

Radón en el medio ambiente

**DIGESA –IPEN
8 FEBRERO 2023**

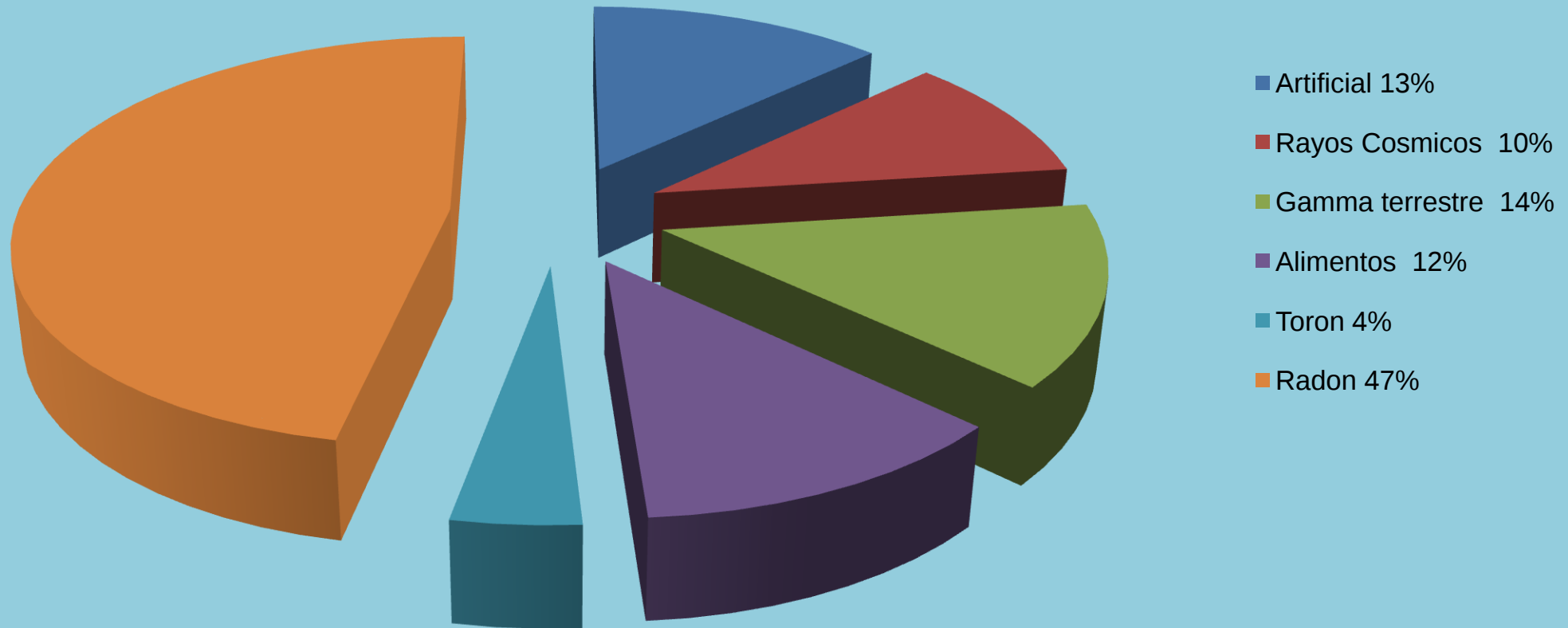
**EQUIPO TECNICO DE PROA, SUBDIRECCION DE SEGURIDAD
RADIOLOGICA**

**Ing. Jorge Martínez Gastelú
LABORATORIO DE RADIOQUIMICA Y RADON
jmartinez@ipen.gob.pe**

INSTITUTO PERUANO DE ENERGÍA NUCLEAR - IPEN

Radón el medio ambiente

Exposición promedio del Hombre a fuentes Naturales y artificiales



Radiactividad natural 87%, artificial 13%

Radón, propiedades Físico Químicas

Radón:

El radón es un gas radioactivo, insípido, invisible e inodoro que se forma por la descomposición natural del U^{238} , U^{235} , Th^{232}

Principales Isotopos del Radón :

^{220}Rn , Proveniente del ^{232}Th ,
llamado torón. $T = 55,6$ s.

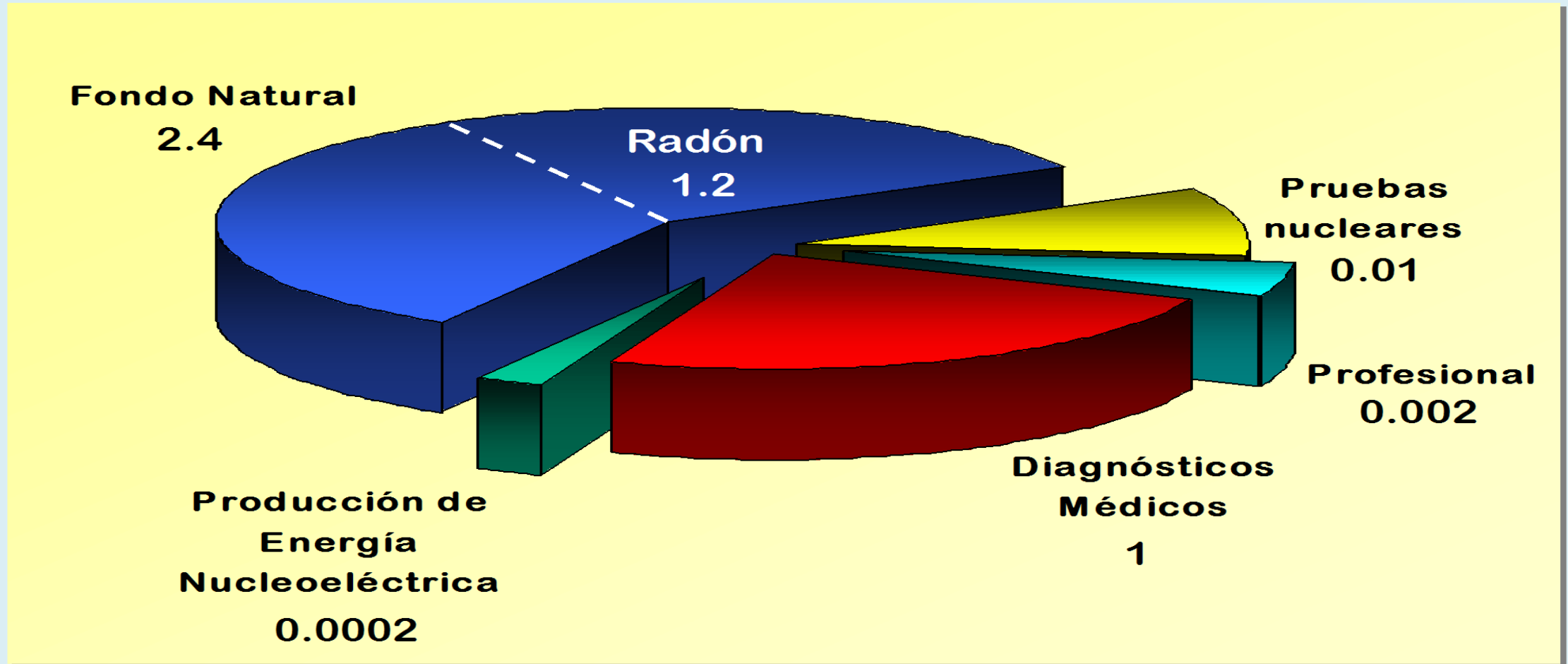
^{219}Rn , Proveniente del ^{235}U ,
llamado actinón. $T = 4$ s.

^{222}Rn , Proveniente del ^{238}U ,
llamado radón. $T = 3,823$ d



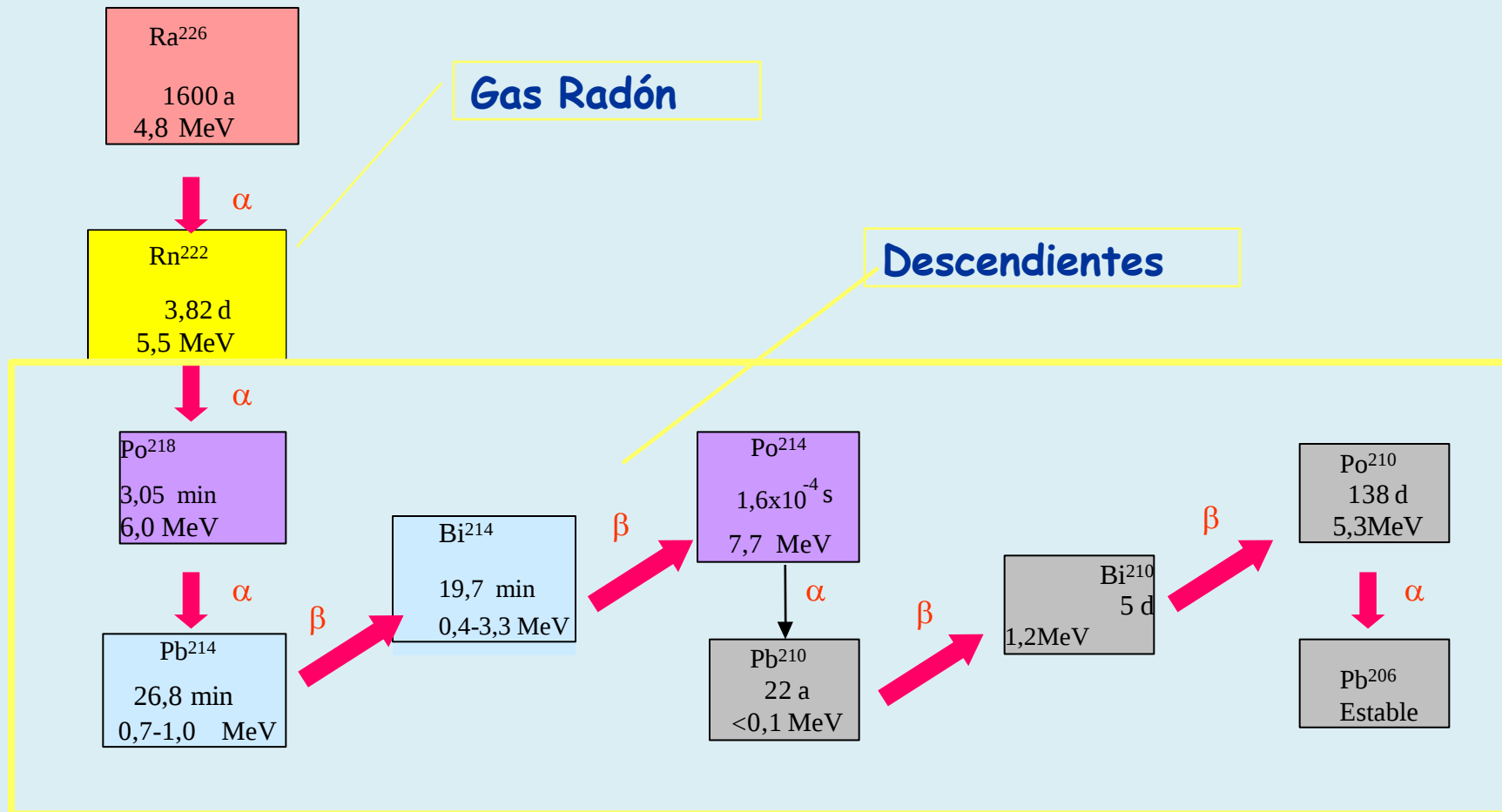
Radón el medio ambiente

**Dosis individual media en la población mundial debido a distintas fuentes
(mSv/año)**



Radón el medio ambiente

Cadena de desintegración del U^{238}



Fuentes de radón en el medio ambiente

Fuentes principales del radón en el medio ambiente

- Suelo
- Aguas subterráneas
- Océanos
- Gas natural
- Combustión de carbón y petróleo

La Concentración de Rn atmosférico a nivel del suelo esta regida por :

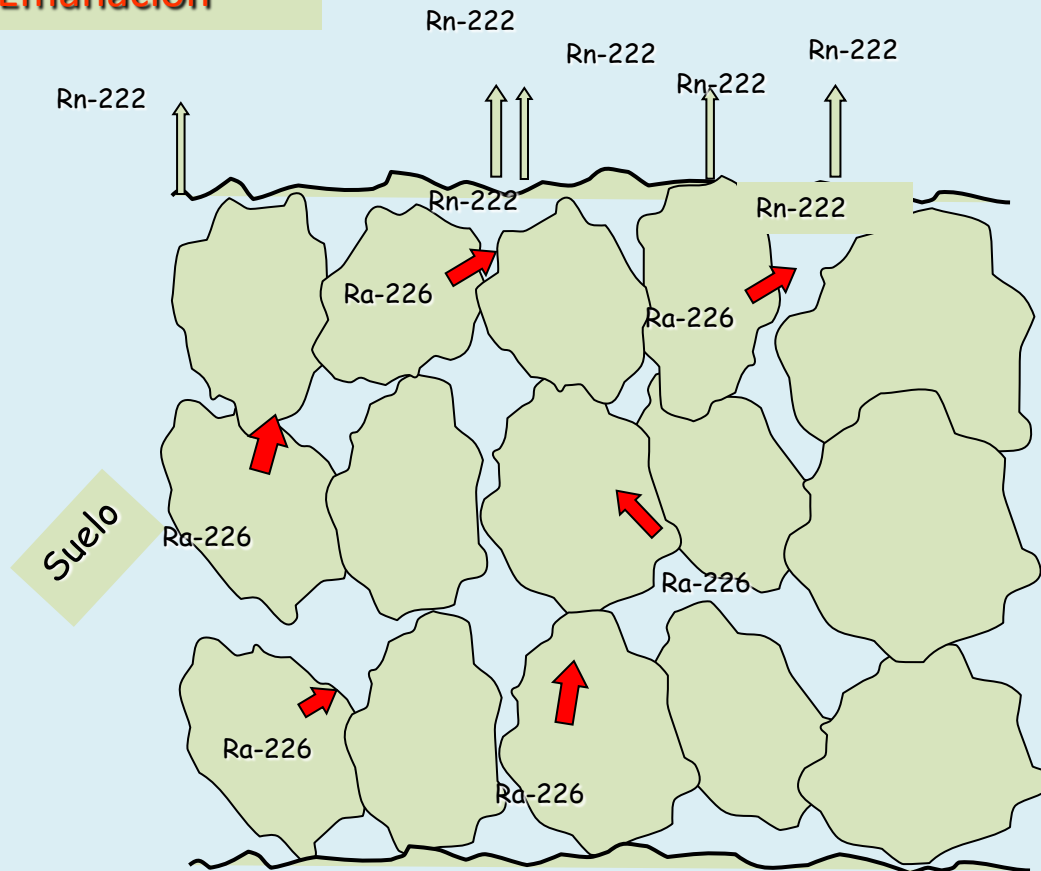
- Tasa de emanación
- Capacidad de dilución del aire atmosférico
- Condiciones meteorológicas

Factores de la concentración de Radón en las Viviendas o en un ambiente cerrado

- A) Suelo
 - Permeabilidad
 - Poros
 - Características Geológicas
- B) Materiales de construcción
 - Tipo de materiales
 - Grietas
 - Porosidad
- C) Aire exterior
 - Velocidad
 - Condición ambiental (Presión, temperatura, humedad)
- D) Agua domestica
 - Origen (Subsuelo, superficial, lluvia, termal)
- E) Gas domestico
 - Tipo de gas (GLP, natural, otros)

Mecanismo del radón en el medio ambiente

Emanación



Emanación:

El Radón es capaz de viajar entre los poros del suelo hasta alcanzar la superficie debido a la diferencia de presión entre los poros por donde viaja el gas y el espacio cerrado, estableciéndose un flujo desde el terreno hasta el exterior.

Los mecanismos son por gradiente de presión (convección) y por gradiente de concentración (difusión).

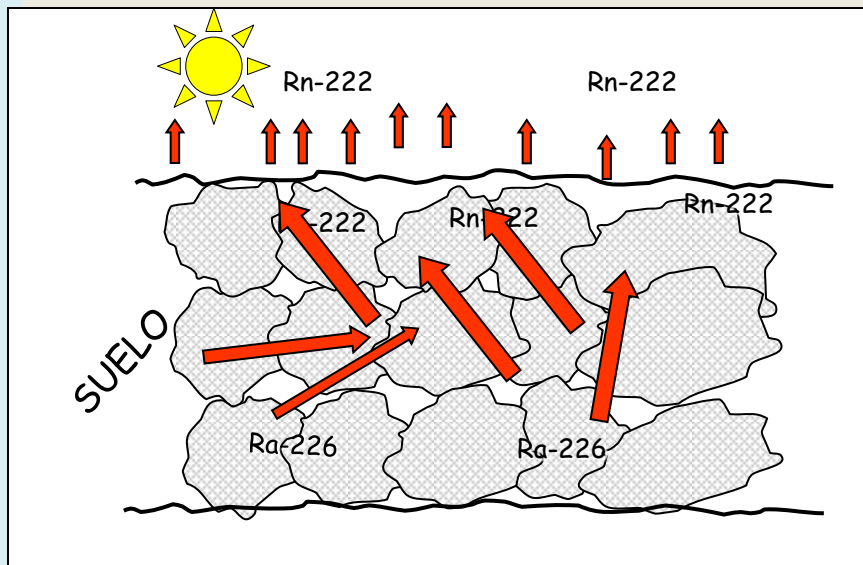
El tipo de suelo es el factor más importante, sobre todo si la roca madre sobre la que se asienta es rica en uranio y radio

Mecanismo del radón en el medio ambiente

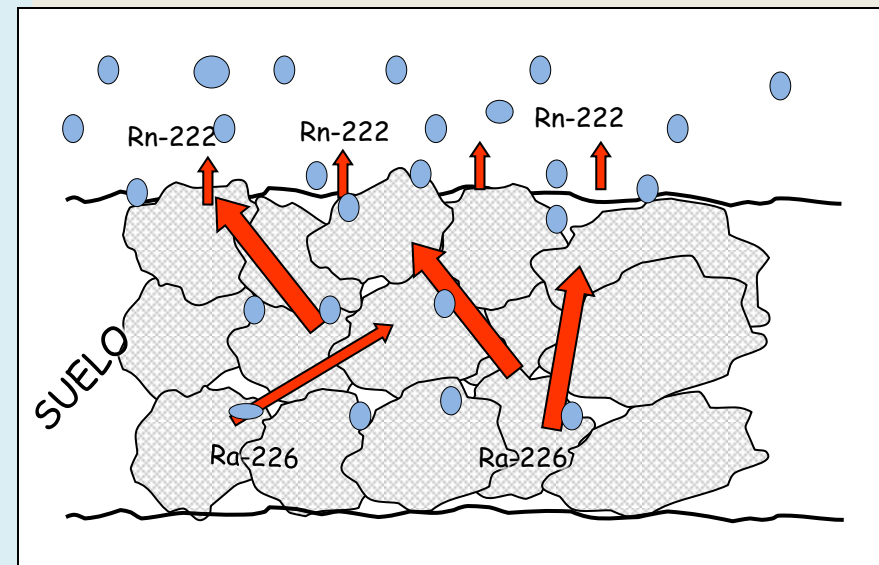
Exhalación

Fracción de Rn-222 que escapa del suelo hacia el exterior de forma natural por la existencia de grietas, fisuras o materiales muy porosos, estas se forman por el decaimiento del Ra-226

A) Clima seco el Rn sale con libertad exterior por las grietas

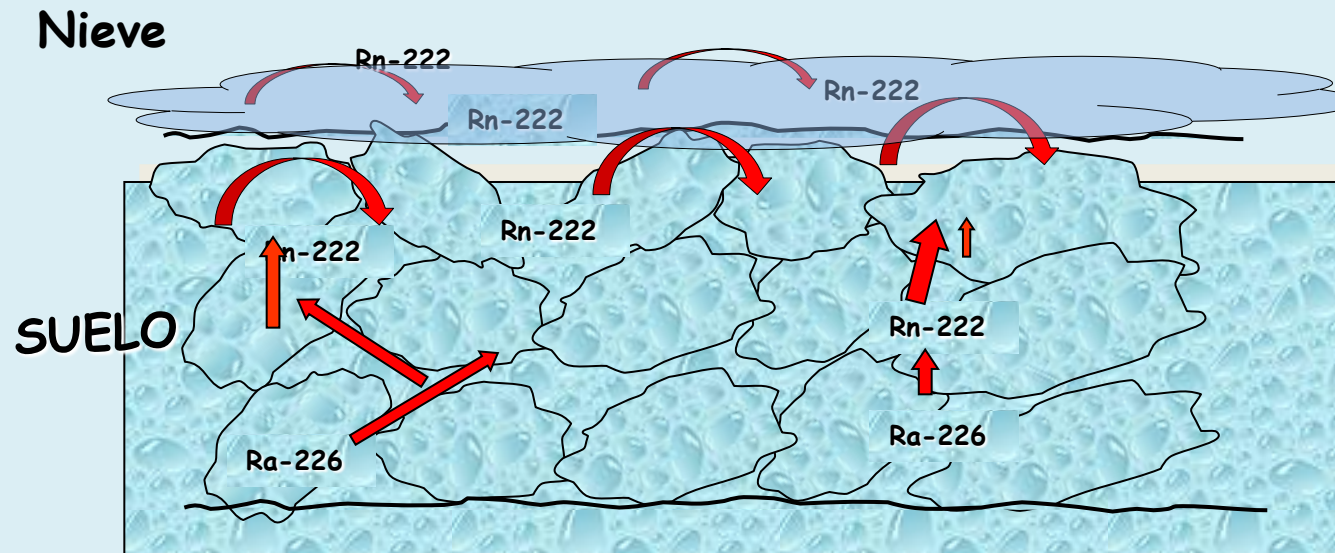


B) Clima con lluvia disminuye la cantidad de Rn al exterior. Parte del radón es retenido con la lluvia.



Mecanismo del radón en el suelo

- C) Clima con nieve: Disminuye la cantidad de Rn que sale al exterior, esta es retenida por la nieve o hielo que se encuentra en el interior del suelo y en la superficie.



El radón en el medio ambiente

Concentración de elementos radiactivos en los materiales de construcción		
Material	Ra-²²⁶ Bq/Kg	Th-²³² Bq/Kg
Concreto	40-240	40-190
Ladrillo	10-200	10-190
Mayólicas	30-200	20-200
Escoria de alto horno	270-2100	70-340
Yeso	4-70	10-100
Fosfoyeso	390-1100	20-160
Piedra natural	60-500	60-310

Laboratorio de radioquímica y radón ambiental

El laboratorio de radioquímica y radón del Instituto Peruano de energía nuclear es el encargado de efectuar Investigaciones, aplicaciones y servicios concernientes a la física y química de radionúclidos naturales o artificiales en el medio ambiente, como el radón (Rn-222), uranio (U-238), radio (Ra-226) y torio (Th-232) en casi todo los materiales dependiendo de su concentración..



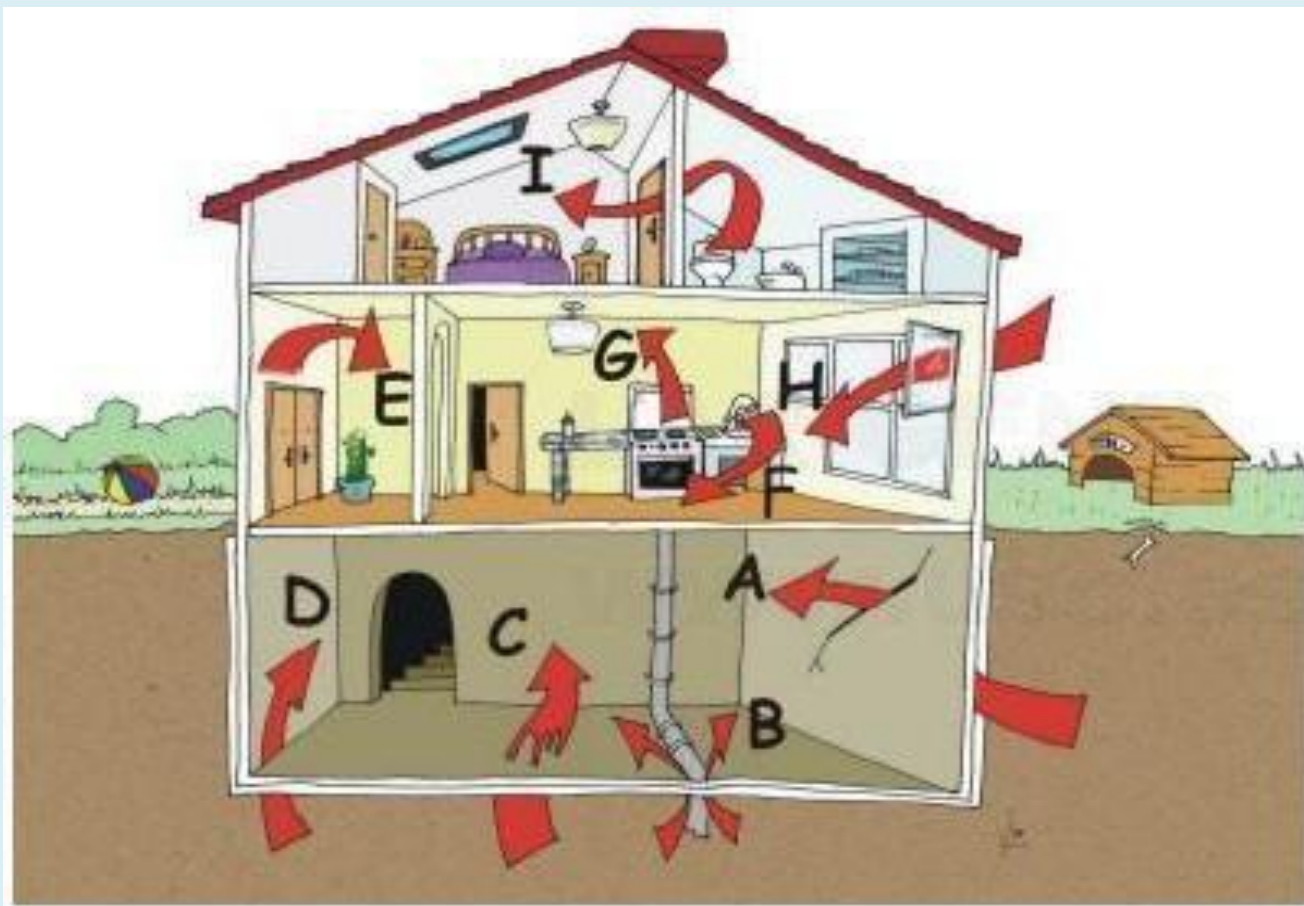
Donde se concentra el radón ambiental

Radón Ambiental :

- Túneles de Socavones (minería)
- Túneles para transporte de vehículos e hidroeléctricas y trenes subterráneos
- Sótanos y recintos cerrados
- Cuevas y baños termales
- Aguas subterráneas



Ingreso del radón en las viviendas



Entrada del radón en Vivienda

- A- Grietas de las paredes
- B- Juntas de las tuberías
- C-D- Subsuelo de la tierra
- E- Paredes de la construcción
- F- Lavaderos
- H- Del medio ambiente
- G- Cocinas a gas
- I- de los baños

Mecanismo del radón en el suelo

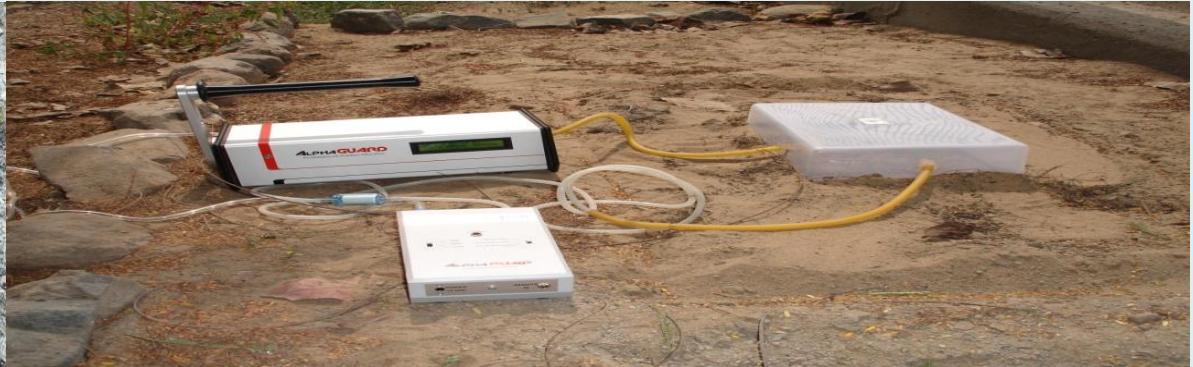
Factores que influyen en la exhalación de radón en el medio ambiente			
Factor	Concepto	Rango normal de variación	Consecuencia al aumentar el valor del factor
Actividad del Uranio y Radio-226 (Bq/kg,)	Número de desintegraciones por unidad de masa. (1ppm de uranio en equilibrio → 12.3 Bq/kg.	1- 3000	Aumento de radón
Fracción de emanación	Fracción de radón 222 emitida desde los granos de roca o suelo a los poros que los rodean	0.2 –0.4	Aumento de radón
Coeficiente de difusión	Trasmisividad del radón para atravesar la capa de suelo depende de la temperatura	0.2 a 2×10^{-4}	Aumento de radón
Porosidad (p)	$P = 1 - \rho / \gamma \cdot \rho_{\text{(agua)}}$	0.25 a 0.45	Aumento de radón
Humedad (θ) $\text{Vol}_{\text{agua}} (\text{cm}^3) / \text{vol}_{\text{total}} (\text{cm}^3)$	Fracción de saturación = $\text{Vol}_{\text{agua}} / \text{vol}_{\text{poros}}$	6 a 35	Disminución de radón
Densidad seca (ρ)	g/cm^3	1.5 a 1.8	Disminución de radón
Peso específico (γ)	$\rho \text{ (roca o suelo)} / \rho \text{ (agua)}$	2.5 a 2.8	Disminución de radón

Métodos para la determinación del radón

- **Continuos** : Se utiliza monitores de radón como Alpha Guard, Sarad, Rad-7
- **Instantáneos** : Cámara de Lucas, centelleo líquido
- **Integradores en el tiempo** : Películas LR-115, Resinas CR- 39, Carbón activado

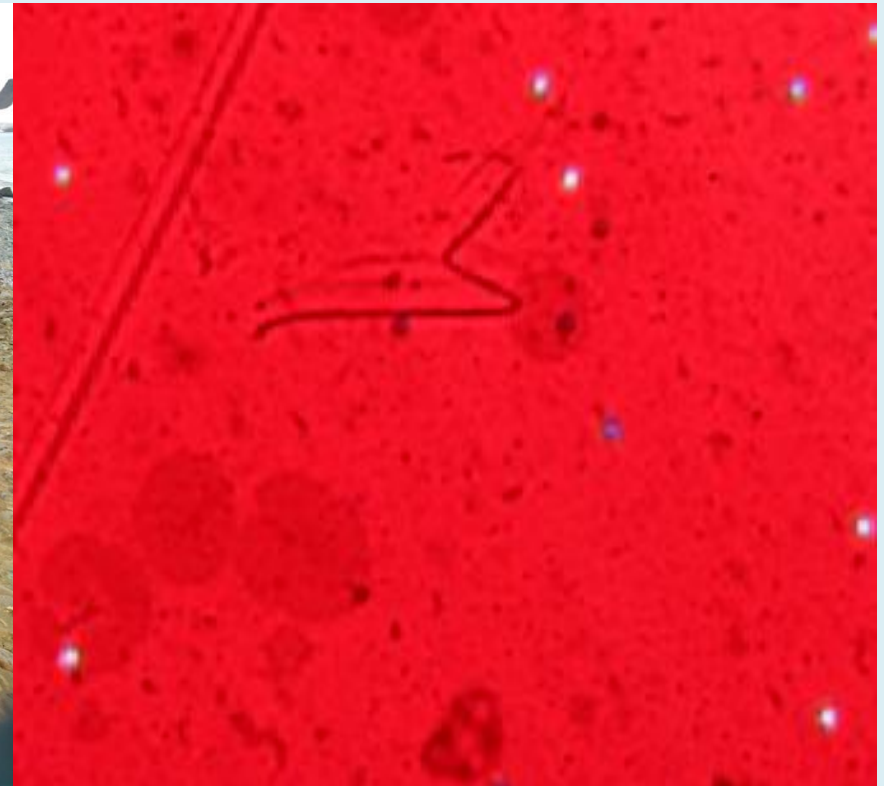
Medición de la exhalación de radón en suelo

1) Medición de radón en suelo seco con monitores continuos



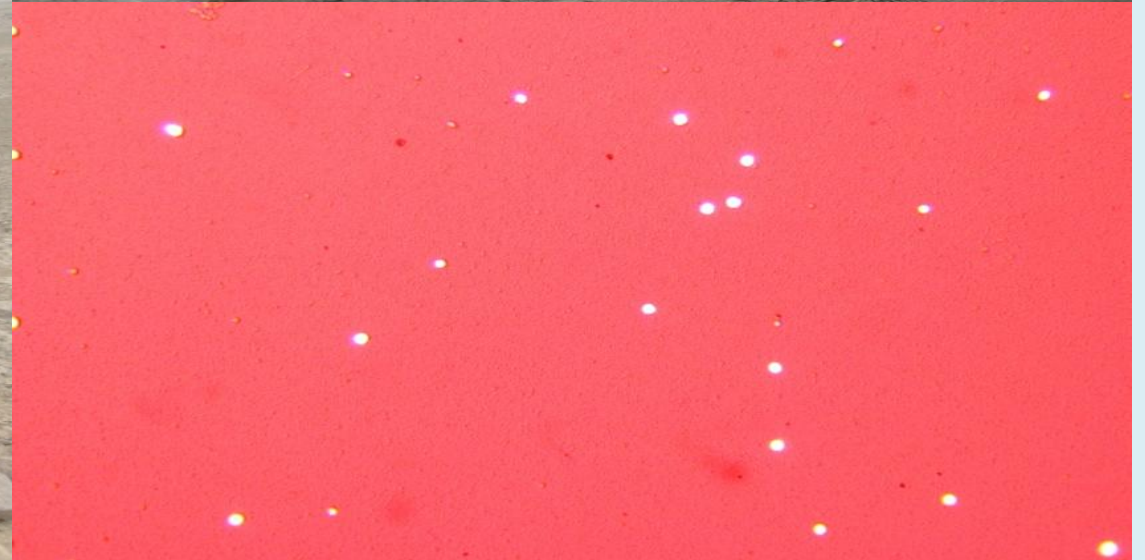
Medición de la exhalación de radón en suelo

2) Medición de radón en suelo Antártico de la base Peruana Machu Pichu con dispositivos pasivos (técnica de huellas nucleares Películas LR-115)



Medición de la exhalación de radón en suelo

3) Medición de radón en suelo desérticos de la costa de Lima con dispositivos pasivos (técnica de huellas nucleares Películas LR-115)



Determinación de Radón en muestras ambientales

Muestreo de agua para la determinación de radón



Muestreo de suelo Antártico y la exhalación de radón en el suelo



Medición de la exhalación de radón en suelo

Para Encontrar la exhalación del radón en el suelo se deberá de tener en cuenta lo Siguiende:

Consideraciones a tomar en cuenta :

- Concentración del radón inicial en el interior del recipiente (Bq/m^3)
- Constante de decaimiento del radón (S^{-1})
- Área superficial de contacto con el suelo con el recipiente (m^2)
- Volumen del recipiente (m^3)
- Tiempo de medición del recipiente.(h)

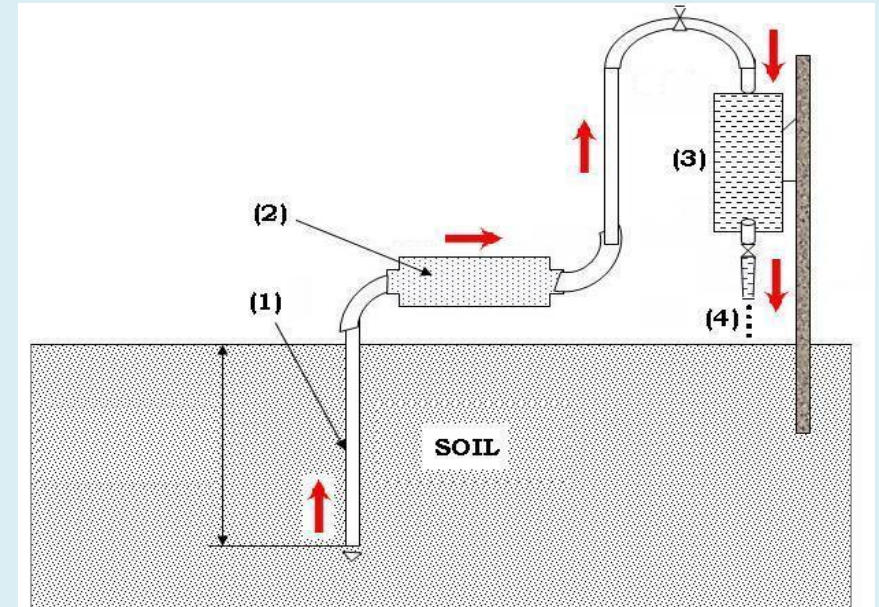
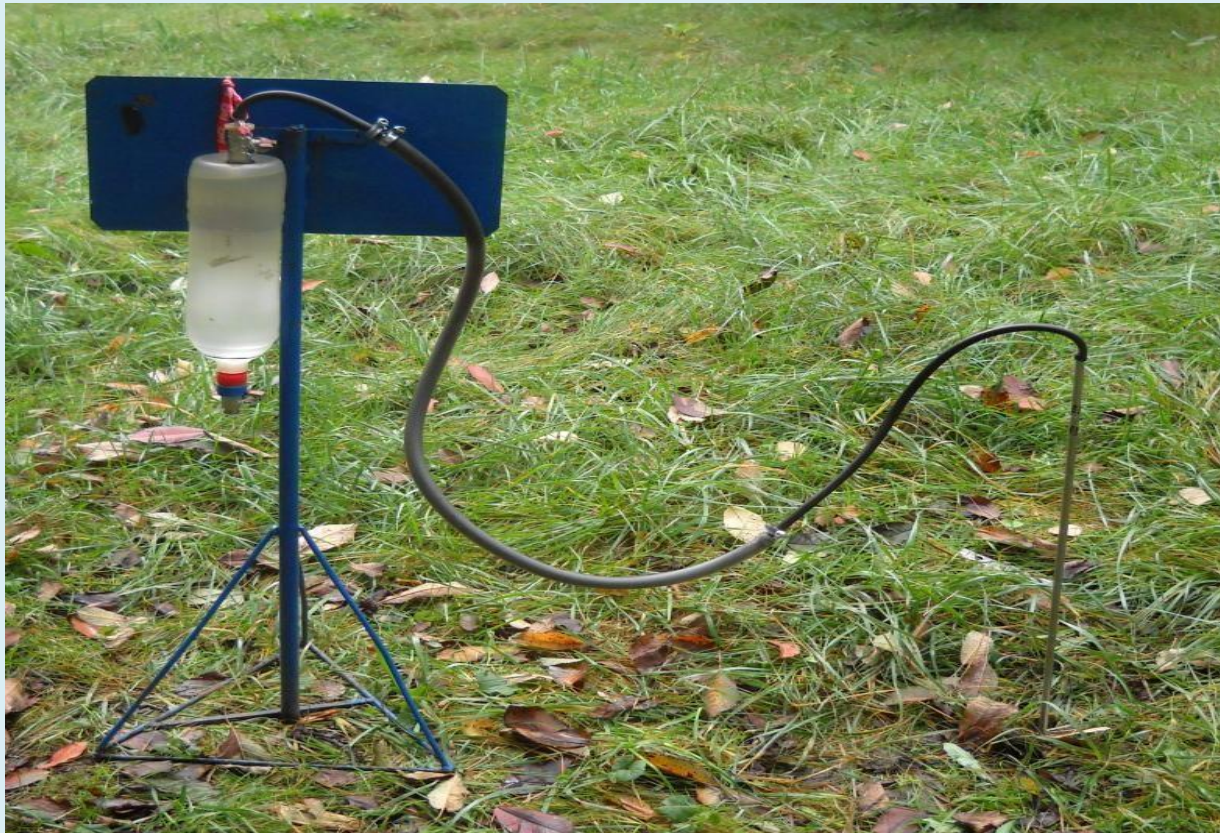


Recipiente de exhalación

Métodos para la determinación del radón

Aplicación de los métodos Instantáneo

Colector de radón en emanaciones del suelo



Parte de un acumulador de Radón

1Esparrago colector

2Deshumedecedor

3Tanque colector

4- Salida de purga

Métodos para la determinación del radón

Instantáneos: Valor instantáneo de la concentración de Rn^{222} .

Método de Lucas

Es un método de medición que consiste en medir de manera instantánea la concentración de radón.

Para ello se utiliza un compartimiento cilíndrico que contiene en el interior de sus paredes un baño de SZn (sulfuro de Zinc), por el cual al entrar en contacto las partículas alfas emite una fluorescencia que es captado en un equipo diseñado para evaluar ello (monitores Pylon)



Métodos para la determinación del radón

Aplicación de los métodos Instantáneo; Minería de socavones, Screening

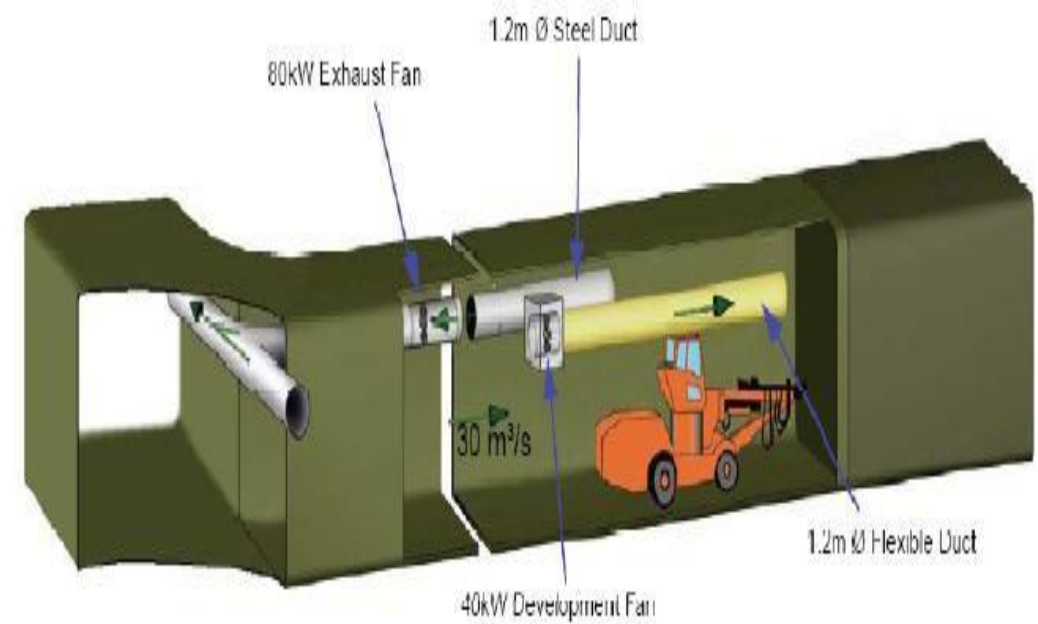


Figure 2.3: Ventilation during Construction

Métodos para la determinación del radón

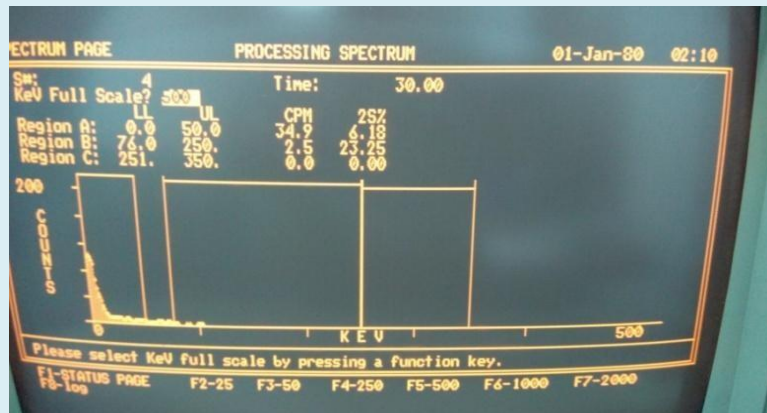
Método por centelleo liquido : convierte la energía radiactiva en luz y esta a su vez en un pulso eléctrico que es registrada en el equipo.

Aplicación centelleo liquido:

- Radón en agua
- Radón en el aire utilizando carbón activado



Muestra sin radón



Muestra con radón



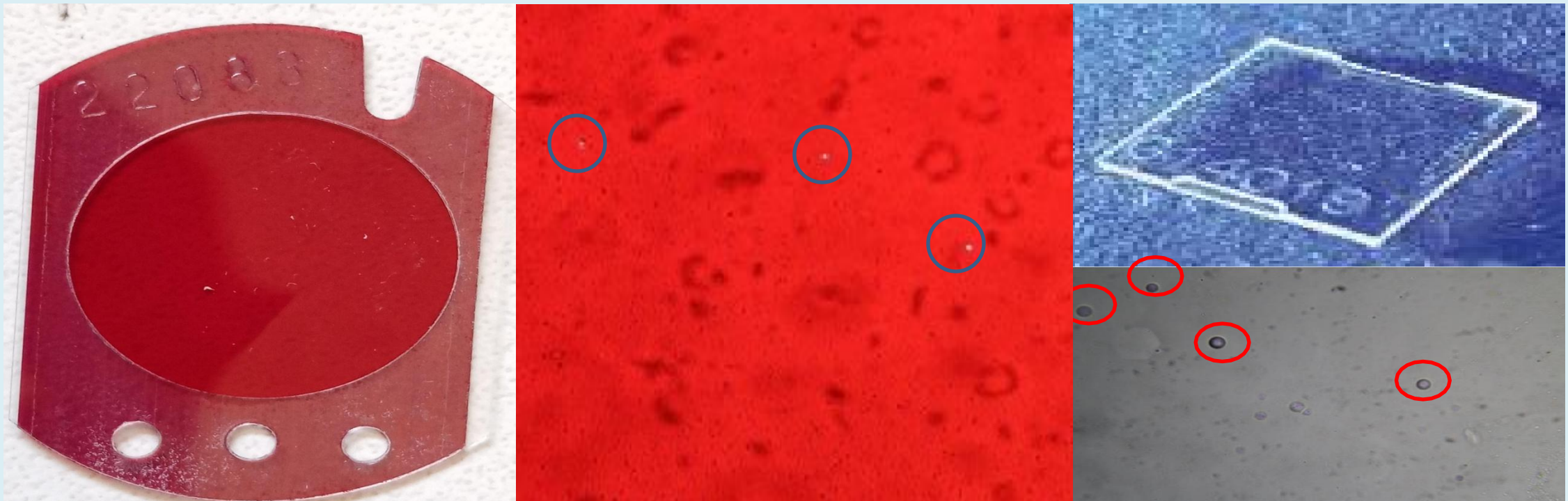
Métodos para la determinación del radón

Integrados en el tiempo:

Detectores de trazas nucleares: Huellas debido a la radiación α ,
muestreo (2 a 3 meses)

Material usados:

- * Películas LR-115
- * Policarbonato o acrílicos CR-39



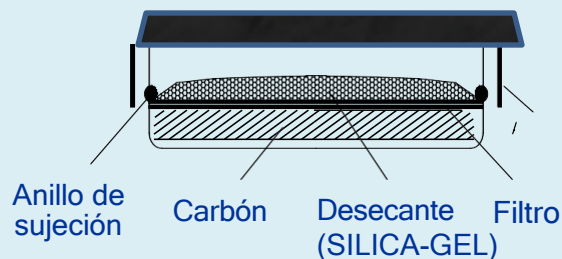
Métodos para la determinación del radón

Integrados en el tiempo: Muestreo de un determinado período de tiempo, mide la concentración promedio de Rn^{222}

Ej: **Adsorción en carbón activado:** muestreo (1 a 7 días)

Canister con carbón Activado

Empaquetadura adherida a la tapa para asegurar la sujeción de los componentes
Tapa extraída durante la exposición

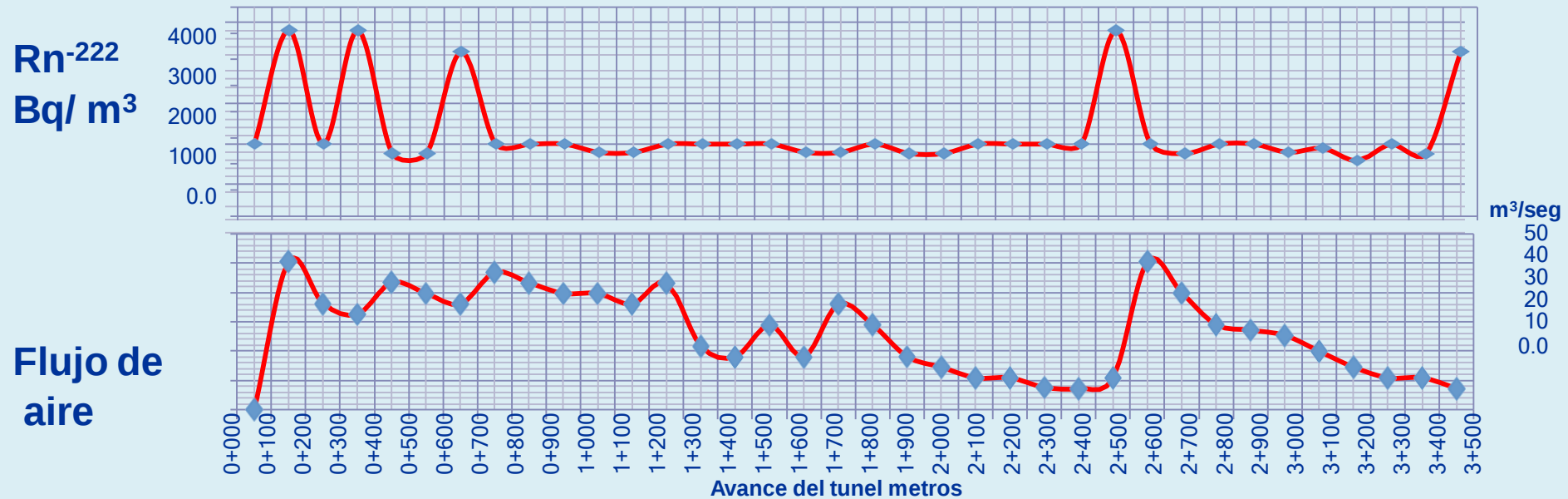


Métodos para la determinación del radón

Dispositivos para
determinar el radón
por trazas nucleares



Importancia de la ventilación para disminuir Concentración radón en un ambiente cerrado



Medidas para controlar la exposición del radón del personal ocupacional

- ✓ **VENTILACION MECANICA**
- ✓ **AISLAMIENTO DE LA FUENTE**
- ✓ **LIMPIEZA DEL AIRE**
- ✓ **PROTECCION RESPIRATORIA**
- ✓ **TRABAJO ROTACIONAL**
- ✓ **MONITORAJE DEL AIRE**

- Journal of Radiation and Nuclear ApplicationsJ. Rad. Nucl. Appl. 6, No. 2, 115-118 (2021)

GRACIAS

email: jmartinez@ipen.gob.pe



INSTITUTO PERUANO DE ENERGÍA NUCLEAR - IPEN

IPEN: C&T para la Competitividad

EFECTOS BIOLÓGICOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES – RADÓN Y RIESGO A LA SALUD

Dirección General de Salud Ambiental – MINSA

08 de Febrero 2023



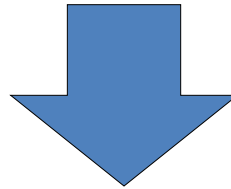
DR. GERMÁN MENDOZA PÉREZ
Medicina Radiosanitaria



INSTITUTO PERUANO DE ENERGÍA NUCLEAR - IPEN

VIGILANCIA RADIOSANITARIA DEL TRABAJADOR OCUPACIONALMENTE EXPUESTO A RI

FUNDAMENTOS DE LA SALUD OCUPACIONAL



**VIGILANCIA RADIOSANITARIA DEL
TRABAJADOR OCUPACIONALMENTE
EXPUESTO A RADIACIONES IONIZANTES**

LEY N° 28028 LEY DE REGULACIÓN DEL USO DE FUENTES DE RADIACIÓN IONIZANTE

- **OBJETO:** REGULAR LAS PRÁCTICAS QUE DAN LUGAR A EXPOSICIÓN O POTENCIAL EXPOSICIÓN A RADIACIONES IONIZANTES CON EL FIN DE PREVENIR Y PROTEGER DE SUS EFECTOS NOCIVOS, LA SALUD DE LAS PERSONAS, EL MEDIO AMBIENTE Y LA PROPIEDAD
- **EXPOSICIÓN OCUPACIONAL:** TODA EXPOSICIÓN DE LOS TRABAJADORES RECIBIDA DURANTE SU TRABAJO, CON EXCEPCIÓN DE LAS EXPOSICIONES MÉDICAS, EXCLUIDAS O EXENTAS

DS 009-97-EM

REGLAMENTO DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA

- Artículo 2.- LA **FINALIDAD** ES GARANTIZAR LA PROTECCIÓN DEL TRABAJADOR, PÚBLICO Y DEL MEDIO AMBIENTE, CONTRA LOS RIESGOS INDEBIDOS ORIGINADOS POR LA EXPOSICIÓN A RADIACIONES IONIZANTES
- Artículo 41.- **EXPOSICIÓN OCUPACIONAL.** TODA EXPOSICIÓN DE LOS TRABAJADORES RECIBIDA DURANTE EL TRABAJO, CON EXCEPCIÓN DE LAS EXPOSICIONES EXCLUIDAS DEL ÁMBITO DEL REGLAMENTO Y DE LAS EXPOSICIONES CAUSADAS POR FUENTES O PRÁCTICAS EXENTAS POR EL REGLAMENTO
- Artículo 83.- **TRABAJADOR EXPUESTO.** PERSONA QUE TRABAJA, EN JORNADA COMPLETA, PARCIAL O TEMPORALMENTE, POR CUENTA DE UN EMPLEADOR Y TIENE DERECHOS Y DEBERES RECONOCIDOS EN CUANTO A SEGURIDAD Y PROTECCIÓN DURANTE SU OCUPACIÓN. UNA PERSONA EMPLEADA POR SU CUENTA PROPIA TIENE LOS DEBERES DE UN TRABAJADOR EXPUESTO

LEY 29783 SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

- **PRINCIPIO DE PREVENCIÓN**
- **PRINCIPIO DE RESPONSABILIDAD**
- **PRINCIPIO DE COOPERACIÓN**
- **PRINCIPIO DE INFORMACIÓN Y CAPACITACIÓN**
- **PRINCIPIO DE ATENCIÓN INTEGRAL DE LA SALUD**
- **PRINCIPIO DE CONSULTA Y PARTICIPACIÓN**
- **PRINCIPIO DE PRIMACÍA DE LA REALIDAD**

NIVELES DE PREVENCIÓN

**PRIMARIA: ELIMINAR EXPOSICIÓN A
ELEMENTO PELIGROSO**

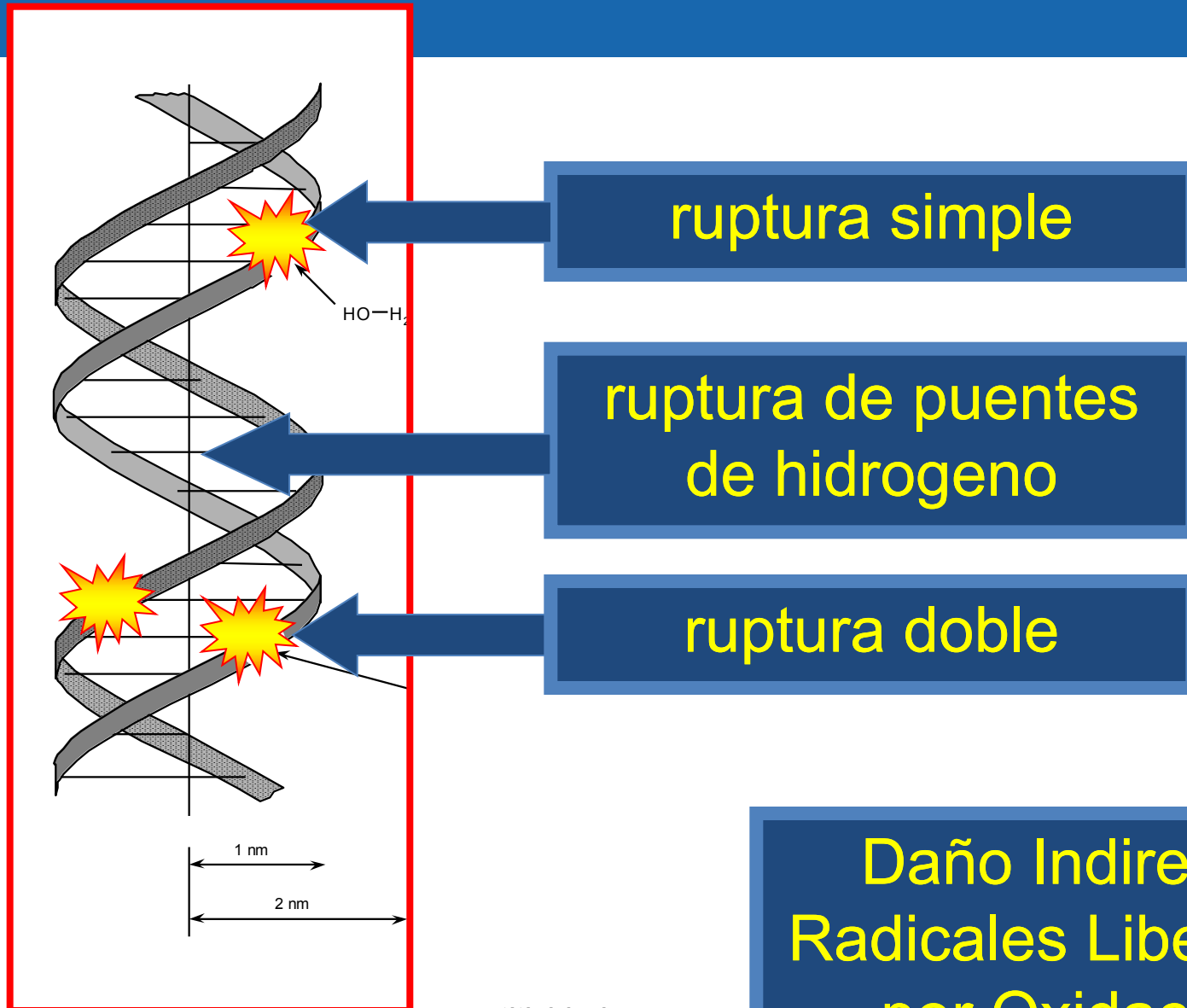
SI PUEDO “ELIMINAR” RADÓN

**SECUNDARIA: DETECCIÓN PRECOZ DE LA
ENFERMEDAD O DAÑO**

**TERCIARIA: RETARDAR O REDUCIR LAS
COMPLICACIONES Y SECUELAS DE LA
ENFERMEDAD O DAÑO**

QUÉ SABEMOS DE LOS EFECTOS DE LAS RI ???

LESIONES DE ADN



**Daño Indirecto:
Radicales Liberados
por Oxidación**

LESIONES CELULARES



SABEMOS LO QUE OCURRE LUEGO DE

EXPOSICIÓN AGUDA / ALTAS DOSIS
ACCIDENTES NUCLEARES O RADIOLÓGICOS

QUÉ SUCEDE EN EXPOSICIÓN
CRÓNICA / BAJAS DOSIS ??
EXPOSICIÓN LABORAL

INVESTIGACIÓN !!

Diferentes Criterios para la Clasificación de los Efectos Biológicos de la Radiación Ionizante

Tiempo de aparición de síntomas

Agudo (horas, semanas o meses)

Crónico (Años)

Diferentes Criterios para la Clasificación de los Efectos Biológicos de la Radiación Ionizante

Tipo de células expuestas

Somáticas

Germinales

Diferentes Criterios para la Clasificación de los Efectos Biológicos de la Radiación Ionizante

Existencia o no de umbral para la manifestación
Determinístico (+)
Estocástico (-)

Daño celular radioinducido

Reparación adecuada

Reparación inadecuada

Célula viable normal

Muerte celular

Célula transformada

EFFECTOS
DETERMINISTICOS

EFFECTOS
ESTOCASTICOS

A partir de un umbral
de dosis

No presentan umbral
de dosis

EFECTOS DETERMINÍSTICOS: DAÑO A LA PIEL

Efecto	Dosis Única Umbral Gy	Tiempo de aparición
Eritema inmediato	2	horas
Eritema principal	6	~10 días
Perdida pelo transitoria	3	~3 semanas
Perdida pelo permanente	7	~3 semanas
Descamación seca	14	~4 semanas
Descamación húmeda	18	~4 semanas
Ulceración secundaria	24	>6 semanas
Eritema tardío	15	~6 – 10 semanas
Necrosis dérmica isquémica	18	>10 semanas
Atrofia dérmica (1ra fase)	10	>14 semanas
Atrofia dérmica (2da fase)	10	>1 año
Dureza (Fibrosis invasiva)	10	
Telangiectasias	10	>1 año
Necrosis tardía de piel	>12?	>1 año
Cáncer de piel	No conocido	>5 año

EFECTOS ESTOCÁSTICOS

- Son aquellos cuya probabilidad de aparición aumenta con la dosis de la radiación
- La gravedad es la misma no depende de la dosis
- Ejemplos de efectos estocásticos
 - **Cáncer** Life Span Study (Poblaciones de Hiroshima y Nagasaki), Seguimiento accidente Chernobyl, estudios en radiólogos, mineros de uranio, militares presentes en pruebas nucleares, estudio INWORKS (International Nuclear Workers Study)
 - **Malformaciones congénitas**
- La palabra estocástico significa algo que ocurre al azar y es de naturaleza aleatoria

Agentes oncogénicos en general

- **Químicos**

- HC policíclicos (tabaco)
- Aminas aromáticas (industria da goma y colorantes)
- Agentes alquilantes (ciclofosfamida)
- Asbestos
- Cloruro de vinilo

- **Biológicos**

- VEB
 - linfoma de Burkitt
 - Ca de nasofaringes
 - otros linfomas y casos de MH
- VHB (hígado)
- PVH (Ca cervical y de la piel)
- HTLV-1 (leucemias de células T)
- Aflatoxina (hígado)

Agentes oncogénicos en general

- **Físicos**

- Radiación UV (piel)
- Radiación ionizante



- **Nutricionales**

- Dieta rica en grasa (mama y colon)
- Dieta pobre en fibra (colon)
- Nitrosaminas (sistema GI)
- Bebidas calientes y alcohol (esófago)

- **Hormonales**

- Estrógeno (mama y endometrio)
- Testosterona (próstata)
- Anabolizantes (hígado)

- **Hereditarios**

- Síndrome MEN (neoplasia endocrina múltiple)
- Poliposis del colon
- Xeroderma pigmentoso (piel)
- Retinoblastoma familiar

RIESGO RELATIVO

AGENTE	RIESGO
Radiación Ionizante	1
Ingesta de alcohol	1.5
Comportamiento sexual	3.5
Infección por virus	5
Humo de tabaco	15
Tipo de dieta	18



Resolución Ministerial

Lima, 14 de Julio del 2008

Vistos los expedientes N° 07-048071-002 y 07-082041-001, que contienen el Memorandum N° 0426-2008-DGSP/MINSA de la Dirección General de Salud de las Personas;

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 2° de la Ley N° 27657, Ley del Ministerio de Salud, establece que el Ministerio de Salud es el ente rector del Sector Salud que conduce, regula y promueve la intervención del Sistema Nacional de Salud, con la finalidad de lograr el desarrollo de la persona humana, a través de la promoción, protección, recuperación y rehabilitación de su salud y del desarrollo de un entorno saludable, con pleno respeto de los derechos fundamentales de la persona, desde su concepción hasta su muerte natural;

Que, el artículo 3° de las Normas Técnicas del Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo, aprobado por Decreto Supremo N° 003-98-SA, señala que la tabla de Enfermedades Profesionales y su vinculación causal con la clase de trabajo que la origina será aprobada por el Ministerio de Salud, a propuesta de la Comisión Técnica Médica a que se refiere el Artículo 30° del indicado dispositivo;

Que, por Resolución Ministerial N° 360-98-SA/DM, fue creada la Comisión Técnica Médica encargada de proponer al Ministerio de Salud, previa coordinación con el Instituto Nacional de Rehabilitación, las normas para la evaluación y calificación del grado de invalidez de los trabajadores asegurados a que deben sujetarse las Aseguradoras y el Instituto Nacional de Rehabilitación, conforme a lo dispuesto en el Artículo 30° de la citada Norma Técnica;

Que, en virtud de ello, la indicada Comisión Técnica Médica, ha cumplido con elaborar, entre otros, el Listado de Enfermedades Profesionales, para su aprobación;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 826-2005/MINSA, se aprueban la "Normas para la elaboración de documentos Normativos del Ministerio de Salud" con el objetivo de normar el procedimiento para la formulación o actualización,



M. Arce R.



C. Reyes J.



P.M. AAAB.



S. Reyes N.

**RM 480 -2008 MINSA:
Listado de enfermedades
profesionales**

RM 480 -2008 MINSA: Listado de enfermedades profesionales

NTS N° 068 - MINSA/DGSP - V.1

NORMA TÉCNICA DE SALUD QUE ESTABLECE EL LISTADO DE ENFERMEDADES PROFESIONALES

	• Crisis hipóxica. • Síndrome neurológico de altas presiones. c) Afecciones debidas a la descompresión: • Dolores osteoarticulares. • Hormigueos subcutáneos. • Accidentes neurológicos. • Osteonecrosis disbárica en hombro, cadera o rodilla con radiografía característica.	
Enfermedades provocadas por radiaciones ionizantes	T66 • Aplasia Medular • Radioepidermitis • Alopecia • Oligospermia, • Azoospermia • Cataratas • Radiodermitis • Afecciones tiroideas • Radiotensiones de las mucosas • Queratinización del epitelio corneal y conjuntival • Ojo seco • NEOPLASIAS ASOCIADAS A LA EXPOSICIÓN NO CODIFICABLES EN ESTE APARTADO (VER NOTA) • Epitelioma espinocelular cutáneo • Leucemia • Osteosarcoma • Cáncer de pulmón Nota: las neoplasias malignas se codificarán en el apartado específico de cáncer	Todos los trabajos expuestos a la acción de los rayos X o de las sustancias radiactivas naturales o artificiales o a cualquier fuente de emisión corpuscular, y especialmente: • Trabajos de extracción y tratamiento de minerales radiactivos. • Fabricación de aparatos de rayos X y de radioterapia. • Fabricación de productos químicos y farmacéuticos radiactivos. • Empleo de sustancias radiactivas y rayos X en los laboratorios de investigación. • Fabricación y aplicación de productos luminosos con sustancias radiactivas en pinturas de esferas de relojería. • Trabajos industriales en que se utilizan rayos X y materiales radiactivos, medidas de espesor y de desgaste. • Trabajos en las consultas de radiodiagnóstico, de radio y radioterapia y de aplicación de isótopos radiactivos, en consultas, clínicas, sanatorios, residencias y hospitales. • Conservación de alimentos. • Reactores de investigación y de producción de energía. • Instalación de producción y tratamiento de radioelementos. • Fábrica de enriquecimiento de combustibles. • Instalaciones de tratamiento y almacenamiento de residuos radiactivos. • Transporte de materias radiactivas.

36

NORMAS INTERNACIONALES

Normas Básicas Internacionales de Seguridad General “Safety Requirements Part 3 No. GSR Part 3 Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards” (EC,FAO,IAEA, ILO,OECD/NEA, PAHO, UNEP, WHO) 2014 señala que la persona u **organización responsable de la instalación y/o de las actividades que dan origen a riesgos por exposición a RI deben priorizar la protección y seguridad del trabajador**. Adicionalmente las organizaciones deben mantener programas de vigilancia de la salud del trabajador, basadas estas en los principios generales de la salud ocupacional.

Estándares de Seguridad “Occupational Radiation Protection N° GSG7” (IAEA, ILO) **2018** señala que el **médico ocupacional vigila la salud de los trabajadores, basándose en los principios de la salud ocupacional. El médico ocupacional debe conocer acerca de los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes, la interpretación de la exposición y dosimetría de los trabajadores. Con el soporte de especialistas utilizará sus conocimientos para elaborar el programa de vigilancia laboral.**

IAEA-TECDOC-870

***Methods for estimating
the probability of cancer
from occupational
radiation exposure***



INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY

IAEA

April 1996

TABLE I. A SELECTION OF CARCINOGENS, ACTIVITIES, EXPOSURE CIRCUMSTANCES AND CANCER SITES

Carcinogen	Exposure or circumstance				Cancer site(s)
	Occupational	Medical	Social	Environmental	
Benzene	+				Bone marrow
Asbestos	+			+/-	Lung, pleura and peritoneum
Arsenic	+	+			Lung, skin
Ionizing radiation	+	+		+/-	Marrow, bone, lung and others.
Ultra-violet radiation	+		+		Lip, skin
Polycyclic hydrocarbons	+	+		+/-	Skin, scrotum, lung
Alkylating agents		+			Marrow, bladder
Steroids		+			Liver
Alcohol			+		Mouth, pharynx, oesophagus, liver
Tobacco smoking			+		Mouth, larynx, lung, oesophagus, bladder
Sexual behaviour (virus)			+		Cervix uteri
Overnutrition (causing obesity)			+		Endometrium, gall bladder
Hepatitis B (virus)	+/-		+	+	Liver
Aflatoxin				+	Liver
Population mixing (virus)				+/-	Marrow, Burkitt's lymphoma
Air pollution*				+/-	Various

(Adapted from Ref. [2].)

Notes:

+ Definite carcinogenic activity or circumstance.

+/- Probable carcinogenic activity or circumstance.

* Assumed from known contents of pollutants, e.g. arsenic, polycyclic hydrocarbons.

IARC INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH IN CANCER

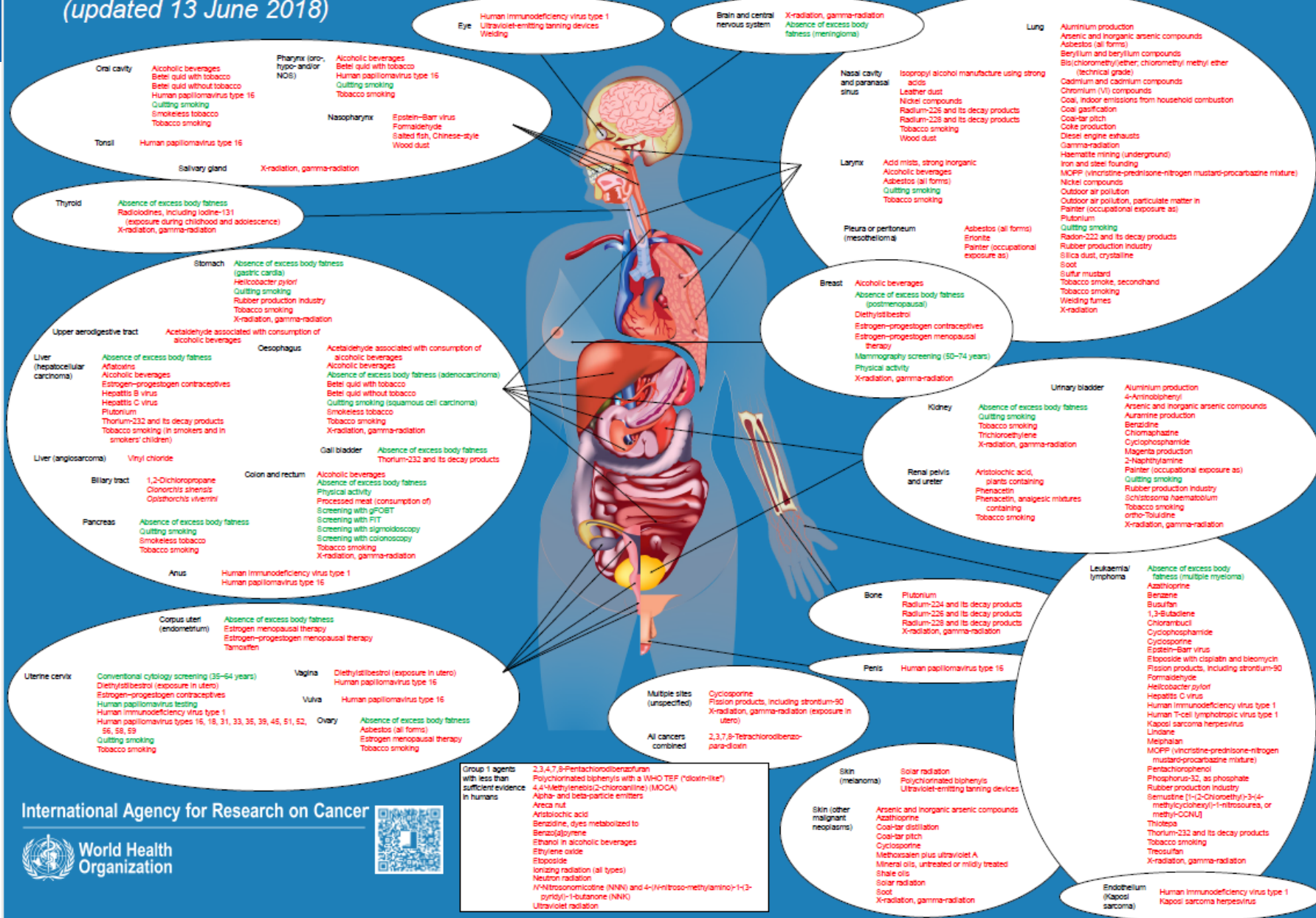


IARC: GRUPOS DE CANCERIGENOS

Grupo 1 Cancerígeno para los seres humanos	Grupo 2A Probablemente Cancerígeno para los seres humanos	Grupo 2B Posiblemente Cancerígeno para los seres humanos	Grupo 3 No se clasifica	Grupo 4 Probablemente no Cancerígeno para los seres humanos
La evidencia ha probado que es un agente que se asocia con el cáncer en seres humanos	Existe evidencia limitada de una asociación con el cáncer en seres humanos, pero pruebas suficientes de asociación con el cáncer en animales de experimentación	Existe evidencia limitada de una asociación con el cáncer en seres humanos, pero pruebas insuficientes asociadas con el cáncer en animales de experimentación.	La evidencia indica que no es posible clasificarlo como un agente cancerígeno, basado en la información científica disponible	Existen pruebas para demostrar que el agente "no está asociado " con el cáncer en seres humanos
EJEMPLOS	EJEMPLOS	EJEMPLOS	EJEMPLOS	EJEMPLOS
107 agentes, incluyendo: > Bebidas Alcohólicas > Amianto (todas las formas) > Arsénico > El benceno > El formaldehído > la radiación ionizante (todos los tipos) > Consumo de tabaco, en fumadores y no fumadores. > Pintor (exposición ocupacional) > La luz del sol – Rayos UV (radiación solar)	58 agentes, incluyendo: > Peluquería o peluquero (exposición ocupacional) > Petróleo refinado (exposición ocupacional) > trabajo por turnos que implica trastornos circadianos (interrupción a la normalidad los patrones de sueño) > Gases de combustión de automotores. > Lámparas bronceadoras.	249 agentes, incluyendo: > Café (vejiga y tracto urinaria) > Combustible diesel, marinos > Limpieza en seco (exposición ocupacional) > Bomberos (exposición ocupacional) > Estireno > Trabajo en Fabricación Textil > Campos Magnéticos de muy baja frecuencia – Red Eléctrica (ELF) > Polvos de talcos higiénicos.	512 agentes, incluyendo: > Ácido acrílico > Clorados en agua potable > Productos para dar color al pelo (uso personal) > La iluminación fluorescente > Campos Eléctricos de muy baja frecuencia – Red Eléctrica (ELF). > Mercurio. > Sacarinas	Un agente: > caprolactama NOTA: Tener en cuenta que la Caprolactama es altamente tóxico y no debe ser considerado como "seguros" , salvo para esta clasificación

IARC Monographs of Carcinogenic Hazards to Humans and Handbooks of Cancer Prevention

(updated 13 June 2018)

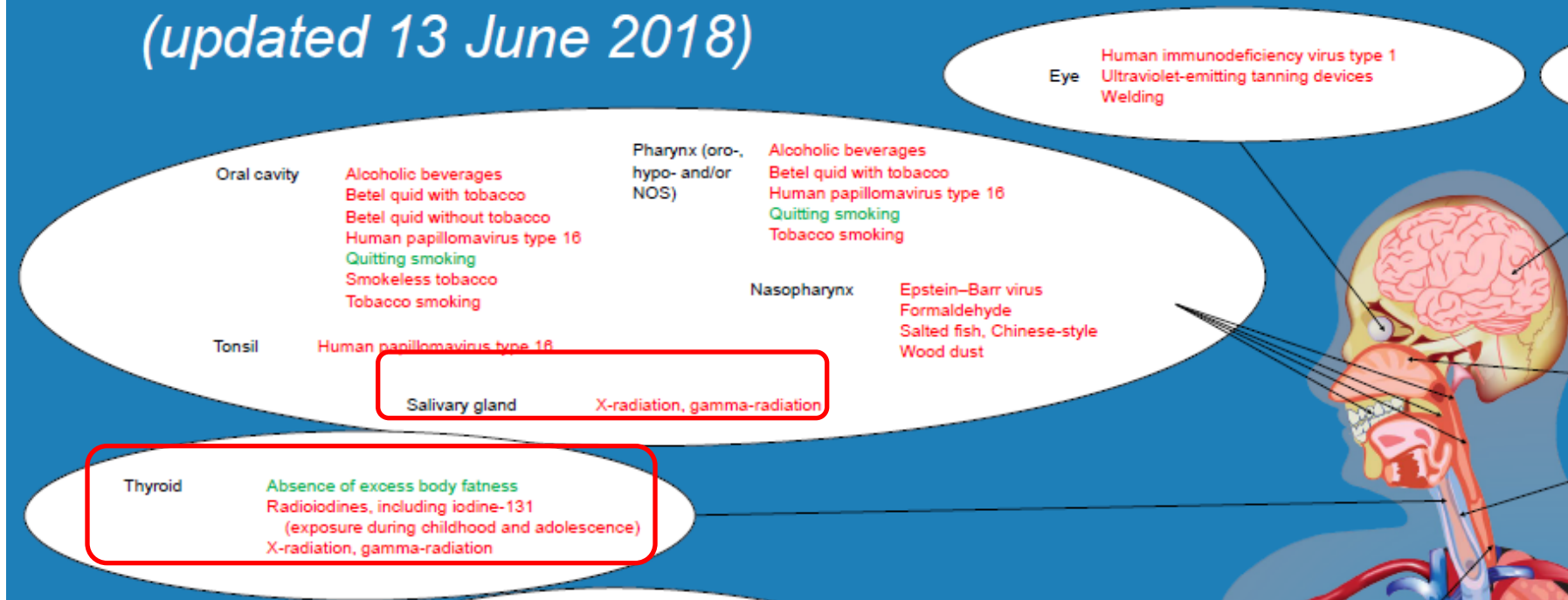


International Agency for Research on Cancer



IARC y TOE

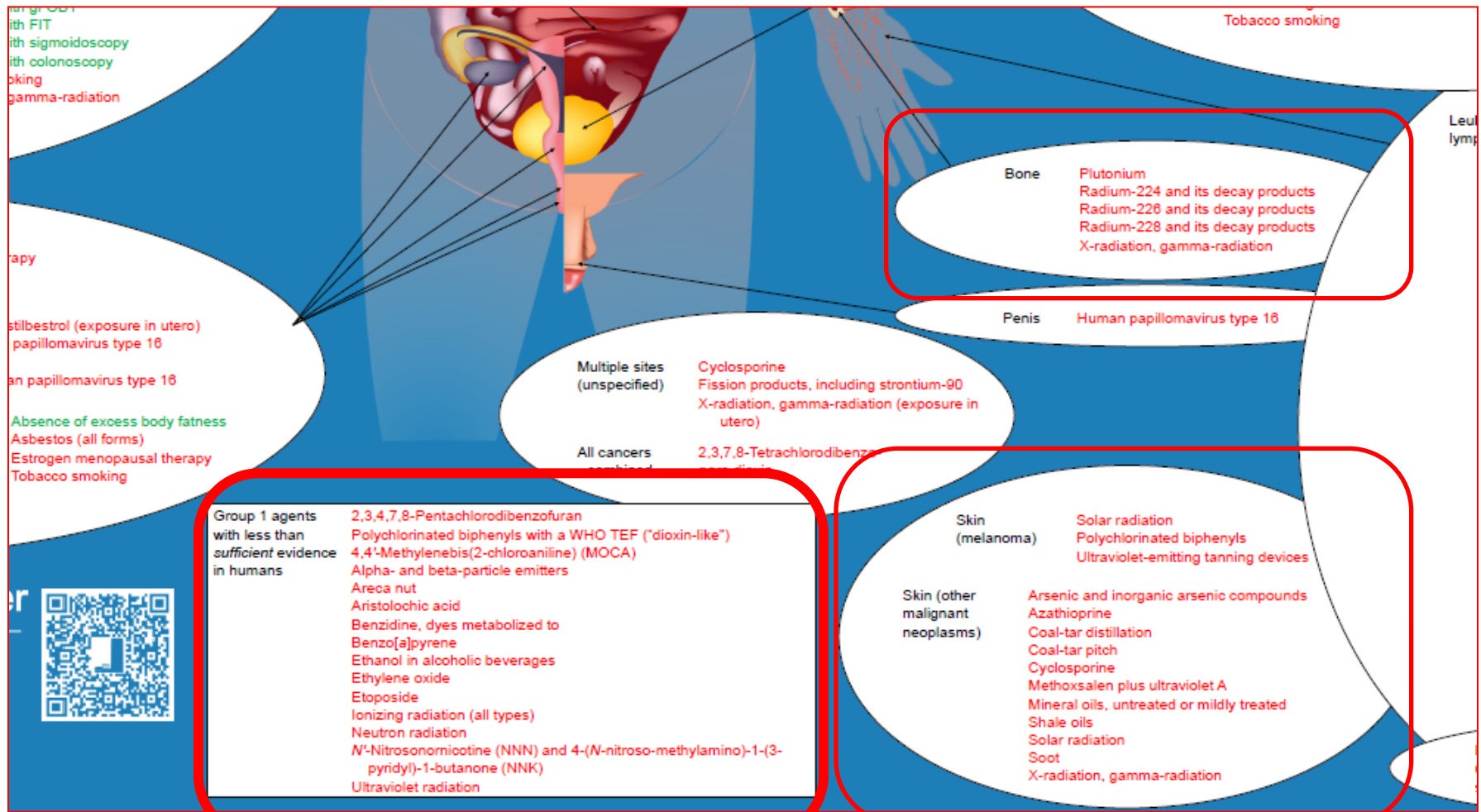
IARC Monographs of Carcinogenic Hazards to H (updated 13 June 2018)



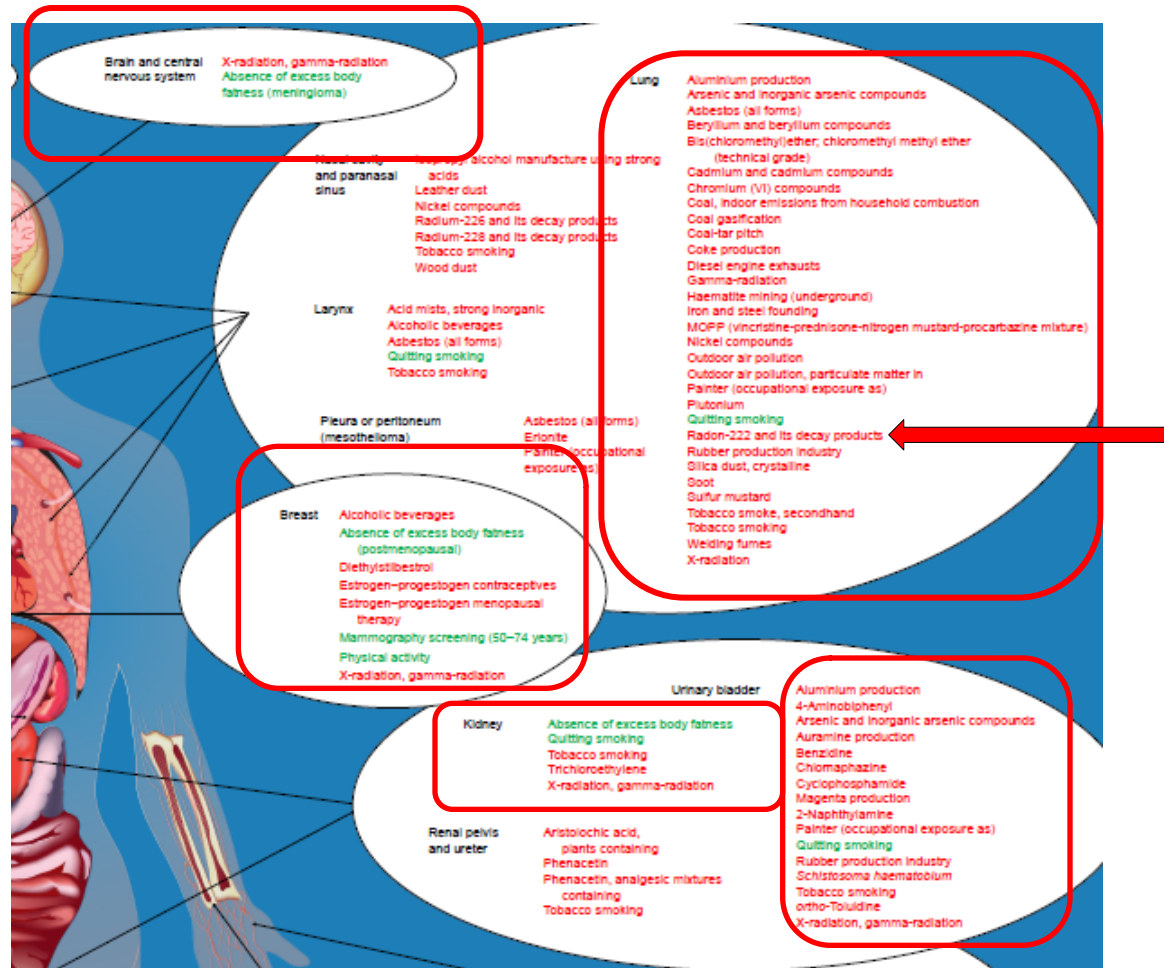
IARC y TOE



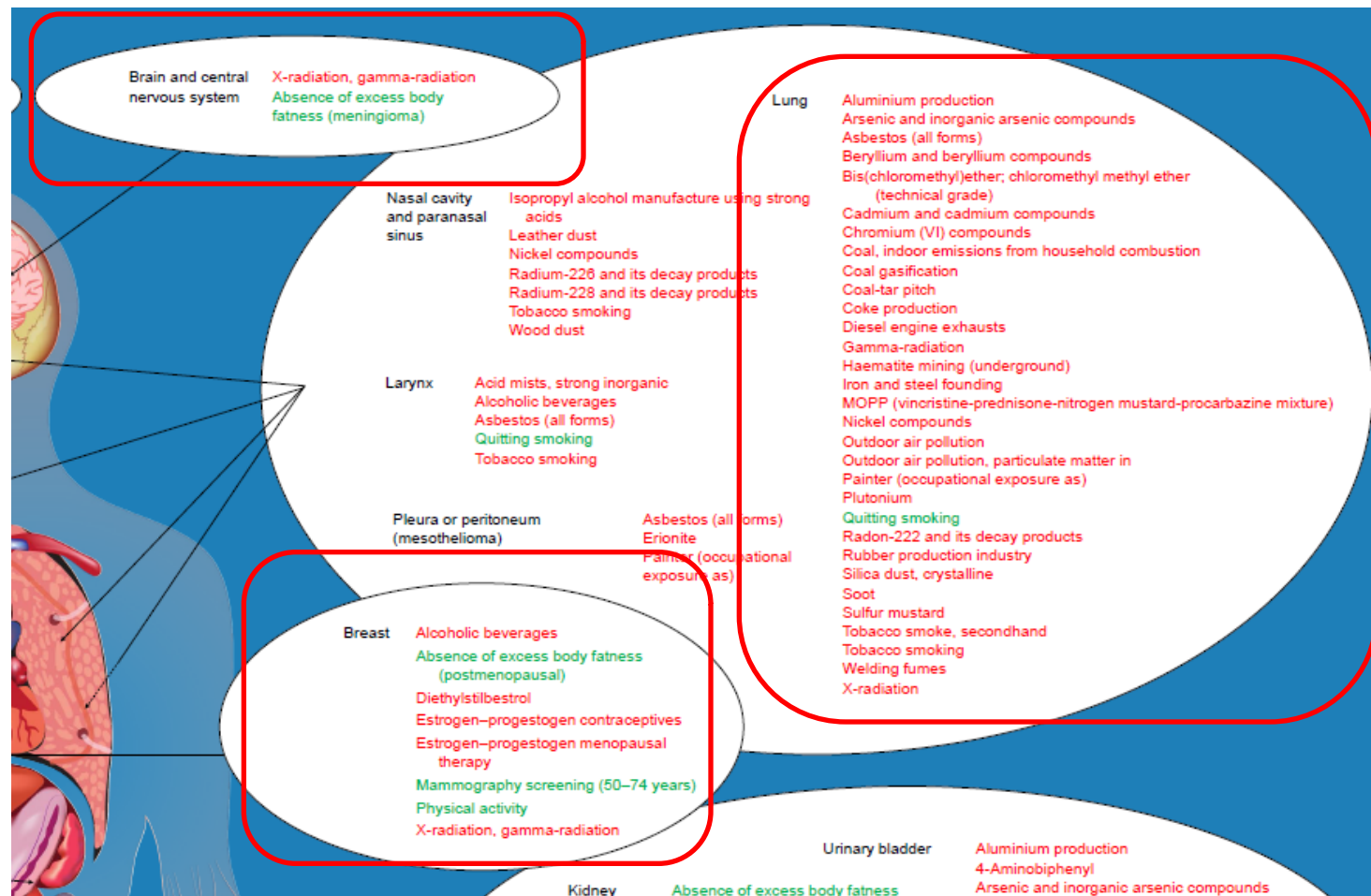
IARC y TOE



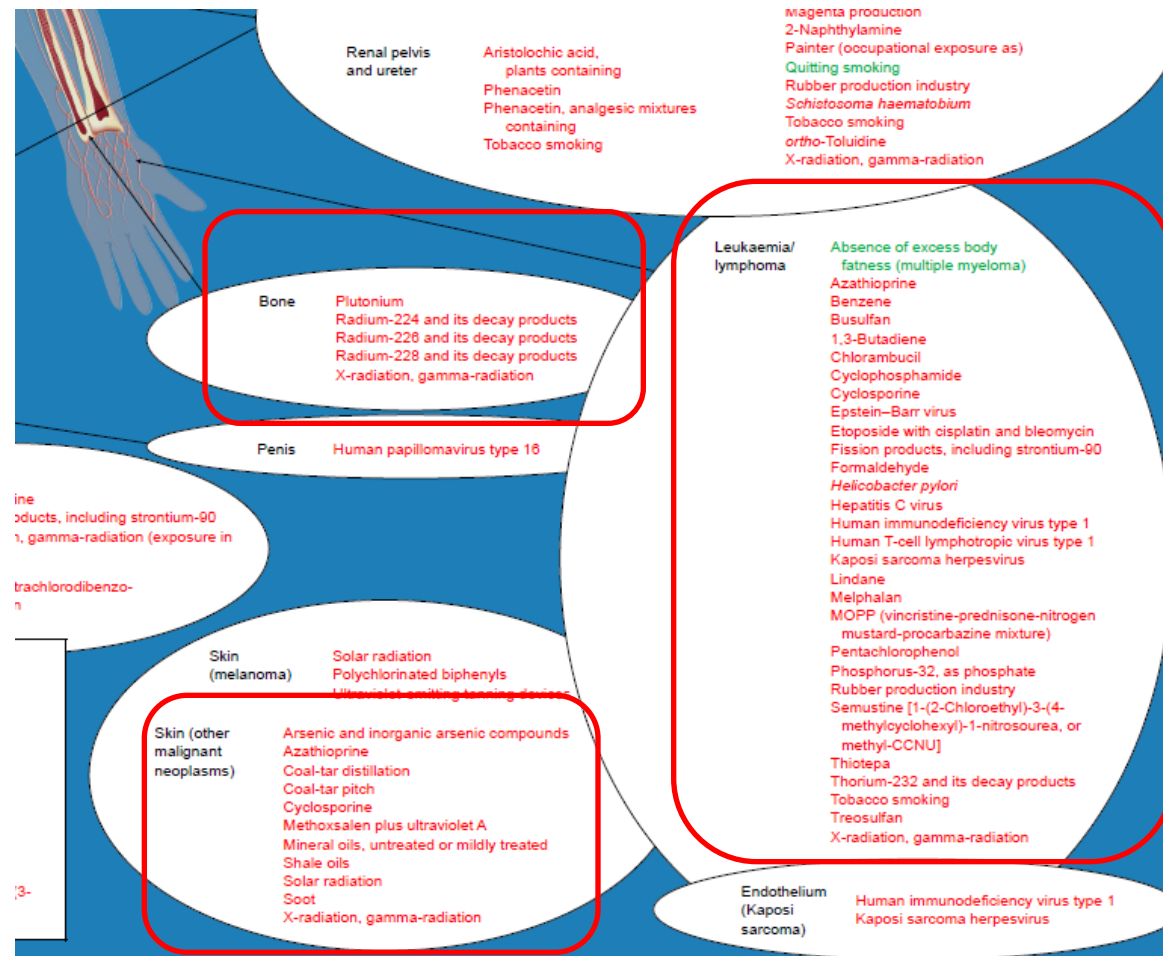
IARC y TOE



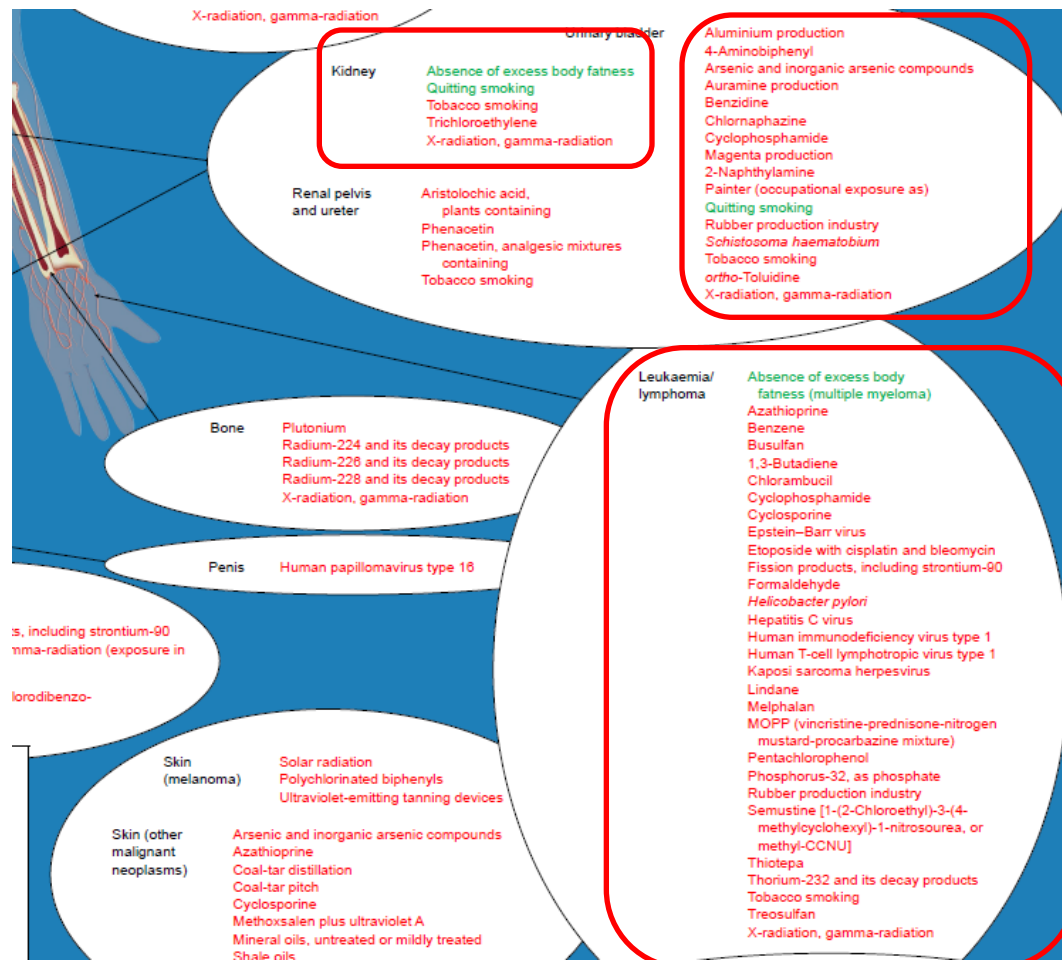
IARC y TOE



IARC y TOE



IARC y TOE

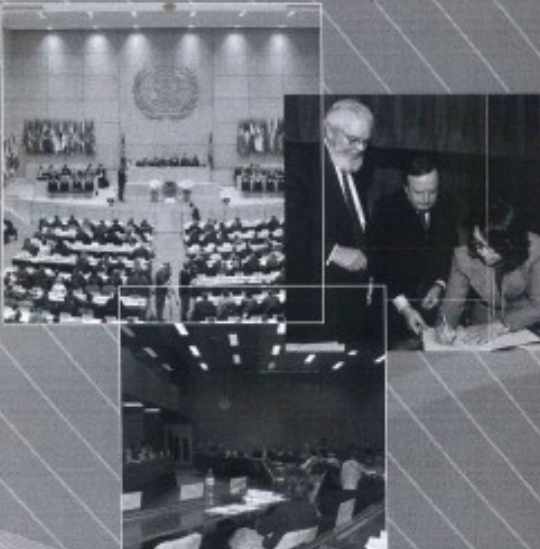




Organización
Internacional
del Trabajo

Lista de enfermedades profesionales de la OIT

(revisada en 2010)



- **Decreto Ley N° 21601 de 31 de agosto de 1976, el Gobierno Peruano ratificó el Convenio N° 139 sobre el Cáncer Profesional que suscribiera en la Organización Internacional del Trabajo (OIT)**
- **DS 015-2005-SA**
- **DS 013-2006 Art. 25**
- **RM 030-2007 MINSA que aprueba el "Plan Nacional para el Fortalecimiento de la Prevención y Control de Cáncer"**

2.4. Trastornos mentales y del comportamiento

2.4.1. Trastorno de estrés postraumático

2.4.2. Otros trastornos mentales o del comportamiento no mencionados en el punto anterior cuando se haya establecido, científicamente o por métodos adecuados a las condiciones y la práctica nacionales, un vínculo directo entre la exposición a factores de riesgo que resulte de las actividades laborales y el (los) trastorno(s) mentales o del comportamiento contraído(s) por el trabajador

3. Cáncer profesional

3.1. Cáncer causado por los agentes siguientes

3.1.1. Amianto o asbesto

3.1.2. Bencidina y sus sales

3.1.3. Éter bis-clorometílico

3.1.4. Compuestos de cromo VI

3.1.5. Alquitranes de hulla, brea de carbón u hollín

3.1.6. Beta-naftilamina

3.1.7. Cloruro de vinilo

3.1.8. Benceno

3.1.9. Derivados nitrados y aminicos tóxicos del benceno o de sus homólogos

3.1.10. Radiaciones ionizantes

3.1.11. Alquitrán, brea, betún, aceite mineral, antraceno, o los compuestos, productos o residuos de estas sustancias

3.1.12. Emisiones de hornos de coque

3.1.13. Compuestos de níquel

3.1.14. Polvo de madera

3.1.15. Arsénico y sus compuestos

3.1.16. Berilio y sus compuestos

3.1.17. Cadmio y sus compuestos

3.1.18. Erionita

3.1.19. Óxido de etileno

3.1.20. Virus de la hepatitis B (VHB) y virus de la hepatitis C (VHC)

3.1.21. Cáncer causado por otros agentes en el trabajo no mencionados en los puntos anteriores cuando se haya establecido, científicamente o por métodos adecuados a las condiciones y la práctica nacionales, un vínculo directo entre la exposición a dichos agentes que resulte de las actividades laborales y el cáncer contraído por el trabajador

4. Otras enfermedades

4.1. Nistagmo de los mineros

4.2. Otras enfermedades específicas causadas por ocupaciones o procesos no mencionados en esta lista cuando se haya establecido, científicamente o por métodos adecuados a las condiciones y la práctica nacionales, un vínculo directo entre la exposición que resulte de las actividades laborales y la(s) enfermedad(es) contraída(s) por el trabajador



PERÚ

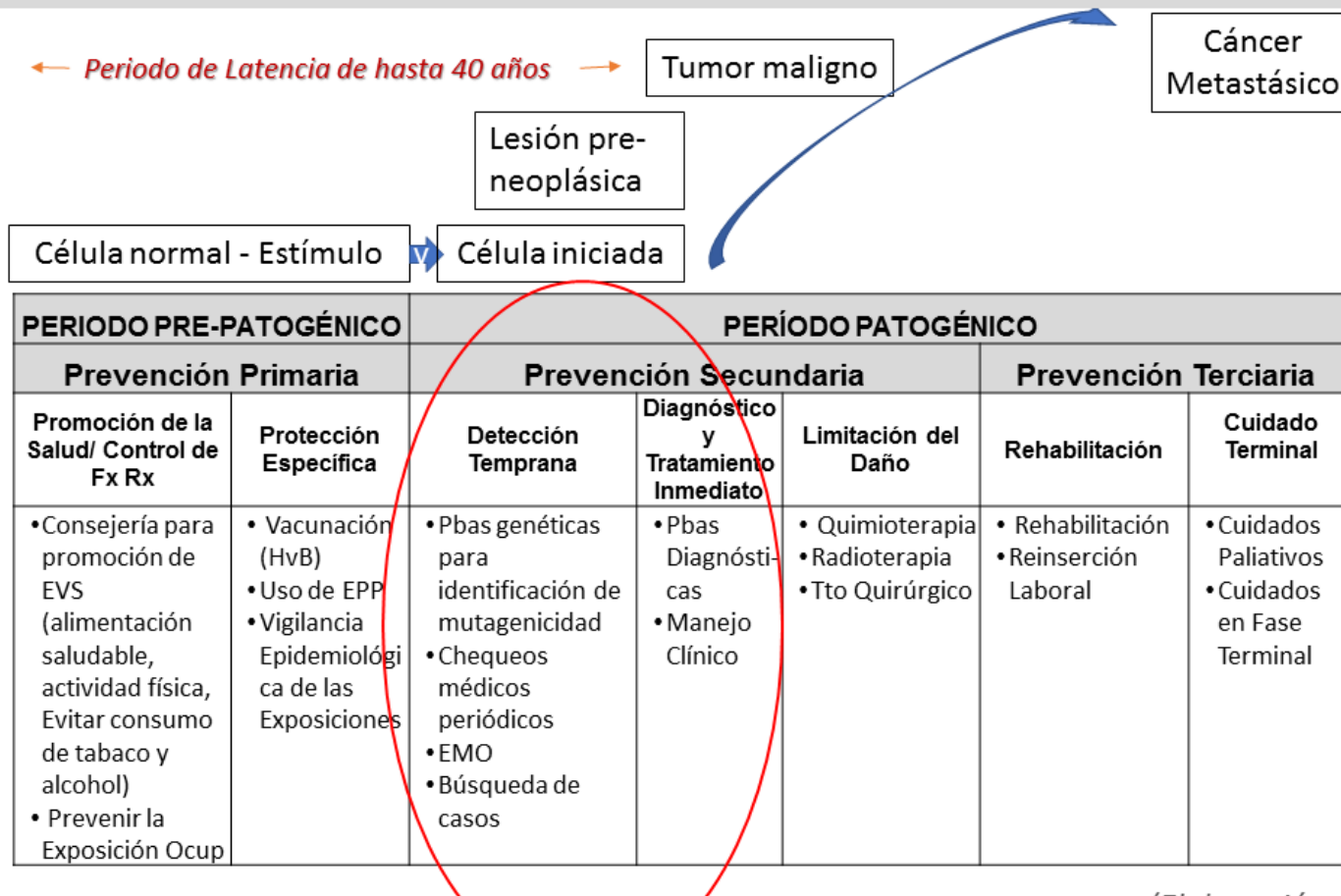
Ministerio de Salud



HACIA EL DIAGNÓSTICO DE CÁNCER OCUPACIONAL

***Dirección de Prevención y Control del Cáncer
Dirección General de Intervenciones Estratégicas en Salud Pública***

ABORDAJE DE ACUERDO CON LA HISTORIA NATURAL DE LA ENFERMEDAD





“Elaboración de Firmas Genéticas para identificar mutagenicidad en grupos ocupacionales expuestos a cancerígenos”.

- Para incluir en la Evaluación Médico Ocupacional
- Como Criterio técnico para ayudar al Diagnóstico de la Enfermedad Ocupacional

Nueva era de la Epidemiología del Cáncer: Epidemiología molecular.

Método tradicional asocia la exposición a un factor de riesgo y la enfermedad como resultado.

Epidem. Mol.: Biomarcadores. Permite analizar los eventos que se suscitan entre la exposición y el desarrollo de la enfermedad

CÁNCER OCUPACIONAL

LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD ESTIMA QUE EL CÁNCER ATRIBUIBLE A EXPOSICIONES OCUPACIONALES VARÍA ENTRE 4 Y 40% DE LA CARGA GLOBAL DE CÁNCER

**Manual de Prevención de Cáncer Ocupacional
Departamento de Promoción de la Salud, Prevención
y Control Nacional de Cáncer - 2018**

Sisko Anttila
Paolo Boffetta
Editors

Occupational Cancers

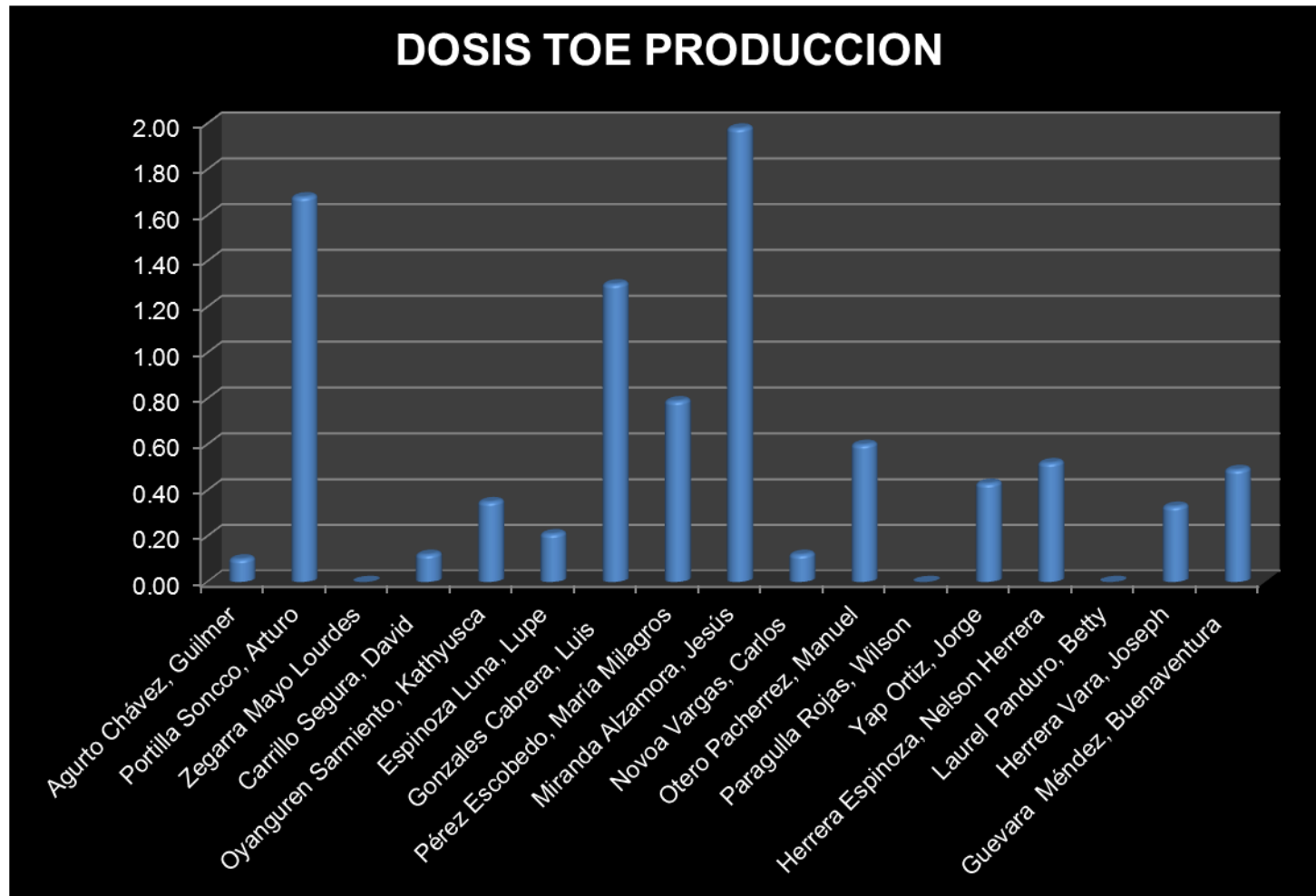
Second Edition

 Springer

- **Biomonitoreo genético (predisposición) Aún controversial**
- **10 - 45 años: Tiempo de latencia entre exposición a carcinógeno y desarrollo de cáncer ocupacional**
- **Biomarcadores de exposición (mide agente o metabolito en especímenes biológicos) o de respuesta (mediciones de procesos fisiológicos o patológicos)**
- **Screening de mesotelioma pulmonar (x exposición a asbesto) : Fibulina2 / High mobility group box protein 1- HMGBP1**

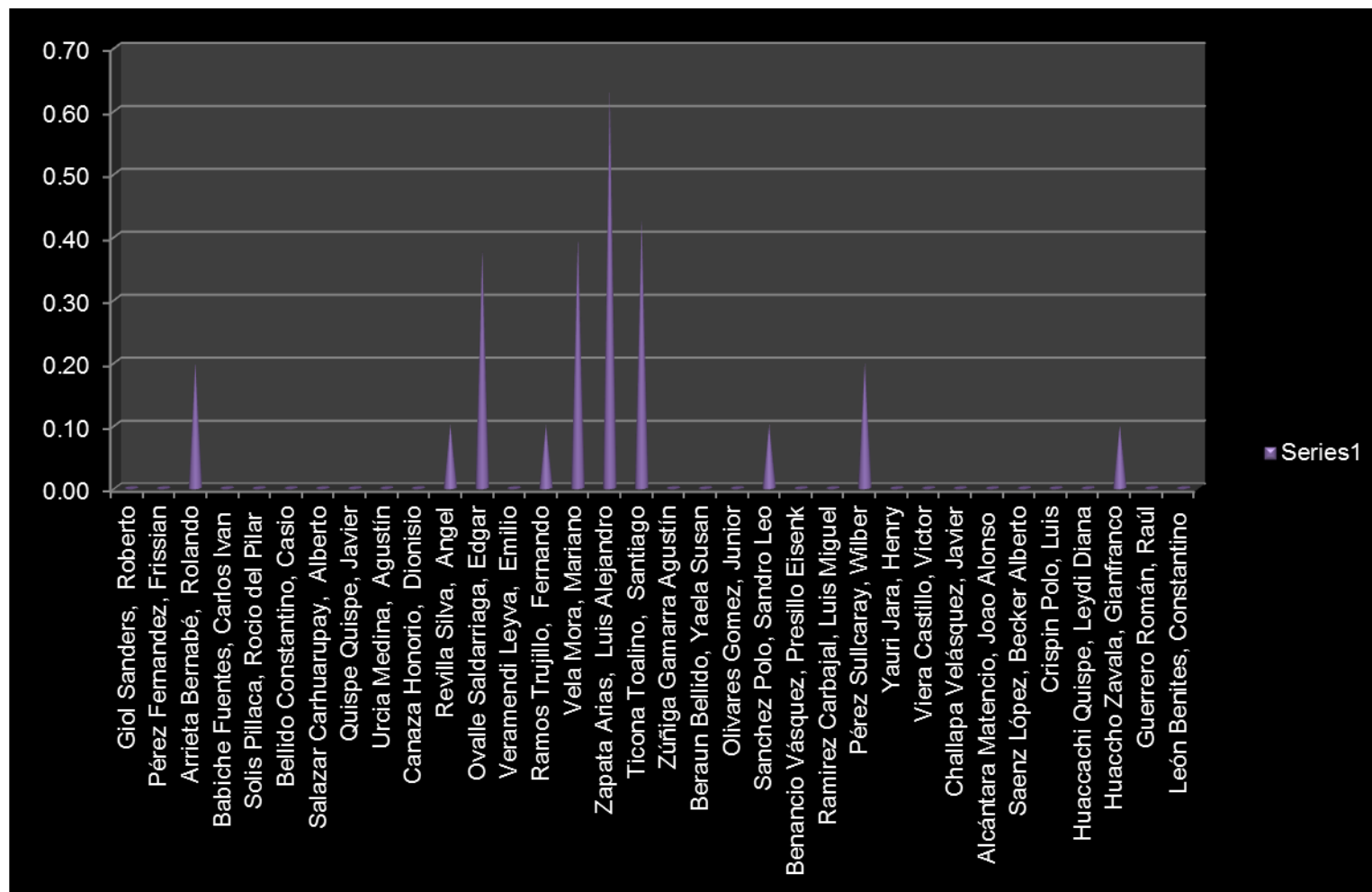
**EXISTE POSIBILIDAD DE
OCURRENCIA
DE EFECTOS
DETERMINÍSTICOS O
ESTOCÁSTICOS ???**

DOSIS ANUAL 2020 – TOE PPR PRODUCCIÓN



1.98 mSv

DOSIMETRIA ANUAL 2020 - TOE RP-10



0.63 mSv

DOSIS MAS ELEVADAS ???

OPERADORES RECINTOS PPR

- 16,89 mSv
- 16,23 mSvs
- 13,79 mSv
- 11,27 mSv

DOSIMETRÍA: OBJETIVO

MEDIR LAS DOSIS ABSORBIDAS (Y CUALQUIER OTRA MAGNITUD RADIOLÓGICA RELACIONADA) CON LA FINALIDAD DE REALIZAR LA VIGILANCIA RADIOLÓGICA

NO “MIRA” EL EFECTO DEL DAÑO AL CUERPO HUMANO

NECESIDAD DE CONTAR CON CONTROLES ESPECÍFICOS QUE DETECTEN EL DAÑO

RM 312-2011MINSA

Aprueba Protocolos de Exámenes Médico Ocupacionales obligatorios por Actividad

MINISTERIO DE SALUD

No. 312-2011/MINSA

REPUBLICA DEL PERÚ

Resolución Ministerial

Lima, 25 de Abril del 2011

Visto, el Informe N°0082-2011-ASHO/DSO/DIGESA, de la Dirección General de Salud Ambiental y el Informe N° 158-2011-OGAJ/MINSA de la Oficina General de Asesoría Jurídica;

CONSIDERANDO:

Z. Solís V.,

Que, el artículo 2° de la Ley N° 27657, Ley del Ministerio de Salud, establece que el Ministerio de Salud es el ente rector del sector salud que conduce, regula y promueve la intervención del Sistema Nacional de Salud con la finalidad de lograr el desarrollo de la persona humana, a través de la promoción, protección, recuperación y rehabilitación de sus salud y del desarrollo de un entorno saludable, con pleno respeto de los derechos fundamentales de la persona desde su concepción hasta su muerte natural;

E. Cruz S.,

Que, el artículo 100° de la Ley N° 26842, Ley General de Salud, establece que quienes conduzcan o administren actividades de extracción, producción, transporte y comercio de bienes o servicios, cualesquiera que éstos sean, tienen la obligación de adoptar las medidas necesarias para garantizar la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores y de terceras personas en sus instalaciones o ambientes de trabajo;

M. Olivera A.,

Que, el artículo 48° del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Salud, aprobado por Decreto Supremo N° 023-2005-SA, dispone que la Dirección General de Salud Ambiental es el órgano técnico normativo de los aspectos relacionados, entre otros, a la Salud Ocupacional;

D. León Ch.,

Que, la Sexta Disposición Complementaria y Transitoria del Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo, aprobado por Decreto Supremo N° 009-2005-TR, precisa que los exámenes médicos a que hace referencia el inciso d) del artículo 39° de este Reglamento, serán obligatorios para las empresas una vez que se apruebe los siguientes documentos: a. Las guías de diagnóstico para exámenes médicos obligatorios por actividad; b. Los protocolos de exámenes médicos

combustión(calderas), • Trabajos de impresión de artes graficas, • Producción de Aluminio			
• Trabajos expuestos a acción de Rayos X, o	Leucemias	Radiación Ionizante	Hemograma completo

13

DOCUMENTO TÉCNICO:
PROTOCOLOS DE EXÁMENES MÉDICO OCUPACIONALES Y GUÍAS DE DIAGNÓSTICO DE LOS EXÁMENES MÉDICOS OBLIGATORIOS POR ACTIVIDAD

de sustancias radioactivas naturales o artificiales, o cualquier fuente de emisión corpuscular			
--	--	--	--

NOS PREGUNTAMOS

- Se justifica efectuar vigilancia ocupacional del TOE efectuando solamente un hemograma
 - Podremos detectar daño determinístico temprano o cáncer temprano con un hemograma ???
-

TIPOS DE PREVENCIÓN

- **PRIMARIA: ELIMINAR EXPOSICIÓN A ELEMENTO PELIGROSO. ESTRATEGIA ÓPTIMA** (*imposible de realizar en IPEN*)
- **SECUNDARIA**
 - **DETECCIÓN PRECOZ DE LA ENFERMEDAD O DAÑO**
 - **Reducción de morbilidad y mortalidad**
- **TERCIARIA: RETARDAR O REDUCIR LAS COMPLICACIONES Y SECUELAS DE LA ENFERMEDAD O DAÑO**

VIGILANCIA RADIOSANITARIA recomendaciones.....

EFFECTOS DETERMINÍSTICOS

- Flt3
- Amilasa sérica
- Evaluación oftalmológica que incluya estudio con lámpara de hendidura (búsqueda de catarata subcapsular)
- T4 libre / TSH bianual
- Na-24 en expuestos a neutrones
- Contador a cuerpo entero

EFFECTOS ESTOCÁSTICOS

- Despistaje de cáncer
- Detección en etapa pre-clínica / imagenología básica
- Costo por trabajador (LPLC: S/. 39)(140 TOE = S/. 5460)

MANUAL DE LA OMS SOBRE EL RADÓN EN INTERIORES

UNA PERSPECTIVA DE SALUD PÚBLICA



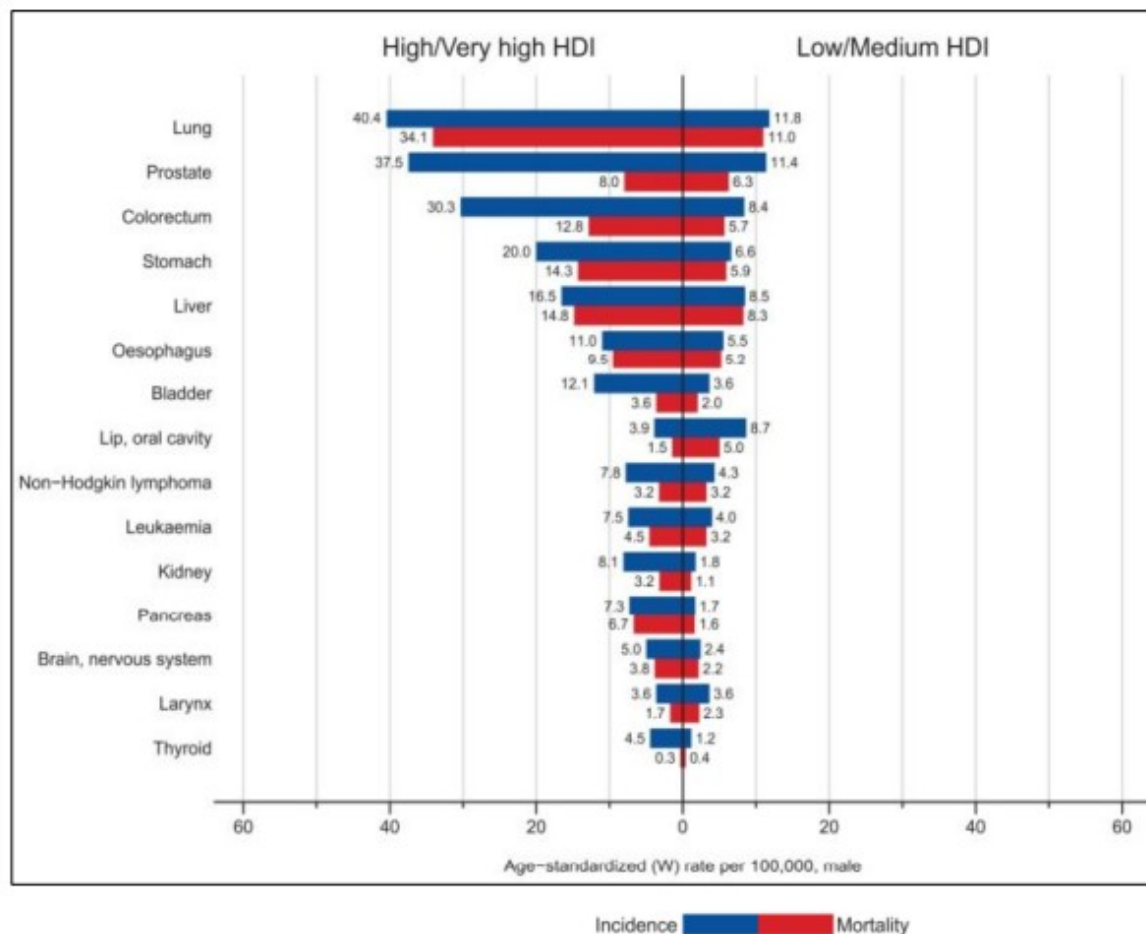
 Organización
Mundial de la Salud

2015

MANUAL OMS: DATOS

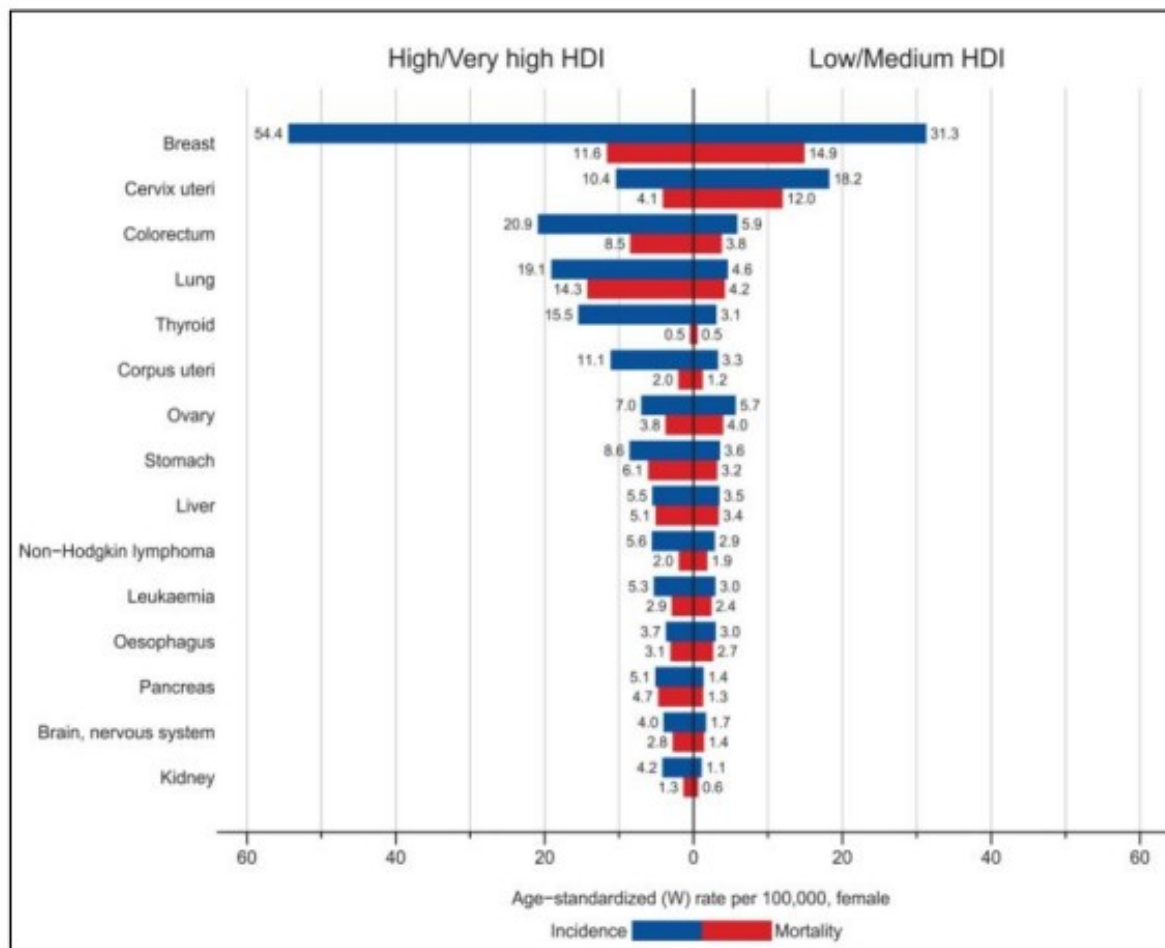
- **Radón: segunda causa de Cáncer de Pulmón - CaP (Tabaco: primera causa)**
- **Demostrada asociación entre exposición en interiores y CaP**
- **Poco éxito de países para reducir el número de CaP asociado a exposición a Ra (Dra. María Neyra – Directora del Departamento de Salud Pública y Medio Ambiente – OMS)**
- **1988: Ra es clasificado cómo cancerígeno por la CIIC – Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (OMS)**
- **2005: Creación del Proyecto Internacional del Radón**
 - **Principal objetivo**
 - **Identificar estrategias para reducir el impacto sobre la salud humana**

Estimación de Tasas de incidencia y mortalidad estandarizadas por edad en varones (2018)



Fuente: GLOBOCAN 2018

Estimación de Tasas de incidencia y mortalidad estandarizadas por edad en mujeres (2018)



Fuente: GLOBOCAN 2018

EFFECTOS DEL RADÓN SOBRE LA SALUD

- Los estudios epidemiológicos confirman que el radón en las viviendas aumenta el riesgo de cáncer de pulmón en la población general. No se han demostrado fehacientemente otros efectos del radón sobre la salud.
- Se estima que la proporción de casos de cáncer de pulmón asociados al radón con respecto al total varía entre un 3% y un 14% según la concentración media de radón en el país y el método de cálculo empleado.
- En muchos países, el radón es la segunda causa de cáncer de pulmón después del tabaco. Es mucho más probable que el radón provoque cáncer de pulmón en personas que fuman o han fumado que en quienes nunca lo han hecho. Sin embargo, entre quienes no han fumado nunca constituye la principal causa de cáncer de pulmón.
- No se conoce una concentración umbral por debajo de la cual la exposición al radón no suponga ningún riesgo. Incluso concentraciones de radón muy bajas pueden dar lugar a un pequeño incremento en el riesgo de cáncer de pulmón.
- La mayoría de los casos de cáncer de pulmón inducidos por el radón están provocados por concentraciones de radón bajas o moderadas, y no por concentraciones elevadas, dado que en general es menor el número de personas expuestas a concentraciones elevadas de radón en interiores.

ESTIMACIONES DE LA PROPORCIÓN DE CASOS DE CÁNCER DE PULMÓN ATRIBUIBLE AL RADÓN EN ALGUNOS PAISES

País	Concentración media de radón en interiores [Bq/m ³]	Estimación del riesgo usada para el cálculo	Porcentaje de los casos de cáncer de pulmón atribuible al radón [%]	N.º estimado de muertes anuales por cáncer de pulmón inducido por radón
Alemania (Menzler et al. 2008)	49	Análisis agrupado europeo ^a	5	1 896
Canadá (Brand et al. 2005)	28	BEIR VI	7.8	1 400
Estados Unidos (BEIR VI, 1999)	46	BEIR VI	10-14	15 400 - 21 800
Francia (Catelinois et al. 2006)	89	Análisis agrupado europeo ^a	5	1 234
		BEIR VI	12	2 913
Reino Unido (AGIR 2009)	21	Análisis agrupado europeo ^a	3.3	1 089
		BEIR VI	6	2 005
Suiza (Menzler et al. 2008)	78	Análisis agrupado europeo ^a	8.3	231

^a Datos ajustados para tener en cuenta la variación interanual en las concentraciones de radón.

GRACIAS
gmendoza@ipen.gob.pe

