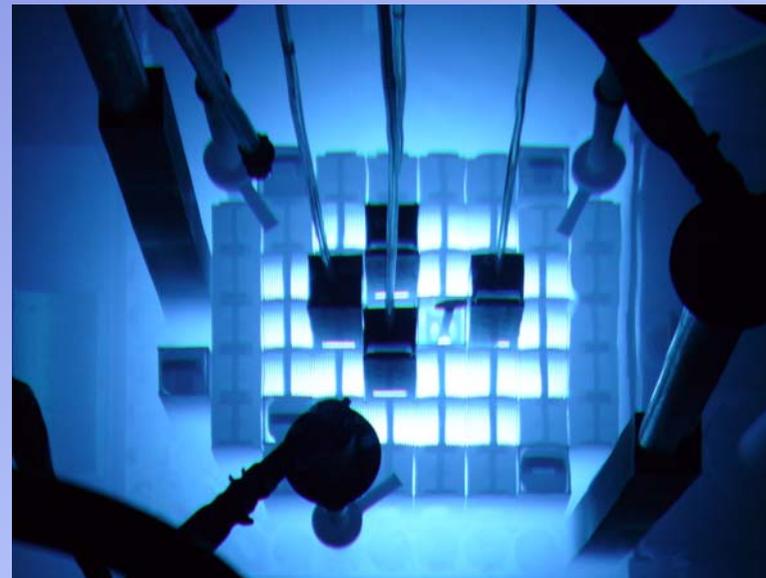
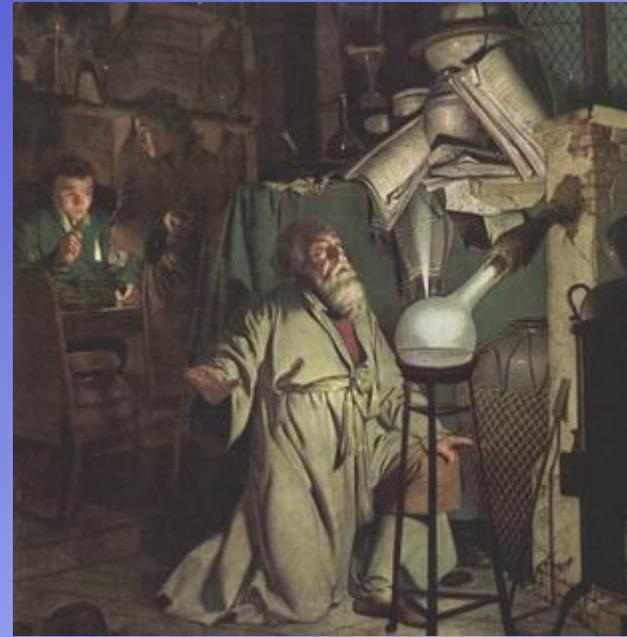
Agropecuarias

Industriales

Servicios

Capacitación

Conocimientos

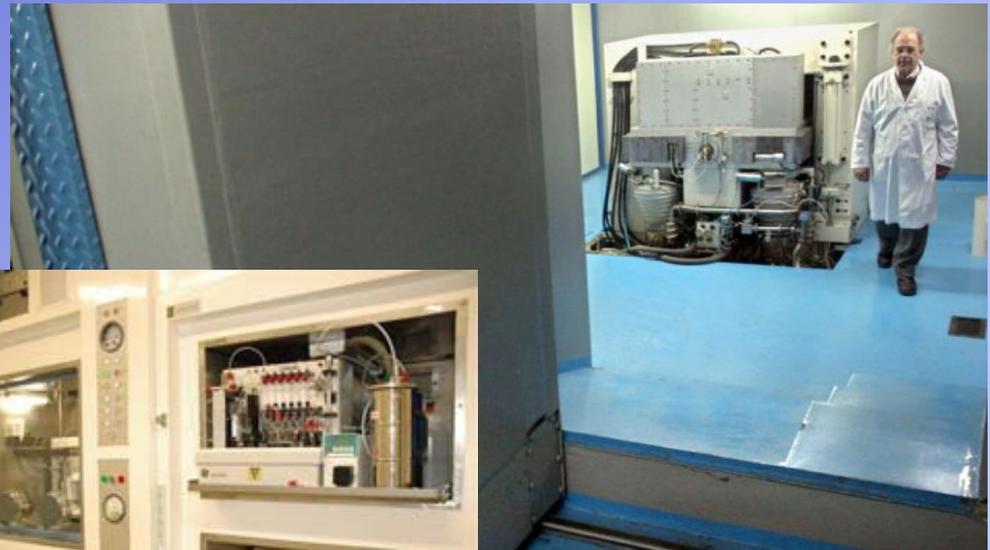


Aplicaciones nucleares en la salud

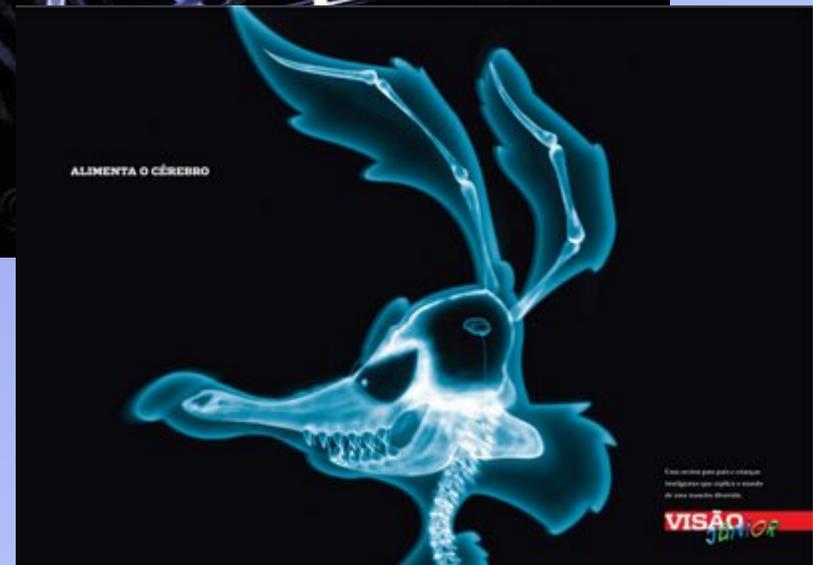
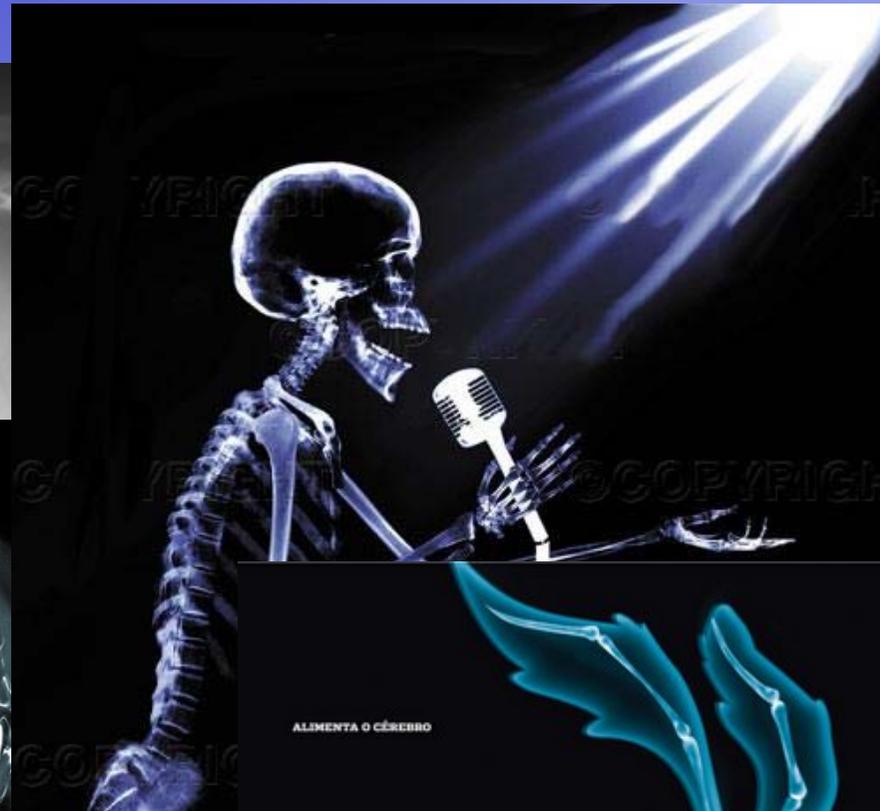
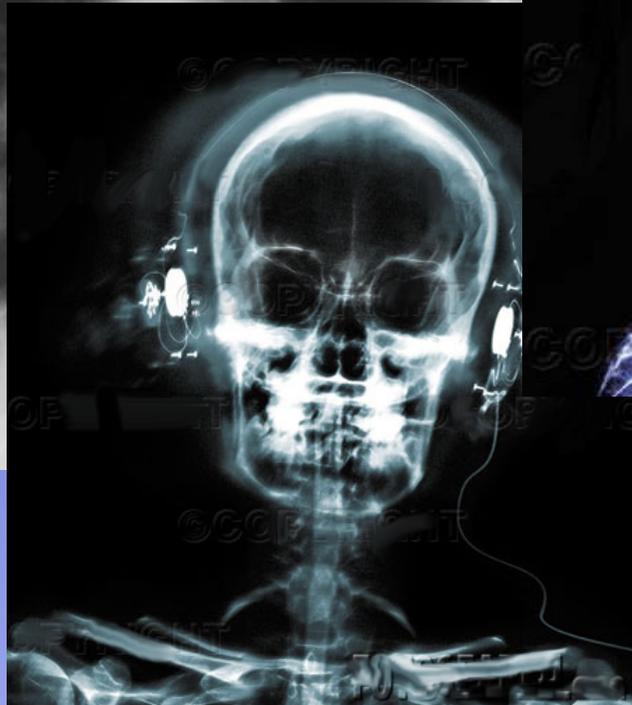
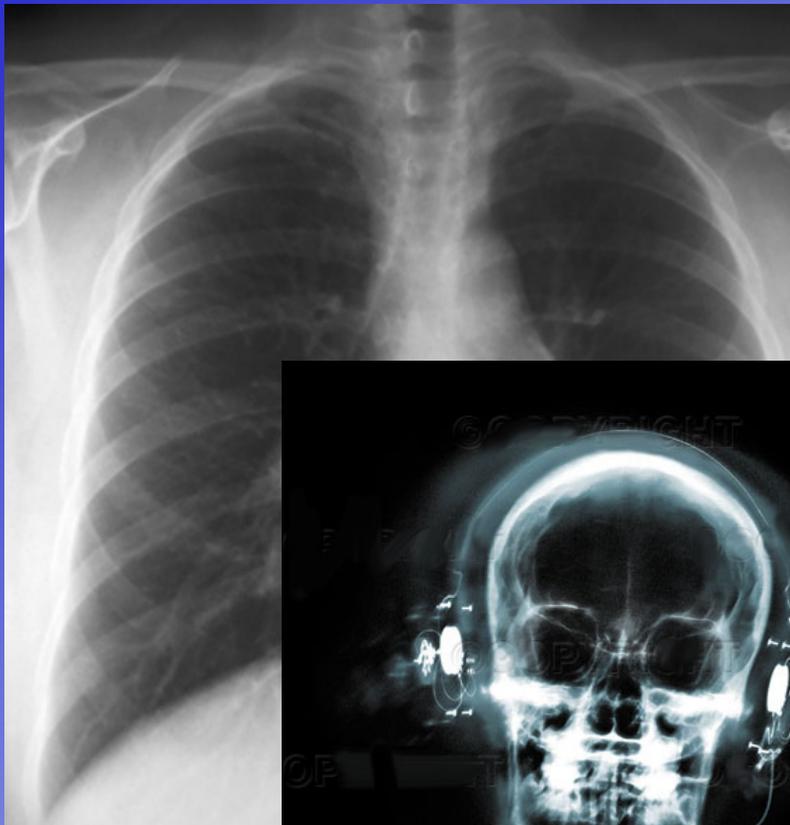
- **DIAGNOSTICO** In “vivo” (SPECT, PET, híbridos TC, RMN)
 In “vitro” (RIA, IRMA)
- **TRATAMIENTO** Radioterapia (Co-60, Acelerador lineal)
 Braquiterapia
 Radioterapia metabólica
 BNCT
 Hadronterapia
- **FISICA MEDICA** Control de equipos, Dosimetría, tratamiento
 de imágenes
- **RADIOFARMACIA** Nuevos radiofármacos, Control de calidad
- **BANCOS DE
TEJIDOS** Radioesterilización de tejidos para injertos
- **DOCENCIA** Cursos de Medicina Nuclear y Radioterapia

Otros Ciclotrones de CNEA

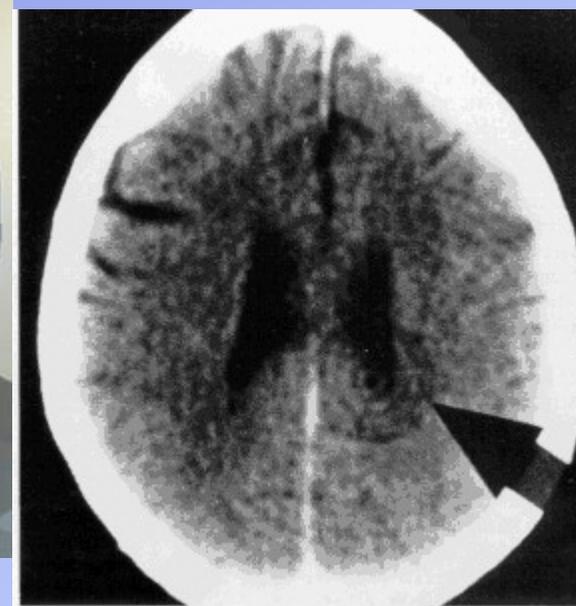
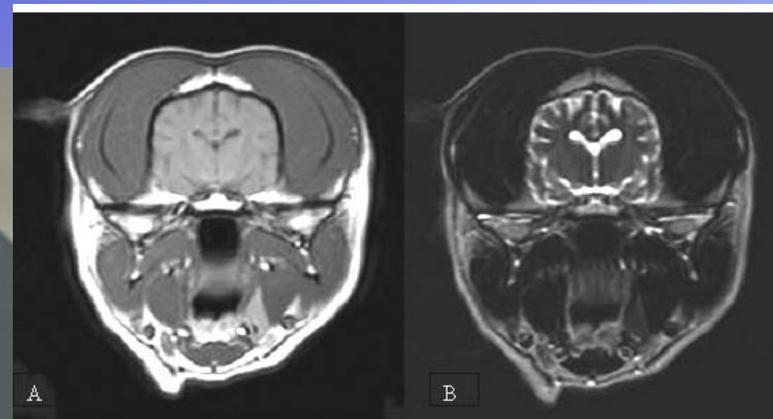
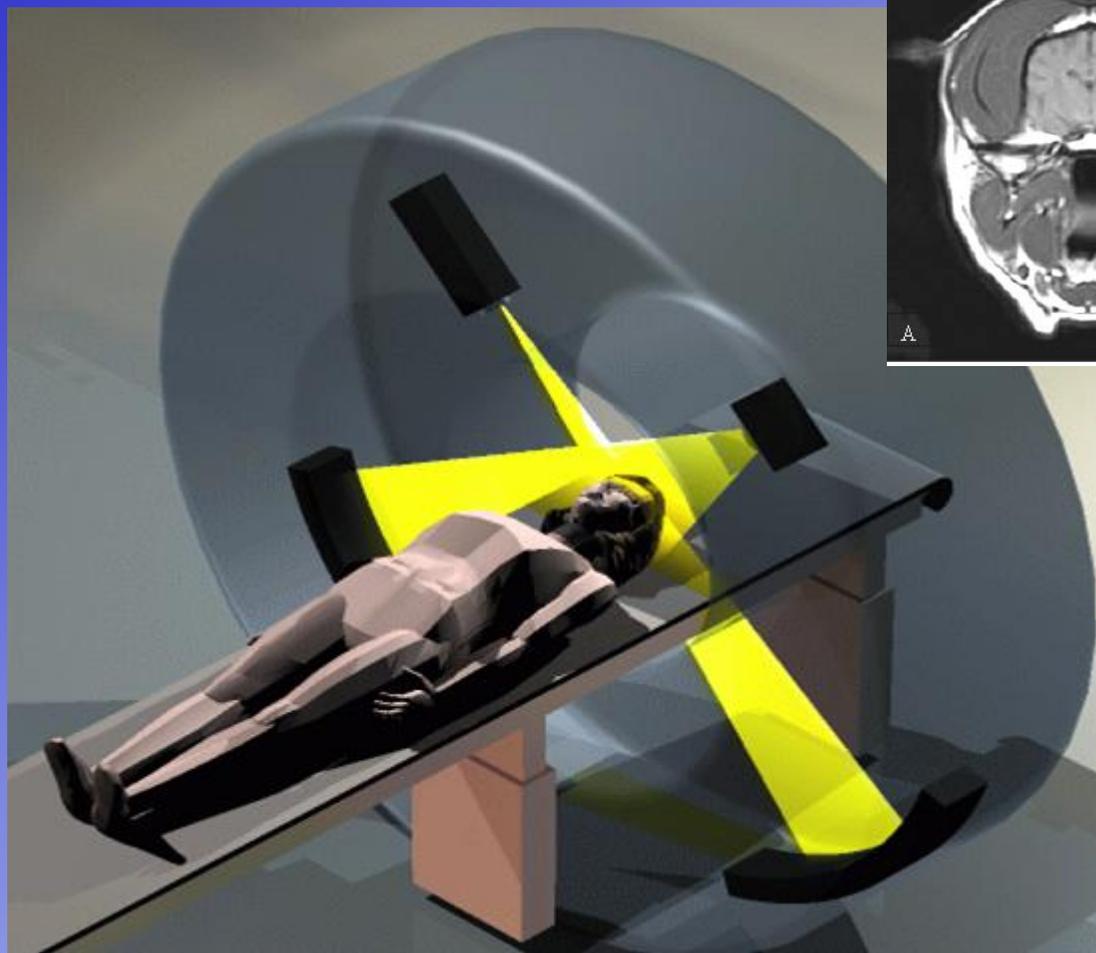
- Fundación Escuela de Medicina Nuclear de Mendoza (FUESMEN) 1997
- Fundación Centro de Diagnóstico Nuclear 2007



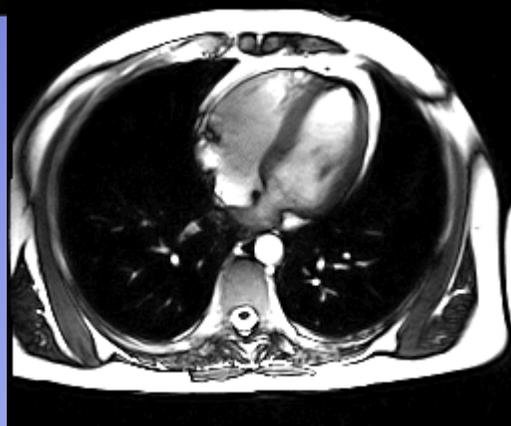
Radiografía convencional



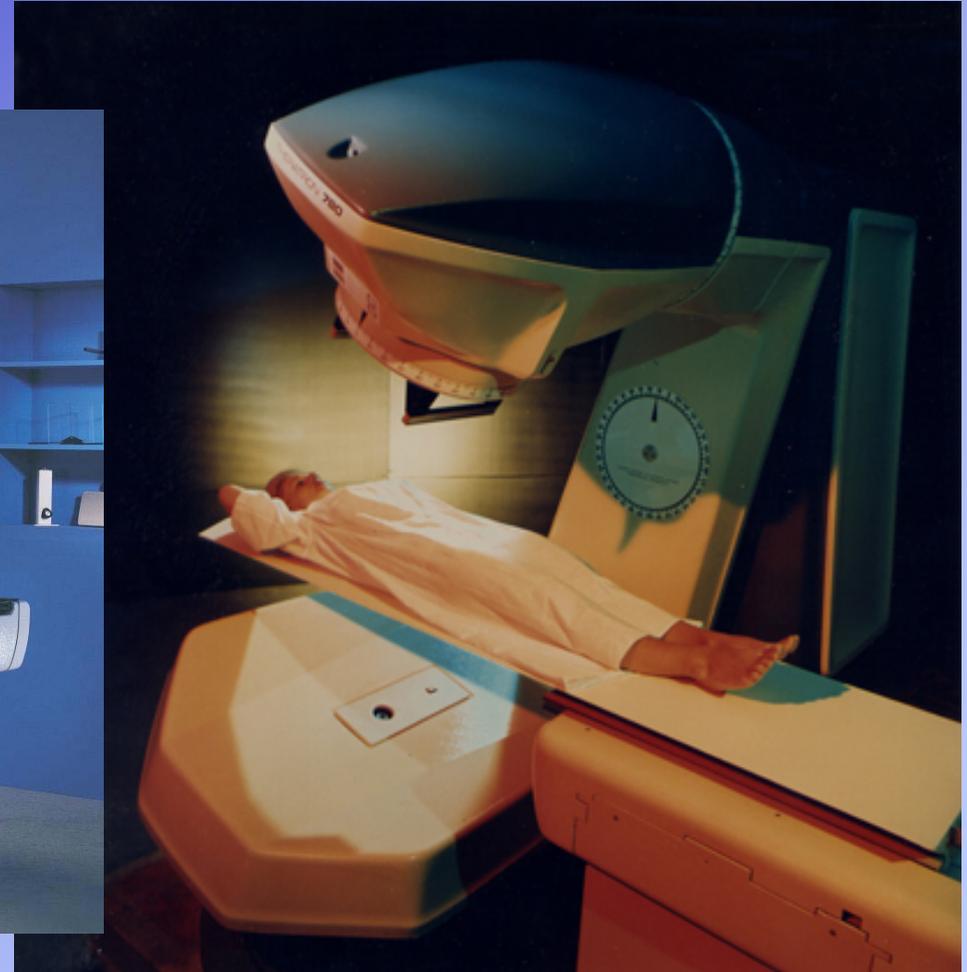
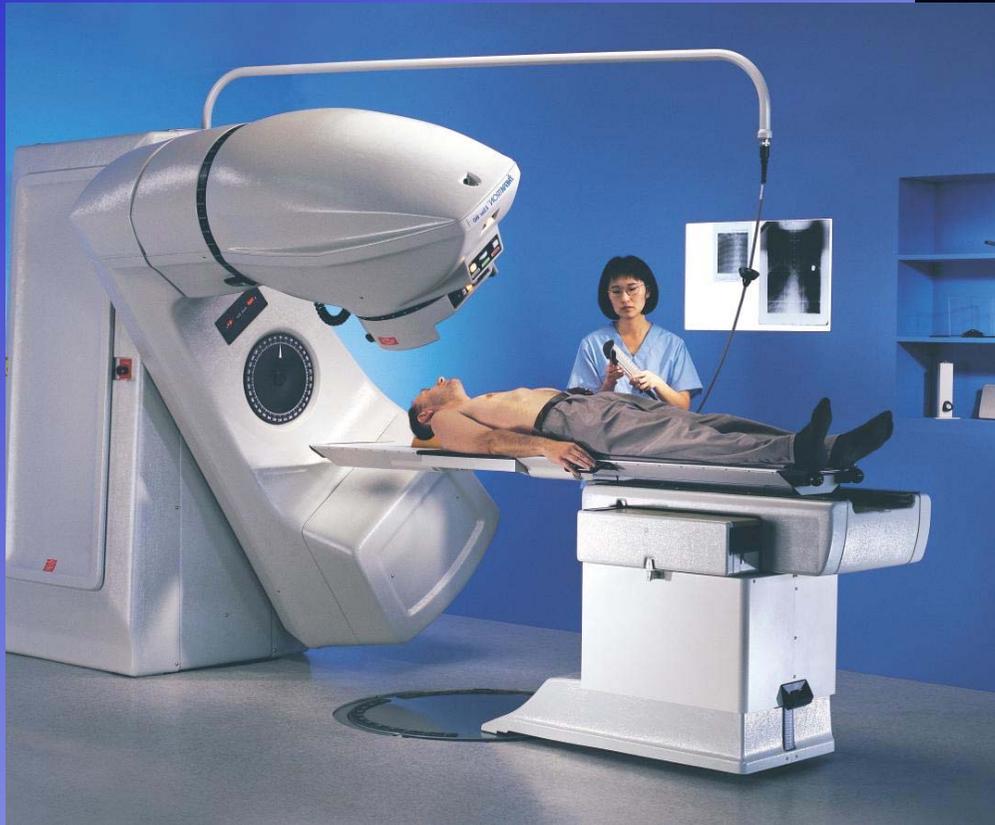
Tomografía computada



Resonancia Magnética Nuclear



Radioterapia- Co-60



Radioterapia: Acelerador lineal



Hadronterapia

- Irradiación directa con núcleos atómicos, desde hidrógeno hasta núcleos intermedios, por ejemplo carbono
- Aceleradores circulares de partículas cargadas



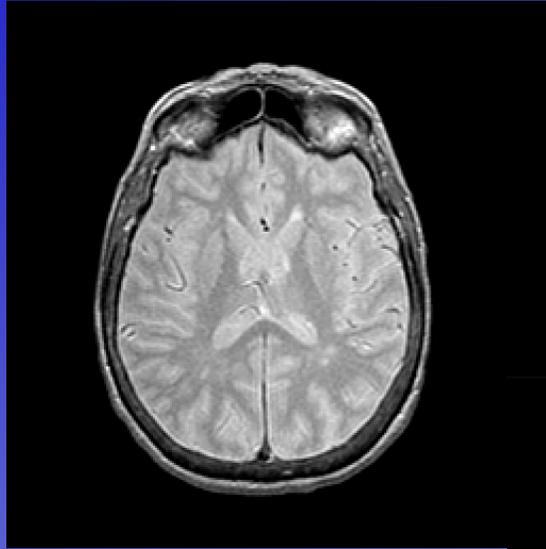


**Tomógrafo de Emisión
de Positrones -
Tomografía computada
(PET-CT) FCDN
2007**

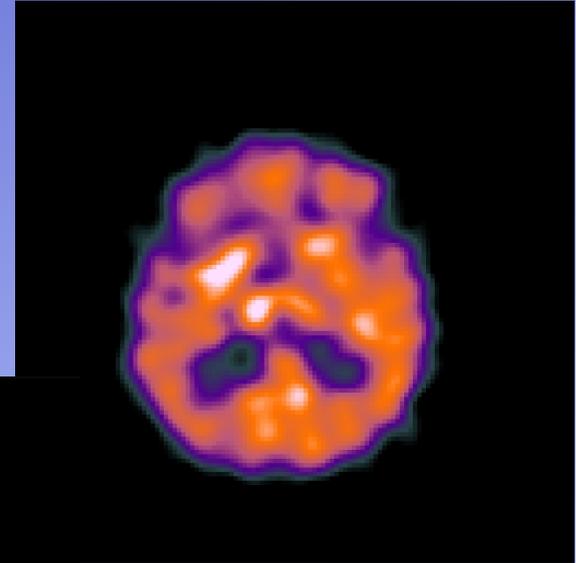
**Tomografía de emisión
de fotones simples -
Tomografía computada
(SPECT-CT) Htal. de
Clínicas 2010**



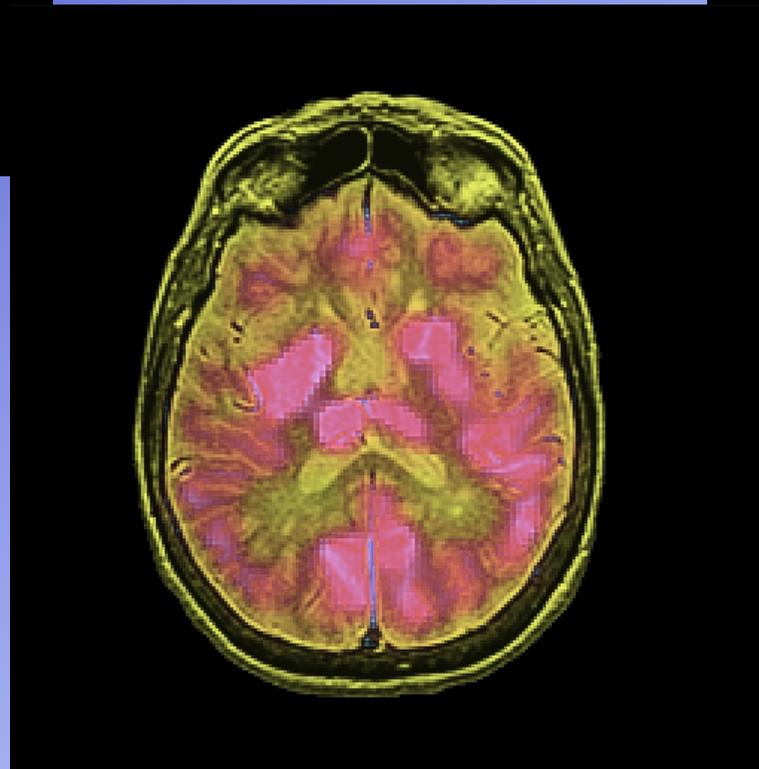
Fusión de imágenes PET - CT



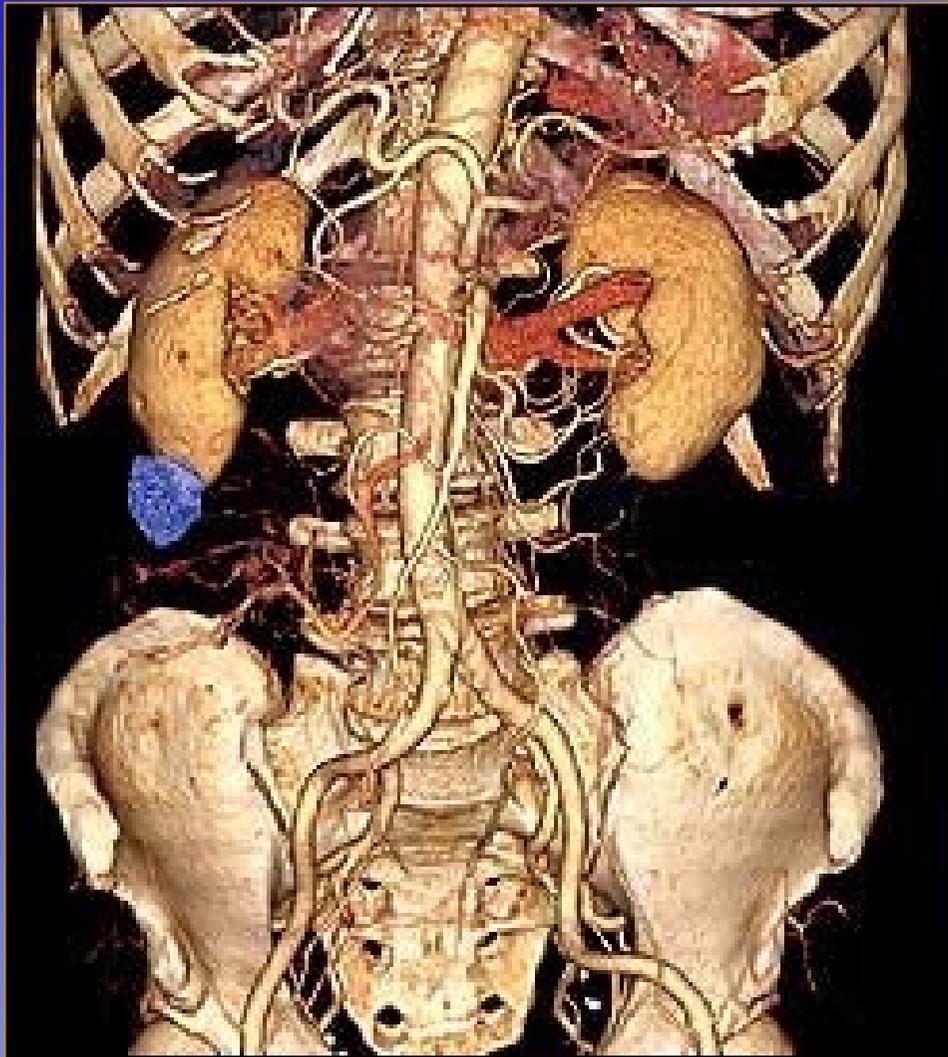
CT



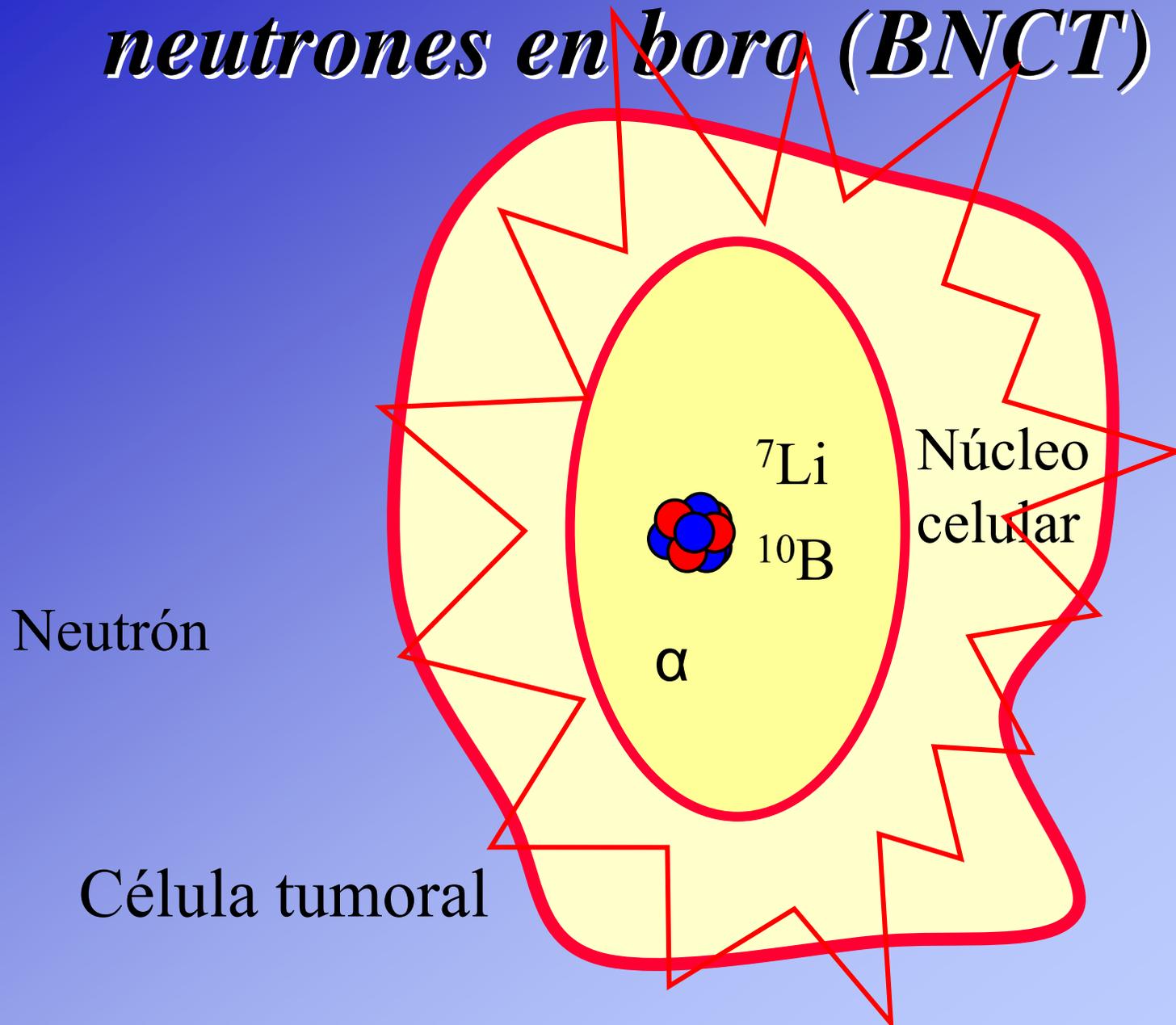
PET



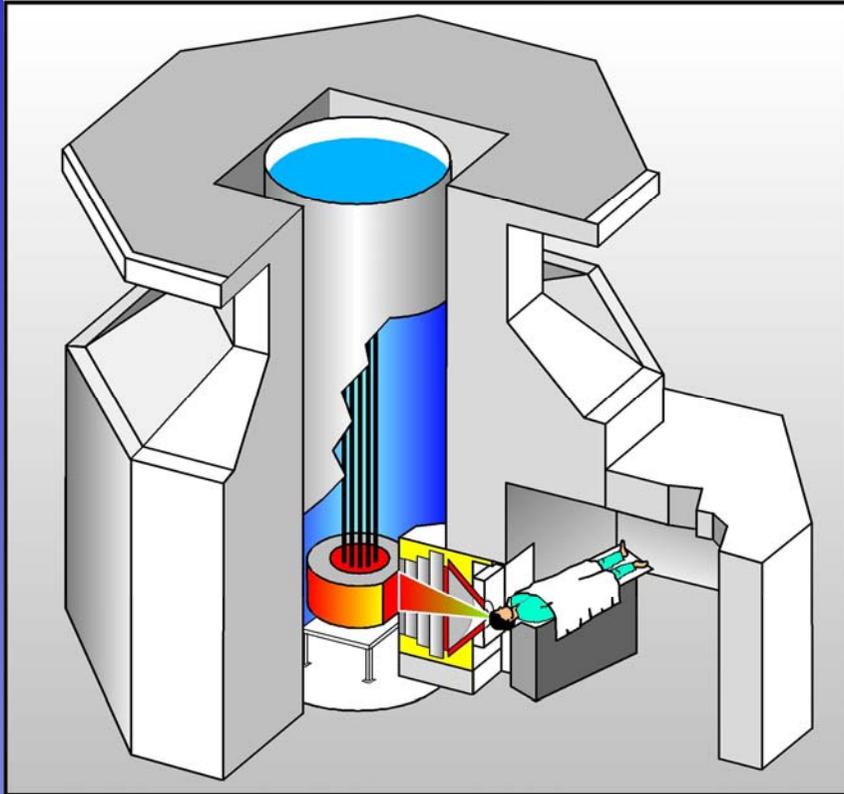
PET-CT



Terapia por captura de neutrones en boro (BNCT)



BNCT



Reactor Nuclear RA-6 Centro Atómico Bariloche. Facilidad para tratar pacientes por BNCT



Proyecto acelerador lineal de protones para BNCT

Gerencia de Área Investigación y Desarrollo

- Acelerador de protones para producir neutrones instalado en Instituto de Oncología Angel Roffo, BsAs
- Haz de neutrones preparado para irradiar pacientes en el mismo hospital

RA-6 Bariloche - BNCT

Núcleo del RA-6



La Medicina Nuclear en nuestro país

Desde la década del '60, CNEA produce radioisótopos de uso médico: ^{131}I , ^{51}Cr , ^{32}P y desarrolla radiofármacos.

En los '70 CNEA instaló los centros de Medicina Nuclear del Htal. De Clínicas y del Instituto Roffo

Desde 1985, CNEA posee la única planta de fisión de Sudamérica para producir ^{99}Mo .

En la década del '90 se instala el ciclotrón del CAE, que produjo ^{201}Tl y actualmente produce ^{18}F (FDG)

Argentina posee unos 300 Centros de Medicina Nuclear

CNEA abastece la casi totalidad de los radioisótopos que se usan en nuestro país, y está modernizando sus plantas de producción en el Centro Atómico Ezeiza

En 1990 se creó la FUESMEN (CNEA-Provincia de Mendoza), con el primer centro PET del hemisferio sur.

En 1997 se inauguró la Fundación centro de Diagnóstico Nuclear (CNEA-FUESMEN) con el primer equipo PET-CT y ciclotrón asociado del país.

En 2009 se instaló el segundo equipo SPECT-CT del país en el Centro de Medicina Nuclear del Hospital de Clínicas (CNEA-UBA).

Existe un ciclotrón privado para producción de FDG y está próxima la puesta en marcha de otro.

Existen más de 20 centros PET en todo el país.

CNEA capacita en Medicina Nuclear y Radioterapia

Instituto de Tecnología Nuclear

Dan Beninson (CNEA-UNSAM 2006)

- Especialización en Radioquímica y Aplicaciones Nucleares
- Especialización en Reactores Nucleares y su Ciclo de Combustible
- Postgrado en Metodología y Aplicación de Radionucleidos
- Postgrado en Dosimetría en Radioterapia
- Postgrado en Física de la Radioterapia



Instituto Dan Beninson

- Curso ABC de la Energía Nuclear (SC, CAC, CAE)
- Curso Introducción a la Tecnología Nuclear Parte I
- Curso Introducción a la Tecnología Nuclear Parte II
- Seminario Teórico Práctico de Dirección de Proyectos en el Área Nuclear.
- Varios Cursos de PET- CT en la Fundación Centro de Diagnóstico Nuclear.

El Futuro?

- ▶ Reprocesamiento
- ▶ Datos nucleares
- ▶ Nuevos métodos de producción de radioisótopos – automatización
- ▶ Radiofarmacia con emisores α
- ▶ PET con ^{15}O , ^{13}N , ^{11}C
- ▶ Capacitación especializada



-  **2 Centrales Nucleares en Operación**
-  **1 Central Nuclear en Construcción.**
-  **6 Reactores de Investigación**
-  **4 Aceleradores de Partículas**
-  **3 Centros Atómicos**
-  **1 Centro Tecnológico.**
-  **1 Fábrica de agua pesada.**
-  **2 Plantas de Irradiación**



-  **5 Grandes Yacimientos de Uranio**
-  **1 Centro de Purificación de Uranio**
-  **3 Institutos de Capacitación y Formación de Recursos Humanos**
-  **339 Instalaciones con aplicaciones industriales**
-  **Medicina Nuclear.**
 - 3 Escuelas de Medicina Nuclear
 - 67 Centros de Cobaltoterapia.
 - 71 Centros de Braquiterapia..
 - 290 Centros de Medicina Nuclear
 - 48 Aceleradores Lineales de Uso Médico
 - 338 Laboratorios de Radioinmunoanálisis



Muchas gracias !

