



# *Aplicaciones Nucleares en Argentina*

**Dr. Juan Carlos Furnari**

**Gerente Instituto de Tecnología Nuclear Dan Beninson  
Gerente Coordinación y Planificación de Centros de  
Medicina Nuclear y Radioterapia  
(juancarlosfurnari@cnea.gob.ar)**

**Comisión Nacional de Energía Atómica  
Argentina**

LAS/ANS Annual Meeting – 23 de agosto 2023



# *Aplicaciones Nucleares más importantes*

- Generación de electricidad
- Medicina nuclear.
- Producción de radioisótopos
- Aplicaciones industriales (control, medición, efectos)
- Tecnología de Radiaciones (alimentos, plagas, efluentes)
- Metrología de Radioisótopos y Dosimetría de Radiaciones
- Investigación y desarrollo
  - Ciencias básicas
  - Nutrición y salud
  - Fertilidad de suelos, riego y cultivos agrícolas.
  - Técnicas analíticas nucleares
  - Vigilancia ambiental
  - Desarrollo de recursos hídricos y minerales



# *Comisión Nacional de Energía Atómica*

- La Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) es un organismo autárquico creado en 1950, dependiente de la Secretaría de Energía de la Nación.
- Sus facultades y funciones están establecidas principalmente en la Ley Nacional de la Actividad Nuclear (Ley N° 24.804).
- Asesora del Poder Ejecutivo Nacional en temas nucleares.
- Responsabilidades y funciones en investigación y desarrollo, producción de bienes y servicios, gestión de residuos radiactivos y formación de recursos humanos en el Área Nuclear.



# *Aplicaciones Nucleares:*

## *Aplicaciones de los radioisótopos y de las radiaciones ionizantes*





# *Tecnología de Radiaciones*

- **Rayos gamma**
- **Rayos X**
- **Haces de electrones**
- **Haces de partículas más pesadas**

## IRRADIACION

**LAS RADIACIONES IONIZANTES SE UTILIZAN PARA:**

esterilización, conservación, desinsectación, descontaminación, inhibición de brotes, eliminación de parásitos y hongos, etc.

**Prótesis médicas**

**Implantes dentales**

**Medicamentos y materias primas de uso farmacéutico.**

**Instrumental de laboratorio y quirúrgico (jeringas, gasas, guantes quirúrgicos, etc)**

**Cosméticos**

**Alimentos (especias, papa, cebolla, ajo, frutillas, hamburguesas)**





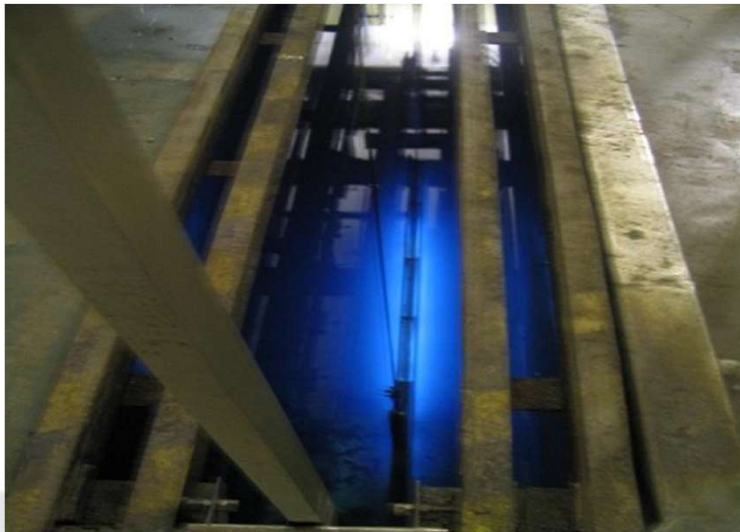
# Planta de Irradiación Semi-Industrial



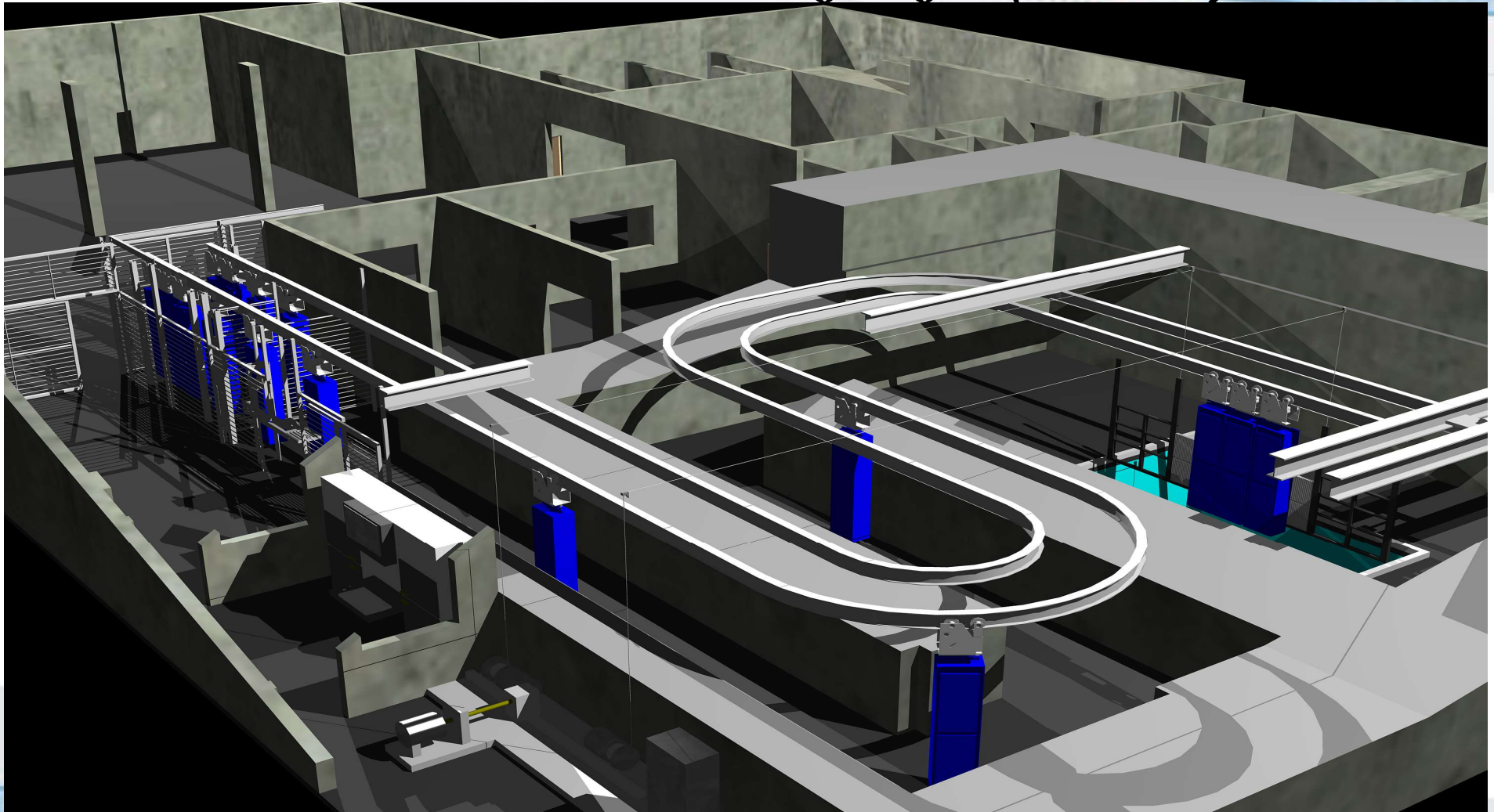
**Centro Atómico Ezeiza**

Gran variedad de productos son irradiados para preservarlos y esterilizarlos, con radiación gamma de fuentes de cobalto-60 de producción nacional.

- Alimentos
- Dispositivos Médicos
- Tejidos biológicos – Piel artificial
- Cosméticos y Productos Farmacéuticos



# *Planta de Irradiación Semi Industrial Centro Atómico Ezeiza (PISI)*





# *Irradiación de Alimentos*



## IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS



- Es un método físico de preservación de alimentos.
- Consiste en exponer el alimento una fuente de **radiación ionizante** durante un tiempo suficiente para alcanzar una dosis determinada.

### **DOSIS ABSORBIDA:**

cantidad de energía ionizante absorbida por unidad de masa del material irradiado.

$$\text{gray (Gy)} = \frac{\text{joule de energía absorbida}}{\text{kg de producto irradiado}}$$





## ENFERMEDADES DE TRANSMISION ALIMENTARIA



- ✓ Se estima que cada año enferman en el mundo 600 millones de personas (casi 1 de cada 10 habitantes) por ingerir alimentos contaminados y que 420.000 mueren por esta causa.
- ✓ Los niños menores de 5 años padecen el 40% de las ETA, que provocan cada año 125.000 defunciones en este grupo de edad.
- ✓ La inocuidad de los alimentos, la nutrición y la seguridad alimentaria están complejamente relacionadas.
- ✓ Círculo vicioso de enfermedad y malnutrición, que afecta especialmente a los lactantes, los niños pequeños, los ancianos y los enfermos.

## BENEFICIOS DE LAS TECNOLOGIAS DE IRRADIACIÓN APLICADAS EN ALIMENTOS





# Inocuidad de los alimentos irradiados



Organización de las Naciones Unidas  
para la Alimentación y la Agricultura



Organización  
Mundial de la Salud

OMS y FAO consideran que los datos disponibles sobre química de radiaciones, toxicología, microbiología y propiedades nutricionales de alimentos irradiados aseguran que, cualquiera sea la dosis aplicada, **no hay dudas sobre la inocuidad de los alimentos irradiados.**

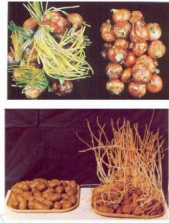
Más de 60 países cuentan con reglamentación que permite el uso de la irradiación en productos alimentarios.



## APLICACIONES SEGÚN RANGO DE DOSIS

### DOSIS BAJAS (< 1 kGy)

Inhibir brotación de bulbos y tubérculos



Retardar maduración de frutos climatéricos



Retardar senescencia de vegetales



Inactivar parásitos  
(algunos requieren dosis mayores)



Esterilizar plagas cuarentenarias



### DOSIS MEDIAS (1-10 kGy)

Desinfestar granos, harinas, frutos secos, alimentos deshidratados



Extender vida útil por reducción de flora microbiana banal en productos frescos



Eliminar microorganismos patógenos no esporulados



Descontaminar especias, hierbas y otros ingredientes secos



### DOSIS ALTAS (>10 kGy)

Descontaminar especias, hierbas y otros ingredientes secos



Eliminar bacterias esporuladas



Ej.: Control de Loque americana en miel

Esterilización comercial (productos cárnicos autoestables)



Ej.: Comida para astronautas, raciones militares

## LEGISLACIÓN ARGENTINA. APROBACION DEL TRATAMIENTO

### Código Alimentario Argentino (2017)

	<p><b>CLASE 5</b> HONGOS DE CULTIVO COMESTIBLES, FRESCOS</p>	<p>Control de microorganismos alterantes</p>	<p><b>3,0 kGy</b></p>
	<p><b>CLASE 6</b> PESCADOS Y MARISCOS, Y SUS PRODUCTOS (FRESCOS Y CONGELADOS)</p>	<p>Control de microorganismos alterantes y patógenos Control de parásitos</p>	<p><b>5,0 kGy</b> <b>2,5 kGy</b></p>
	<p><b>CLASE 7</b> AVES, CARNES BOVINA, PORCINA, CAPRINA, OTROS Y SUS PRODUCTOS (FRESCOS Y CONGELADOS)</p>	<p>Control de microorganismos alterantes y patógenos Control de parásitos</p>	<p><b>7,0 kGy</b> <b>3,0 kGy</b></p>
	<p><b>CLASE 8</b> ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL DESECADOS</p>	<p>Control de insectos Control de microorganismos</p>	<p><b>1,0 kGy</b> <b>7,0 kGy</b></p>



## I + D. PRODUCTOS CÁRNICOS

### Irradiación de salami para eliminar *L. monocytogenes*

IAEA-CN290-106

#### Elimination of *Listeria monocytogenes* in 'salami' (Argentinean dry fermented sausage) by gamma irradiation

A. Raad<sup>a</sup>, C. M. L. Lires<sup>a</sup>, M. C. Cingolani<sup>a</sup>,  
T. Soteras<sup>b</sup>, C. I. Horak<sup>c</sup>, M.C. Cova<sup>a</sup>, S. R.  
Vaudagna<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Radiation Processing Department, Radiation Applications and Technology Management, National Atomic Energy Commission (CNEA)

<sup>b</sup>Food Technology Institute (ITA), Agroindustry Research Center (CIA), National Institute of Agricultural Technology (INTA)

<sup>c</sup>Radiochemistry and Radiation Technology, International Atomic Energy Agency (IAEA)

2nd International Conference on  
Applications of Radiation  
Science and Technology

#ICARST2022



22 – 26 August 2022  
IAEA Headquarters  
Vienna, Austria



- ✓ El tratamiento de irradiación a 4 kGy logró una reducción de 5 log de *L. monocytogenes* en el salami, combinado con el envasado al vacío.
- ✓ Sin diferencias sensoriales significativas tras 35 días de almacenamiento refrigerado.





## Extensión de vida útil de algunos productos cárnicos

<b>Producto</b>	<b>Dosis (kGy)</b>	<b>Vida útil de producto no tratado (días)</b>	<b>Vida útil de producto irradiado (días)</b>
<b>Carne vacuna</b>	<b>2.5</b>	<b>2-3</b>	<b>9</b>
<b>Hamburguesa de carne</b>	<b>1.54</b>	<b>8-10</b>	<b>26-28</b>
<b>Lomo de cerdo</b>	<b>3</b>	<b>41</b>	<b>90</b>
<b>Carne de cerdo picada</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>11.5</b>
<b>Cordero</b>	<b>2.5</b>	<b>7</b>	<b>28-35</b>

# I + D PANIFICADOS

## Pan supernutritivo irradiado para ser suministrado como ración de emergencia para víctimas de catástrofes

Food Control 72 (2017) 338–344



A highly nutritive bread, developed and gamma irradiated to serve in disaster relief or as an emergency ration



G.S. González <sup>a</sup>, M.C. Cova <sup>b</sup>, C. Lires <sup>b</sup>, C. Horak <sup>b</sup>, B. Gómez <sup>a</sup>, P. Narvaiz <sup>b, \*</sup>

<sup>a</sup> Food Science Faculty, National Entre Ríos University (UNER), Perón 64, (2820), Gaaleguaychú, provincia de Entre Ríos, Argentina  
<sup>b</sup> Radiation Processing Department, National Atomic Energy Commission (CNEA), Ezeiza Atomic Centre, Presbítero González y Aragón 15, B1802AYA, provincia de Buenos Aires, Argentina

### ARTICLE INFO

**Article history:**  
 Received 12 May 2015  
 Received in revised form 15 April 2016  
 Accepted 18 April 2016  
 Available online 22 April 2016

**Keywords:**  
 Highly nutritive bread  
 Gamma irradiation

### ABSTRACT

A shelf stable highly nutritive bread (HNB), formulated to cover nutritional requirements of people in need of an emergency staple food, was gamma irradiated to improve its sanitary quality and extend shelf life. Packed in polyethylene film and gamma irradiated at 6 kGy, it attained at least a six times shelf life extension, being stored during 43 days at room temperature while maintaining its sensory quality. This HNB remained microbiologically safe for at least nine months.

© 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.

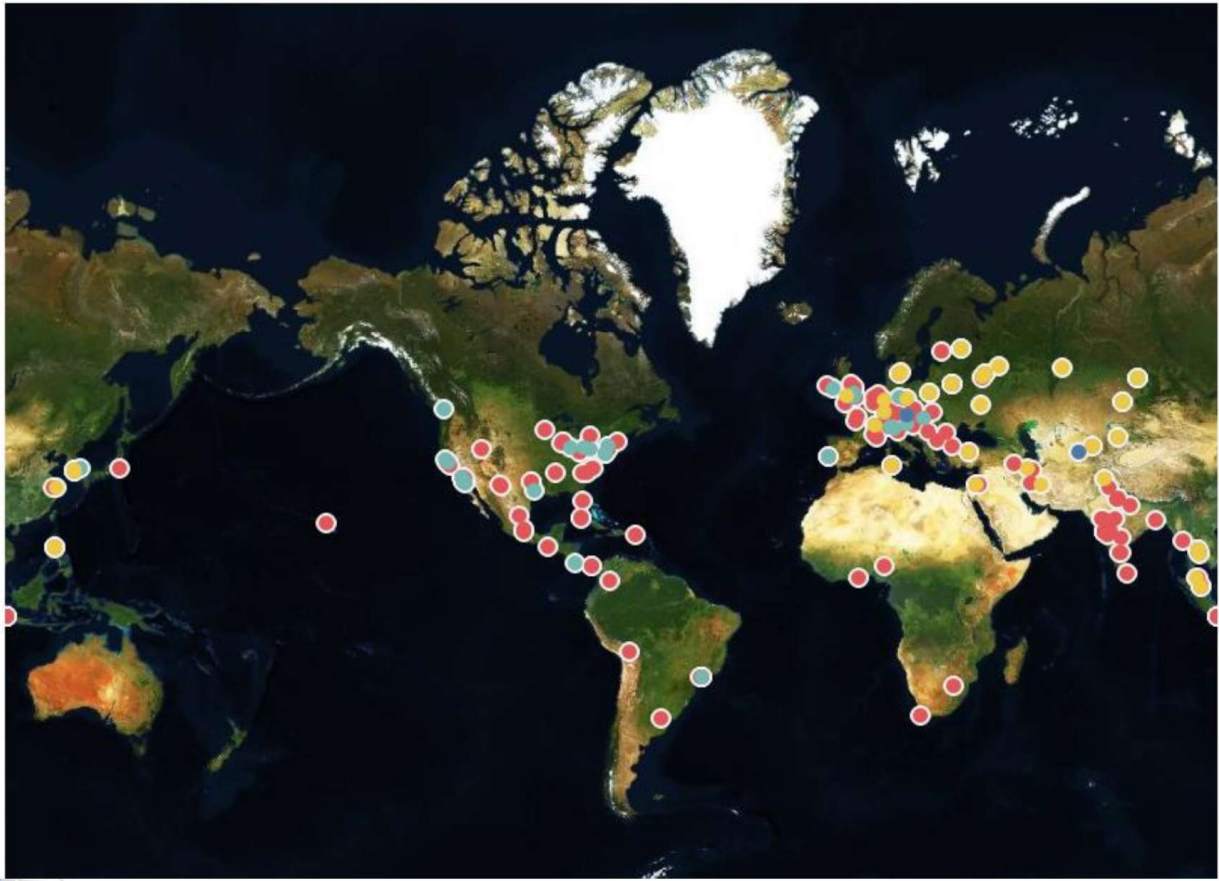
Día 20 a Temp. ambiente



Recuentos de bacterias aerobias mesófilas totales, mohos y levaduras y bacterias esporulados cumplieron con los requerimientos microbiológicos hasta el día 270 de almacenamiento.



# INSTALACIONES DE IRRADIACION EN EL MUNDO



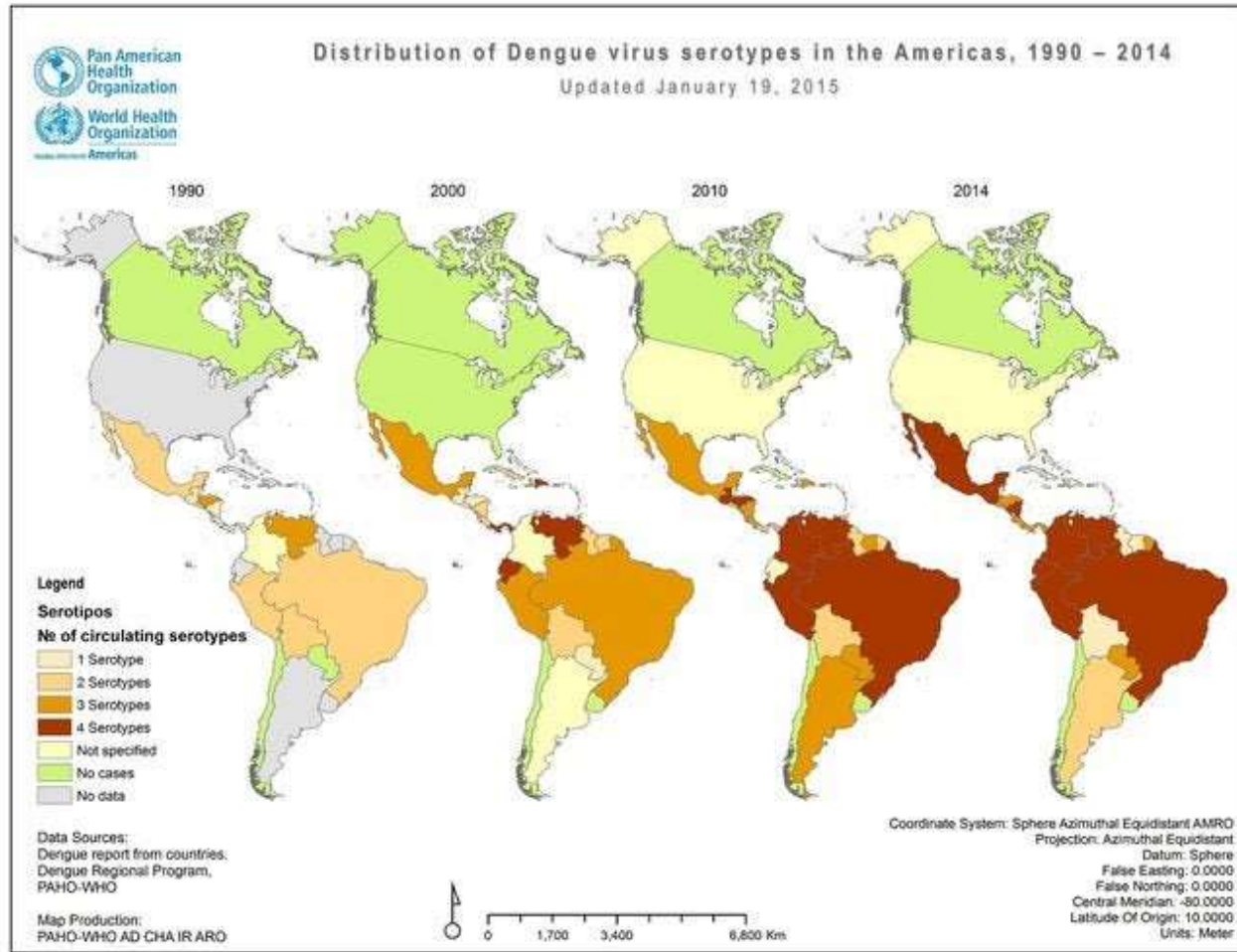
- Bremsstrahlung X-ray & X-ray
- E-Beam
- E-Beam, Bremsstrahlung X-ray
- Gamma





# *Técnica del Insecto Estéril (TIE)*

# DENGUE



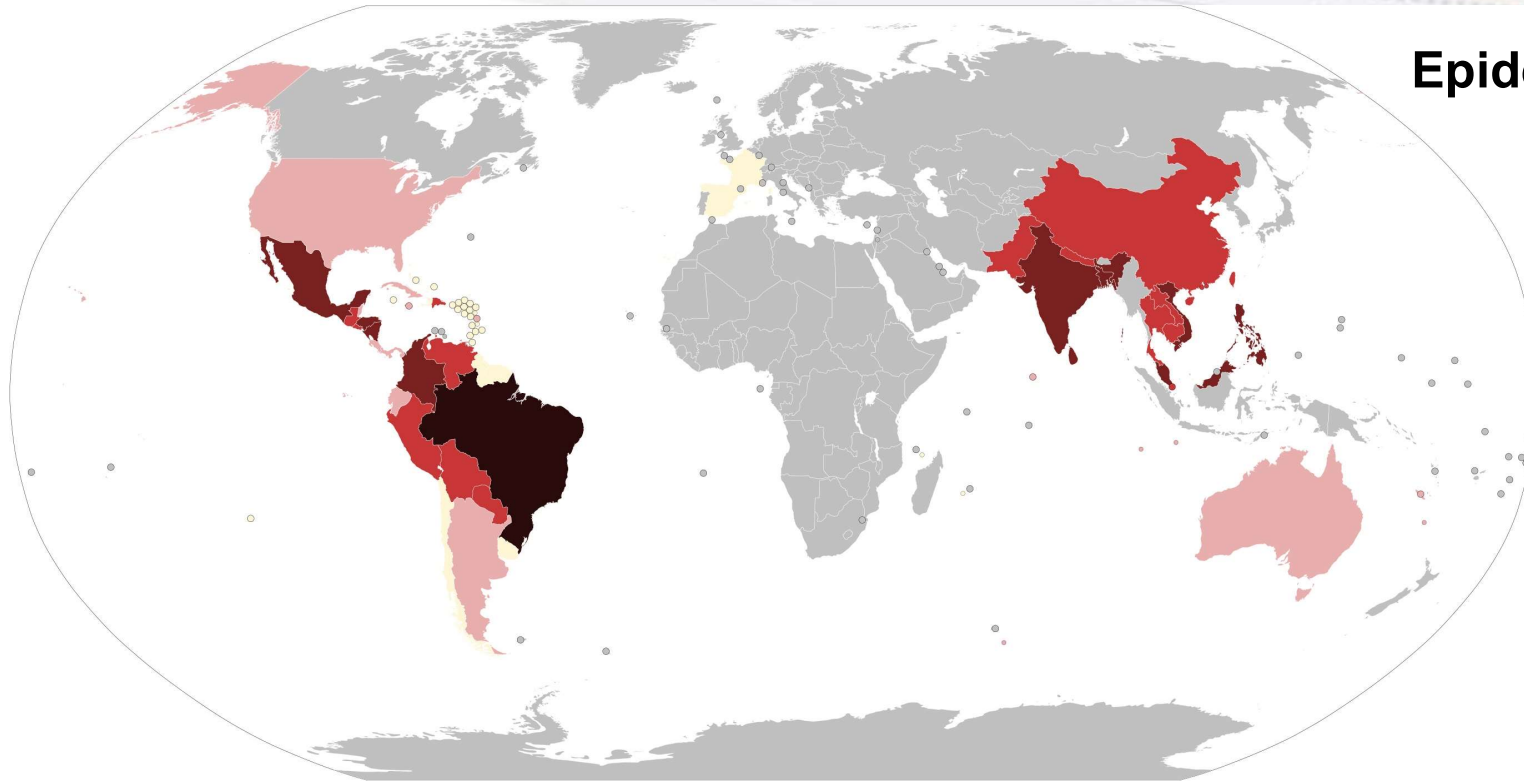
*Aedes aegypti*

*Mosquito adaptado a la vida en ciudades.*

*Causante del mayor numero de transmisiones de la enfermedad*

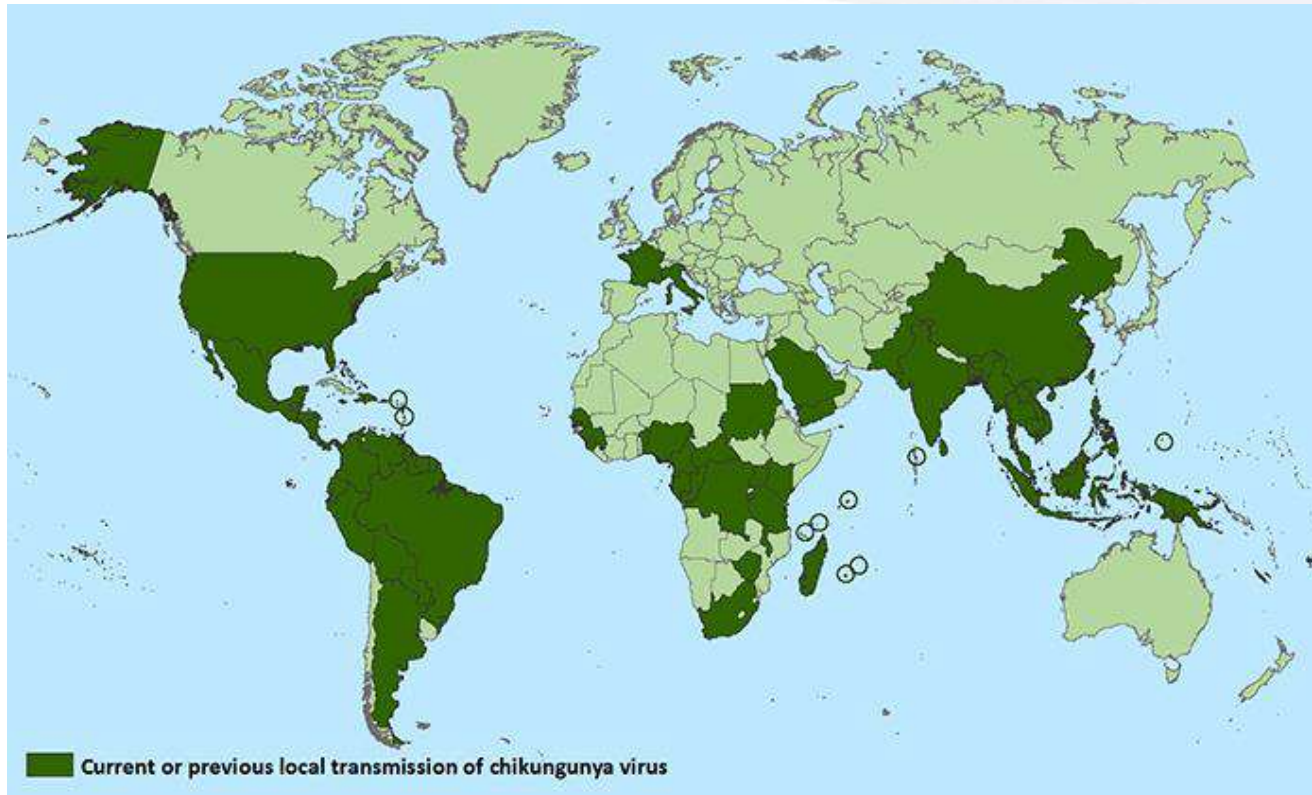
# DENGUE

## Epidemia de Dengue 2019-2021





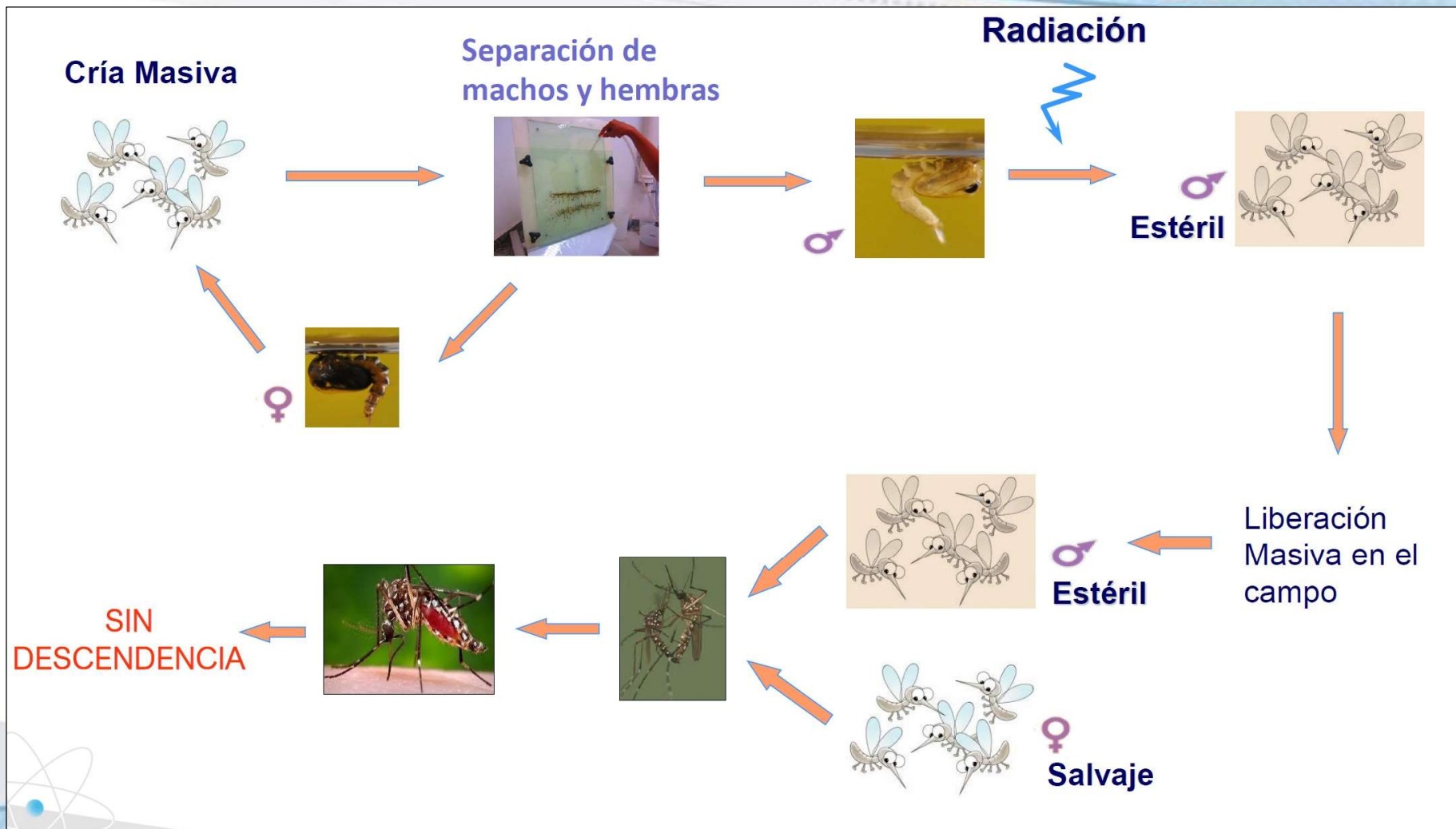
# Chikungunya



El Chick es una enfermedad también transmitida por el *Ae. aegypti*.  
*Esta enfermedad afecta a muchas personas pero no es altamente letal.*

# Técnica del Insecto estéril.

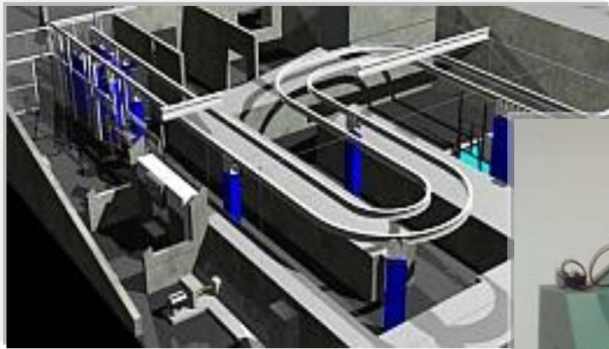
## Metodología aplicada a los mosquitos





# Técnica del Insecto estéril.

## Metodología aplicada a los mosquitos



Planta de irradiación

Irradiación



Autoblindado



Irradiador X



Pruebas a  
semi-campo

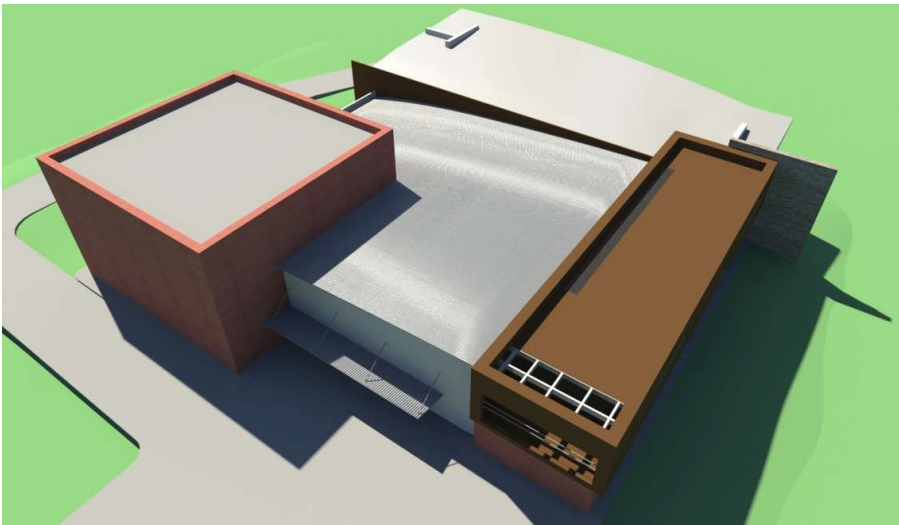
Pruebas a  
campo





# Proyecto PIPAE

*(Planta de Irradiación por Aceleración de Electrones)*





# ***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 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





## APLICACIONES INDUSTRIALES

- Gammagrafía y radiografía en tuberías y estructuras de hormigón

- Medición de niveles y espesores

- Tratamiento de plásticos y maderas -

- Aislamiento de cables eléctricos



# *Gammagrafía o radiografía industrial*

Fuentes de Co-60 o Ir-192

Control de soldaduras

Estudio de componentes o dispositivos







# *Aplicaciones nucleares de los radioisótopos*

## *Producción de Radioisótopos en Argentina*

*En Reactores Nucleares :*

*RA-3 Centro Atómico Ezeiza ( $^{99}\text{Mo}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{153}\text{Sm}$ , etc.)*

*Central Nuclear Embalse ( $^{60}\text{Co}$ )*

*RA-10, en grado avanzado de construcción*

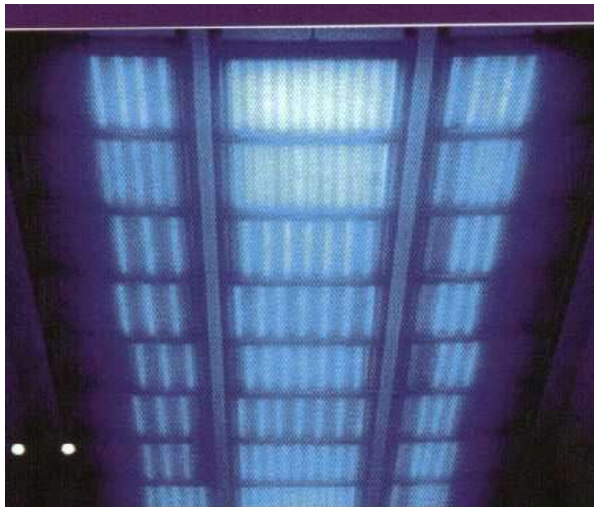
*En Ciclotrones: 3 de CNEA y 2 privados, en operación*

*2 en instalación, 2 a instalar ( $^{18}\text{F}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{11}\text{C}$ , etc.)*





# ***Producción de Co-60 y Fabricación de fuentes selladas – DIOXITEK S.E. Central Nuclear Embalse y Centro Atómico Ezeiza***





# *Reactor RA-3*

**Puesta en marcha: 1967**

**Potencia nominal: 10 MW**

**Producción de radioisótopos**

**Mo-99, I-131, Sm-153, P-32, Cr-51**

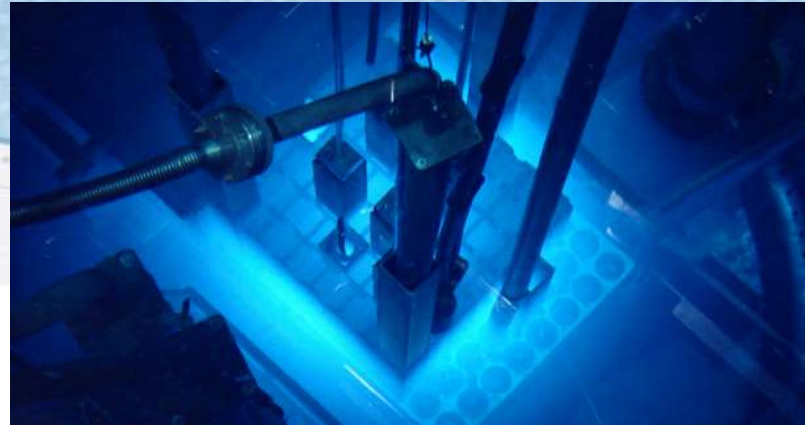
**Análisis por activación neutrónica**

**BNCT**

**Estudio de combustibles nucleares**

**Desarrollo de instrumentación**

**Física de reactores**







*Reactor RA-3, Ciclotrón y Plantas de Producción de Radioisótopos de uso médico o industrial, Centro Atómico Ezeiza*



**Proyecto nueva planta de fisión**



# Ciclotrones





# Construcción del Reactor RA-10 - Ezeiza





## ***NO PROLIFERACIÓN***

***Usos de uranio de alto enriquecimiento (>20% en U-235) versus uranio de bajo enriquecimiento (<20%)***

***Argentina es líder mundial en usos de uranio de bajo enriquecimiento.***

OIEA: Reduced Enrichment in Research and Test Reactors (RERTR)

***CNEA ha convertido los núcleos de todos sus reactores de investigación migrando de U al 90% a U “al 20%” (<20%)***

***Argentina fue el primer país del mundo en desarrollar un proceso de producción rentable de Mo-99 por fisión con blancos de uranio al 20%.***

***Se han construido reactores y se ha exportado la tecnología de producción de Mo-99 a varios países (Perú, Argelia, Egipto, Australia, India, Holanda, China), por CNEA y a través de la empresa INVAP***



# *Proyecto Alfa*

*En Ciclotrón:*



*Generador  $^{225}\text{Ac} / ^{213}\text{Bi}$  (10,0 d / 45,6 min)*

*Radiofármacos de  $^{213}\text{Bi}$  (emisor  $\alpha$ )*

Edificio etapa I terminado  
Laboratorios, oficinas



# *Proyecto Alfa*



**Etapa II Terminada 2023 Celdas de proceso**

**Etapa III Ciclotrón**



# *Aplicaciones de los Radioisótopos*

- **Usos principales: medicina, industria, investigación**
- **Producción en el Centro Atómico Ezeiza, en ciclotrones de Fundaciones y privados**



# ***Aplicaciones de la Tecnología Nuclear en la Salud***



- **Diagnóstico por imágenes**
- **Tratamiento con radiaciones:**
  - **Radioterapia (aceleradores lineales de  $e^-$ ,  $^{60}\text{Co}$ , Braquiterapia)**
  - **Terapia por captura de neutrones en boro (BNCT)**
- **Tratamiento con radiofármacos**
- **Esterilización de material quirúrgico y otros**
- **Banco de tejidos**



*Actualmente, Argentina posee ~300 Centros de Medicina Nuclear (6,3 CMN/ Millón de hab. - 47,3 M-).*

*60 equipos PET (1,3 PET/ Millón hab.)*

*~100 aceleradores lineales para Radioterapia (~ 2 AL/Mh)*

*Aproximadamente 75% en el ámbito privado y 25% público*

*La mayoría en Buenos Aires y alrededores y en capitales provinciales.*

*Una parte importante de la población (~ 15%) no accede a la alta tecnología aplicada a la Salud*

*Desde 2015: Plan Nacional de Medicina Nuclear*



*Regulación de la actividad nuclear en las áreas de seguridad radiológica y nuclear, salvaguardias y no proliferación*

- Actividades regulatorias, elaboración de normas.*
- Licenciamiento y control de instalaciones y personal.*
- Formación de recursos humanos.*





Tecnicaturas Universitarias

**En Aplicaciones Nucleares**

Carreras de Grado

**Ingeniería Nuclear en Aplicaciones Nucleares**  
**Ingeniería Nuclear**  
**Licenciatura en Física**

Carreras de Posgrado



Especializaciones

**Radioquímica y Aplicaciones Nucleares - Rfarmacia**  
**Reactores Nucleares y su Ciclo de Combustible**  
**Física de la Radioterapia IDB**  
**Aplicaciones Tecnológicas de la Energía Nuclear**

Maestrías

**Ingeniería**  
**Física Médica**



Doctorados

**Física**  
**Ingeniería Nuclear**  
**Ciencias de la Ingeniería**  
**Tecnología Nuclear**



## COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA y otras Instituciones

- Curso de Metodología y Aplicaciones de Radioisótopos
- Curso de Física de la Radioterapia
- Curso de Dosimetría en Radioterapia
- Curso de Tecnología Nuclear, nivel técnico
- Curso de Entrenamiento en PET/CT para Médicos (FCDN)
- Curso de Entrenamiento en PET/CT para Técnicos
- Curso de Entrenamiento para Operadores de Ciclotrones
  
- Residencia para Físicos Médicos en Radioterapia CNEA-UBA



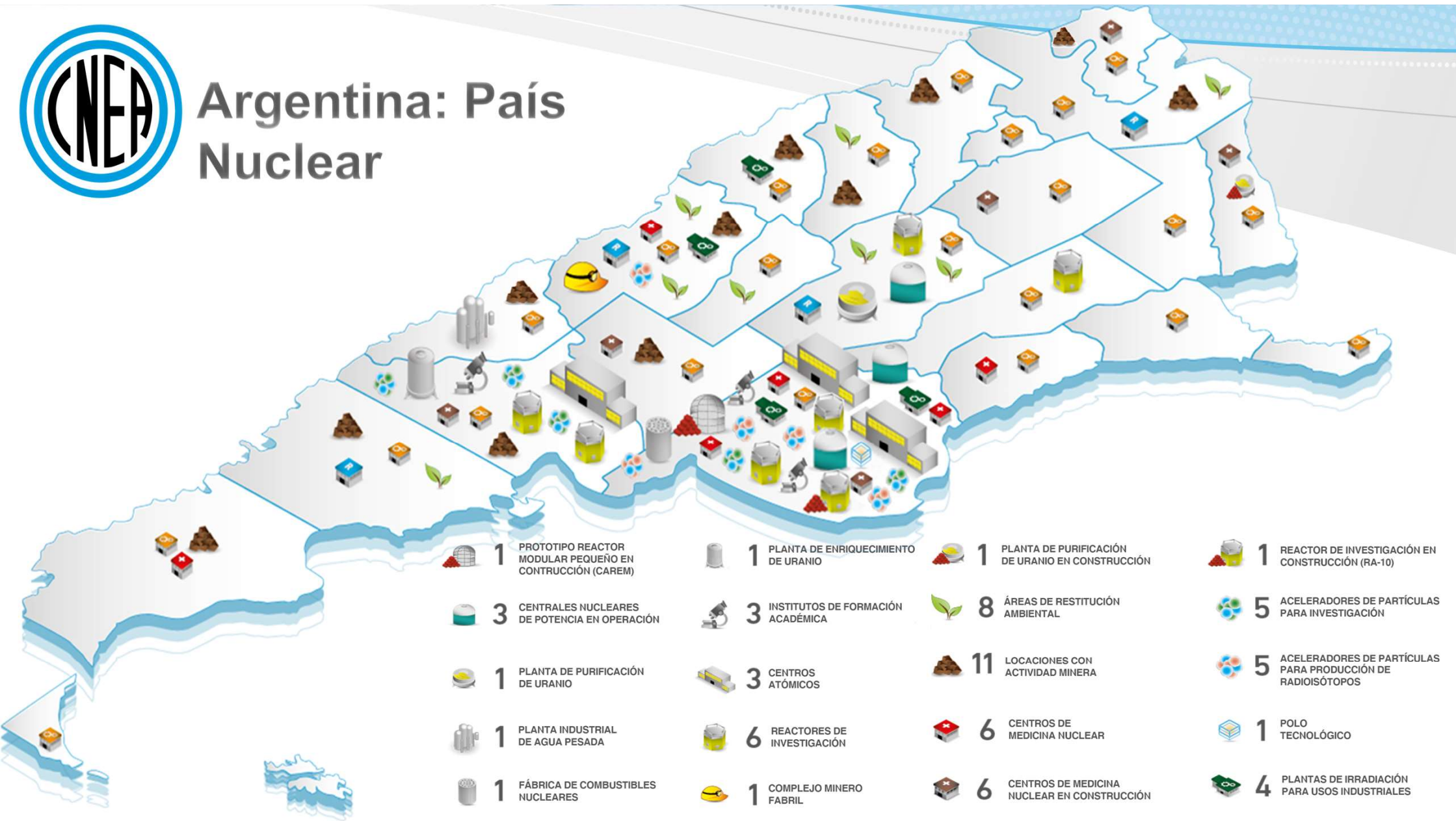
- Especialidad Técnica en Instalaciones Nucleares
- Especialidad Técnica en Instalaciones de Medicina Nuclear
- Curso de Metodología y Aplicaciones de Radioisótopos – INTECNUS-



- Curso de Metodología y Aplicaciones de Radioisótopos
- Curso de Radiofísica Sanitaria
- Curso de Dosimetría en Radioterapia
- Residencias en Radioterapia, Oncología, Diagnóstico por imágenes, Medicina Nuclear y Física Médica



# Argentina: País Nuclear







# *Conclusiones*

*Las aplicaciones nucleares son sumamente útiles e irremplazables en diversos campos*

*Impulsa diversos sectores de la ciencia, la tecnología y del quehacer industrial y económico del país*

*De fuerte impacto social*

*Se realizan con gran nivel de seguridad y calidad en un campo extremadamente regulado y controlado*

*Con personal altamente capacitado y reentrenado periódicamente*

*Muchas gracias !*