

# **ASPECTOS GENERALES DEL USO DE ENERGIA DE FISION NUCLEAR**

## **APLICACIONES Y RIESGOS**

**Por:** John Kenny Ledezma Main

# QUIMICA NUCLEAR

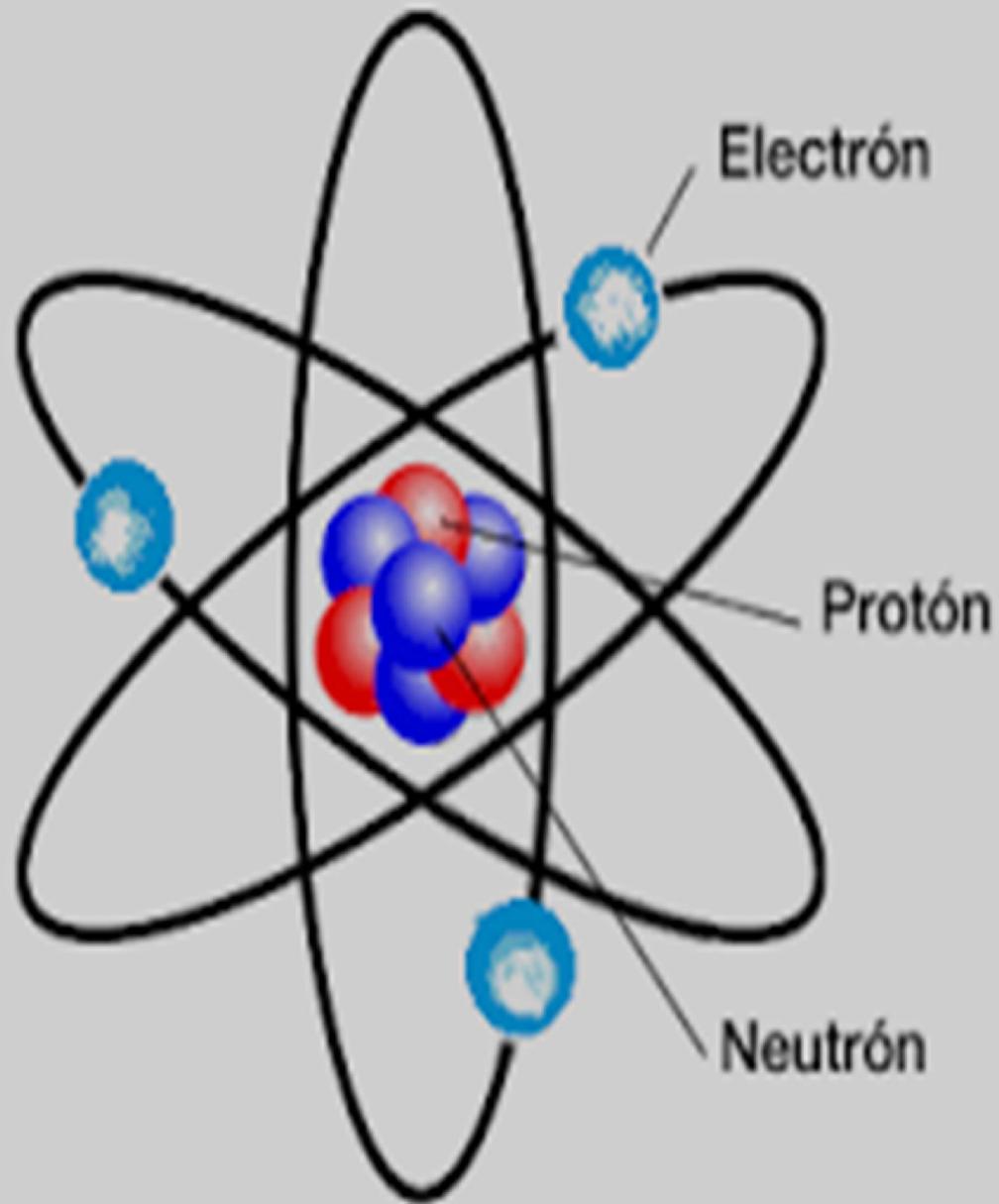
- **ESTUDIA LOS PROCESOS DE DESINTEGRACION RADIATIVA Y SUS CAMBIOS ENERGETICOS** (lo que pasa cuando un átomo se transforma en otro átomo y cuanta energía y de que tipo hay en este cambio).
- **Estudia** las propiedades de los átomos radiactivos y la aparición de nuevos elementos en la tabla periódica.
- **Estudia** los efectos de la radiactividad en diferentes materiales.

# FISICA NUCLEAR

- **Estudia las fuerzas presentes en el átomo y su interacción.**
- **Estudia la velocidad, distribución y características fotónicas.**
- **Partículas y antipartículas.**

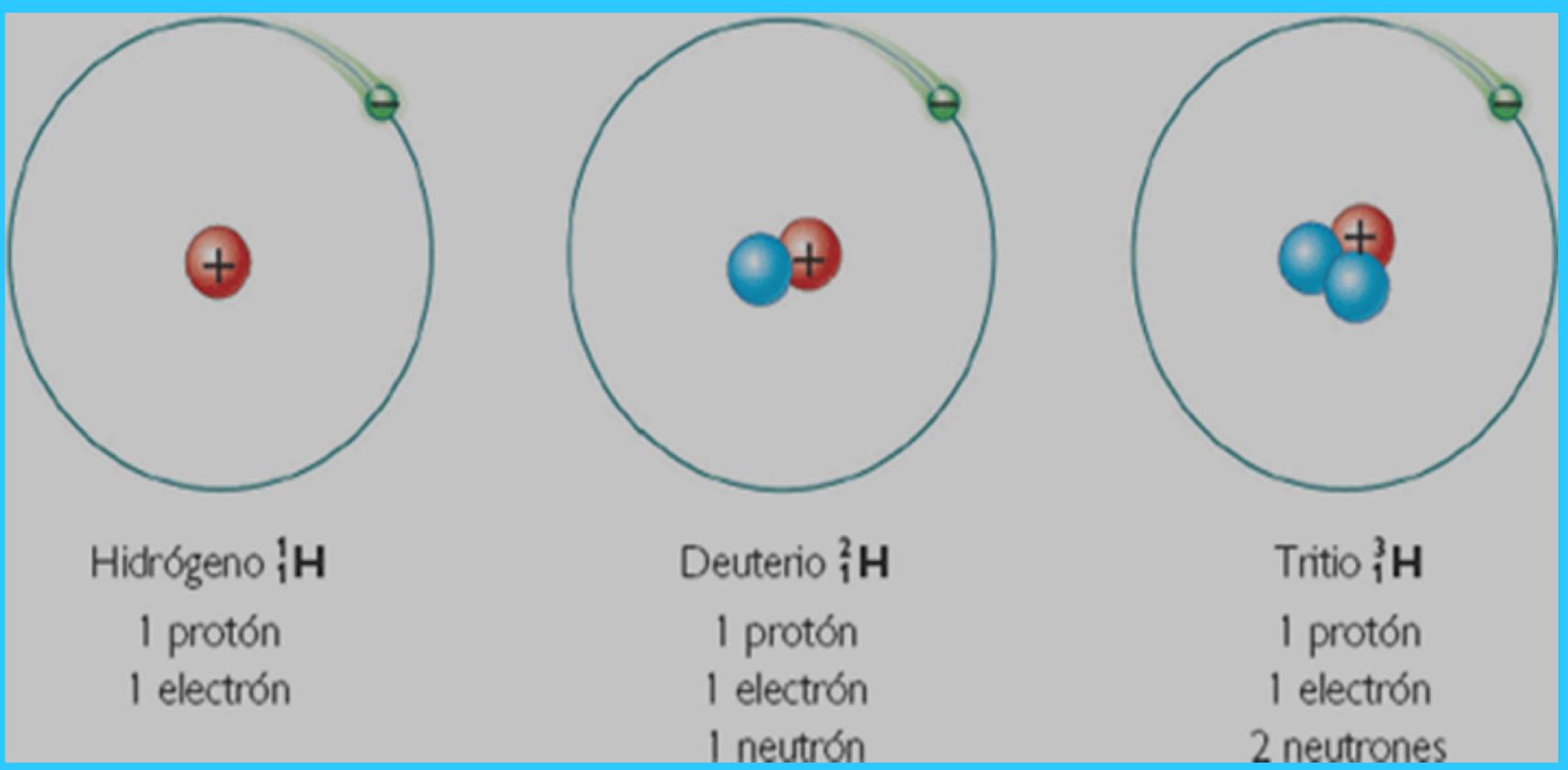
# ENERGIA

LA ENERGIA  
NUCLEAR  
PROVIENE DE LA  
DESESTABILIZACION  
DEL NUCLEO O  
CORTEZA DEL  
ATOMO, EMITEN  
CALOR,  
PARTICULAS Y  
ENERGIA, SON  
IONIZANTES



# ISOTOPOS

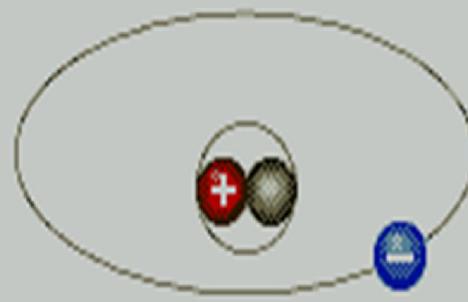
- **FAMILIA DE ATOMOS**, mantienen igual numero de **protones y electrones** , pero **VARIAN EN EL NUMERO DE NEUTRONES**, por lo que su numero de masa es diferente. Ejemplo, **ISOTOPOS DEL HIDROGENO 'H'**





**$^1\text{H}$  Hidrógeno ligero (protio)**

estable



**$^2\text{H}$  Hidrógeno pesado (deuterio)**

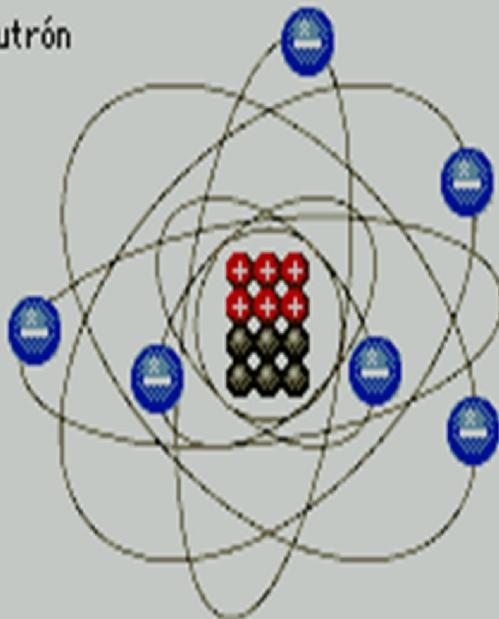
estable



**$^3\text{H}$  Hidrógeno de peso triple (tritio)**

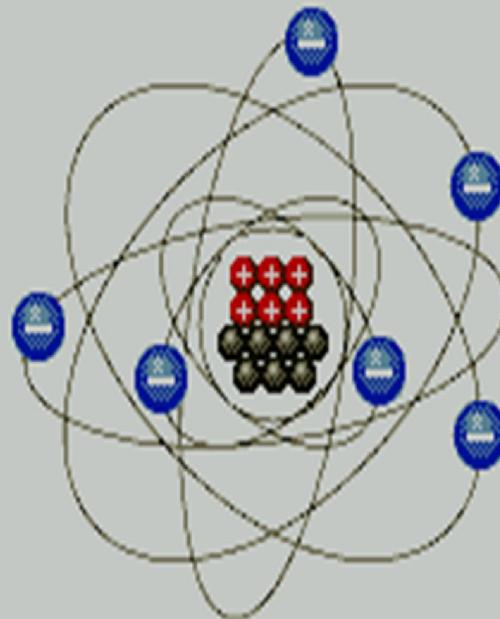
inestable (radiactivo)

-  Electrón
-  Protón
-  Neutrón



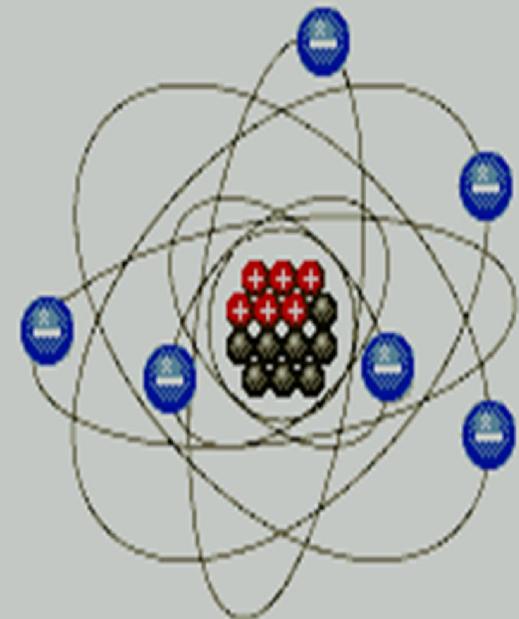
**Carbono 12**

estable



**Carbono 13**

estable



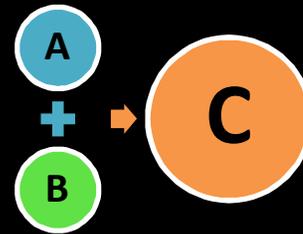
**Carbono 14**

inestable (radiactivo)

# REACCIONES NUCLEARES

- TENEMOS DOS TIPOS DE REACCIONES NUCLEARES:

1. DE FUSION NUCLEAR: SE UNEN DOS NUCLEOS ATOMICOS.



2. DE FISION NUCLEAR: SE PARTE EL NUCLEO ATOMICO.





- 1 KG DE FUSION EQUIVALE A 10000000 Kg DE COMBUSTIBLE FOSIL.
- EL LITIO DE UNA BATERIA PORTATIL, MÁS AGUA (LA MITAD DE UNA BAÑERA), DA ENERGIA PARA UN CIUDADANO EUROPEO DURANTE 30 AÑOS.

# FISION NUCLEAR

- ES LA DESINTEGRACION ATOMICA POR COLISION NEUTRONICA, CON EMISIONES DE ENERGIA Y PARTICULAS.
- ES POSIBLE CONTROLARLO. SE UTILIZA ATOMOS INESTABLES, ES DECIR, RADIATIVOS, POR LO QUE EMITE RADIATIVIDAD EN LA REACCION.

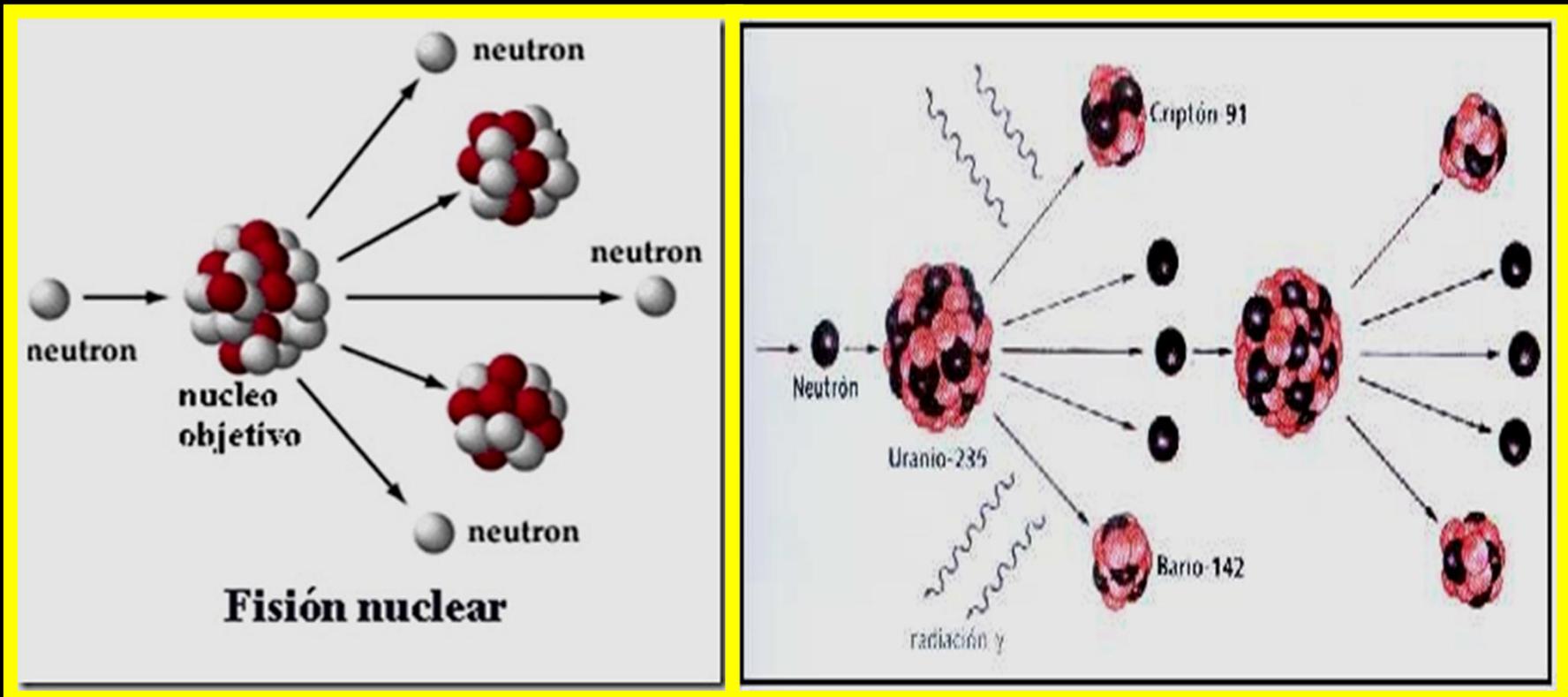


ILLUSTRATION FROM OCTOBER 2002  
Issue of "Popular mechanics"

$10^6$  °C  
1 kg Uranio  
>20000 Ton

64 m

6 kg  
Plutonio

15  
Kt

Trinity

Hiroshima

Bunker Buster

20 ft  
15 ft  
10 ft  
5 ft

50  
Mt

40  
Mt

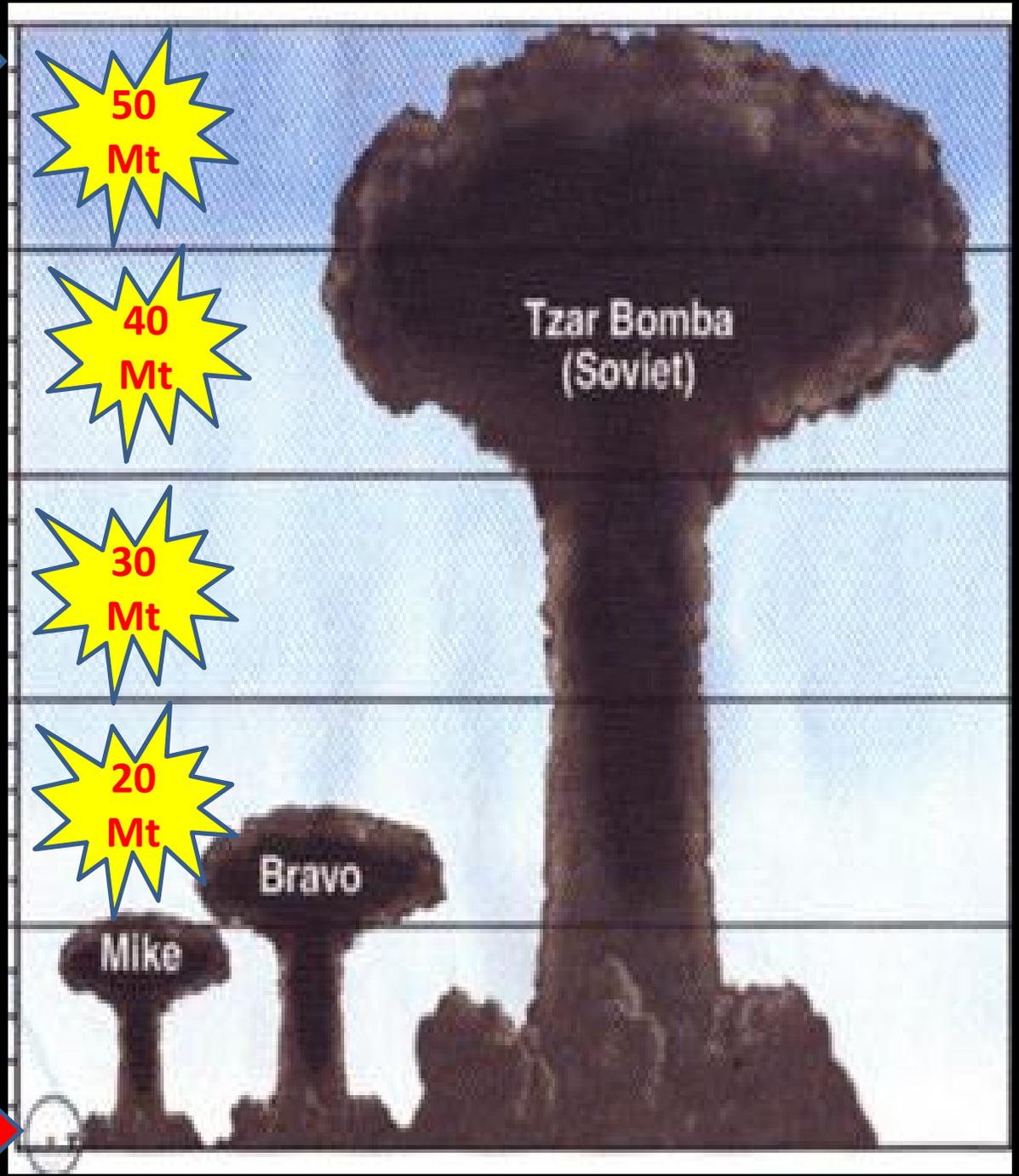
30  
Mt

20  
Mt

Tzar Bomba  
(Soviet)

Bravo

Mike



# BOMBA DE HIDRÓGENO

1 TON DE TNT = 4,184 GIGA JOULES

# BOMBA ATÓMICA

15 000 TONES

0,015 MEGATONES

15 KILOTONES

64 KM  
7 VECES EL MONTE EVEREST

3 800 BOMBAS DE HIROSHIMA

50 000 000 TONES

50 MEGATONES

50 000 KILOTONES



# ¿QUÉ ES RADIACION?

## ES ENERGIA EN MOVIMIENTO

Emisión, propagación y transferencia de energía ionizante en cualquier medio en forma de ondas electromagnéticas o partículas.

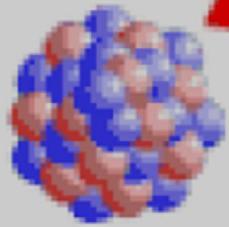
- 1. Radiación no ionizante:** No tienen la suficiente energía como para desestabilizar el átomo (ondas de radio y TV, luz visible, microondas, etc.).
- 2. Radiación ionizante:** Tienen suficiente energía como para desestabilizar los átomos. Van desde los rayos X hasta la radiación cósmica, partículas alfa, partículas beta y rayos gamma.

# ¿QUE ES RADIOACTIVIDAD?

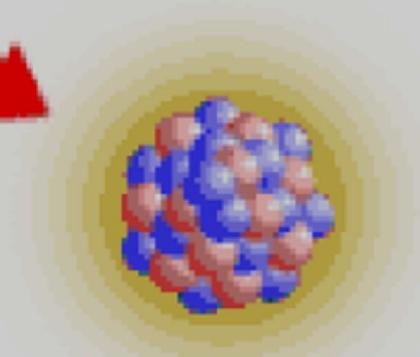
Descomposición espontanea de un átomo inestable con emisión de partículas y energía ionizante.

- Es una reacción nuclear, donde un nucleído inestable se descompone y se transforma en otro nucleído estable, emitiendo partículas y fotones electromagnéticos, es decir "radiación ionizante".
- El nucleído hijo puede desintegrarse en un tercero, cuarto, ..., hasta que se transforma en un nucleído estable. Esto se llama serie radiactiva o familia radiactiva.
- Son radiactivos los isótopos de los átomos con número atómico igual o mayor a 84 (el polonio es el primero).

# Núcleos



estáveis



com excesso de energia (radioativos)



## Excesso de energia



emitida em forma de  
ondas eletromagnéticas

radiação  $\gamma$

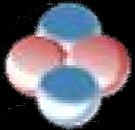
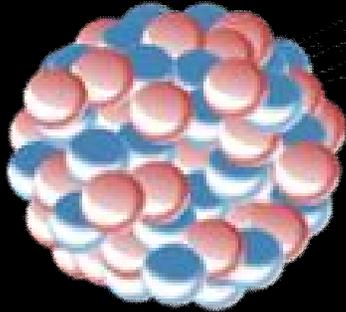


emitida em forma de  
matéria (partículas)

radiação  $\alpha$

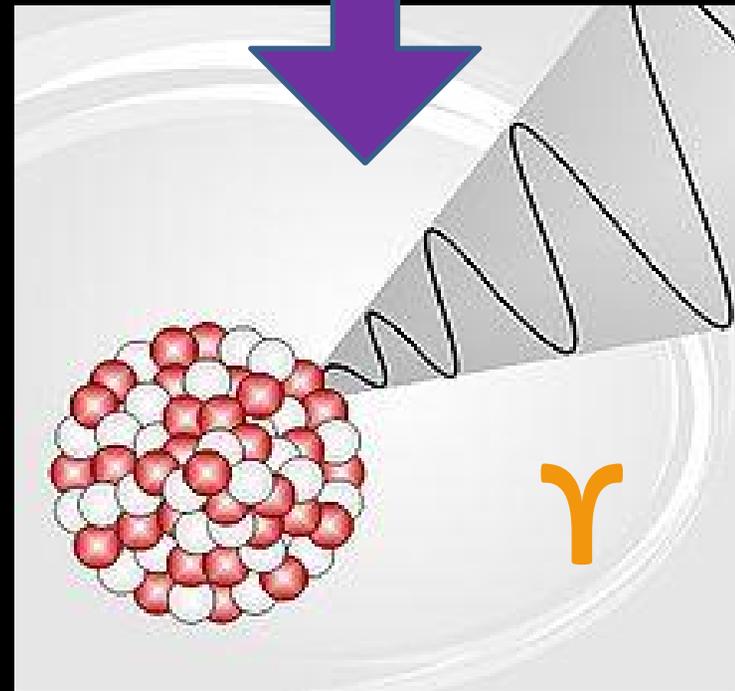
radiação  $\beta$

**PEDAZO DE NUCLEO:  
2 PROTONES Y 2  
NEUTRONES**

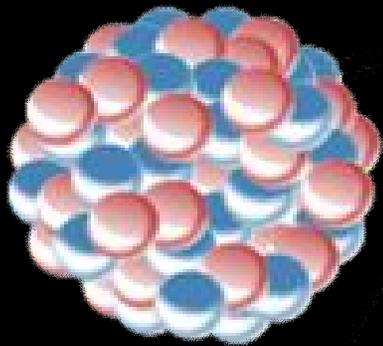


$\alpha$

**ENERGIA  
ELECTROMAGNETICA  
(FOTONICA)**



$\gamma$



$\beta$

n



e

**PEDAZO DE NUCLEO O CORTEZA:  
1 PROTON O 1 ELECTRON**

papel

cuerpo humano

aluminio

plomo

hormigón

$\alpha$  alfa



$\beta$  beta



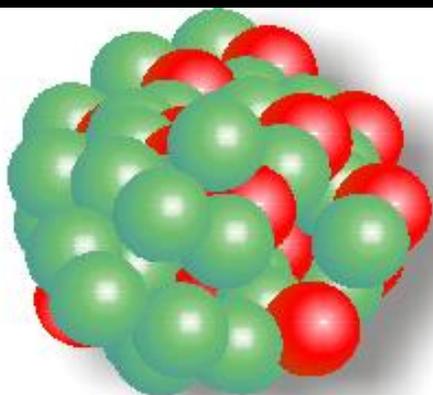
$\gamma$  gamma



neutrones



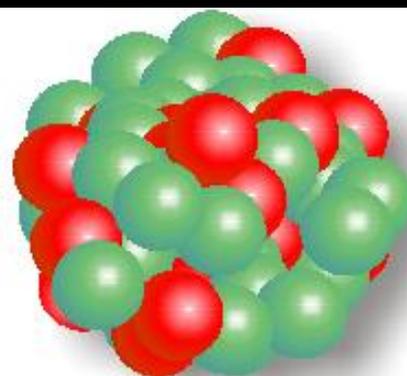
# ISOTOPOS DE URANIO



uranio  
238

92  
protones

146  
neutrones



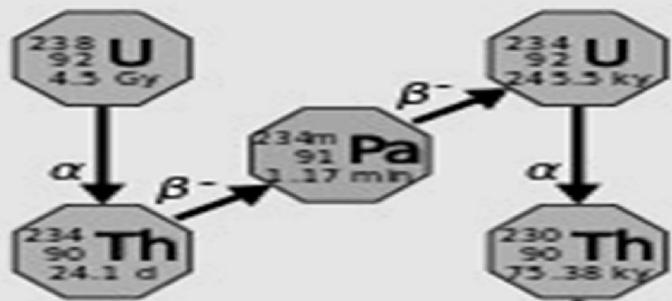
uranio  
235

92  
protones

143  
neutrones



LOS ISOTOPOS MAS INESTABLES Y MAS FISIBLES SON LOS QUE TIENEN MENOR NUMERO DE NEUTRONES EN EL NUCLEO.



Uranium

Protactinium

Thorium

Radium

Radon

Astatine

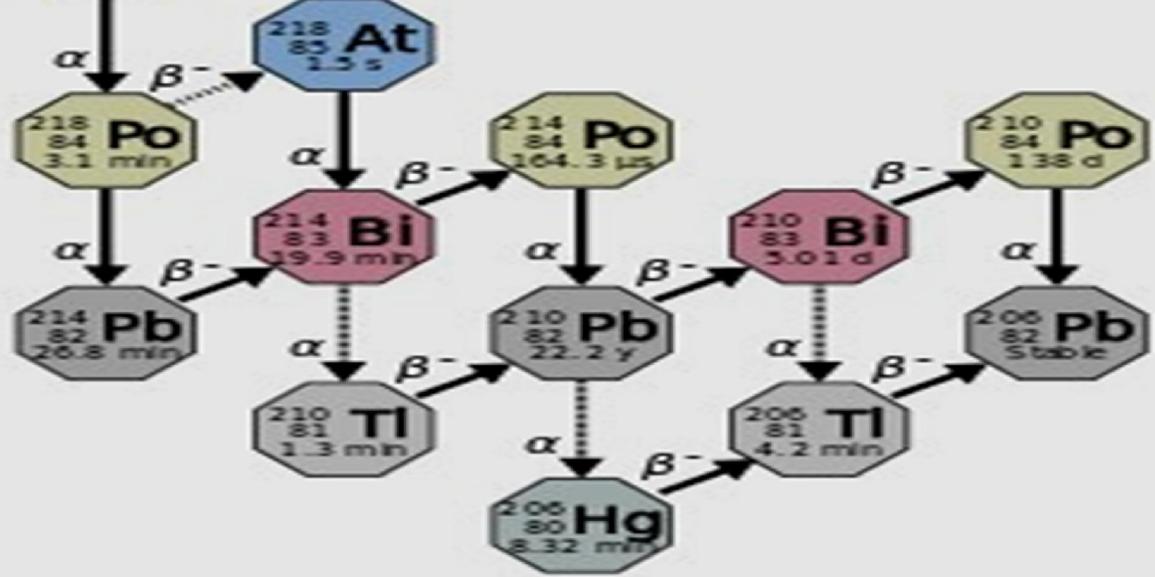
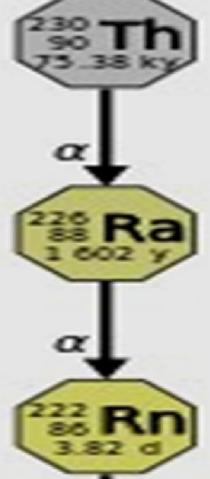
Polonium

Bismuth

Lead

Thallium

Mercury



**SERIE  
RADIATIVA  
DEL  
URANIO238**

**CENTRO DE  
INVESTIGACION NUCLEAR Y  
APLICACIONES DE  
LA ENERGIA  
NUCLEAR DE FISION**



# **CENTRO DE INVESTIGACION NUCLEAR**

**SE DEDICA A EXPLORAR LAS POSIBILIDADES DE APLICACIÓN DE LA ENERGIA NUCLEAR DE FUSION Y FISION.**

**GENERALMENTE EN AMERICA SE INVESTIGA A PARTIR DE LA ENERGIA DE FISION NUCLEAR.**

- 1. COMPORTAMIENTO DE LOS ELEMENTOS EN DESINTEGRACION, ACELERACION Y COLISION, CARACTERISTICAS DEL NUCLEO ATOMICO, FISICA DE PARTICULAS.**
- 2. GENERAN ELEMENTOS RADIOACTIVOS ARTIFICIALES Y NUEVOS COMBUSTIBLES NUCLEARES.**
- 3. PRODUCE MATERIAL RADIOACTIVO PARA APLICACIONES EN MULTIPLES ÁMBITOS: MEDICINA, INDUSTRIA, ARMAMENTO, MUTACIONES, MATERIALES Y COMBUSTIBLES ESPACIALES.**

# CONDICIONES

- **GEOLOGIA ESTABLE**
- **CUERPO DE AGUA CERCANO Y ABUNDANTE PARA PROVINCION DE AGUA Y ELIMINACION DE AGUA RADIATIVA.**

# ¿QUÉ ES UN REACTOR DE INVESTIGACION?

ES UN APARATO QUE CONTIENE ALGUN COMBUSTIBLE NUCLEAR RADIATIVO, QUE SE HARA FISIONAR PARA PRODUCIR CALOR Y NEUTRONES.

- El propósito principal es proporcionar una fuente intensa de neutrones para INVESTIGACION Y OTROS PROPOSITOS.
- Son más pequeños y simples que los reactores de potencia y operan a temperaturas más bajas. Pero, el combustible que utilizan requiere mayor enriquecimiento del uranio-235, del 20% al 93%. Tienen una alta densidad de potencia en el núcleo, por lo que necesitan ser enfriados y requieren de un moderador para controlar la fisión.
- Para no perder neutrones, la mayoría necesita un reflector para reducir la pérdida de neutrones del núcleo.

## Se produce una serie de fisiones nucleares autosostenidas

- En un reactor nuclear se controla neutrones, de tal modo que casi solo 1 neutrón producido por fisión produce una nueva fisión, es decir, colisiona con otro átomo, el resto de neutrones es absorbido por otros átomos de los materiales atenuantes del reactor nuclear, estos núcleos atómicos que absorben neutrones sin fisiónar, se llaman venenos, ya que matan la reacción de fisión nuclear, también se deja escapar neutrones del sistema, para reducir su número.
- Si esto fallara, la reacción en cadena de fisiones sería imparable y habría una reacción violenta de liberación de energía (explosión nuclear).
- La mayor parte de la energía de fisión es calor (85%), el resto es energía desprendida del decaimiento radiactivo de los productos de fisión (radiación ionizante). Este decaimiento o emisión de radiactividad continúa aun no haya fisión.

## **Atenuación del número de neutrones y de la reacción de fisión.**

- **Se controla la fisión nuclear por colisión neutronica, utilizando ciertos elementos que absorben estos neutrones sueltos.**
- **Existen atenuadores llamados BARRAS DE CONTROL,**
- **Existen atenuadores llamados venenos,**
- **El agua que absorbe neutrones.**

## REACTOR: Factor de multiplicación (k)

- Es el número de neutrones en una generación (cada ciclo de la reacción en cadena) dividido entre el número de neutrones en la generación inmediata anterior.
- Si  $k = 1$ , reacción estable; número de neutrones estable. Se dice que el reactor está crítico.
- Si  $k < 1$ , reacción disminuyendo, en cada generación hay menos neutrones. Se dice que el reactor está subcrítico.
- Si  $k > 1$ , la reacción crece, aumenta el número de neutrones. Se dice que el reactor está supercrítico.
- Un reactor nuclear es un aparato en el cual se controla a voluntad una reacción de fisión en cadena.

## REACTOR: reactividad (p)

$$P = (k - 1) / k$$

- Cuando un reactor está crítico ( $k = 1$ ) la reactividad es cero. Estado óptimo de reacción.
- En un reactor subcrítico ( $k < 1$ ), la reactividad es negativa. El reactor se está apagando. Esta reactividad negativa que se crea en todos los reactores es a causa de ciertos fenómenos (acumulación de venenos derivados de los productos de la fisión, incrementos de temperatura del núcleo, pérdida de reactividad positiva por el consumo de combustible).
- En un reactor en estado supercrítico ( $k > 1$ ), la reactividad es positiva. El reactor está en peligro o indica que aumenta la reacción de fisión nuclear.

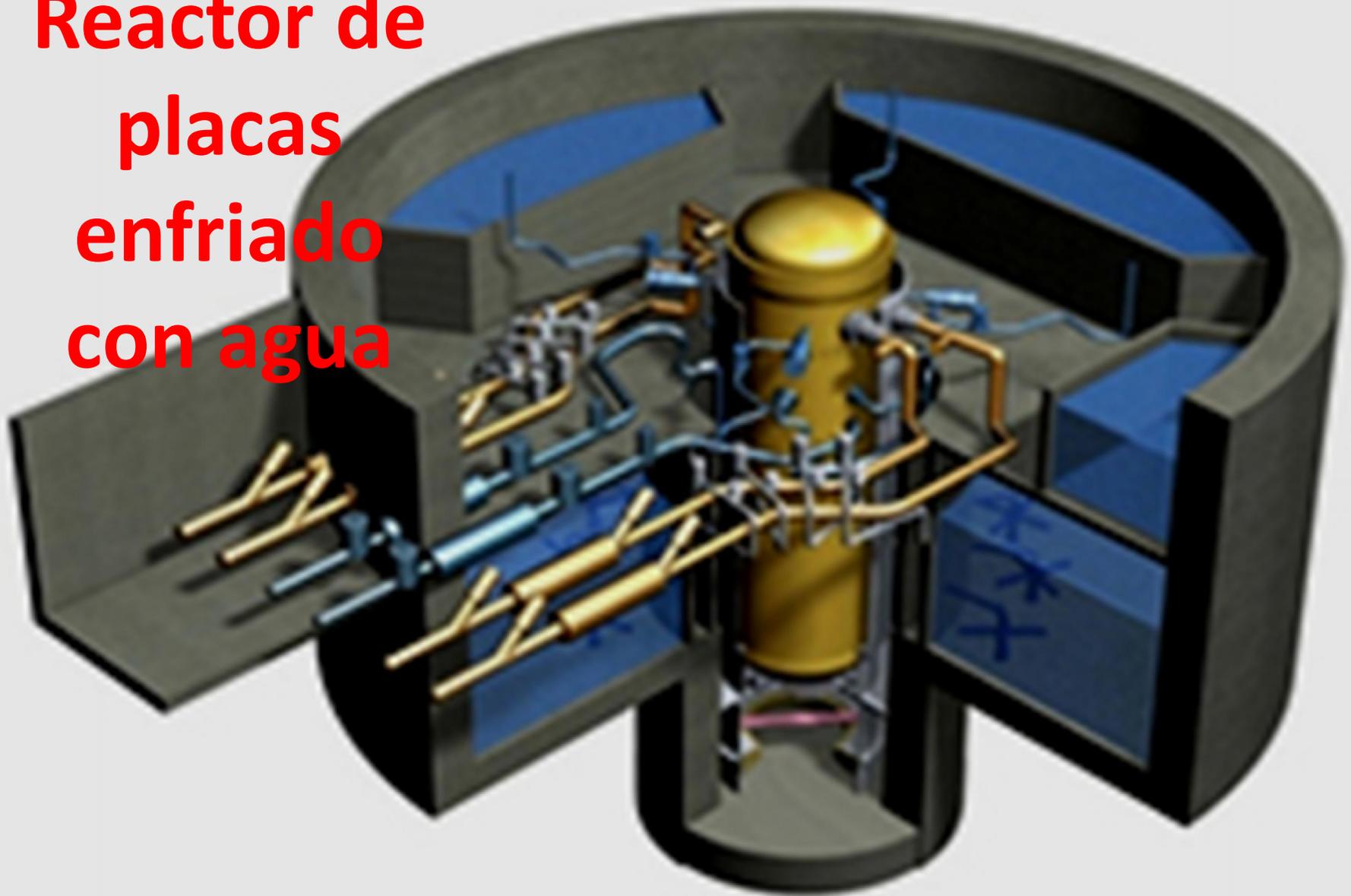
## **HAY QUE DISMINUIR EL CALOR EN EL REACTOR DE INVESTIGACIÓN, PORQUE INDUCE A UNA MAYOR REACCION DE FISION.**

- **El 85% de la energía liberada es calor, entonces hay que refrigerarlo, se utilizan diversos elementos:**
- **El refrigerante más común es el agua, también se utiliza otro fluido, como agua pesada (óxido de deuterio), aire, dióxido de carbono, helio, sodio líquido, aleaciones sodio-potasio, sales fundidas e hidrocarburos.**
- **Los reactores de muy baja potencia no requieren enfriamiento más que por aire, en cambio cuando tienen cierta potencia requieren de un sistema de enfriamiento sofisticado y seguro, ya que de no hacerlo así el calor se acumularía rápidamente en el combustible y lo fundiría, provocando una explosión nuclear, la cadena de fisión sería imparable.**

## Reactores de placas enfriados con agua

- Es el más común, operan en un rango amplio de potencia (desde algunos kilowatts hasta cientos de megawatts).
- Utilizan ensambles de placas con uranio enriquecido. Se enfrían con agua, que también es un reflector.
- El diseño de piscina, es cuando el núcleo está en la parte baja de un tanque grande y profundo, lleno de agua. A potencias mayores de 2 MW se requiere enfriar el núcleo por convección forzada.

**Reactor de  
placas  
enfriado  
con agua**



# Reactores TRIGA.

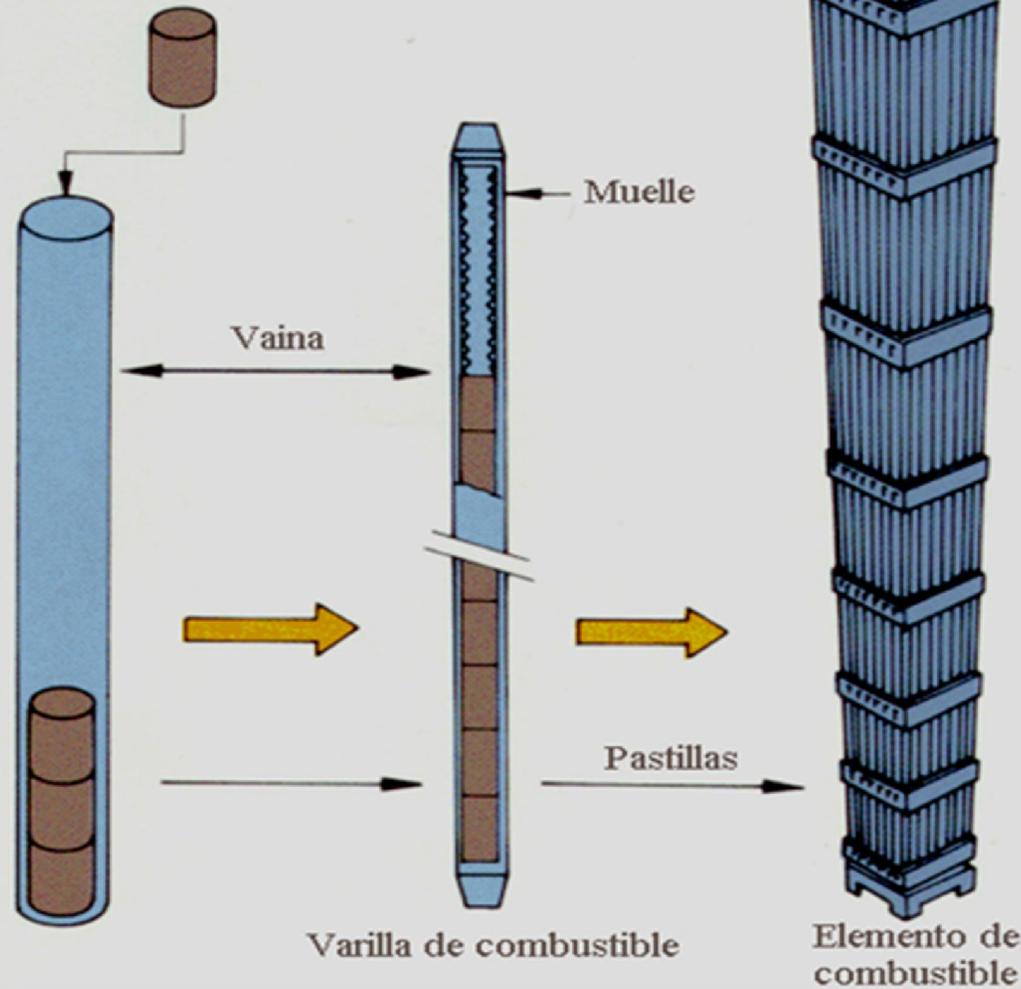
- Reactor de piscina enfriado por agua, aunque en vez de tener placas, su combustible consiste en barras cilíndricas de una mezcla de uranio e hidruro de circonio con encamisados de aluminio o acero inoxidable.
- Una de sus ventajas fundamentales es que el combustible tiene un coeficiente de reactividad negativo, lo que le permite volverse altamente supercrítico por un instante y elevar su potencia rápidamente. Después de esto y por el rápido aumento de la temperatura del combustible, se apaga automáticamente.
- El pulso de potencia resultante, muy útil en experimentos de comportamiento dinámico. Entre los modelos de los TRIGA están el Mark I (cuyo tanque está ubicado bajo tierra), los Mark II (tanque elevado con tubos de haces) y Mark III (piscina también elevada y con tubos de haces, dentro de una piscina alargada y con núcleo móvil).

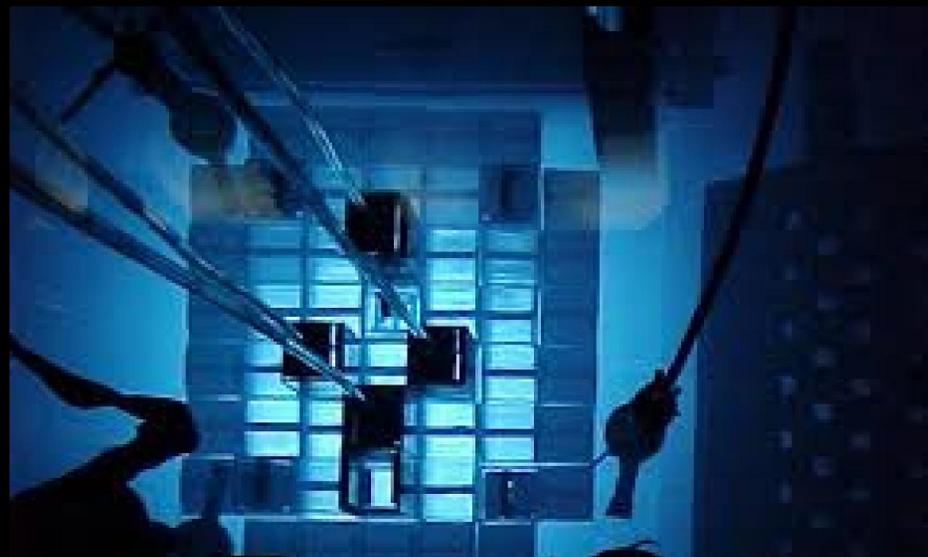
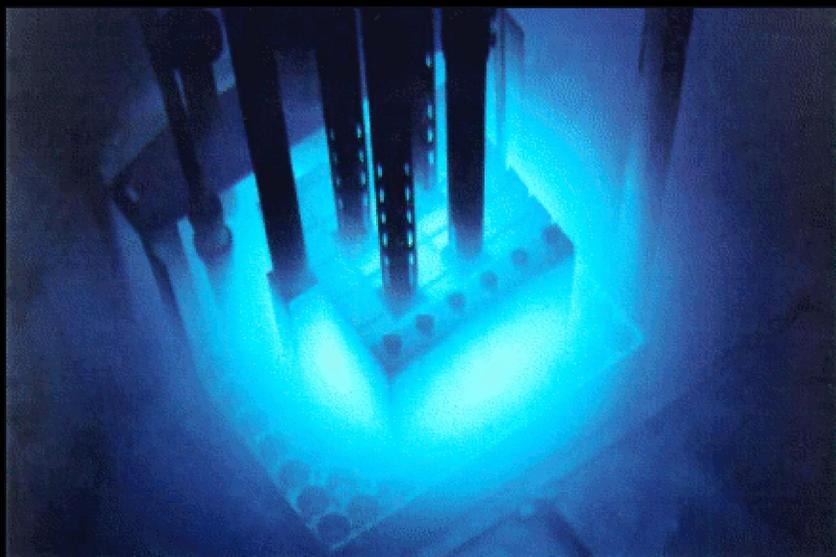


# COMBUSTIBLE NUCLEAR

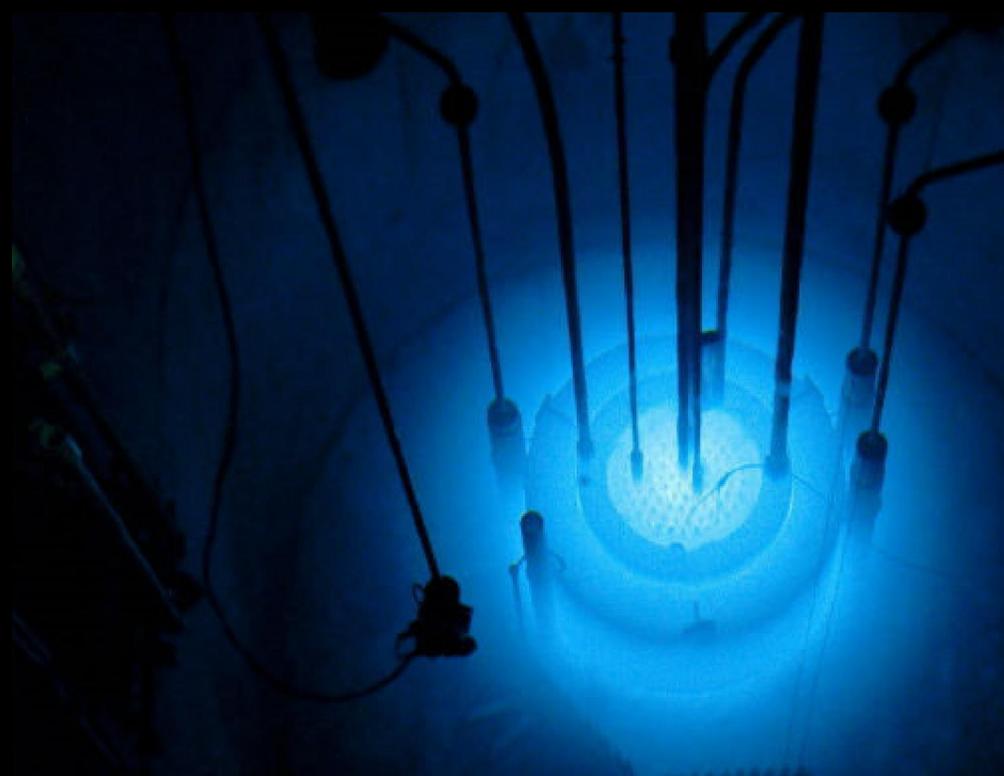
LA VARILLA CONTIENE 350 PELLETS. CADA PELLET PESA 8 gm Y PUEDE ABASTECER EL CONSUMO DOMESTICO POR 8 MESES

72 VARILLAS SON INTRODUCIDAS



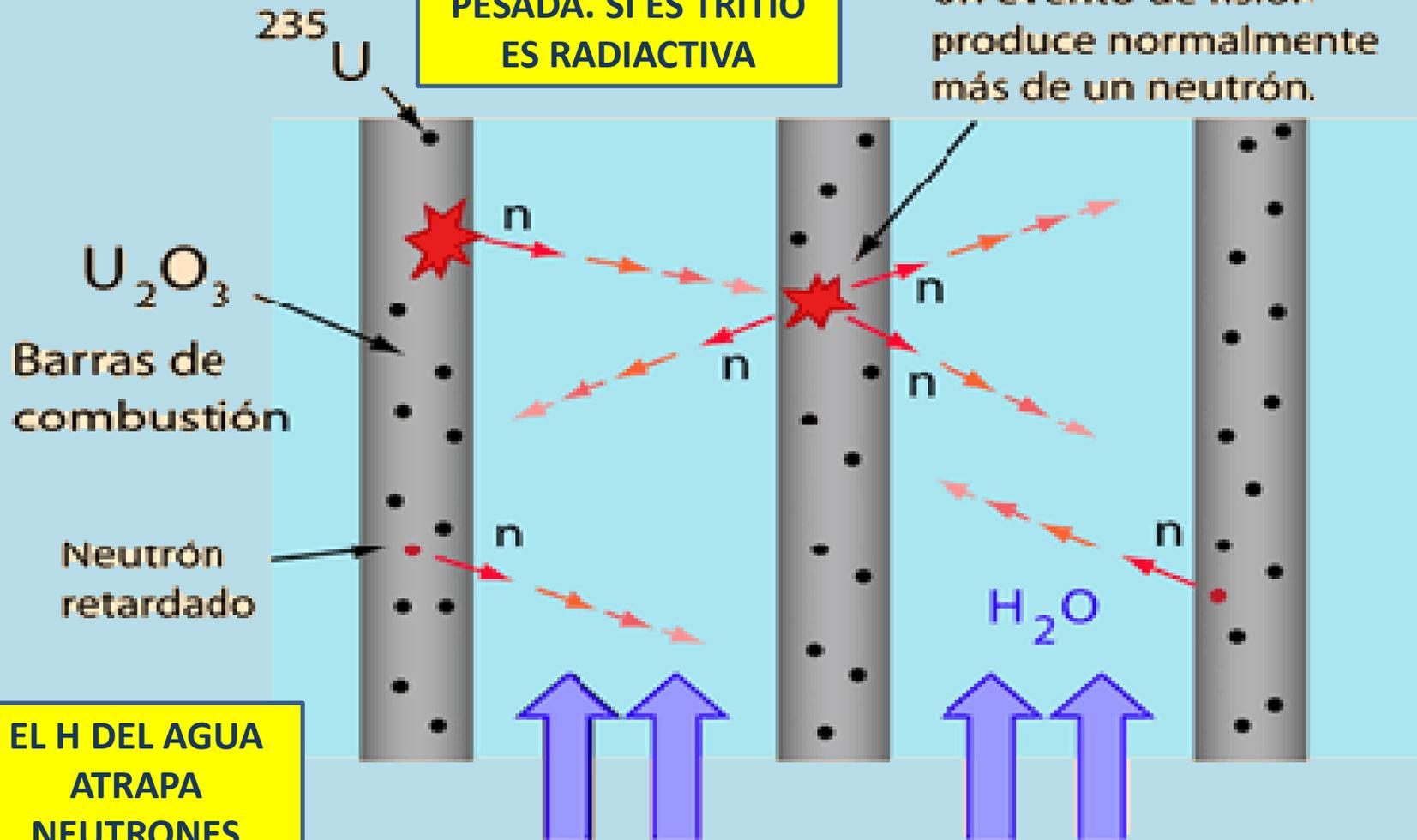


**EFACTO  
CZERENKOF**

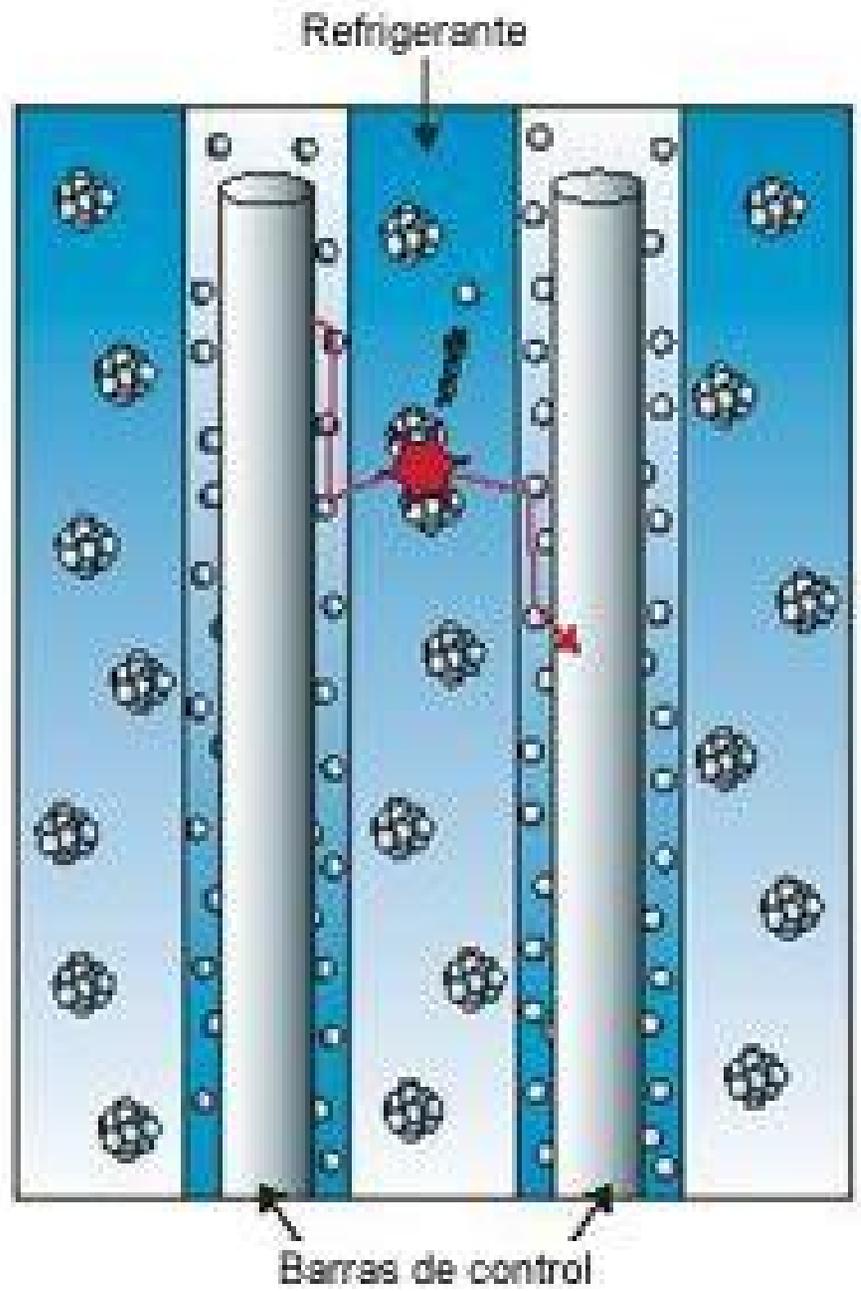
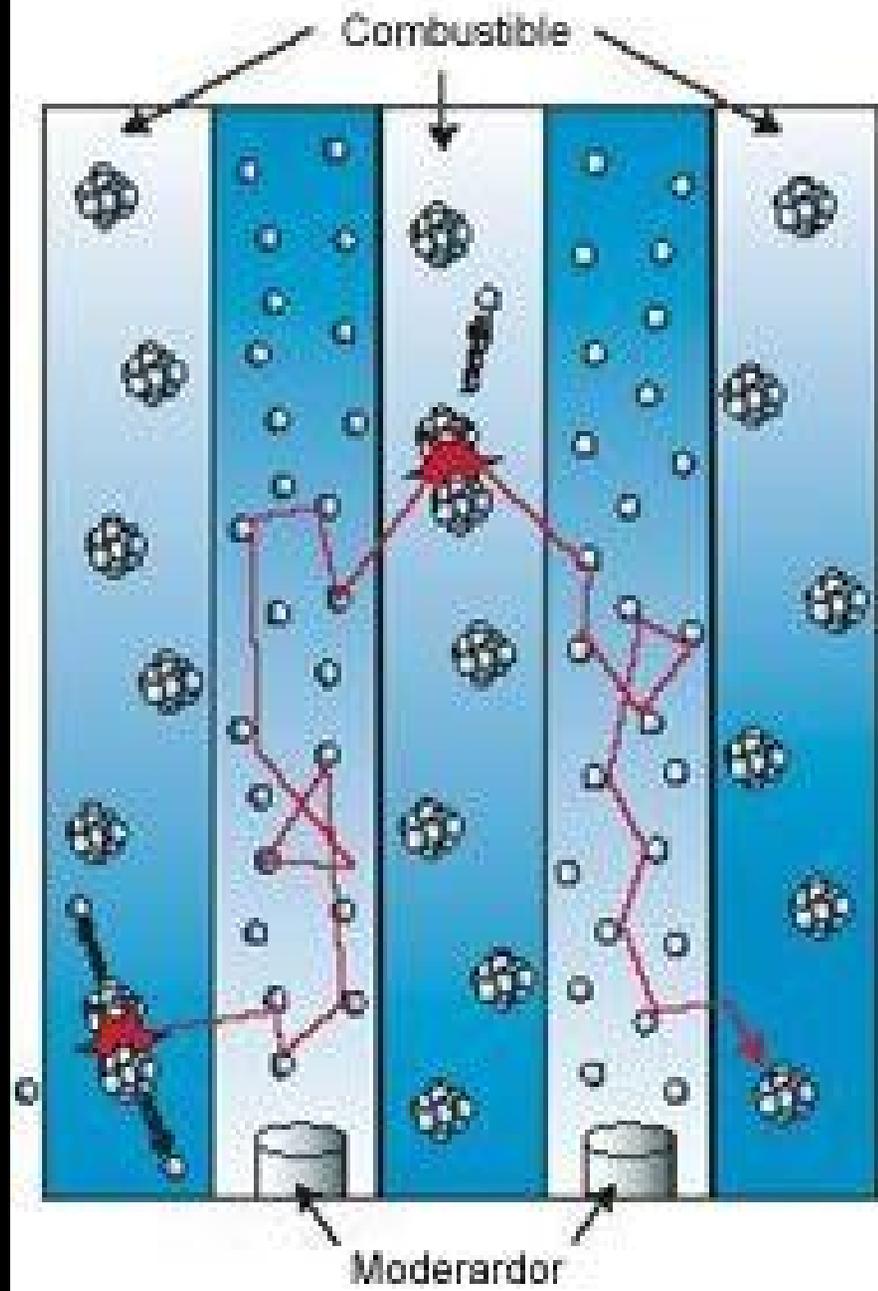


EL AGUA SE VUELVE PESADA. SI ES TRITIO ES RADIATIVA

Un evento de fisión produce normalmente más de un neutrón.



El agua como refrigerante y moderador fluye entra las barras de combustible.



**APLICACIONES DE  
LA ENERGIA  
NUCLEAR DE FISION**

## Procesos de irradiación de muestras

- Durante la fisión nuclear se liberan neutrones y aunque una fracción de éstos produce más fisiones, son absorbidos por otros materiales, como lo son las muestras que se desea estudiar.
- Muchos materiales se vuelven radiactivos cuando absorben neutrones y se les llama **radioisótopos**.
- Los radioisótopos tienen propiedades que los hacen útiles para la investigación y para las aplicaciones:

# **Desarrollo de recursos humanos**

- **Capacitación y entrenamiento de personal, visitas por parte de estudiantes, docentes, profesionales y del público en general.**
- **Difusión de la energía nuclear y de sus aplicaciones.**
- **Protección Radiológica, Física de Reactores y materiales**
- **Aplicaciones en Biología.**

# LAS 10 PRINCIPALES APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA NUCLEAR



# 1

## ELECTRICIDAD

En España, más del 20% de la **electricidad** consumida anualmente se produce en las **centrales nucleares**.



# 2

## MEDICINA

Las técnicas de **diagnóstico** y **tratamiento** de la medicina nuclear son fiables y precisas: **radiofármacos**, **gammagrafía**, **radioterapia**, **esterilización**...



# 3

## HIDROLOGÍA

Los **isótopos** se utilizan para seguir los movimientos del **ciclo del agua** e investigar las **fuentes subterráneas** y su posible **contaminación**.



# 4

## AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN

Control de **plagas de insectos**, **mejora de las variedades de cultivo**, **conservación de alimentos**...



# 5

## MINERÍA

A través de **sondas nucleares** se puede determinar la **composición** de las capas de la **corteza terrestre**.



# 6

## INDUSTRIA

Los **isótopos** y radiaciones se usan para el **desarrollo** y **mejora de los procesos industriales**, el **control de calidad** y la **automatización**.



# 7

## ARTE

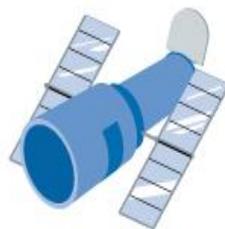
Las técnicas nucleares permiten comprobar la **autenticidad** y **antigüedad** de las obras de arte, así como llevar a cabo su **restauración**.



# 8

## MEDIO AMBIENTE

Técnicas como el **Análisis por Activación Neutrónica** permiten la **detección** y el **análisis** de diversos **contaminantes**.



# 9

## EXPLORACIÓN ESPACIAL

Las **pilas nucleares** se utilizan para alimentar la instrumentación de **satélites** y de **sondas espaciales**.



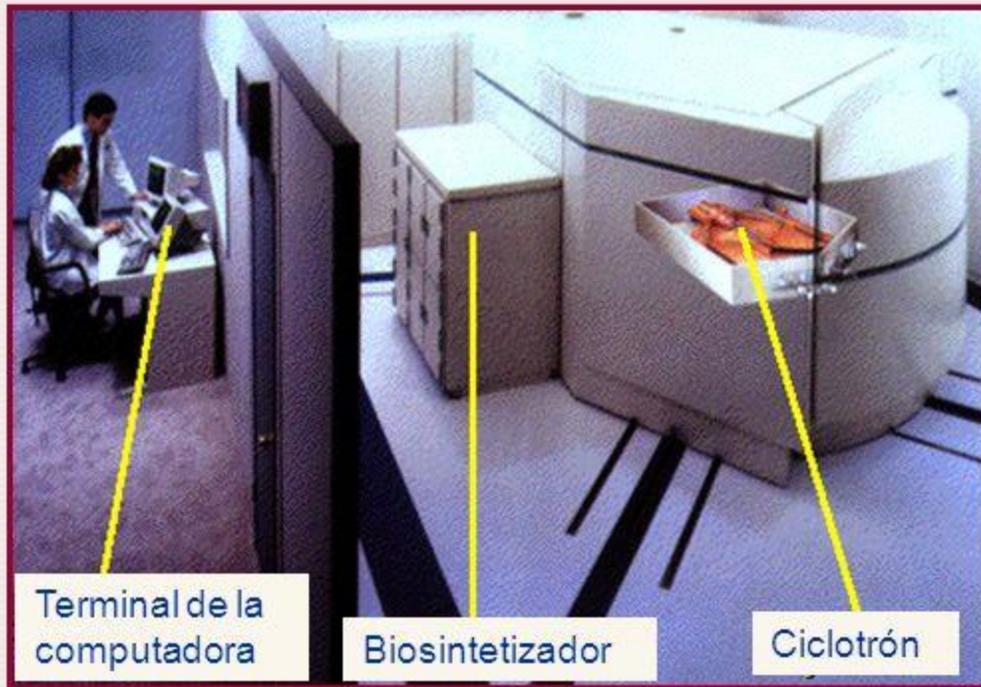
# 10

## COSMOLOGÍA

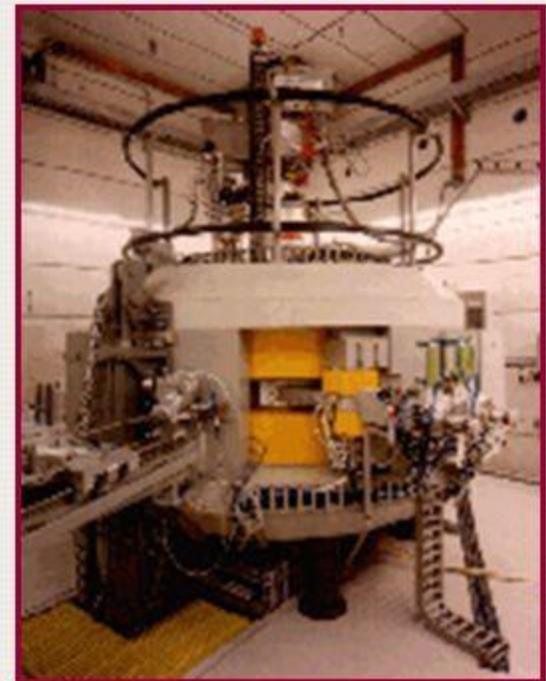
El estudio de la **radiactividad de los meteoritos** permite confirmar la **antigüedad** del universo.

# Producción de radionucleidos

## Ciclotrón médico



## Ciclotrón industrial



# Ciclotron, acelerador circular de partículas

- **TRANSFORMA BLANCOS NO RADIATIVOS EN ELEMENTOS RADIATIVOS O INESTABLES.**
- **RADIONUCLIDOS EMISORES DE POSITRONES:**  
 $^{18}\text{F}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{11}\text{C}$ .
- **ESTOS SE USAN EN LA PRODUCCION DE RADIOFARMACOS, DE TIEMPOS DE VIDA MUY CORTOS: AMERICIO, STRONCIO, TECNECIO, YODO.**

# IRRADIACION DE ALIMENTOS

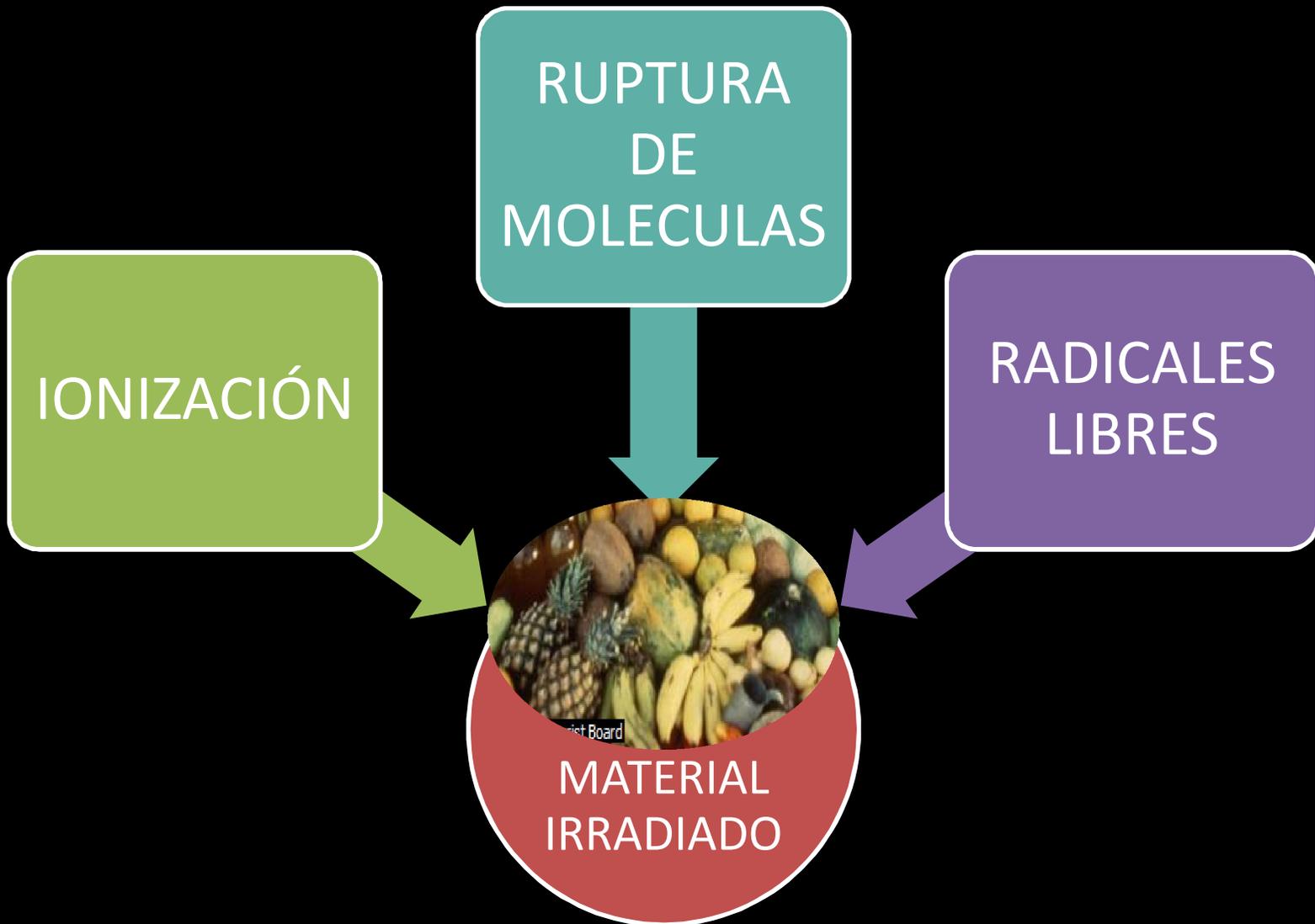
## 1. EN QUE CONSISTE

- **Proceso físico de conservación de alimentos (OMS, FAO)**
- **Exposición a dosis de energía ionizante: rayos X, radiación gamma, electrones acelerados.**

### ¿Para que?

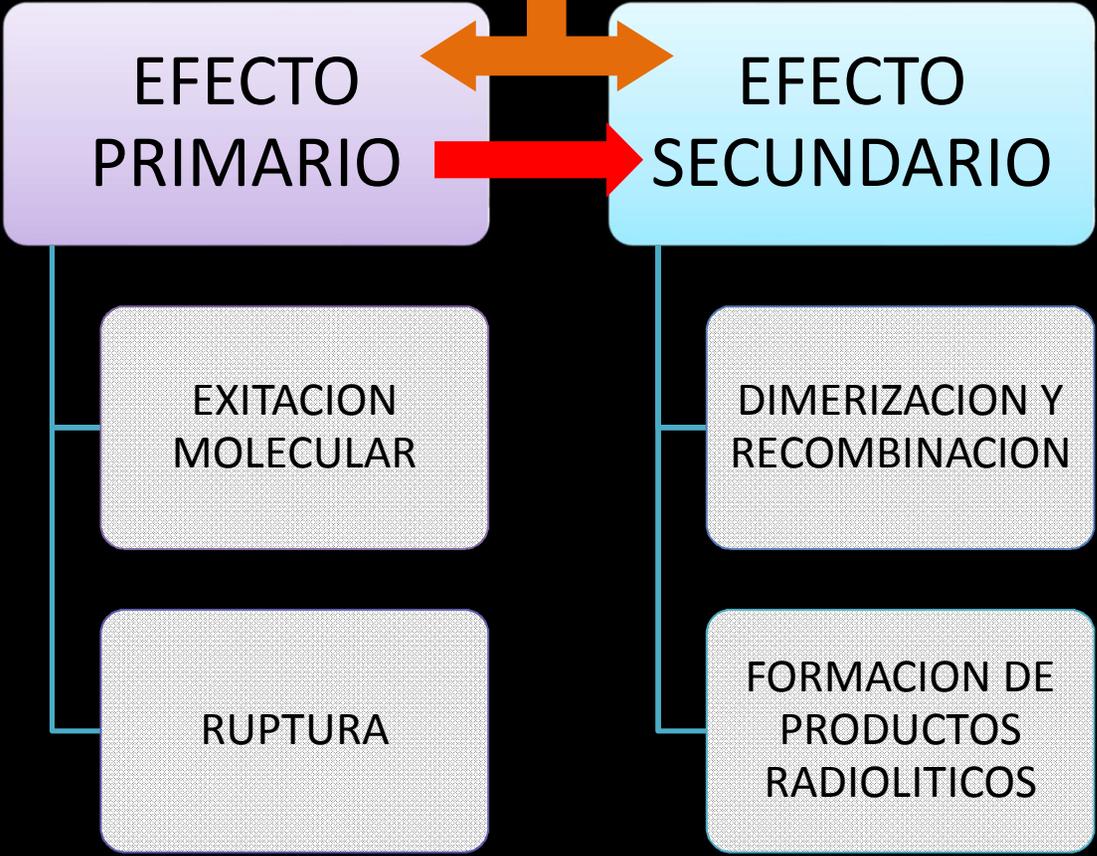
1. Mejorar la calidad higiénica del alimento: elimina bacterias, hongos y parásitos.
2. Alargar la vida útil del alimento: retrasa la germinación, maduración, senescencia.

# PROCESO: IONIZACIÓN Y ROMPIMIENTOS DE ENLACES ATOMICOS Y MOLECULARES



# RADIOLISIS: DOSIS MAXIMA

10 KGy



<b>OBJETIVO</b>	<b>DOSIS</b>	<b>EFECTO</b>
	<b>BAJA &lt; 1 kGy</b>	
<b>Inhibir germinación</b>	<b>0,05 – 0,15</b>	<b>Papas, cebollas, ajos.</b>
<b>Desparasitación</b>	<b>0,15 – 0,5</b>	<b>Cereales, frutas, carnes y pescados (frescos o deshidratados)</b>
<b>Retardar fisiología</b>	<b>0,25 – 1</b>	<b>Fruta y vegetales frescos</b>
	<b>MEDIA 1 – 10 kGy</b>	
<b>Prolongar vida útil</b>	<b>1 – 3</b>	<b>Pescado fresco, setas y fresas</b>
<b>Reducir o eliminar patógenos</b>	<b>1 – 7</b>	<b>Productos de la pesca, aves y carne (fresco o congelado)</b>
<b>Mejorar la calidad</b>	<b>2 – 7</b>	<b>Uva</b>
	<b>ALTA 10 – 50 kGy</b>	
<b>Esterilización industrial</b>	<b>30 – 50</b>	<b>Material hospitalario y alimentos preparados</b>
<b>Esterilización de alimentos e ingredientes</b>	<b>10 – 50</b>	<b>Espicias, preparaciones enzimáticas</b>

# EFFECTOS NUTRICIONALES

**PRINCIPAL EFECTO  
DAÑO DEL MATERIAL  
GENETICO (DNA-RNA)**

**A NIVEL DE MATERIAL  
EXTRACELULAR, DESTRUYE  
TODO SER VIVO**

**BACTERIAS, INSECTOS,  
LARVAS, HUEVOS,  
ESPORAS, VIRUS**

**ENZIMAS**

**A NIVEL DE LAS  
CELULAS DEL  
ALIMENTO**

**RETARDA LA  
GERMINACION O  
MADURACIÓN**

# EFFECTOS SOBRE LOS GLUCIDOS: C-H-O

RUPTURA DE CADENA  
DE POLISACARIDOS

DEGRADACION DE  
ALMIDONES Y  
CELULOSA

FORMACION DE **FORMALDEHIDO\***,  
CETONAS, ACETALDEHIDO, ÁCIDOS.

DEGRADACIÓN DE LA  
PARED CELULAR Y  
PECTINAS

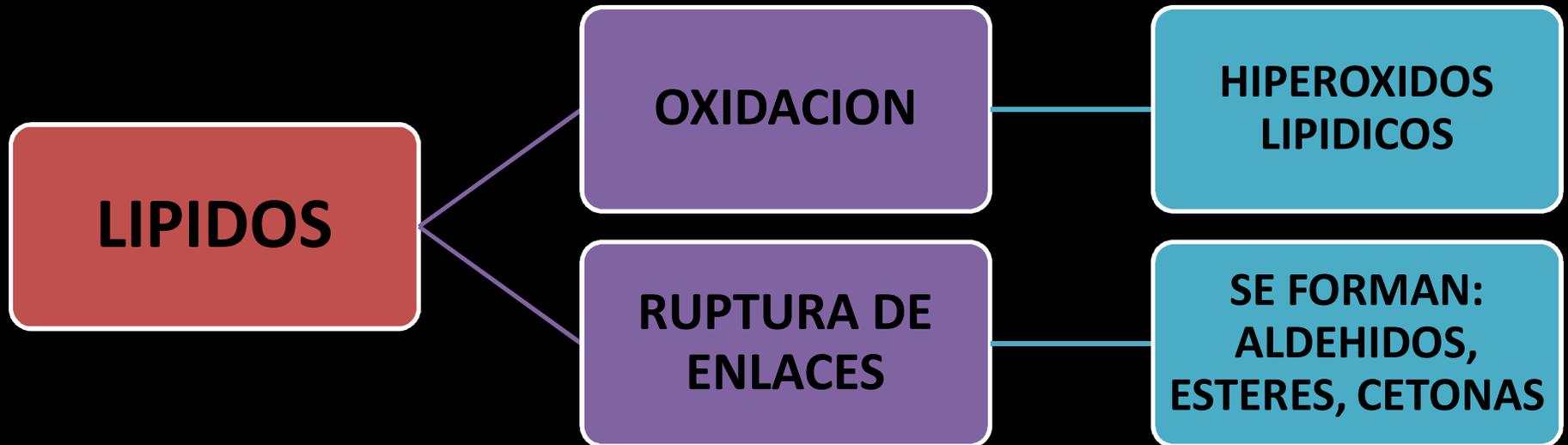
ABLANDAMIENTO  
DE FRUTAS Y  
VERDURAS

**\*ES NEUROTOXICO, TERATOGENO, CANCERIGENO.  
EL SABOR Y AROMA SE AFECTAN, PERO SE CONSERVAN LOS ELEMENTOS  
NUTRICIONALES, PERO APARECEN COMPUESTOS EXTRAÑOS.**

# EFFECTO SOBRE LAS PROTEINAS



# EFFECTO SOBRE LOS LIPIDOS



**EL SABOR Y AROMA SE AFECTAN,  
APARECE LA RANCIDEZ**

# EFFECTO SOBRE LAS VITAMINAS

COMBINACION CON  
RADICALES LIBRES DEL  
AGUA

PIERDEN SU  
ACTIVIDAD

HIDROSOLUBLES

C, NIACINA (B3),  
PIRIDOXINA (B6),  
BIOTINA (B7)

LIPOSOLUBLES

A, E,  
CAROTENOIDES

**MINERIA DEL URANIO:** POLVO DE URANITA Y GAS RADON, AMBOS RADIATIVOS SON EMITIDOS A LA ATMOSFERA, PARA OBTENER 1 kg DE URANIO BRUTO SE REQUIERE PULVERIZAR 1 Tn DE ROCA, DE ESTE KILO DE URANIO EL 0,72% ES URANIO-235, EL URANIO FISIBLE. Según el contrato, Rusia se hace cargo de la exploración y explotación. Esta minería es altamente contaminante del ambiente, dañina a la salud y destructiva del ecosistema.





**EFFECTOS DE LOS  
ELEMENTOS RADIOACTIVOS  
Y LA RADIACION  
IONIZANTE  
A NIVEL ATOMICO EN  
MOLECULAS Y TEJIDOS  
ORGANICOS**



**factor de calidad (Q)**

<b><i>Tipo de radiación</i></b>	<b><i>Q</i></b>
<b>Rayos X, <math>\gamma</math></b>	<b>1</b>
<b>Electrones (beta -)</b>	<b>1</b>
<b>Neutrones térmicos</b>	<b>2.3</b>
<b>Neutrones rápidos</b>	<b>10</b>
<b>Protones (beta +)</b>	<b>10</b>
<b>Partículas <math>\alpha</math></b>	<b>20</b>

# Vida media del material radiactivo y vida media en el cuerpo

- **VIDA MEDIA ES EL TIEMPO EN QUE UN ATOMO INESTABLE SE DESINTEGRE HASTA MITAD DE SU MASA TOTAL.**
- **La vida media del isótopo es importante cuando la sustancia se fija en el organismo.**
- **Pero también se puede hablar de una vida media de permanencia en el cuerpo, determinada por los mecanismos naturales de eliminación de sustancias ajenas o tóxicas. Las propiedades químicas de la sustancia ingerida determinan esta eliminación. Por ejemplo, una sustancia química que se elimina con la orina sólo permanecerá en el cuerpo unas cuantas horas, pero una que se fija en los huesos permanecerá toda la vida del individuo.**

# RADIATIVIDAD DE LA CORTEZA TERRESTRE

La roca y suelo están constituidos por granito y basalto principalmente, contienen material radiactivo.

## Principales Radionucleidos

Nucleo	Símbolo	Vida Media
Uranio-235	$^{235}\text{U}$	$7.04 \times 10^8$ años
Uranio-238	$^{238}\text{U}$	$4.47 \times 10^9$ años
Torio-232	$^{232}\text{Th}$	$1.41 \times 10^{10}$ años
Radio-226	$^{226}\text{Ra}$	$1.60 \times 10^3$ años
Radón-222	$^{222}\text{Rn}$	3.82 días
Potasio-40	$^{40}\text{K}$	$1.28 \times 10^9$ años

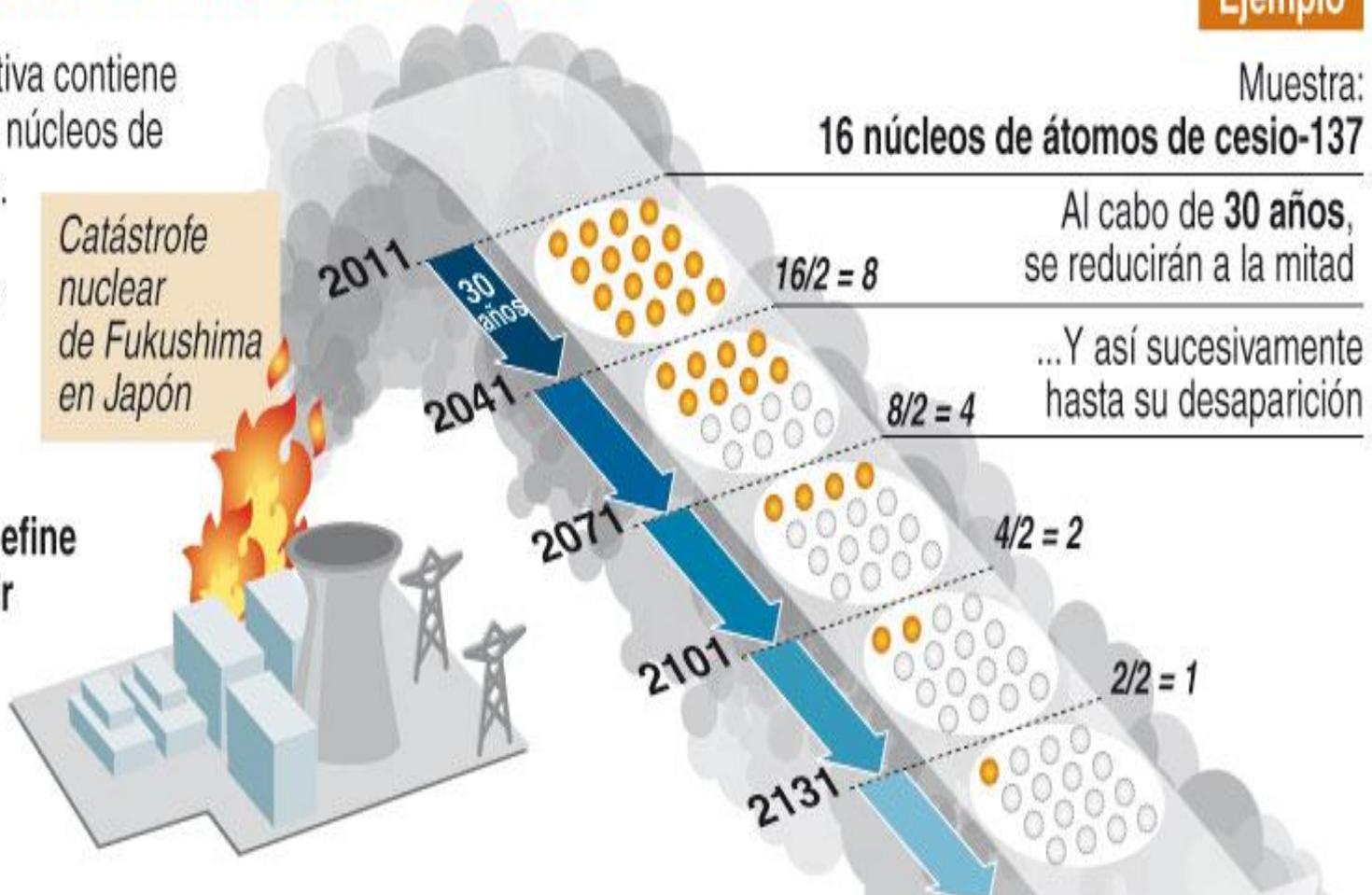
# El ciclo de la radiactividad

## Ejemplo

Una fuente radiactiva contiene cierta cantidad de núcleos de átomos inestables. Cada segundo, una parte de ellos se desintegra

*Catástrofe nuclear de Fukushima en Japón*

La «semi-vida» define el periodo a partir del cual se desintegrará la mitad de los núcleos de átomos



Muestra:  
16 núcleos de átomos de cesio-137

Al cabo de 30 años, se reducirán a la mitad

...Y así sucesivamente hasta su desaparición

Isótopo	Iridio-191	Cesio-137	Plutonio-239	Uranio-235
<b>Semi-vida</b>	4,9 segundos	30 años	24.065 años	704 millones de años

Fuente: Centro de Estudios de la Energía Nuclear (CEN)

## El daño biológico se manifestará en función de la dosis y el tiempo de exposición

- A bajas dosis (menos de 0,1 Sv o 10 rem) no se espera observar ninguna respuesta clínica, PERO YA SE PRODUCE DAÑO CELULAR QUE ES POSIBLE REPARAR SEGÚN EL NIVEL NUTRICIONAL DEL INDIVIDUO. Aunque si la exposición es continua, se manifestará en daño no reparado y aparecerán síntomas de envenenamiento radiactivo.
- Al aumentar la dosis, el organismo presenta diferentes manifestaciones hasta llegar a la muerte. La dosis letal media, aquella donde el 50% de los individuos irradiados mueren, es de 4 Sv (400 rem).

# ¿Cómo es la muerte por radiactividad?

- El cuerpo se deshace, literalmente, por lo tanto, aparecerán síntomas y dolor extremo, un dolor que no se puede detener con calmantes, esto se manifiesta a medida que avanza el daño interno. A medida que te deshaces por dentro.
- En casos leves y graves, uno se hace propenso a todo tipo de enfermedades, ya que la radiactividad reduce o elimina las células defensoras del cuerpo. Cualquier enfermedad se la siente aumentada por esta baja de defensas celulares.
- Como el cuerpo empieza a desintegrarse, aparece como síntoma la fatiga extrema, hemorragias internas, caídas de cabello y piel.
- Aparición de tumores (cancer).
- Uno se torna invalido poco a poco, puesto que de seguir avanzando el daño, el cuerpo deja de funcionar correctamente. A dosis muy bajas pero exposición frecuente o dosis altas y una sola exposición, se va dando una muerte gradual.

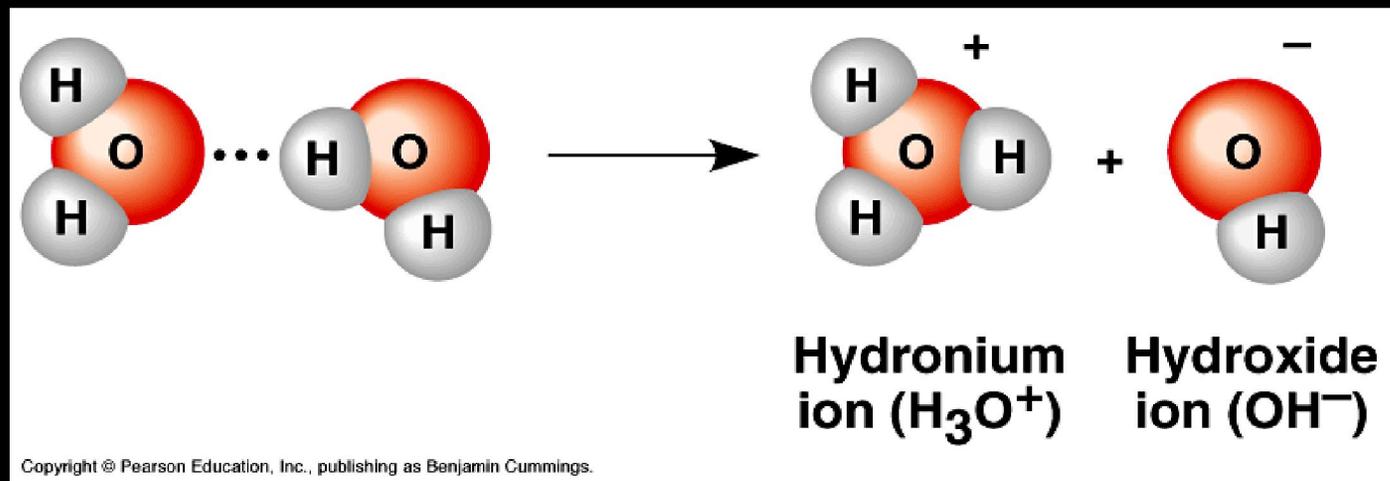
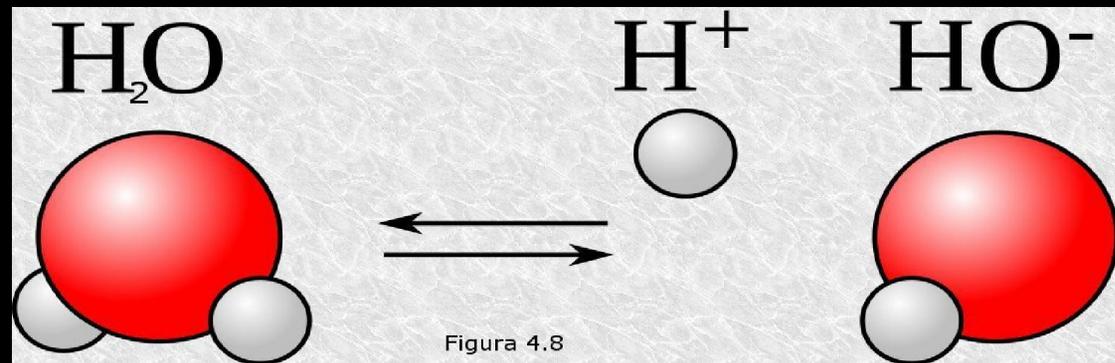
## **Pero, ¿Cómo es la forma en que la radiactividad hace daño?**

- **El daño radiactivo lo causan las partículas o energía ionizante, es decir que alteran o desestabilizan el átomo de las células.**
- **Si se desestabiliza o altera el átomo, toda la molécula se desestabiliza, esto trae como consecuencia que la materia se deshaga, cambie su estructura o se desestabilice.**

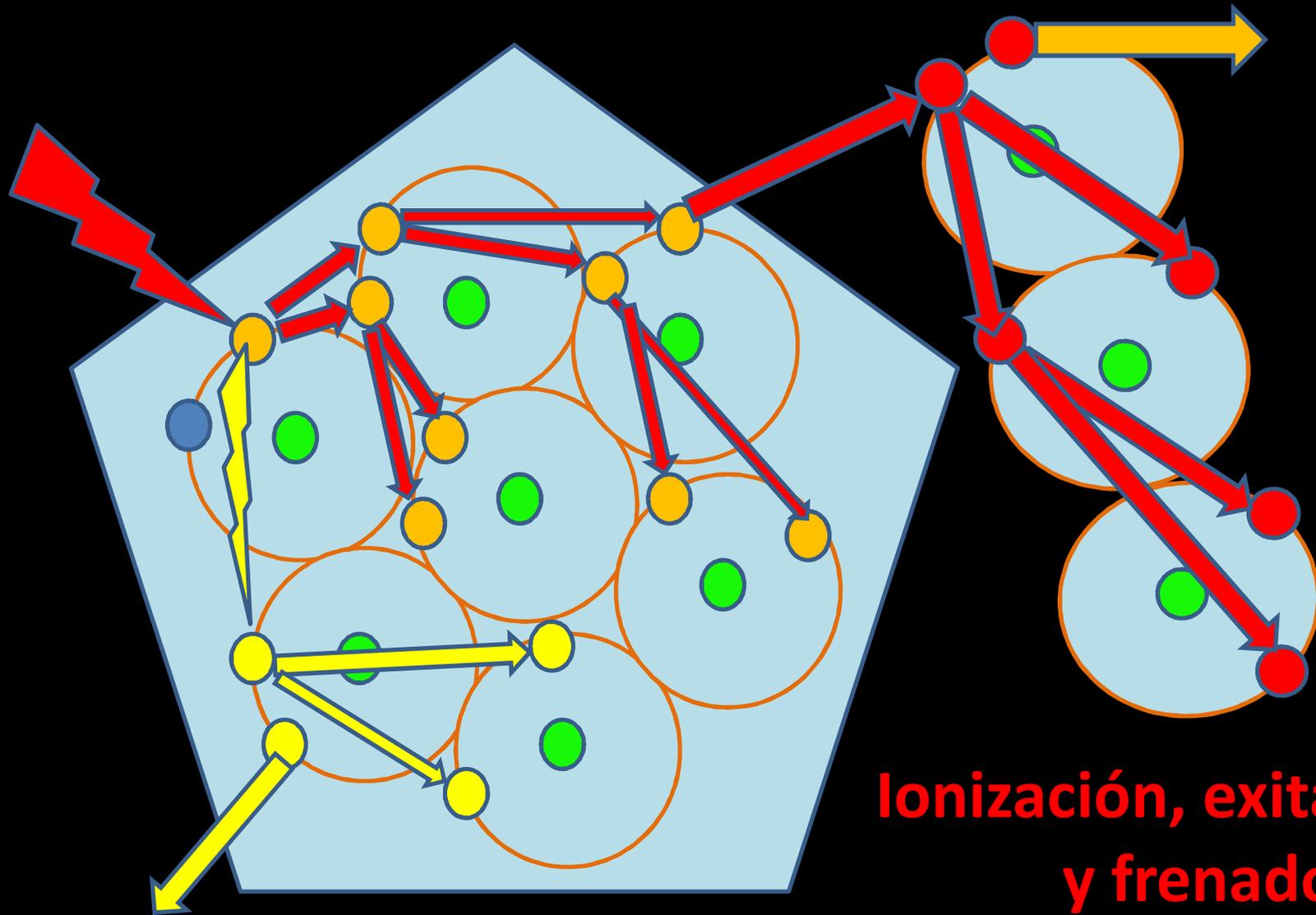


# IONIZACION

- **Rompimiento del núcleo atómico o desestabilización electrónica.**



# Efecto compton y cascada electrónica



**Ionización, excitación  
y frenado**

**1. MEMBRANA**

**2. Permeabilidad**

**3. CITOPLASMA: radicales libres**

**4. AGUA : H, OH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

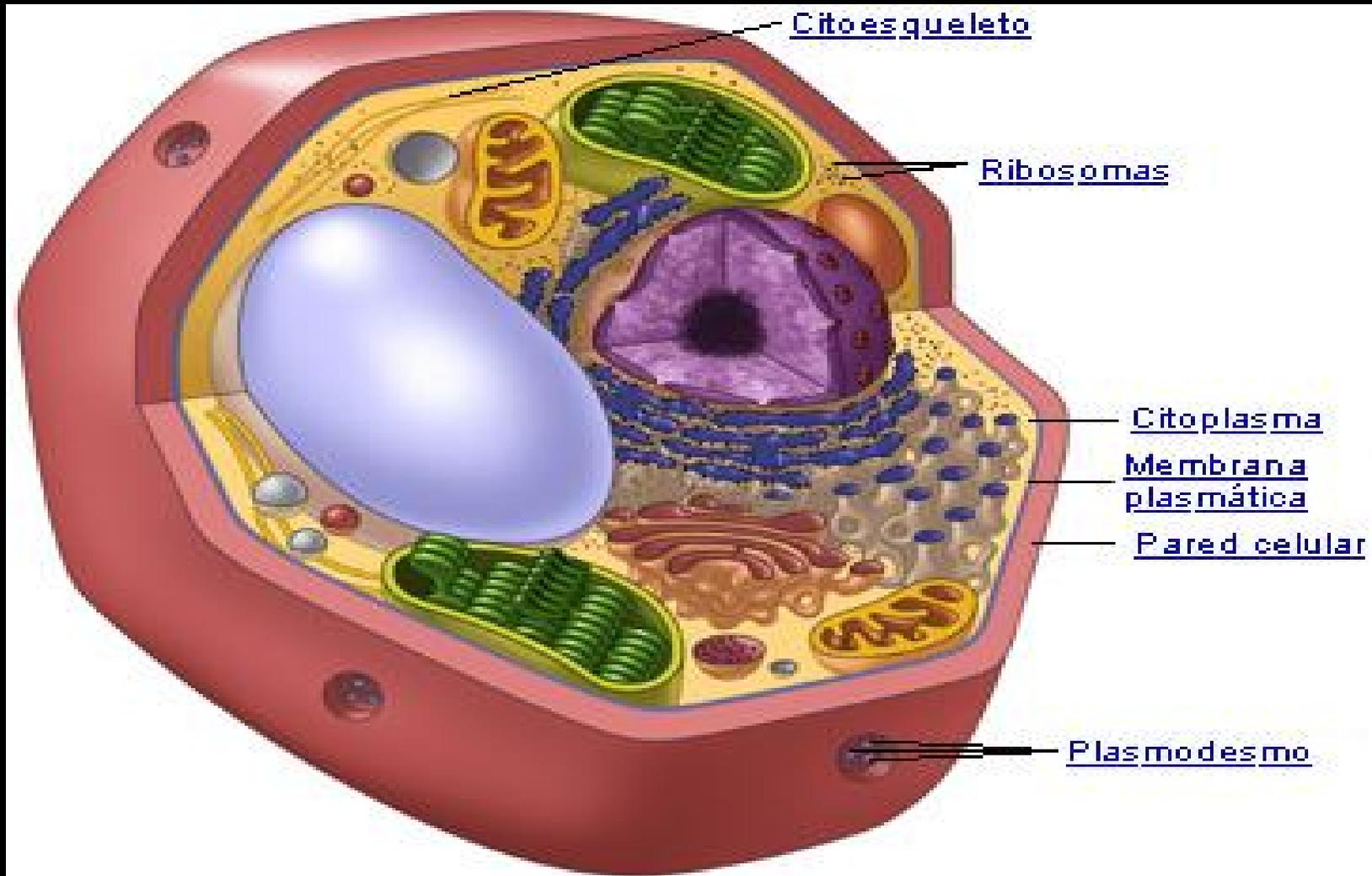
**5. NÚCLEO: Alteraciones de genes a nivel celular somático o germinal.**

# DAÑO CELULAR DE LA RADIACION IONIZANTE

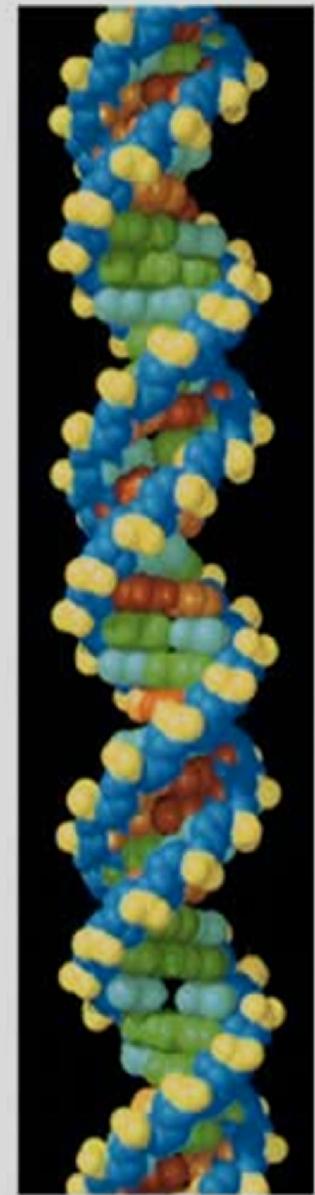
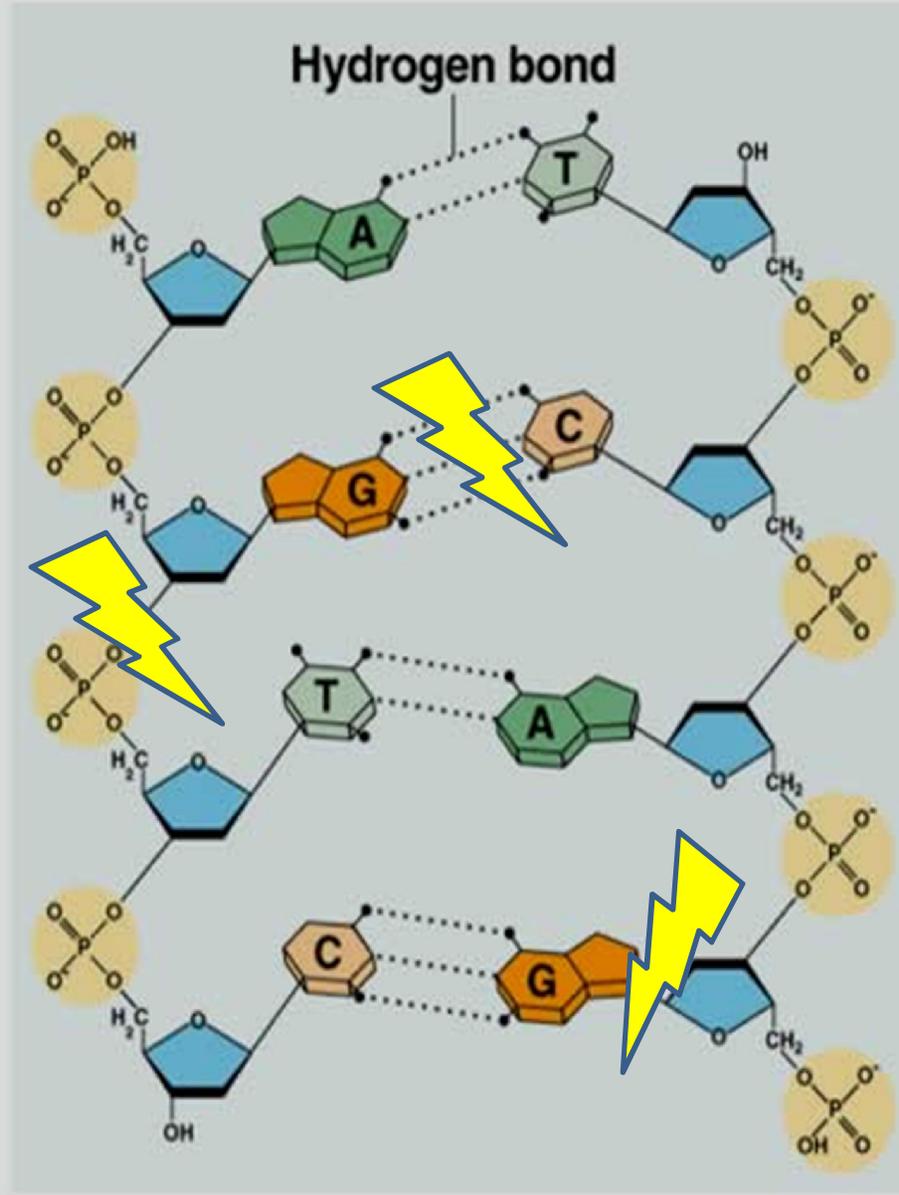
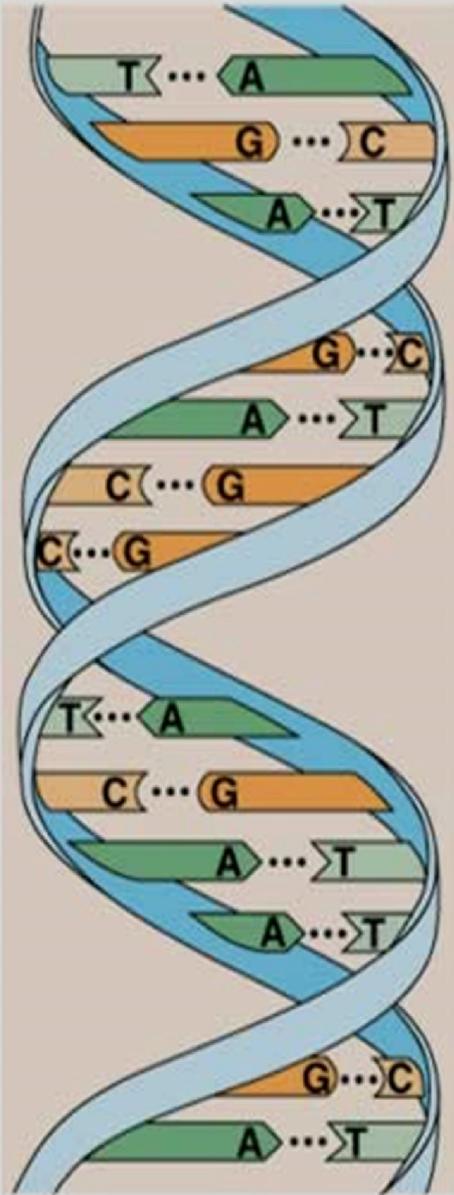
- **DAÑO DIRECTO: CONTACTO DIRECTO CON LA RADIACION**
- **DAÑO INDIRECTO: MEDIO IONIZADO**

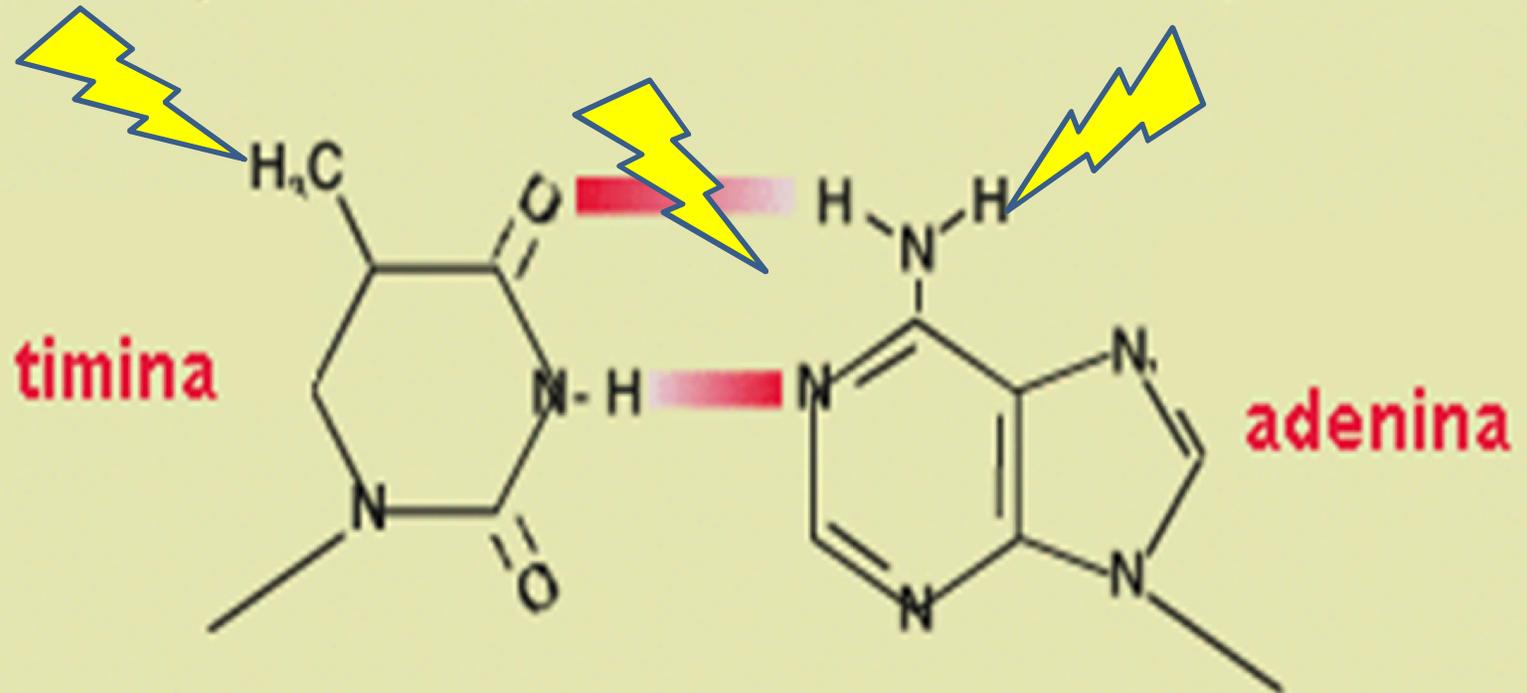
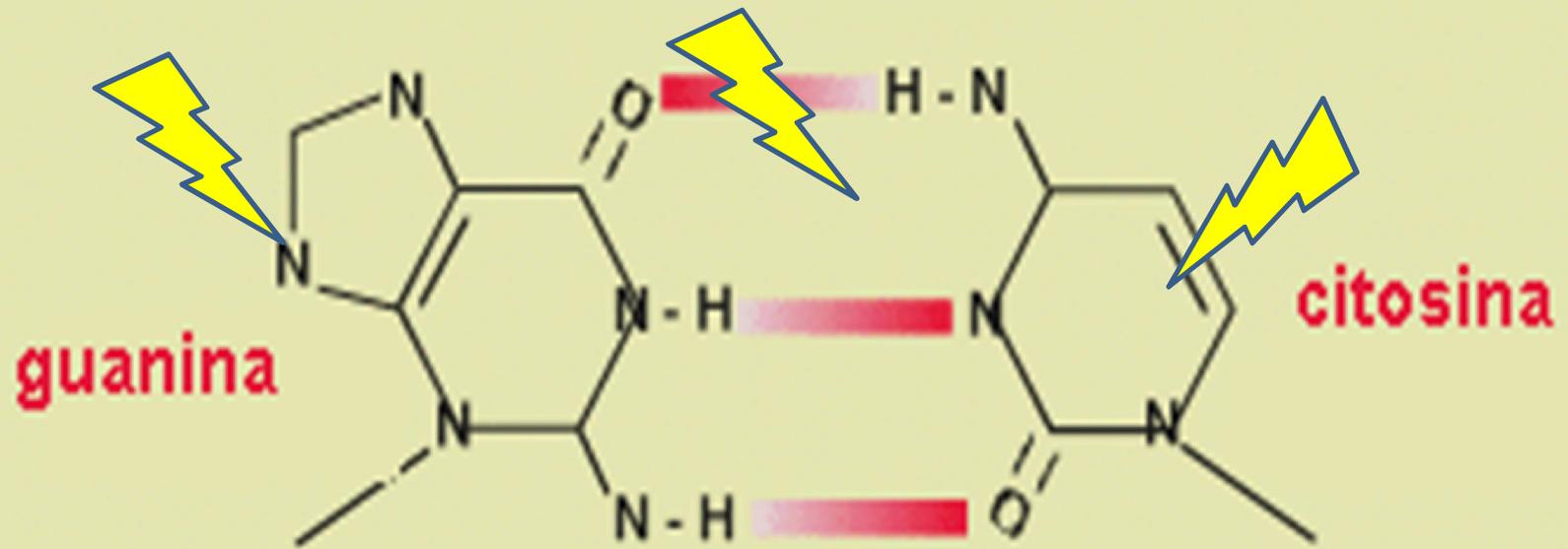
- 1. RUPTURA DE CADENAS**
- 2. RECOMBINACIONES**
- 3. DAÑO A LAS BASES**
- 4. DELECCIONES**
- 5. ENTRECruzAMIENTOS DE DNA**

# DAÑO A NIVEL DE MEMBRANA Y CITOPLASMA Y NUCLEO CELULAR

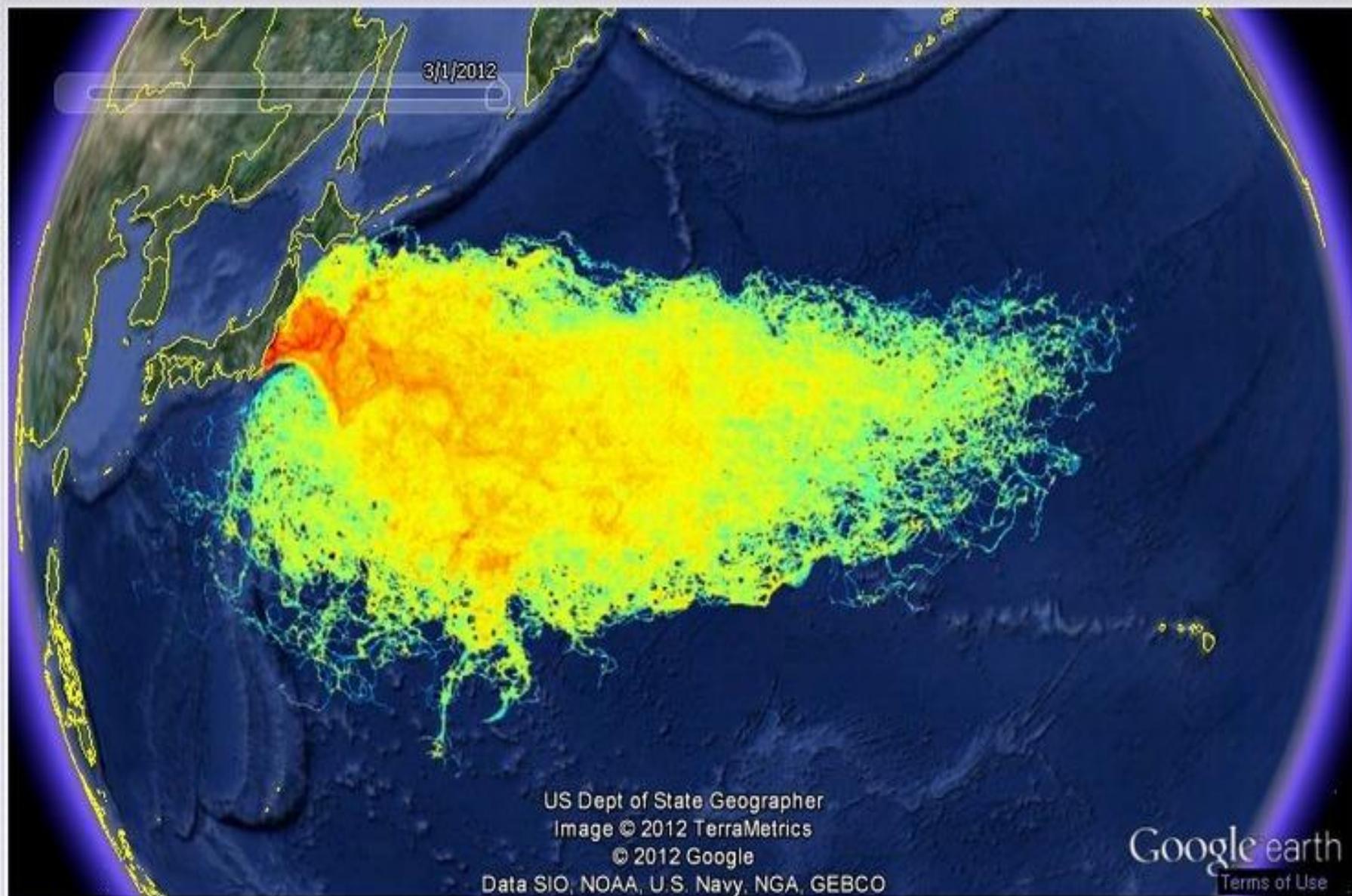


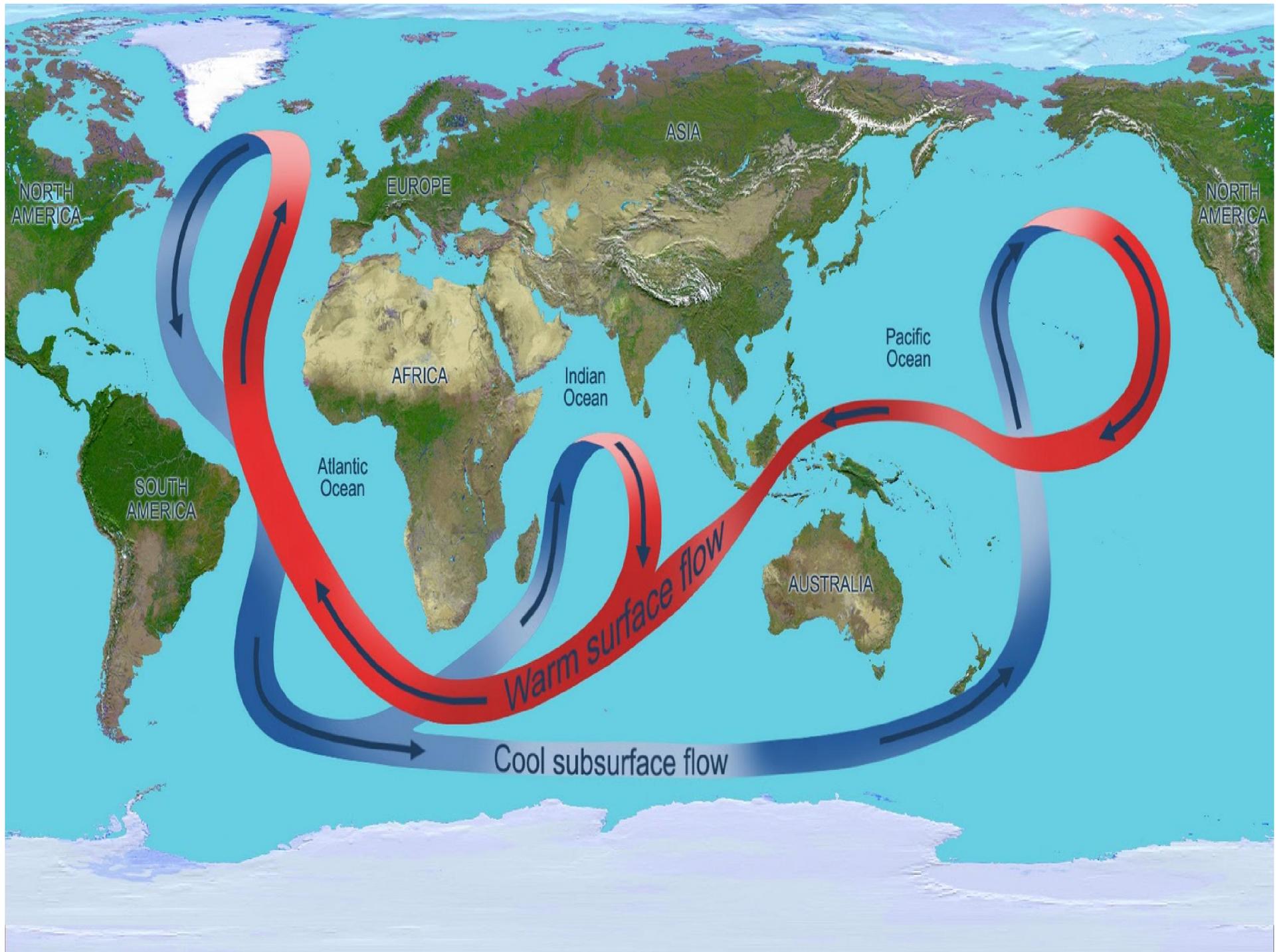






## Radioactive Seawater Impact Map (update: March 2012)





**FUKUSHIMA**



**Baja California México:**  
Lugar con aguas mas  
radioactivas para el año  
**2016-2021**

**Cesio 137**



Baja California

Oyashio  
Bering

Alaska

North Pacific

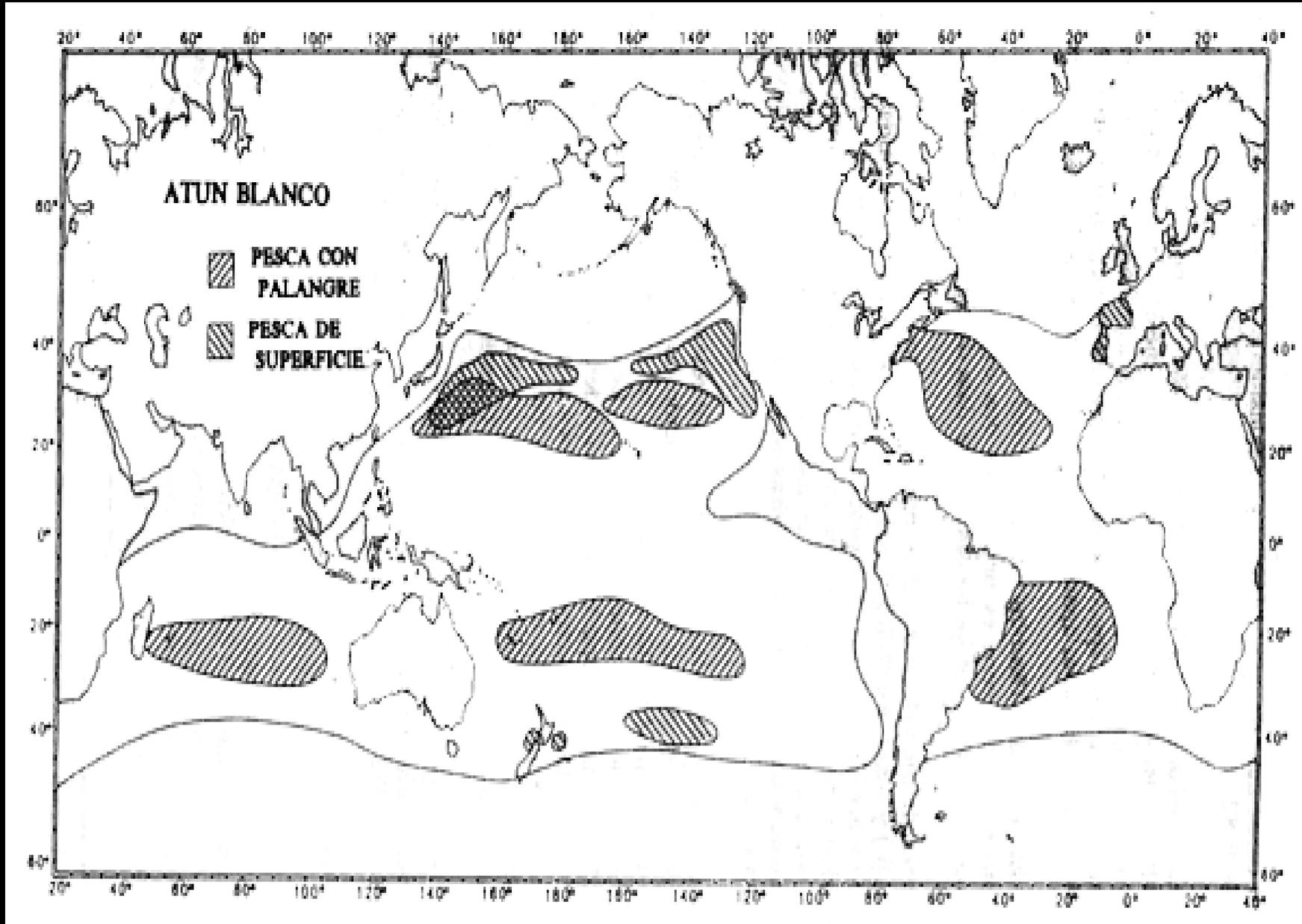
North Equatorial

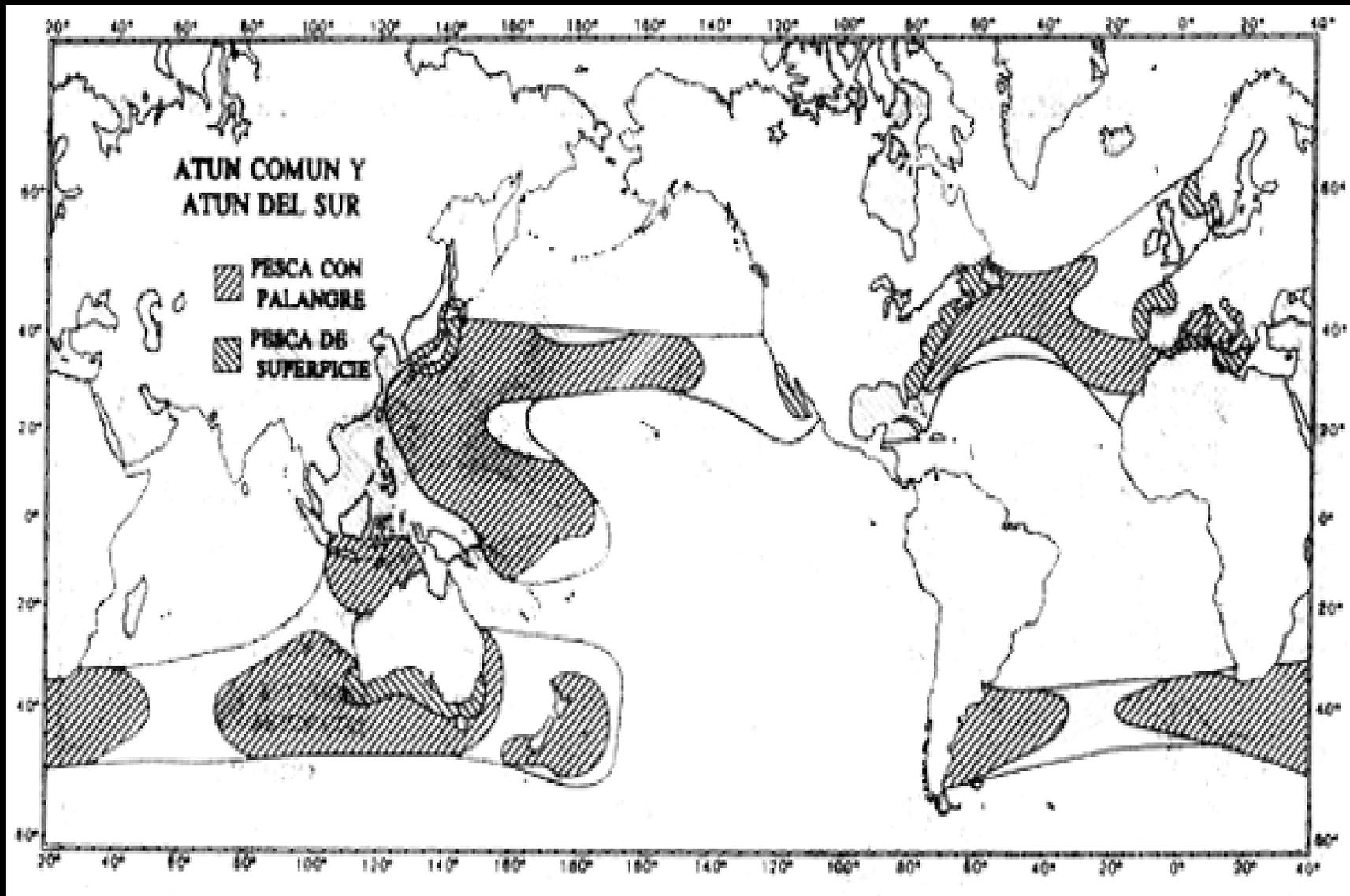
Equatorial Countercurrent

South Equatorial

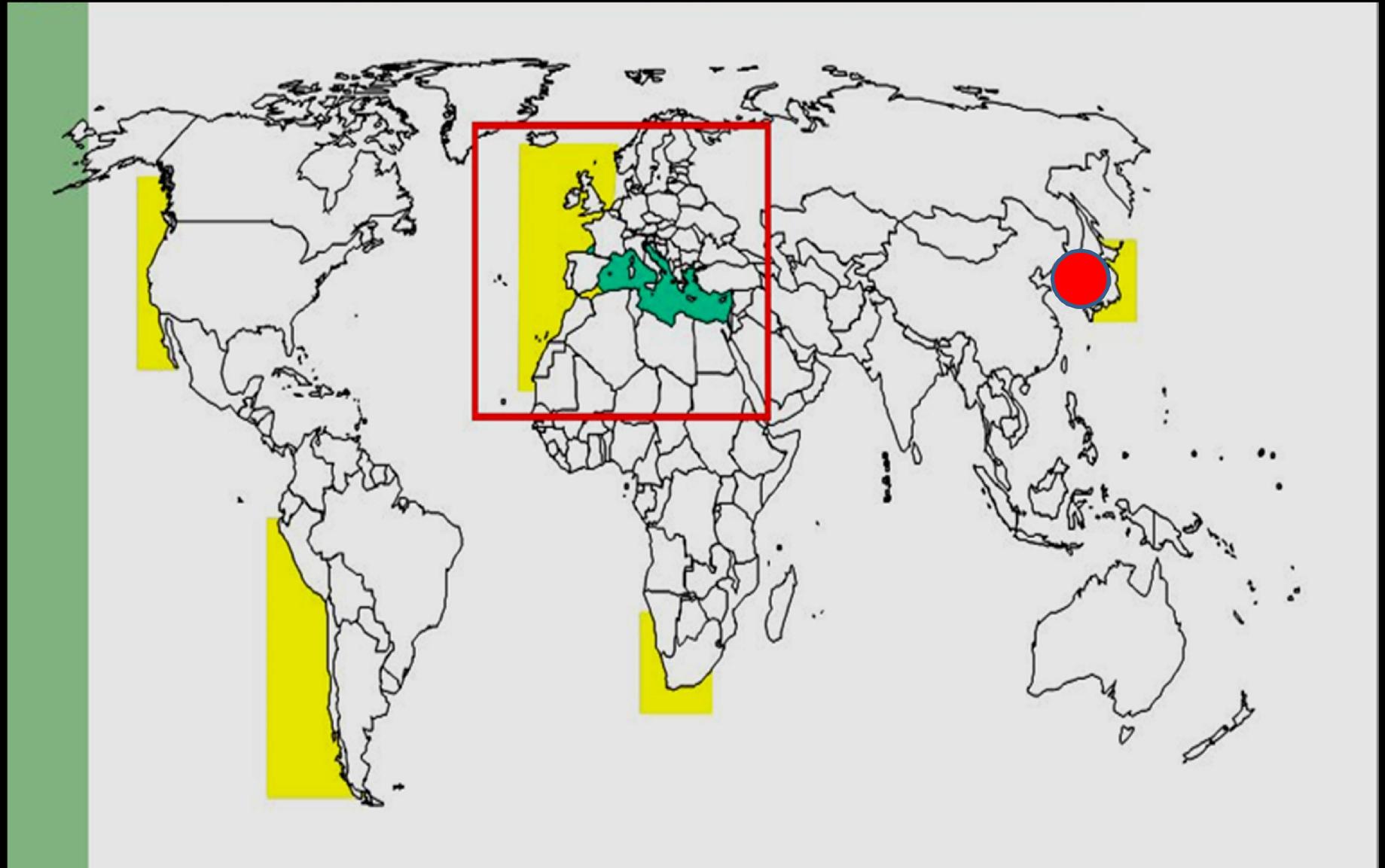
CONCIENCIARADIO.COM

**CRN**

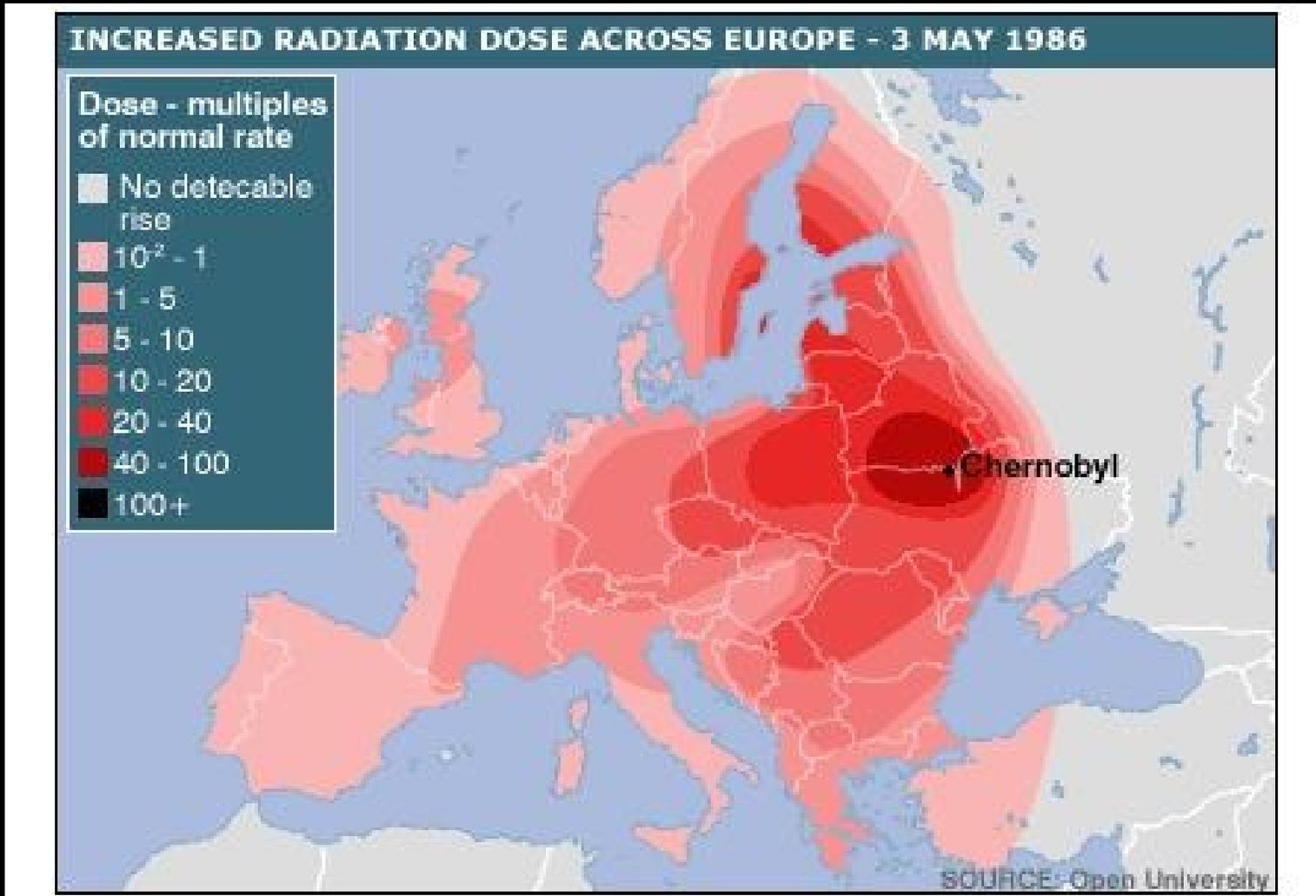


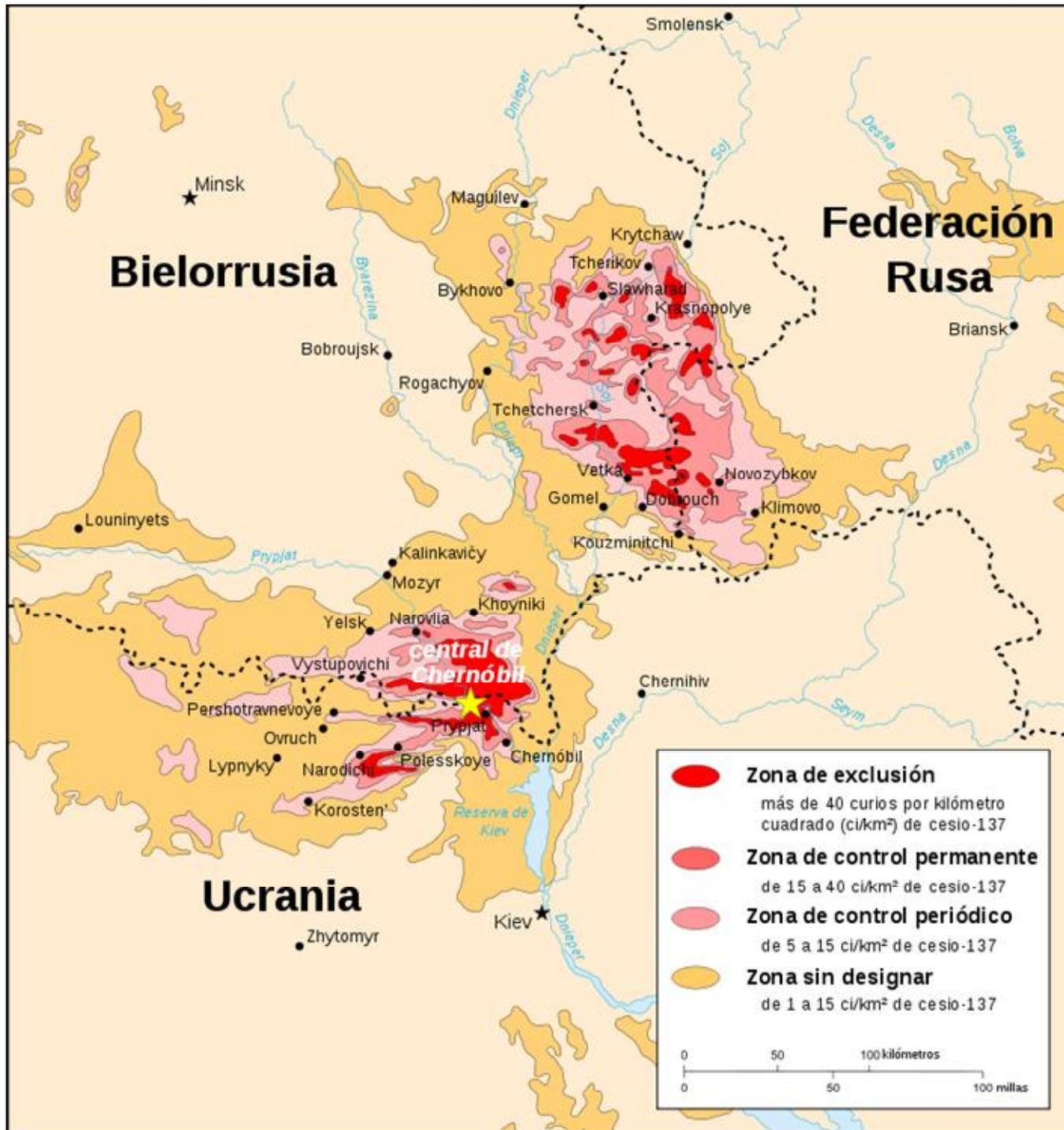


# DISTRIBUCION DE *Sardina pilchardus*



**Toda Europa se contaminó por la nube radiactiva, en 1 día de fuga radiactiva, el aire contaminado recorrió 1000 km.**





# CENTRAL NUCLEAR DE CHERNOBIL UCRANIA







