

LICENCIATURA EN RADIOLOGIA

*LA CONCIENCIA SOCIAL SOBRE
LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA*

Por Alejandro Rodríguez Fernández



Licenciatura en Radiología

La conciencia social sobre la Protección Radiológica

Proyecto final de curso

Elaborado por Alejandro M. Rodríguez Fernández
Alumno nº
Orientador Jorge Moura

Oviedo Asturias España
Octubre 2016

El autor es el único responsable por las ideas expresadas en este relatorio

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a mi familia y amigos David ortega y Jorge Ramos por su apoyo, a mi Tutor el profesor Jorge Moura por su ayuda y seguimiento durante todo el periodo de aprendizaje. Agradezco también a la Universidad Atlántica y a al Instituto de Formación Sanitaria dl Principado.

RESUMEN

Título del trabajo: “La conciencia social en la protección radiológica”.

Los rayos se comienzan a aplicar en el campo de la medicina en 1895 y los mismos se aplicaron al tratamiento y al diagnóstico por imágenes. Desde entonces, la demanda de estudios de radiodiagnóstico ha ido creciendo exponencialmente hasta el día de la fecha.

Al mismo tiempo, con la primera muerte por Radiación Ionizante (RI) se ha tomado conciencia del peligro potencial que ésta ocultaba. Por esa razón, se ha evidenciado la necesidad de crear una serie de medidas y barreras de protección contra la radiación ionizante.

Estas normas y las barreras de protección radiológica han ido mejorando con el tiempo siendo más completas y eficientes, sea para el público en general que para el profesional expuesto, reduciendo las dosis recibidas de radiación innecesaria.

Este estudio de investigación se fundamenta sobre el supuesto de que No siempre las normas y las barreras de protección son conocidas en profundidad y/o aplicadas a los pacientes, por el personal profesional. Al mismo tiempo que la sociedad, suponemos, no tiene el conocimiento suficiente sobre los efectos secundarios, que consecuencia del abuso de las RI.

Como se quiere demostrar con este estudio es necesario, una mayor formación al personal profesional y un mayor control para que se respeten las normas de protección radiológica en su totalidad. Al mismo tiempo que retenemos necesario, educar y concientizar al público en general a través de campañas educativas en centros sociales y culturales, en las instituciones médicas públicas y privadas.

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| Agradecimientos | 6 |
| Resumen | 7 |
| Índice de figuras | 10 |
| Índice de tablas | 10 |
| LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS | 11 |
| 1 – INTRODUCCION | 13 |
| 2. RADIOBIOLOGÍA: | 14 |
| 2.1 Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes | 14 |
| 2.1.1 Efectos según su tiempo de aparición: | 14 |
| 2.1.2 Efectos desde el punto de vista biológico: | 16 |
| 2.1.3 Efectos según la dependencia de la dosis: | 16 |
| 2.2 Características de los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes | 17 |
| 2.3 Etapas de la acción biológica de la radiación | 17 |
| 2.4 Lesiones radioinducidas | 18 |
| 2.4.1 Tipo de lesiones radioinducidas: | 18 |
| 2.4.2 Lesiones radioinducidas en la molécula de ADN: | 18 |
| 2.5 RADIOSENSIBILIDAD | 19 |
| 2.5.1 Escala de radiosensibilidad: | 19 |
| 2.5.2 Los tejidos y su radiosensibilidad | 20 |
| 2.5.3 – Ley de Bergonie y Tribondeau | 21 |
| 2.5.4 Factores que influyen a la radiosensibilidad | 21 |
| 2.6 La Irradiación de Macromoléculas | 23 |
| 2.6.1 Los efectos de la irradiación en el ADN | 23 |
| 2.6.2 La teoría del impacto | 23 |
| 3 El nacimiento de la PROTECCION RADIOLOGICA | 24 |
| 3.1 Historia de la creación de los organismos de radioprotección | 25 |
| 3.2 Organismos Nacionales; La Administración del Estado | 25 |
| 3.3 Organismos Internacionales | 27 |
| 4 LA REGLAMENTACION | 28 |
| 4.1- Reglamentación internacional (europea) | 28 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2-La Reglamentación nacional----- | 29 |
| 5 Principios de protección radiológica----- | 32 |
| 5.1 Los principios básicos de las recomendaciones de la ICRP ----- | 33 |
| 5.2 Clasificación del Personal----- | 35 |
| 5.3 Monitorización mediante dispositivos receptores de radiación ----- | 40 |
| 5.4 Clasificación de las zonas ----- | 42 |
| 5.5 Normas generales en zonas con riesgo radiológico ----- | 45 |
| 6 Medidas básicas de protección radiológica----- | 46 |
| 7 dispositivos de Protección Radiologica ----- | 49 |
| 8 Reduccion de dosis innecesaria a los pacientes expuestos a RI----- | 50 |
| 8.1 Exámenes Innecesarios ----- | 50 |
| 8.2 Los exámenes repetidos debidos a mala praxis por parte del técnico. ----- | 50 |
| 9 MATERIALES Y METODOS ----- | 51 |
| 10 Análisis e interpretacion de datos obtenidos ----- | 55 |
| 10.1 Resultados del cuestionario y presentación de tablas ----- | 55 |
| 10.2 Interpretación de los resultados obtenidos----- | 64 |
| 11 Conclusión ----- | 69 |
| Bibliografía ----- | 71 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----------|
| Imagen 1 – Clasificación de zonas..... | Pagina 39 |
| Imagen 2 – Pictograma del trébol radioactivo..... | Pagina 40 |
| Imagen 3 – Blindajes..... | Pagina 43 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----------|
| Tabla1 Tipo de Radiosensibilidad..... | Pagina 18 |
| Tabla 2 Dosis Limite | Pagina 32 |
| Tabla 3 Clasificación de zonas..... | Pagina 38 |
| Tabla 4 y 5 Tablas del cuestionario..... | Pagina 52 |
| Tabla 6 y 7 Tablas del cuestionario..... | Pagina 53 |
| Tabla 8 y 9 Tablas del cuestionario..... | Pagina 54 |
| Tabla 10 y 11 Tablas del cuestionario..... | Pagina 55 |
| Tabla 12 y 13 Tablas del cuestionario..... | Pagina 56 |
| Tabla 14 y 15 Tablas del cuestionario..... | Pagina 57 |
| Tabla 16 y 17 Tablas del cuestionario..... | Pagina 58 |
| Tabla 18 y 19 Tablas del cuestionario..... | Pagina 59 |
| Tabla 20 y 21 Tablas del cuestionario..... | Pagina 60 |

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

RI: Radiación Ionizante.

PR: Protección Radiológica.

SRA: Síndrome de Radiación Aguda.

rad: Unidad de medición de la radiación ionizante.

mSv: Unidad de medición de la radiación ionizante.

ADN: Acido Desoxi-Ribonucleico.

DL 50/60: Dosis Letal.

DO: Dosis Letal Media.

DMP: Dosis Máxima Permitida.

DL: Dosis Limite.

TLE: Transferencia Lineal de la Energía.

EBR: Eficacia Biológica Relativa.

FHD: Filtro Hemirreductor

FVD: Filtro del Valor Decimo

CSN: Consejo de Seguridad Nuclear.

ICPR: Comisión Internacional de Protección Radiológica.

UNCESAR: Comité Científico de las Naciones Unidas que vela por la PR.

SEPR: Sociedad Española de Protección Radiológica

OIEA: Organismo Internacional de Energía Atómica.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

BOE: Boletín Oficial del Estado.

RD: Real Decreto.

NCPR: National Council of Radiation Protection and Measurements.

ALARA: “As Low As Reasonably Achievable”, Tan bajo como razonadamente
Sea posible.

PPE: Personal Profesionalmente Expuesto.

PEF: Personal en Formación.

1 - INTRODUCCION

Poco después del descubrimiento accidental de los Rayos X, en 1870 por Wilhelm Roentgen, estos fueron aplicados en el campo médico y esto supuso un gran avance en la medicina diagnóstica y preventiva al poder observarse algunas patologías que antes eran imposibles de identificar sin una imagen radiológica. Este descubrimiento fue muy positivo para la medicina pero también se ha observado que los Rayos X no eran inocuos, y que por el contrario, de no ser controlada la dosis de administración podía causar graves daños e incluso la muerte. La primera muerte por Rayos X fue la de la ayudante de Thomas Edison.

A partir de ese momento y hasta nuestros días, se han realizado grandes esfuerzos por comprender la naturaleza de la Radiación Ionizante y sus efectos, así como también se ha estudiado como prevenir la aparición de los efectos secundarios indeseados. Se han ido mejorando los equipos de radiodiagnóstico, las técnicas y se han implementado una serie de protocolos de prevención que día a día han ido mejorando siendo estos más eficaces.

La utilización de equipos de diagnóstico médico que producen Rayos X, pueden conllevar un riesgo radiológico para el personal que los maneja de Irradiación externa, que es la producida por una fuente de radiación sobre los objetos y seres vivos que la rodean. Es aquí donde interviene la protección radiológica como un método de prevención contra las RI.

En 1931 se diseñan las primeras recomendaciones para limitar la dosis y en la actualidad es el **NCRP** (National Council of Radiation Protection and Measurements) quien se encarga de revisar las dosis recomendadas.

La física de la salud se encarga de proporcionar protección frente a las radiaciones en el entorno laboral y minimizar las dosis de RI (**radiación ionizante**) al público.

Nuestra Hipótesis:

Debido al aumento exponencial de demanda de estudios radiológicos y muchas veces sin una justificación adecuada, creemos que la sociedad no está lo suficientemente informada y no es consciente de los efectos secundarios que podría ocasionar un exceso de RI.

Este estudio posee una pregunta de partida:

¿Es la sociedad consciente de los efectos nocivos de la RI y conoce como prevenir o limitar sus efectos?

2. RADIOBIOLOGÍA:

La radiobiología es la ciencia que estudia los fenómenos que se producen en los seres vivos, tras la absorción de energía procedente de las radiaciones ionizantes. La radiobiología es estudiada por físicos, químicos, biólogos y médicos, porque su campo de conocimientos abarca estas ciencias.

Las dos grandes razones que han impulsado la investigación de los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes son:

- Radioprotección: Poder utilizar esas radiaciones de forma segura en todas las aplicaciones médicas o industriales que las requieran.
- Radioterapia: Utilizarlas de forma efectiva en el tratamiento del cáncer, lesionando lo menos posible el tejido humano normal.

2.1 Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes

El sistema de protección radiológica vigente se basa en la suposición de que, por muy pequeña que sea la dosis de radiación, siempre hay algún riesgo. Esta presunción se hace tomando como base los estudios realizados en las personas que se han expuesto a altas dosis de radiación, tales como los supervivientes de las bombas atómicas en Japón.

Los efectos de las radiaciones ionizantes sobre los seres vivos se pueden clasificar desde distintos puntos de vista

2.1.1 Efectos según su tiempo de aparición:

▪ **Efectos Precoces:** Aparecen en minutos u horas después de haberse expuesto a la radiación, por ejemplo eritema cutáneo, náuseas.

Para producir una respuesta a la radiación en los seres humanos en un plazo de unos días o semanas, la dosis recibida debe ser importante. Hoy día, estos efectos son cada vez menos frecuentes con las técnicas radiológicas modernas.

La secuencia de acontecimientos que siguen a una exposición radiactiva de alto nivel, capaz de producir la muerte en unos días o semanas se llama SINDROME DE RADIACION AGUADA, (SRA).

Actualmente las técnicas radiológicas hospitalarias no tienen la intensidad ni la duración suficientes como para provocar la muerte.

Una exposición a una dosis alta de radiación se produce:

- *Síndrome Hematológico*
- *Síndrome Gastrointestinal*
- *Síndrome del SNC*

Los efectos en la piel: Eritemas y quemaduras. Las radiaciones usadas en radioterapia deben atravesar la piel para llegar al tumor. El ERITEMA (enrojecimiento de la piel), es la primera respuesta biológica observada ante las exposiciones a radiaciones y las quemaduras en la piel son debidas a exposiciones con tiempos elevados.

Otras respuestas d la piel a la radiación es la descamación y la depilación (perdida del cabello).

Los efectos en las gónadas: Estas son muy sensibles a la radiación. Se han observado respuestas a dosis de radiación muy bajas.

Las células de los testículos (gónadas masculinas) y os ovarios (gónadas femeninas) responden de forma distinta a la radiación.

- La irradiación de los Ovarios en las primeras fases de la vida provocará la reducción de su tamaño (Atrofia). Después de la pubertad la radiación puede producir una supresión o un retraso de la menstruación. La célula más radiosensible en la gametogénesis femenina es el ovocito. En la etapa fetal y en los primeros años de la infancia los ovarios son particularmente sensibles a la radiación. A dosis de 200 rads se puede producir infertilidad temporal y a dosis altas (500 rads) una esterilidad permanente.
- Los testículos también se atrofian, al igual que los ovarios, luego de ser expuestos a dosis de radiación elevadas. Las dosis de radiación bajas (10rad) puede producir un descenso del número de espermatozoides, a dosis de 200rads infertilidad temporal y con dosis de 500 rads infertilidad permanente.

Los efectos en el Sistema Hematopoyético, (Depresión Hematológica): El sistema consta de la medula ósea, la sangre y el tejido linfoide.

El principal efecto de la radiación en este sistema es un descenso en el número de las células sanguíneas en la circulación.

La exposición a la radiación reduce el número de células madre (células pluripotenciales) y por lo tanto, se reduce el número de células maduras presentes en la circulación. Tras la exposición a la radiación, las primeras células afectadas son los linfocitos, se reducen en número (Linfopenia) tan solo pasados unos minutos u horas tras la exposición. Su ritmo de recuperación es muy lento.

Lesiones Citogenéticas: El daño en los cromosomas de las células madre es inmediato, aunque tal vez no se manifieste hasta pasado un largo tiempo.

Los daños cromosómicos pueden ser:

- Deleciones: Pérdida de un fragmento de ADN
- Aberraciones: Alteraciones en la estructura del ADN.
- Traslocaciones: Desplazamiento de un segmento de un cromosoma.

▪ **Efectos Tardíos**: El efecto diferido de la exposición a la radiación es un daño biológico que se produce al cabo de un periodo de tiempo largo tras la irradiación. Aparecen meses u años después de la exposición.

Efectos en la Piel: Además de los efectos agudos de Eritema, Descamación, y Depilación (pérdida del cabello), puede desarrollarse también, de forma tardía, un Carcinoma.

Efectos en los ojos: Pueden aparecer Cataratas (es la pérdida de transparencia del cristalino)

En los órganos Hematopoyéticos: La irradiación de dichos órganos puede producir Leucemia como respuesta diferida.

Neoplasias Malignas Inducidas por radiación: Leucemia, Cáncer de huesos, cáncer de mamas, cáncer de piel, cáncer de pulmón, cáncer de hígado.

2.1.2 Efectos desde el punto de vista biológico:

▪ **Efectos somáticos**: Sólo se manifiestan en el individuo que ha sido sometido a la exposición de radiaciones ionizantes por ejemplo el eritema.

▪ **Efecto hereditario**: No se manifiestan en el individuo que ha sido expuesto a la radiación, sino en su descendencia, ya que lesionan las células germinales del individuo expuesto, por ejemplo las mutaciones genéticas.

2.1.3 Efectos según la dependencia de la dosis:

▪ **Efectos estocásticos**: Son efectos absolutamente aleatorios, probabilísticos; pudiendo aparecer tras la exposición a pequeñas dosis de radiación ionizante.

No necesitan una dosis umbral determinada para producirse; si bien al aumentar la dosis aumenta la probabilidad de aparición de estos efectos, que suelen ser de tipo tardío. Se cree que el único efecto estocástico es el cáncer radioinducido y las mutaciones genéticas.

▪ **Efectos no estocásticos o Deterministas**: Ocurren con seguridad al superarse un valor determinado de la dosis de radiación recibida.

Se necesita una dosis umbral para producirlos, por debajo de la cual, la probabilidad de aparición de los mismos es muy baja. Suelen ser efectos precoces, por ejemplo el eritema cutáneo.

2.2 Características de los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes

▪ **Aleatoriedad:** La interacción de la radiación con las células es una función de probabilidad y tiene lugar al azar. Un fotón o partícula puede alcanzar a una célula o a otra, dañarla o no dañarla y si al dañarla puede ser en el núcleo o en el citoplasma.

▪ **Rápido depósito de energía:** La depósito de energía a la célula ocurre en un tiempo muy corto, en fracciones de millonésimas de segundo.

▪ **No selectividad:** La radiación no muestra predilección por ninguna parte o biomolécula, es decir, la interacción no es selectiva.

▪ **Inespecificidad lesiva:** Las lesiones de las radiaciones ionizantes es siempre inespecífica o lo que es lo mismo esa lesión puede ser producida por otras causas físicas.

▪ **Latencia:** Las alteraciones biológicas en una célula que resultan por la radiación no son inmediatas, tardan tiempo en hacerse visibles a esto se le llama “tiempo de latencia” y puede ser desde unos pocos minutos o muchos años, dependiendo de la dosis y tiempo de exposición.

2.3 Etapas de la acción biológica de la radiación

Los efectos de las radiaciones ionizantes sobre la materia viva son el resultado final de las interacciones físicas (ionización) y (excitación) de los fotones o partículas con los átomos que la componen.

Los efectos de la radiación sobre los seres vivos pasan por sucesivas etapas, que son:

- Etapa física
- Etapa química: – Radiolisis del agua. – Efecto oxígeno.
- Etapa biológica

2.4 Lesiones radioinducidas

Las interacciones de las radiaciones ionizantes pueden traducirse en alteraciones en la bioquímica celular, cadenas de hidratos de carbono, cambios estructurales en las proteínas, modificaciones en la actividad enzimática, que a su vez repercuten en alteraciones de la membrana celular, las mitocondrias y los demás orgánulos de la célula.

Pero en donde más estudios se han realizado, es en las acciones de la radiación sobre los elementos del núcleo celular, sobre el ADN.

2.4.1 Tipo de lesiones radioinducidas:

▪ **Lesión letal:** Es irreversible e irreparable, que conduce necesariamente a la muerte de la célula.

▪ **Lesión subletal:** En circunstancias normales puede ser reparada en las horas siguientes a la irradiación, salvo que la inducción de nuevas lesiones subletales por sucesivas fracciones de la dosis determine letalidad.

▪ **Lesión potencialmente letal:** Es una lesión particular que está influida por las condiciones ambientales del tejido irradiado durante y después de la irradiación.

El número de lesiones inducidas por radiación es mucho mayor que el que ocasionalmente provoca la muerte de las células. La dosis letal media (D0) es la dosis de radiación que origina aproximadamente una lesión letal por célula y que destruirá al 63% de éstas, siendo aún viables el 37% restante. El valor de dosis letal media en células epiteliales humanas bien oxigenadas es de aproximadamente 3 Gy.

Dosis Letal – DL 50/60

Para medir la letalidad aguda por radiaciones ionizantes se utiliza el parámetro DL 50/60. Es la dosis de radiación recibida en todo el cuerpo para el cual el 50% de las personas irradiadas habrán fallecido al cabo de 60 días.

En humanos esta dosis se estima en los 350rad.

2.4.2 Lesiones radioinducidas en la molécula de ADN:

El daño producido en el ADN por las radiaciones ionizantes es crítico para la muerte celular radioinducida.

Existen múltiples pruebas que demuestran esta hipótesis como son:

- La dosis requerida para producir muerte celular es mucho mayor para el citoplasma que para el núcleo celular, donde se encuentra el ADN.
- El I125 y el H3 incorporado al ADN produce muerte celular.
- Las aberraciones cromosómicas radioinducidas son letales para las células.
- Las bases nitrogenadas alteradas producen radiosensibilización.
- Las células con más cromosomas (aneuploides (tumoraes) diploides haploides), es decir con más cantidad de ADN son más radioresistentes.

2.5 RADIOSENSIBILIDAD

La radiosensibilidad es la magnitud de respuesta de las estructuras biológicas, provocada por las radiaciones ionizantes. Un elemento biológico es más sensible cuanto mayor es su respuesta a una dosis determinada de radiación. El elemento biológico es más radiosensible cuando necesita menos dosis de radiación para alcanzar un efecto determinado. El concepto opuesto a radiosensibilidad, es radioresistencia. No existe célula ni tejido normal o patológico radioresistente de forma absoluta; pues si se aumenta ilimitadamente la dosis, siempre se puede alcanzar su destrucción. Administrando dosis mínimas en órganos o tejidos, se observaran diferentes grados de alteraciones morfológicas y/o funcionales, según las líneas celulares de que se trate.

2.5.1 Escala de radiosensibilidad:

Las células presentan diferente grado de sensibilidad a la radiación, según la estirpe o línea celular. Tomando como punto de referencia, la muerte celular, pueden clasificarse en cinco grupos de mayor a menor sensibilidad:

- I. Muy radiosensibles: leucocitos, eritroblastos, espermatogonias.
- II. Relativamente radiosensibles: mielocitos, células de las criptas intestinales, células basales de la epidermis.
- III. Sensibilidad intermedia: células endoteliales, células de las glándulas gástricas, osteoblastos, condroblastos, espermatoцитos, etc.
- IV. Relativamente radioresistentes: granulocitos, osteocitos, espermatozoides, eritrocitos.
- V. Muy radioresistentes: fibrocitos, condrocitos, células musculares y nerviosas.

2.5.2 Los tejidos y su radiosensibilidad

| | Tejido | Efecto |
|--------------------------------|--------------------------|---|
| Radiosensibilidad Alta | Linfoide | Atrofia |
| | Medula Ósea | Hipoplasia |
| | Gónadas | Atrofia |
| | Piel | Enrojecimiento, Eritema |
| Radiosensibilidad Media | Tracto Gastro-intestinal | Úlceras |
| | Cornea | Cataratas |
| | Hueso en crecimiento | Parada del crecimiento |
| | Riñón | Nefroesclerosis |
| | Hígado | Ascitis |
| Radiosensibilidad Baja | Tiroides | Atrofia |
| | Musculo | Fibrosis: El tejido fibroso sustituye al T. Muscular. |
| | Cerebro | Necrosis (muerte celular) |

Tabla 1

En términos generales, la sensibilidad de un órgano a la radiación está determinada por:

- a. La función del órgano en el cuerpo
- b. La velocidad de maduración de las células
- c. La radiosensibilidad característica de cada tipo de célula.

Podemos decir que algunos tejidos son más sensibles que otros a las RI y a las lesiones derivadas. Así las células reproductoras son más sensibles en comparación con las nerviosas.

2.5.3 – Ley de Bergonie y Tribondeau

Han propuesto una teoría que defendía que la radiosensibilidad depende del estado metabólico del tejido inmediato.

La ley afirma que la radiosensibilidad de los tejidos vivos varía según estos criterios:

- ✓ Las células madre son muy radiosensibles. Cuanto más madura es la célula, más resistente es a la radiación.
- ✓ Los órganos y tejidos más jóvenes son los de mayor radiosensibilidad.
- ✓ Cuando la tasa de actividad metabólica es elevada también lo es la radiosensibilidad.
- ✓ Al aumentar la tasa de proliferación celular y la tasa de crecimiento de los tejidos, también lo hace la radiosensibilidad.

2.5.4 Factores que influyen a la radiosensibilidad

a) Físicos:

- Transferencia Lineal de la Energía (TLE).
- Eficacia Biológica Relativa (EBR).
- Fraccionamiento y Protracción.

b) Biológicos:

- Efecto del Oxígeno
- Edad y Sexo
- Reparación
- Agentes químicos

La Transferencia Lineal de Energía (TLE), es una medida de la velocidad a que se transfiere la energía desde la fuente de radiación hasta el tejido. La relación es directamente proporcional, a mayor TLE mayor probabilidad de producir un daño en el tejido.

La Eficacia Biológica Relativa (EBR), es la capacidad que tiene la radiación de producir una lesión en un tejido, comparada con la capacidad de una radiación que fue tomada como referencia (Radiación Patrón, o sea, los rayos X).

EBR es igual a la dosis patrón necesaria para producir un efecto dado, dividido por la dosis de prueba necesaria para producir el mismo efecto.

$$EBR = \frac{\text{Dosis Patrón}}{\text{Dosis de Prueba}}$$

Fraccionamiento: Si se suministra una dosis de radiación durante un tiempo largo, lentamente, en lugar de hacerlo rápidamente, su efecto será menor.

Un ejemplo de Fraccionamiento sería, administrar a un animal de laboratorio 600 rad a velocidad de 200 rad/min pero en 12 fracciones de 50 rad separadas entre sí 24hs y veríamos que el animal de prueba sobreviviría porque la dosis se ha fraccionado en intervalos prudentes de descanso.

Protracción: Esto es suministrar una dosis de forma continua pero a velocidad más baja.

El efecto del oxígeno: Cabe destacar que el tejido biológico es más sensible a la radiación cuando se irradia en estado oxigenado (o AEROBIO) que si se recibe en estado de HIPOXIA (bajo oxígeno) o de ANOXIA (sin oxígeno). En general la irradiación se hace en condiciones de plena oxigenación.

En radioterapia se ha usado el O₂ Hiperbárico para intentar elevar la radiosensibilidad de los tumores menos sensibles.

La Edad: Los humanos somos más radiosensibles antes del nacimiento y la radiosensibilidad disminuye progresivamente hasta la edad adulta durante la cual, la resistencia a la radiación es máxima. En personas ancianas, sin embargo, de nuevo se produce un aumento de la radiosensibilidad.

EL Sexo: muchos experimentos indican que las mujeres pueden soportar un 5 o un 10% más de radiación que los varones. Aunque estos estudios no son concluyentes.

La Recuperación: se ha demostrado en laboratorios, que las células humanas son capaces de recuperarse de los daños producidos por radiaciones gracias a los mecanismos de "recuperación celular". Si la dosis recibida no es lo suficiente para matar a la célula, con el tiempo necesario, la célula se recuperará del daño recibido por radiación. Si se producen muchas lesiones en poco tiempo, a la célula no se le dará el tiempo de recuperarse de los daños.

Cabe destacar que hay células que disponen de mayor capacidad de recuperación que otras.

Si la radiación es baja, las células sobreviven en un número suficiente para proliferar y repoblar el tejido u órgano irradiado.

Los procesos combinados de Reparación y Repoblación contribuyen a la recuperación de las lesiones inducidas por radiación.

Los agentes químicos: algunas sustancias químicas pueden modificar la respuesta a la radiación de las células y tejidos. Para que el agente químico sea eficaz, diremos que debe estar presente al momento de la irradiación.

Se llaman **RADIOSENSIBILIZANTES** a los agentes que potencian el efecto de la radiación, como por ejemplo el “Metrotexato y la Vitamina K”.

Se llaman **RADIOPROTECTORES** a los agentes que por sus principios, minimizaran los efectos de la radiación. Aunque estos agentes no se usan en humanos porque son tóxicos.

2.6 La Irradiación de Macromoléculas

Cuando se irradian macromoléculas in vitro (en laboratorio), es decir, fuera del cuerpo humano, se requiere una dosis mayor para conseguir el mismo efecto que en el caso de la Radiación in Vivo (en el cuerpo). Esto nos demuestra que las macromoléculas son mucho más sensibles en su estado natural.

2.6.1 Los efectos de la irradiación en el ADN

El ADN es la molécula más importante del cuerpo humano ya que contiene toda la información genética de cada célula de nuestro organismo. En los núcleos de las células, el ADN se asocia a otras moléculas (proteínas) formando cromosomas, los cuales controlan el crecimiento y desarrollo de la célula y determinan las características de cada persona.

Es una molécula muy poco abundante en la célula, sin embargo es la molécula más sensible a la radiación.

Por irradiación en el ADN se producirán 3 efectos:

- Muerte celular
- Neoplasias malignas
- Alteraciones genéticas – Mutaciones.

La Radiolisis del agua: en el cuerpo humano hay un 80% de agua. La radiación del agua es la principal interacción entre la radiación y el cuerpo.

Cuando se irradia el agua, esta se disocia para formar radicales libres, los cuales al difundirse por la célula causan los daños.

2.6.2 La teoría del impacto

Las células tienen muchas moléculas diferentes, muchas de las cuales son muy abundantes.

En general, los daños por radiación en estas moléculas muchas veces no se traducen en lesiones importantes puesto que si se daña una de estas moléculas, su función en la célula podría ser realizada por otra molécula.

Pero en la célula también hay otras moléculas que son muy poco abundantes y cuya función es necesaria para la supervivencia celular (Molécula Clave o Molécula Blanco), por lo tanto un daño de estas podría afectar gravemente a la función celular ante la ausencia de posibles moléculas sustitutas.

En este concepto de MOLECULA CLAVE, sensible a la radiación se basa “La teoría del impacto”.

Esta teoría afirma que para que una célula muera después de una exposición la radiación debe desactivarse su molécula blanco (M. Clave). Existen muchas pruebas experimentales que afirman que la molécula clave es el ADN.

Cuando tiene lugar una interacción entre la radiación y la molécula blanco, se dice que se ha producido un IMPACTO.

3 EL NACIMIENTO DE LA PROTECCION RADIOLOGICA

A raíz del descubrimiento de la radiactividad y los rayos X a finales del siglo XIX se pusieron de manifiesto los daños producidos por las radiaciones ionizantes.

Desde entonces la identificación de muchos usos beneficiosos e importantes de las radiaciones ionizantes y el desarrollo de nuevos procesos tecnológicos que las generan, fue paralelo al mayor conocimiento del daño producido, poniendo de manifiesto la necesidad de establecer medidas protectoras para asegurar un nivel adecuado de protección al ser humano, y que constituye el origen de la disciplina denominada **Protección Radiológica**.

El objetivo de la protección radiológica es:

- Prevenir los efectos No Estocásticos.
- Limitar la probabilidad de los efectos estocásticos.
- Asegurar la justificada aplicación de las radiaciones ionizantes y su beneficio neto.

3.1 Historia de la creación de los organismos de radioprotección

La historia de la radioprotección puede dividirse en cuatro etapas:

1. La edad de los pioneros (1895-1915): comprende el descubrimiento de muchos de los efectos biológicos de las radiaciones, y la recomendación de primitivas medidas de protección.
2. La edad de oro de la radiología (1915-1940): aparecen los Comités de Radioprotección, las primeras unidades internacionales de medición y las primeras dosis de tolerancia propuestas.
3. La edad de oro de la radioprotección (1940-1960): en el entorno del desarrollo de la bomba atómica, nace la Física Sanitaria como profesión. Al desecharse el concepto de “umbral”, aparece la preocupación por la exposición del público a las radiaciones, y se introducen programas de educación y mejoras técnicas para minimizar las dosis recibidas por los pacientes en el transcurso de los estudios radiológicos.
4. La era moderna (1960-Presente): Disminución de las dosis de exposición y regulación de la utilización de los rayos X. Creciente complejidad de la aparatología y desarrollo de otros métodos de diagnóstico que no utilizan radiaciones ionizantes.

Al inicio del siglo XX se publican las primeras recomendaciones y regulaciones referentes a la protección contra el uso de las radiaciones y se crean las primeras organizaciones para la protección radiológica.

LA ESTRUCTURA NACIONAL E INTERNACIONAL DE LOS ORGANISMOS DE CONTROL

3.2 Organismos Nacionales; La Administración del Estado

De los órganos de la Administración General del Estado en España, el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, tiene especial significación en todo lo relacionado con el uso de las radiaciones ionizantes.

La Dirección General de Política Energética y Minas, es la responsable de otorgar las autorizaciones de las instalaciones nucleares y radiactivas, y elaborar el Registro de Instalaciones de Rayos X con fines de diagnóstico médico.

El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente tiene competencias en la evaluación del impacto radiológico ambiental.

El Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad tiene competencias en materia de protección radiológica de las personas expuestas a radiaciones ionizantes por diagnóstico y tratamiento médico.

El Consejo de Seguridad Nuclear

El CSN, (Ley de Creación 15/1980) es el único organismo español con competencias en seguridad nuclear y protección radiológica, informa directamente al Congreso de los Diputados y al Senado. Asesora a las Cortes, Gobierno, tribunales de Justicia y autoridades autonómicas y locales.

En la Ley de Creación del Consejo se contempla la misión del CSN de informar a la población, para lo cual responde a las cuestiones que pudieran ser planteadas por colectivos u organizaciones de diverso tipo y por los ciudadanos a título individual.

El Consejo de Seguridad Nuclear tiene su sede en Madrid, pero existe la posibilidad de “encomendar” la realización de ciertas funciones a las diferentes comunidades autónomas, mediante acuerdos firmados por ambas instituciones.

Anualmente el CSN edita su informe de gestión que, además de ser objeto de una amplia distribución pública, se envía al Congreso de los Diputados, al Senado y a las comunidades autónomas con instalaciones nucleares.

El Consejo de Seguridad Nuclear vela por la seguridad nuclear y la protección radiológica en España.

- Evalúa la seguridad de las instalaciones nucleares y radiactivas y las inspecciona durante su funcionamiento.
- Vigila los niveles de radiación dentro y fuera de las instalaciones (en aire, agua, suelo, alimentos...) evaluando el impacto radiológico en las personas y el medio ambiente.

3.3 Organismos Internacionales

La organización más veterana relacionada con la protección radiológica es la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP).

De ella dependen cinco comités dedicados a:

- Efectos de las radiaciones,
- Definición de límites secundarios de dosis
- Protección radiológica en medicina
- Aplicación de las recomendaciones que ella formula.
- Protección del medio ambiente.

La ICRP es una organización autónoma que emite recomendaciones que son recibidas por los organismos competentes nacionales e internacionales.

La trascendencia práctica a nivel mundial de las funciones que relacionan dosis con efectos, fue percibida por la Asamblea General de las Naciones Unidas que decidió en 1955 crear el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (**UNSCEAR**).

España es miembro de pleno derecho de **UNSCEAR** desde comienzos de 2012. Este comité considera la información científica disponible y apoyada en las conclusiones de revisiones y congresos de organismos y comités nacionales e internacionales relacionados, confecciona y presenta a la asamblea general un análisis exhaustivo que contiene, entre otras cosas, las relaciones dosis-efecto que son la base de la limitación de dosis y riesgos. Estas evaluaciones de UNSCEAR contribuyen esencialmente al trabajo de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (**ICRP**).

El Organismo Internacional de Energía Atómica (**OIEA**) tiene como misión el desarrollo de normas y guías que, conteniendo esencialmente las recomendaciones de la ICRP, hayan alcanzado un consenso internacional. Este consenso no es sólo entre países, sino también con otras organizaciones de Naciones Unidas, como la Organización Mundial de la Salud (**OMS**) o la Organización Internacional del Trabajo.

La Unión Europea (UE), en el tratado EURATOM, establece la normativa sobre protección radiológica, que es exigida a los Estados Miembros de la UE, quienes posteriormente, realizan la transposición de la misma a sus respectivas Legislaciones.

La I.C.P.R.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), reconstituida con este nombre en 1950 sobre la base de una comisión análoga fundada en 1928, surge con el objetivo de establecer la filosofía de la protección radiológica fundamentada en los conocimientos científicos sobre los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes.

Sus conclusiones, que se dan a conocer a través de recomendaciones, proporcionan asesoramiento sobre los principios fundamentales que sirven de base al establecimiento de una protección radiológica adecuada, y han constituido una base sólida para las normas reguladoras de los distintos países de acuerdo con sus prácticas y políticas habituales.

En 1997 la ICRP hace pública su recomendación nº 26 en la que se establece un sistema de protección radiológica basado en tres principios básicos: justificación, optimización y limitación de dosis.

El objetivo principal de este sistema es asegurar que no se adopte ninguna práctica a menos que su introducción produzca un beneficio neto y positivo, que todas las exposiciones necesarias se mantengan tan bajas como sea razonablemente posible, teniendo en cuenta los factores económicos y sociales, y que las dosis recibidas por los individuos no excedan ciertos límites establecidos.

En España las recomendaciones de la ICRP están contenidas en el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (Real Decreto 783/2001 de 6 de julio). La ICRP revisó algunos de los límites de dosis en noviembre de 1990, y como consecuencia de ello, los nuevos límites han sido incorporados en la Directiva de Protección Radiológica de la Unión Europea y en las reglamentaciones de los Estados Miembros.

4 LA REGLAMENTACION

4.1- Reglamentación internacional (europea)

Unión Europea. La Comunidad Europea estableció las normas básicas para la protección sanitaria contra los riesgos que se derivan de las radiaciones ionizantes en las Directivas 80/836/Euratom y 84/476/Euratom basadas en las recomendaciones básicas de la publicación de la ICRP nº 26 de 1997.

Dichas directivas fueron adoptadas por la legislación española en el Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (Real Decreto 53/1992, ya derogado).

Las nuevas recomendaciones establecidas en la publicación nº 60 de la ICPR, fueron recogidas en la Directiva 96/29/Euratom de 13 de mayo de 1996 y quedan reflejadas con la publicación del nuevo Reglamento sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes mediante el RD 783/2001, de 6 de julio, que transpone la citada directiva.

- Directiva 96/29/Euratom del Consejo, de 13 de mayo de 1996, por la que se establecen las normas básicas relativas a la protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes, (D.O.C.E. de 29/06/96). (Directiva 9629 Euratom 0709).

- Directiva 97/43/Euratom del Consejo, de 30 de junio de 1997, relativa a la protección de la salud frente a los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes en exposiciones médicas, por la que se deroga la Directiva 84/466/Euratom (D.O.C.E. de 09/07/97). (Directiva 97-43 Euratom 0709).

En la aplicación de los tres principios del sistema de protección radiológica para la protección de los trabajadores, adquiere una especial relevancia el principio de optimización.

Mientras que el establecimiento de unos límites de dosis a los trabajadores asegura la protección frente a exposiciones intolerables, la aplicación del principio de optimización reduce tanto las exposiciones como el número de trabajadores expuestos a un valor tan bajo como sea razonablemente alcanzable, lo que supone la reducción de los riesgos a valores aceptables después de realizar una valoración frente a los beneficios obtenidos.

Su práctica supone el establecimiento de medidas de control y vigilancia para la prevención de la exposición de los trabajadores expuestos, tales como: la clasificación de los lugares de trabajo y de los trabajadores en función de los riesgos, la vigilancia radiológica tanto de los lugares como de los trabajadores, los métodos para la determinación de las dosis, y los controles de las dosis recibidas en la realización de los distintos trabajos.

4.2-La Reglamentación nacional

EL REGLAMENTO SOBRE PROTECCIÓN SANITARIA CONTRA LAS RADIACIONES IONIZANTES, (Real Decreto 783/2001, de 6 de julio), tiene por objeto establecer las normas relativas a la protección de los trabajadores y de los miembros del público contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes, de acuerdo con la Ley 25/1964, de 29 de abril, sobre Energía Nuclear.

Mediante este nuevo Real Decreto se realiza una transposición de la Directiva 96/29/EURATOM, aunque no íntegra, ya que parte de la misma ha sido objeto de transposición en el Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas.

El Reglamento se aplicará:

- A todas las prácticas que impliquen un riesgo derivado de las radiaciones ionizantes que procedan de una fuente artificial, o bien, de una fuente natural de radiación cuando los radionucleidos naturales son o han sido procesados por sus propiedades radiactivas, fisionables o fértiles.

- Asimismo, será de aplicación a las actividades que desarrollan las empresas externas a las que se refiere el Real Decreto 413/1997, de 21 de marzo, sobre protección operacional de los trabajadores externos con riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada.

- En los términos del Título VI a toda intervención en caso de emergencia radiológica o en caso de exposición perdurable.

- En los términos del Título VII a toda actividad laboral no contemplada en el apartado 1, pero que suponga la presencia de fuentes naturales de radiación y dé lugar a un aumento significativo de la exposición de los trabajadores o de miembros del público que no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica.

- No se aplicará a la exposición al radón en las viviendas o a los niveles naturales de radiación, es decir, a los radionucleidos contenidos en el cuerpo humano, a los rayos cósmicos a nivel del suelo o a la exposición por encima del nivel del suelo debida a los radionucleidos presentes en la corteza terrestre no alterada.

- REAL DECRETO 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes. (RD 783-2001 Reglamento sobre Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes0809)

- REAL DECRETO 1439/2010, de 5 de Noviembre por el que se modifica el Reglamento sobre Protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes. (RD 1439 2010 RPSCRI)

- REAL DECRETO 35/2008 de 18 de febrero por el que se modifica el Reglamento de instalaciones nucleares y radiactivas, aprobado por RD 1836/1999 de 3 de diciembre. (RD 35 2008 reglamento de instalaciones nucleares y radiactivas).

Ministerio de la Presidencia

- EL REAL DECRETO 815/2001, de 13 de julio, sobre justificación del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas. (BOE núm. 168 de 14 de julio).

Ministerio de Sanidad y Consumo

Mediante este Real Decreto se incorpora al ordenamiento jurídico español la Directiva 97/43/EURATOM, del Consejo, de 30 de junio, relativa a la protección de la salud frente a los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes en exposiciones médicas, por la que se sustituye la Directiva 84/466/EURATOM, en aquellas materias no recogidas en los Reales Decretos 1841/1997, de 5 de diciembre, 1566/1998, de 17 de julio y 1976/1999, de 23 de diciembre, por los que se establecen, respectivamente, los criterios de calidad en medicina nuclear, radioterapia y radiodiagnóstico, en el Real Decreto 1132/1990, de 14 de septiembre, por el que se establecen medidas fundamentales de protección radiológica de las personas sometidas a exámenes y tratamientos médicos, y en el Real Decreto 220/1997, de 14 de febrero, por el que se crea y regula la obtención del título oficial de Especialista en Radiofísica Hospitalaria.

En el artículo 7 de la citada Directiva 97/43/EURATOM, se regula la formación en protección radiológica en las enseñanzas de pregrado en las Facultades de Medicina y Odontología, en las Escuelas Universitarias de Podología y en las Escuelas de Técnicos Superiores en Diagnóstico por Imagen y Radioterapia, así como en las especialidades de Oncología Radioterápica, Radiodiagnóstico y Medicina Nuclear.

Queda recogida esta previsión en el presente Real Decreto que, asimismo, contempla la formación continuada en protección radiológica, y se incluirá en los programas de Técnicos Superiores en Imagen para el Diagnóstico y Técnicos Superiores en Radioterapia. En esta disposición, se obliga a justificar todas las exposiciones médicas con objeto de proteger la salud frente a los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes en exposiciones médicas.

Objeto y ámbito de aplicación:

El objeto del presente Real Decreto es establecer los principios de justificación del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas frente a las siguientes exposiciones:

1º.- Exposiciones médicas:

- La exposición de pacientes para su diagnóstico o tratamiento médico.
- La exposición de trabajadores en la vigilancia de su salud.
- La exposición de personas en programas de cribado sanitario.
- La exposición de personas sanas o de pacientes que participan voluntariamente en programas de investigación médica o biomédica, de diagnóstico o terapia.
- La exposición de personas como parte de procedimientos médico-legales.

2º- Exposición de personas que, habiendo sido informadas y habiendo dado su consentimiento, colaboran, con independencia de su profesión, en la ayuda y bienestar de personas que están sometidas a exposiciones médicas.

El presente Real Decreto, que será de aplicación en todo el territorio nacional, tiene carácter de norma básica, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 149.1.16.a de la Constitución y de acuerdo con lo establecido en el artículo 40.7 de la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad.

- REAL DECRETO 815/2001, de 13 de julio, sobre justificación del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas. (RD 815-2001 Justificación del uso de Radiaciones Ionizantes para la protección radiológica 0809).

- REAL DECRETO 1439/2010, de 5 de Noviembre, por el que se modifica el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, aprobado por Real Decreto 783/2001, de 6 de julio sobre justificación del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas. (RD 1439 2010 RPSCRI).

5 PRINCIPIOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

La protección radiológica tiene por finalidad la protección de los individuos, de sus descendientes y de la humanidad en su conjunto, de los riesgos derivados de aquellas actividades que debido a los equipos o materiales que utilizan suponen la exposición a radiaciones ionizantes.

El marco básico de la protección radiológica necesariamente tiene que incluir valoraciones tanto de tipo social como científicas, porque la finalidad principal de la protección radiológica es proporcionar un nivel apropiado de protección para las personas y el medio ambiente, sin limitar indebidamente los beneficios que se obtienen del uso de la radiación.

Se debe suponer que incluso dosis pequeñas de radiación pueden producir algún efecto perjudicial. Dado que existen umbrales (valores de la dosis por debajo de los cuales no se producen) para los efectos deterministas, es posible evitar dichos efectos limitando las dosis recibidas por las personas.

No es posible, sin embargo, evitar del todo los efectos estocásticos porque no existe evidencia científica de un umbral para ellos, limitando las dosis sólo podemos reducir su probabilidad de aparición.

Como consecuencia del estado actual de conocimientos de los efectos biológicos de las radiaciones, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) considera que el objetivo principal de la protección radiológica es evitar la aparición de efectos biológicos deterministas y limitar al máximo la probabilidad de aparición de los estocásticos.

5.1 Los principios básicos de las recomendaciones de la ICRP

Justificación

No debe realizarse ninguna práctica radiológica que signifique exposición a la radiación ionizante si su introducción no produce un beneficio neto positivo.

Naturalmente, la práctica que implique la exposición a las radiaciones ionizantes debe suponer un beneficio para la sociedad. Deben considerarse los efectos negativos y las alternativas posibles.

En nuestro país, la justificación de exposiciones médicas a radiaciones ionizantes está reglamentada por el Real Decreto 815/2001.

Optimización (Principio ALARA)

ALARA son las siglas inglesas de la expresión “Tan bajo como sea razonablemente posible”.

Todas las exposiciones a la radiación deben ser mantenidas a niveles tan bajos como sea razonablemente posible, teniendo en cuenta factores sociales y económicos.

Toda dosis de radiación implica algún tipo de riesgo; por ello no es suficiente cumplir con los límites de dosis que están fijados en la normativa nacional.

Las dosis deben reducirse aún más, siempre que sea posible.

Límite de dosis

Los límites de dosis son valores que no deben ser sobrepasados.

Las dosis de radiación recibidas por las personas no deben superar los límites establecidos en la normativa nacional, siguiendo las recomendaciones, para cada circunstancia, de la ICRP. Los límites de dosis establecidos en la legislación española garantizan que las personas no sean expuestas a un nivel de riesgo inaceptable.

En esta tabla se recoge de forma simplificada, los límites de dosis en vigor de acuerdo al Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (RD 783/2001).

| TIPO DE LÍMITE | RD 783/2001 |
|--------------------------------|---|
| <i>PPE - Cuerpo Entero</i> | <i>100mSv en 5 años oficiales, no superando los 50mSv/año oficial</i> |
| <i>PPE - Cristalino</i> | <i>150mSv / 5 años oficiales</i> |
| <i>PPE - Piel</i> | <i>500mSv / año oficial</i> |
| <i>PPE - Manos</i> | <i>1mSv / año oficial</i> |
| <i>PPE - Embarazada*</i> | <i>1mSv al feto</i> |
| <i>PEF - Cuerpo Entero</i> | <i>6mSv / año oficial</i> |
| <i>PEF - Cristalino</i> | <i>50mSv / año oficial</i> |
| <i>PEF - Piel</i> | <i>150mSv / año oficial</i> |
| <i>PEF - Manos</i> | <i>150mSv / año oficial</i> |
| <i>Publico - Cuerpo Entero</i> | <i>1mSv / año oficial</i> |
| <i>Publico - Cristalino</i> | <i>15mSv / año oficial</i> |
| <i>Publico - Piel</i> | <i>50mSv / año oficial</i> |

Tabla 2: Aclaraciones y complementos de la Tabla

PPE= Personal Profesionamente Expuesto

PEF= Personal en Formación con edad comprendida entre 16 y 18 años. A los estudiantes con más de 18 años se aplican los límites de PPE. A los estudiantes menores de 16 años se aplican los límites del público.

* =Se refiere a la dosis feto desde la comunicación del embarazo hasta el final de la gestación.

5.2 Clasificación del Personal

Por razones de seguridad, vigilancia y control radiológico, las personas (excluidos los pacientes) se clasifican en dos grupos:

1. Trabajadores Expuestos (PPE).
2. Los miembros del público.

De esta forma, los límites de dosis establecidos en la legislación española (Real Decreto 783/2001) son distintos para:

- El personal Expuesto
- EL personal expuesto bajo circunstancias especiales (Embarazo).
- El Personal expuesto ante exposiciones especialmente autorizadas.
- El Personal en Formación
- El Público



Las exposiciones a las que pueden someterse los trabajadores son:

- Exposición Externa, es producida en el individuo por fuentes de radiación exterior al mismo.
- Exposición Interna, es producida en el organismo cuando el radionúclido es incorporado en el organismo por digestión, inhalación o contacto.

1.- Los Trabajadores Profesionalmente Expuestos, son personas que, por las circunstancias en las que desarrolla su trabajo, ya sea de modo habitual u ocasional, están sometidos a riesgos de exposición a RI susceptibles de superar alguno de los límites de dosis para los miembros del público. Se incluye en este grupo a los estudiantes y personal en formación que por motivos de sus estudios puedan estar expuestos a RI tanto como los profesionales. Los trabajadores Expuestos se clasifican en 2 categorías, A y B.

Categoría A: entran en esta categoría aquellos trabajadores que pueden recibir una dosis efectiva superior a 6mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 3/10 de alguno de los restantes límites de dosis equivalente para el PPE. El trabajador expuesto Categoría A deberá:

- Haber superado un examen de salud previo.
- Tener formación en materia de protección radiológica.
- Utilizar dosímetro personal para la medida de dosis externa (dosimetría de solapa), cuando la actividad implique riesgo de exposición externa.
- Utilizar dosímetros locales (muñeca) en caso de riesgo de exposición parcial.
- Someterse a vigilancia sanitaria especial establecida por el servicio de prevención, en caso de superación o sospecha de superación de alguno de los límites de dosis de PPE.

A cada trabajador expuesto Categoría A, le será abierto un historial médico, conteniendo los resultados de los exámenes médicos inicial, periódicos y eventuales y el historial dosimétrico de toda la vida profesional del trabajador. También se le hará un historial dosimétrico individual, conteniendo como mínimo las dosis mensuales, las dosis acumuladas en cada año oficial y las dosis acumuladas durante cada periodo de 5 años oficiales consecutivos.

Categoría B: Pertencen a esta categoría aquellas personas para las que es muy improbable recibir dosis superiores a 6mSv por año oficial, o a 3/10 de alguno de los restantes límites de dosis equivalente para PPE.

2.- Los miembros del público: Estos no están definidos en el Real Decreto 783/2001, por lo tanto, por exclusión, serán miembros del público aquellos trabajadores para los que sea improbable superar en su actividad laboral diaria, alguno de los límites de dosis establecidos para el público.

Se NO consideran trabajadores en radiodiagnóstico y medicina nuclear a los administrativos, Celadores y Limpiadores.

3.- La Trabajadora Gestante (Embarazada): Las mujeres embarazadas que por su actividad están expuestas a RI, forman un colectivo singular desde el punto de vista de la Protección Radiológica. El feto es un organismo muy vulnerable a las radiaciones, aún más que en seres ya nacidos.

Por esta razón, y aunque las bases y principios para el control de la exposición laboral, son las mismas para mujeres que para hombres, en el caso de las trabajadoras gestantes es necesario aplicar medidas adicionales de control para proteger al feto.

Las recomendaciones vigentes de ICRP – 60 establecen las medidas de protección que se aplicarán al trabajo de las mujeres embarazadas para proporcionar al feto un nivel de protección radiológica comparable al de los miembros del público, para los que se establecen un límite de dosis de 1mSv año. Por ello, apenas se declara el embarazo, hay que proteger al feto aplicando un límite suplementario de dosis equivalente de 2mSv en la superficie del abdomen (tronco inferior) de la mujer durante el periodo de tiempo restante de su gestación.

La posición de la ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica) aclara en su publicación ICRP-75 que luego de la declaración del embarazo, las condiciones de trabajo deben ser tales que la dosis al feto no supere 1mSv/año.

En la misma línea que la ICRP, en la directiva 96/29 de EURATOM en las que se establecen las normas básicas de protección radiológica de la Unión Europea, se especifica que tan pronto como se declare el embarazo, la protección al feto será comparable a los miembros del público.

Por ello, las condiciones de trabajo de la mujer embarazada serán tales que la dosis al feto sean tan bajas como razonablemente sea posibles, de modo que sea imposible que esa dosis exceda de 1mSv al menos durante el resto del embarazo.

Estas disposiciones han sido incorporadas casi textualmente, a la legislación española, y se reflejan en el artículo 10 del Real Decreto (RD 783/2001).

Concluyendo, la trabajadora embarazada debe saber que:

- La condición del embarazo no supone la retirada del trabajo.
- Las condiciones del trabajo impedirán al feto superar la dosis equivalente de 1mSv y se establece un límite suplementario de dosis equivalente de 2mSv en la superficie del abdomen de la mujer durante todo el embarazo.
- Evitar actividades laborales que impliquen riesgo de contaminación.

Las PR y el embarazo

La gravedad a la respuesta de la radiación del útero, depende del tiempo de gestación y de la intensidad de la radiación utilizada. El feto es más sensible a la radiación I. en los primeros momentos del embarazo y como norma general a mayor radiación, mayor será el daño producido.

- En las dos primeras semanas de la gestación, situamos ese periodo y es aquí donde es improbable que la futura madre sepa que está embarazada. Para dosis comprendidas entre 10 y 25 rad o superiores, se produce el aborto espontáneo como respuesta.
 - Entre la segunda y la octava semana de gestación, se encuentra el periodo de la organogénesis mayor. Se están desarrollando los principales sistemas orgánicos del cuerpo. Si la dosis de radiación es suficiente, se producirán anomalías congénitas en el feto. Al inicio de este periodo las anomalías más probables son las deformaciones en el feto.
 - En el último trimestre de embarazo, la radiación severa, podría inducir la aparición de neoplasias malignas en la infancia, como Leucemia o cáncer.
- Todas las respuestas a la radiación durante el embarazo requieren dosis de radiación elevadas, para que el riesgo sea significativo y no se producirán con menos de 25 rad.

Actualmente en desuso, pero aplicable, es la regla de los 10 días. Esta afirmaba que las mujeres en edad fértil solo se someterían a exámenes radiológicos con RI, en los 10 días posteriores a la menstruación.

Actualmente se aplica la Citación electiva: en la cual el radiólogo o el clínico establecerán la fecha del ciclo menstrual previo de la paciente y podría suspenderse todo estudio si se sospechara un embarazo no confirmado.

El consentimiento informado que las pacientes deben rellenar antes de realizarse pruebas diagnósticas con RI.

En los servicios de radiología se ponen carteles con avisos advirtiendo a las mujeres en la sala de espera.

Estos mensajes suelen decir:

-Sabe usted si está embarazada o pudiera estarlo? De ser así comuníquelo al personal técnico.

La emergencia en el embarazo

Si se desconociera el embarazo y la mujer se sometiera a Radiación Ionizante, el protocolo a seguir sería:

- El físico medico determinara la dosis fetal de inmediato.
- El médico y el Radiólogo establecerán en qué fase de la gestación ha tenido lugar la irradiación
- Después de recabar esta información, podría optarse por dos alternativas.
 - a) Sugerir a la paciente que continúe con el embarazo.
 - b) Sugerir a la paciente que interrumpa el embarazo.

Se suele aplicar la regla de los 10 a 25 rad.

- Por debajo de los 10rad no hay pruebas de riesgos y no se recomienda el aborto, a menos que existan otros factores de riesgo añadidos.
- Por encima de 25rad el riesgo de un daño podrían sugerir el aborto terapéutico.
- Entre los 10 y los 25 rad, se han de estudiar los factores del problema con más detenimiento.

Entre las obligaciones de los Radiographers (Técnicos en Imagen para el Diagnostico), enumeramos algunas importantes de seguir en la PR:

- Comprender y aplicar los principios básicos del control de la radiación: Tiempo, Distancia y Blindaje.
- Impedir que la costumbre conduzca a una falsa sensación de seguridad.
- Evitar situarse en el camino del haz principal.
- Utilizar el equipo de PR siempre que no se está detrás de una barrera.
- Utilizar siempre los dispositivos personales de medida de la radiación.
- Tener en cuenta que todos los pacientes en edad fértil deben usar escudos gonadales y de protección de mamas, a no ser que estos dispositivos interfieran en el examen.
- Evitaremos el examen de pelvis y región inferior del abdomen, en mujeres embarazadas, especialmente durante el primer cuatrimestre.

5.3 Monitorización mediante dispositivos receptores de radiación

Los radiólogos y los técnicos de radiología se exponen continuamente a RI dependiendo, su nivel de radiación recibida, de donde realicen su actividad. Por ello, para determinar su radiación recibida es necesario un programa bien protocolizado de control personal.

El control del personal se requiere cuando existe la probabilidad de que una persona reciba más de una cuarta parte de la Dosis Limite (**DL**) permitida.

La **DMP** (Dosis Máxima Permitida) es la dosis máxima de radiación, sobre la que cabe esperar que no se produzcan efectos no deseados por RI.

- Con dosis inferiores a la DMP, no se observaran respuestas somáticas ni genéticas.
- Para dosis iguales a la DMP, el riesgo es pequeño, se considera razonable teniendo en cuenta el coste beneficio.

El termino DMP ha sido cambiado a DL (Dosis Limite) por el NCRP.

Existen varios tipos de aparatos para detectar y medir la radiación llamados dosímetros. En radiología diagnostica se usan tres tipos de monitores

- Dispositivos de película.
- Dosímetros termoluminiscentes.
- Cámaras de Ionización de bolsillo.

Los monitores personales no brindan protección frente a las RI sino que miden la exposición a las mismas.

Donde deben llevar el Monitor /Dosímetro

Se suelen llevar los monitores en la cintura (por delante) o a la altura del tórax. En fluoroscopia, donde las dosis son elevadas, se aconseja utilizar dos dosímetros, uno colgado al cuello por fuera del delantal de protección y otro bajo el delantal, a la altura de la cintura.

Cuando se utiliza más de un dosímetro se usa la formula siguiente para estimar la dosis recibida.

Dosis efectiva = $0.5 \times H_w + 0.0025 \times H_n$

Siendo H_w la dosis recibida a nivel de la cintura bajo el delantal

H_n es la dosis recibida a nivel del cuello por fuera del delantal.

La finalidad del uso del dosímetro

- Garantizar que individualmente se cumple con el sistema de limitación de dosis por lo que los riesgos individuales de los trabajadores expuestos se mantienen dentro de los límites aceptables.
- Cumplir con el requisito legal de medida y registro de las dosis existentes en cada instalación, seguir su evolución a lo largo del tiempo y obtener datos que permitan la comparación con los niveles de protección en otras instalaciones similares.
- Evaluar la dosis colectiva con la finalidad de evaluar el impacto radiológico de una determinada instalación.
- Proporcionar una base de datos que posibilite la realización de estudios estadísticos y epidemiológicos.

Los informes de monitorización personal

La legislación exige que los resultados de los controles de radiación se registren en informes Normalizados y se archiven para su revisión posterior. La lectura de dichos dosímetros se debe realizar por los servicios de dosimetría personal autorizados por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).

La elaboración de informes de monitorización de radiación se realiza de forma trimestral como máximo, aunque también se aceptan informes mensuales o semanales.

El informe de monitorización de radiación contendrá la siguiente información

El nombre del empleado y el número de identificación que se le ha asignado al dosímetro del empleado. Se especificará el tipo de dosímetro empleado.

Se incluirán también los datos de radiaciones como son: La exposición actual, La exposición trimestral acumulada y La exposición anual acumulada.

Cuando el empleado cambie de trabajo, la historia de exposiciones totales deberá trasladarse al nuevo puesto de trabajo.

Por lo tanto, siempre que se termina la relación de empleo, se le debería entregar al empleado, la historia de exposición a radiaciones. De esto se ocupa el Supervisor de planta del lugar de trabajo.

5.4 Clasificación de las zonas

El servicio de protección radiológica debe identificar y delimitar los lugares de trabajo en que exista posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 1mSv por año oficial o dosis equivalentes superiores a 1/10 de cualquiera de los límites parciales para PPE.

Los lugares de trabajo, en función del riesgo de exposición, se clasifican de la siguiente forma:

| | |
|----------------------------|--|
| ZONA VIGILADA | <p><u>Es aquella en que:</u></p> <p>1.- No es zona controlada.</p> <p>2.- Existe posibilidad de recibir dosis efectivas mayores de 1mSv/año, o dosis equivalentes mayores de 1/10 de los límites para el cristalino, piel o extremidades.</p> |
| ZONA CONTROLADA | <p><u>Es aquella en que:</u></p> <p>1.- Existe la posibilidad de recibir dosis efectivas mayores de 6mSv/año, o dosis equivalentes mayores de 3/10 de los límites para el cristalino, piel o extremidades.</p> <p>2.- Aquí será necesario acotar la exposición, evitar la contaminación radioactiva o limitar la magnitud de accidentes radiológicos.</p> <p>Se subdivide en:</p> <p>a) Z. Controlada: es imposible recibir dosis superiores a los límites.</p> <p>b) Permanencia Limitada: En ella existe riesgo de recibir dosis superiores a los límites.</p> <p>c) Permanencia reglamentada: En ella existe riesgo de recibir dosis superiores a los límites en cortos periodos de tiempo.</p> <p>d) Acceso Prohibido: En ella existe riesgo de recibir dosis superiores a los límites de dosis en una sola exposición.</p> |

Tabla 3

Señalización de las zonas

El riesgo de irradiación se señala con un trébol, que es su símbolo internacional. Un trébol enmarcado con una orla rectangular del mismo color y de idéntica anchura que el diámetro del círculo interior del mismo.

- Cuando exista solamente riesgo de radiación externa y el riesgo de contaminación sea despreciable, el trébol estará rodeado con puntas radiales.
- Si el riesgo de contaminación y el de radiación es despreciable, el trébol irá sobre un campo punteado.
- Si existen ambos riesgos, el trébol irá rodeado de puntas radiales y sobre un campo punteado.



IMAGEN 1

En la parte superior de la señal, una leyenda nos indicará el tipo de zona y en la parte inferior nos indicará el tipo de riesgo.

Los colores de los tréboles indicaran la clasificación de la zona, en orden creciente al riesgo asociado.

- **Gris Azulado:** Zona Vigilada.
- **Verde:** Zona Controlada
- **Amarillo:** Zona de Permanencia Limitada
- **Naranja:** Zona de Permanencia Reglamentada
- **Rojo:** Zona de Acceso Prohibido

Las señales se colocaran bien visibles a la entrada de las correspondientes áreas y en los lugares significativos de ellas. Los equipos móviles de rayos X llevaran una señal que indique sus características, riesgo y restricciones de uso.

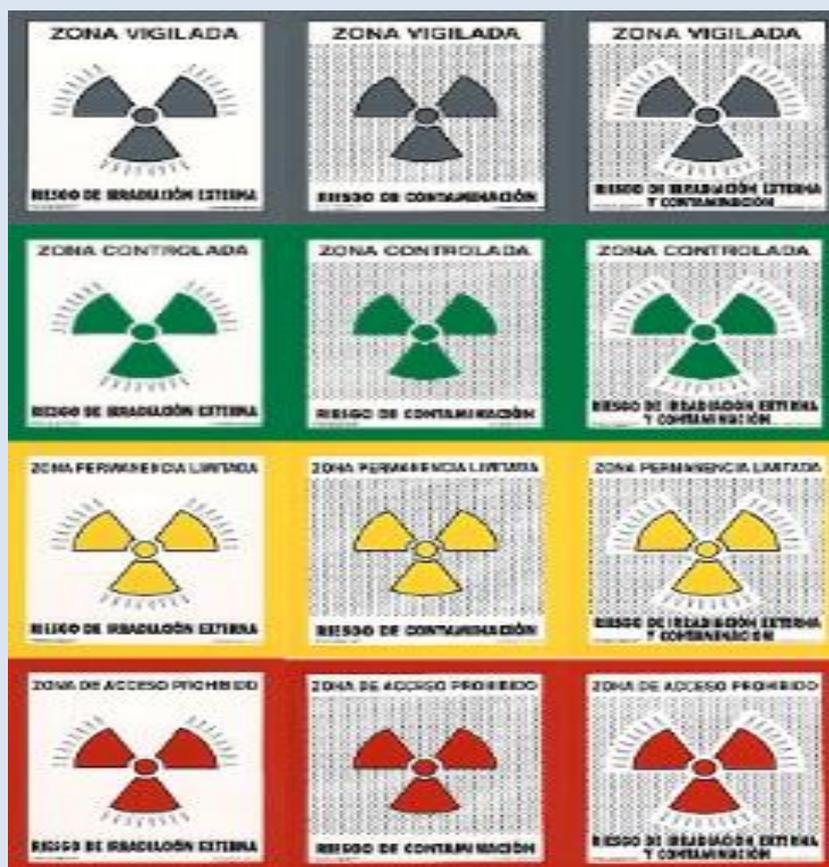


IMAGEN 2

5.5 Normas generales en zonas con riesgo radiológico

Acceso a Zona Controlada

- El acceso a las zonas controladas estará restringido a personas autorizadas, trabajadores expuestos adscritos a ese lugar y con conocimiento de las normas a aplicar y el riesgo existente en el mismo.
- A los pacientes que deban ser objeto de pruebas diagnósticas o de tratamiento se les dará toda la información y medios necesarios para que no se irradien accidentalmente por motivos ajenos al acto médico que se les realizará.

Trabajo en Zona Controlada:

- El trabajo se realizará cumpliendo las normas con el objeto de reducir la exposición a RI, evitar la contaminación radiactiva, prevenir y limitar la probabilidad de accidentes radiológicos.
- Los procedimientos de trabajo deben estar a disposición del trabajador en las distintas unidades.
- Todos los trabajadores deben conocer los procedimientos relacionados a su trabajo y con la protección radiológica.
- La zona debe contar con instrumentos adecuados para la identificación de sus riesgos.
- Se deben verificar los dispositivos de seguridad.
- Si existe riesgo de contaminación se deberán cumplir las normas, endosar la ropa, guantes y calzados especiales y todas las medidas que estén destinadas a prevenir el riesgo mencionado.
- El personal que trabaja en esta zona de llevar un dosímetro personal, es obligatorio.

Salida de zonas controladas:

- En situaciones normales y en las áreas con riesgo de contaminación se deberán tomar estas medidas:
- Con detectores adecuados, se deberá realizar un control de contaminación superficial de manos, pies y ropa.
- Se deberá proceder a la descontaminación si es necesario.

6 MEDIDAS BÁSICAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Toda actividad humana está basada en un balance riesgo/coste frente a Beneficio/utilidad que conllevará a tomar una decisión de llevar a cabo una actividad en la que se establecerán una serie de medios de protección necesarios para minimizar los riesgos implícitos de dicha actividad.

Las medidas necesarias para limitar la exposición de los individuos se pueden tomar mediante la aplicación de acciones en cualquier punto del sistema que vincula las fuentes con los individuos.

Tales acciones pueden aplicarse sobre:

- La fuente emisora de radiación ionizante.
- El medio ambiente, es decir, los caminos por los que las radiaciones de las fuentes pueden llegar a los individuos.
- Los individuos expuestos.

Las medidas de control sobre la fuente se consideran como medidas prioritarias, mientras que las medidas aplicables al medio ambiente y a los individuos son más difíciles de aplicar y, a veces, introducen más trabas en la operatividad de las instalaciones.

En general, y donde sea posible, se recomienda aplicar en la fuente las medidas de protección y control de la exposición.

El control de la exposición al público conviene realizarlo mediante la aplicación de medidas a la fuente y sólo, en el caso de que puedan no ser efectivas, se aplicarán al medio ambiente o a los individuos.

Los riesgos de irradiación a que están sometidos los individuos se reducen aplicando las siguientes medidas generales de protección:

- **Distancia:** aumentando la distancia entre el operador y la fuente de radiaciones ionizantes, la exposición disminuye en la misma proporción en que aumenta el cuadrado de la distancia. Esta reducción de la dosis de exposición se calcula mediante la **Ley del cuadrado de la distancia**.
- **Tiempo:** La dosis que recibe una persona está relacionada directamente con la duración de la exposición. Disminuyendo el tiempo de exposición todo lo posible, se reducirán las dosis. Es importante que las personas que vayan a realizar operaciones con fuentes de radiación estén bien adiestradas, con el fin de invertir el menor tiempo posible en ellas.

- **Blindaje:** en los casos en que los dos factores anteriores no sean suficientes, será necesario interponer un espesor de material absorbente, blindaje, entre el operador y la fuente de radiación. En el ámbito sanitario suele usarse el plomo como blindaje pero también se emplean otros materiales convencionales de la construcción.

Es posible evaluar la cantidad de barrera protectora que reduce la intensidad de Radiación cuando conocemos los valores de FHD.

FHD (Filtro Hemirreductor): Esta relacionado con el espesor del material del blindaje para reducir la intensidad del haz a la mitad de su valor normal.

FVD (Filtro del Valor Decimo): Esta relacionado con el espesor del material usado para reducir la intensidad de la radiación hasta la decima parte de su valor normal.

Según sea la energía y tipo de la radiación, será conveniente utilizar distintos materiales y espesores de blindaje.

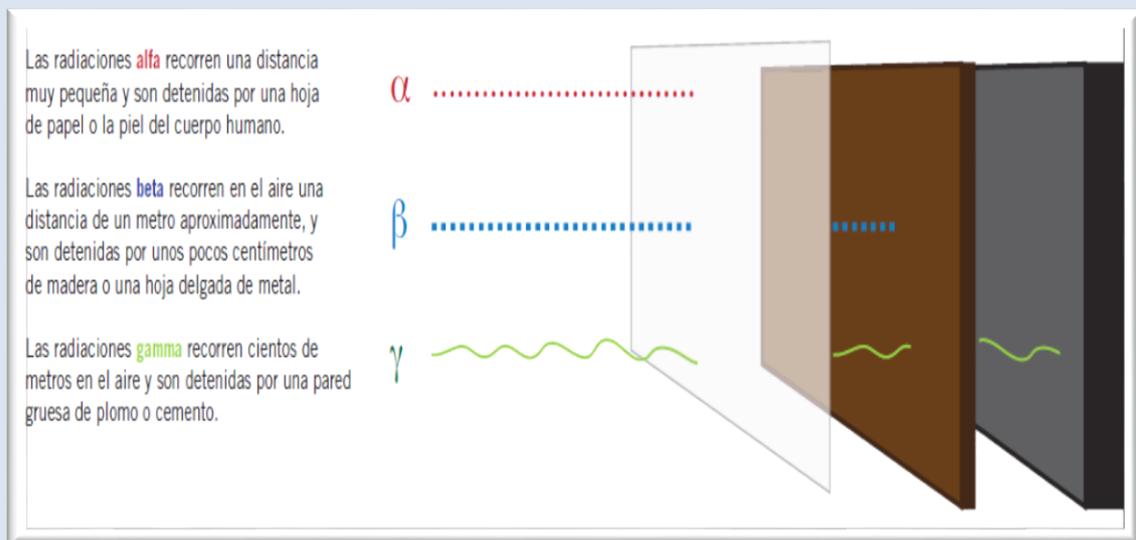


IMAGEN 3

El blindaje en áreas específicas del cuerpo.

Su empleo se recomienda siempre que algún órgano o tejido particularmente sensible se encuentre en la trayectoria del haz principal o en sus proximidades.

Deben protegerse:

- Los pechos femeninos,
- El Cristalino
- Las gónadas.

Existen dos tipos de blindaje contra las RI para áreas específicas:

- **Blindaje por sombra:** Los blindajes por sombra se colocan suspendidos sobre la región de interés. Su eficacia es similar a los blindajes de contacto.
- **Blindajes por contacto:** se colocan en contacto con la piel del paciente.

Los blindajes para el cristalino serán siempre por contacto, los colocaremos directamente sobre el paciente.

Los blindajes gonadales pueden ser por contacto o por sombra. Este blindaje es particularmente especial en los niños y en personas de edad fértil ya que su radiosensibilidad es muy elevada.

Aplicaremos los blindajes gonadales siempre que el área de los genitales de encuentre directamente bajo el haz de rayos X útil o en sus proximidades.

Aunque usemos la protección gonadal, no hay que olvidar “como norma extra de protección” que debemos realizar un correcto posicionamiento del paciente y una correcta colimación.

El blindaje gonadal lo aplicaremos si este No interfiere con la información diagnóstica que requiere la solicitud del médico ordenante.

7 DISPOSITIVOS DE PROTECCION RADIOLOGICA

Muchos son los dispositivos de protección contra las RI, todos ellos hechos con vinilo impregnado en plomo o impregnados alguno de ellos en Estaño.

Tenemos:

- Delantales, enteros o partidos en dos (Tórax y pelvis).
- Collarines plomados para la tiroides.
- Gafas y guantes plomados
- Protectores gonadales plomados.

El grosor normal de un dispositivo de protección radiológica es de 0.25, 0.5 y 1mm de espesor de plomo. Aunque los elementos normalmente son más gruesos que estas dimensiones, aquí mencionamos la equivalencia en plomo puro.

Un dispositivo de plomo puro de 1mm obtendría una protección máxima contra las RI pero al mismo tiempo sería demasiado pesado (Aprox. 10kg.) para endosarlo por largos periodos de tiempo.

La atenuación que proporcionaría un dispositivo de protección con plomo de 0.25mm sería una protección del 65% contra las RI.

Por otra parte, la atenuación que proporcionaría un dispositivo de 1mm de espesor de plomo, sería de un 99% de protección contra las RI.

Por todo ello, se ha concluido en usar Dispositivos de protección con 0.5mm de plomo, para alcanzar una optima relación Porcentaje de atenuación / Peso, para ofrecer la una buena protección a la vez que el dispositivo no es demasiado pesado para ser endosado durante mucho tiempo.

Los delantales pueden ser abiertos, con menos plomo en la espalda pero esto presupone que el trabajador debe estar siempre de cara a la RI. Los delantales utilizados en Radiología Intervencionista, serán de Tipo Envolvente para estar protegidos en cualquier momento incluso cuando dan la espalda a la fuente RX

Cuando no se utilicen, los dispositivos de protección deberán guardarse en armarios específicos. No deben doblarse estos elementos para evitar las fisuras que pudieran surgir del pliegue continuo del material.

Un vez al año, como mínimo, se realizará un control sobre los guantes y delantales para establecer si existen fisuras en los mismos.

8 REDUCCION DE DOSIS INNECESARIA A LOS PACIENTES EXPUESTOS A RI

Definiremos como Dosis Innecesaria al Paciente, a aquella dosis de Radiación Ionizante **NO NECESARIA** para el bienestar del paciente o para su tratamiento.

8.1 Exámenes Innecesarios

La causa principal de que los pacientes reciban dosis innecesarias, es que estos se realizan exámenes radiológicos que no son estrictamente necesarios ya sea para el diagnóstico o para el tratamiento de una enfermedad.

Los médicos y Radiólogos se enfrentan ante un problema, ya que es sabido que en las consultas, los pacientes solicitan muchos exámenes radiológicos cuando la información útil que aportarían es ínfima o nula.

Si estos exámenes son realizados para calmar a los pacientes, la ventaja que estos recibirían, e ningún modo compensarían la dosis de radiación a la que estarían sometidos.

8.2 Los exámenes repetidos debidos a mala praxis por parte del técnico.

Aquí el técnico tiene la responsabilidad de la buena realización de los exámenes. Se ha estimado que la incidencia de repeticiones de exámenes con RI debidas al técnico de rayos es del 5%.

El mayor número de repeticiones se produce en exámenes de Columna, Riñones, Uréteres, Vejiga y abdomen.

Algunos de los exámenes que se repiten se deben a un malfuncionamiento de los equipos, pero en su mayoría, son errores por parte del personal Técnico.

Entre las causas principales podemos citar:

- La mala colocación del paciente para el estudio que se realizará.
- El mal uso de los Factores Técnicos para la producción de imágenes diagnósticas.
- La colimación inadecuada.
- EL movimiento del paciente debido a una mala, o nula inmovilización.
- Las pantallas sucias debido a un mantenimiento inapropiado dl equipo.
- Otros.

9 MATERIALES Y METODOS

El Método de recolección de datos que se ha utilizado es la encuesta.

Se ha realizado una encuesta anónima a una muestra de 100 pacientes, de sexo femenino y masculino, en las edades comprendidas entre 18 y 65 años.

Los pacientes fueron encuestados en el Hospital Begoña.

Todas las personas que fueron encuestadas, eran pacientes que esperaban ser atendidos en el servicio de Radiodiagnóstico del mencionado Hospital.

El hospital Begoña, se encuentra ubicado en la ciudad de Gijón, provincia de Asturias, España.

El principado de Asturias se encuentra situado en el noroeste de España y cuenta con una superficie total de 10.602,40km².

Según los últimos datos arrojados en el año 2016, la población total del Principado de Asturias es de 1.042.370 habitantes.

Del total de habitantes, 544.619 son mujeres (equivalente al 52%) y 497.751 hombres (equivalente al 48%), de forma que por cada 100 hombres hay en nuestra región 109 mujeres, hecho atribuible a la esperanza de vida de éstas, actualmente seis años más.

El área central acoge a los tres concejos más poblados que concentran aproximadamente la mitad de la población asturiana (54,88%), en una superficie que suma apenas el 4% del suelo regional.

Las densidades más elevadas corresponden a los concejos de Avilés, con 3.016,78 habitantes/km², seguido de Gijón y Oviedo con 1.510,41 y 1.188,69 habitantes por km², respectivamente.

Según los datos del año 2015, la ciudad de Gijón poseía una población de 274.290 habitantes y una densidad de población de 1.510 habitantes por km²

EL CUESTIONARIO

CUESTIONARIO SOBRE PROTECCION RADIOLOGICA

| | | | | |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Edad | | | | |
| Sexo | Hombre | <input type="checkbox"/> | Mujer | <input type="checkbox"/> |
| Motivo del examen radiológico: | | | | |
| Cabeza/Cuello | <input type="checkbox"/> | Extremidad superior | <input type="checkbox"/> | |
| Tórax | <input type="checkbox"/> | Extremidad Inferior | <input type="checkbox"/> | |
| Abdomen | <input type="checkbox"/> | Pelvis/Caderas | <input type="checkbox"/> | |

Nota: Para una mayor comprensión de las personas encuestadas utilizaremos los términos Rayos X al puesto de Radiación Ionizante, y utilizaremos el término Bebé en lugar de Feto o Producto.

- 1- ¿Sabe usted, que son los Rayos X? SI NO
- 2- ¿Sabe Usted que los Rayos X se acumulan en el cuerpo y que el abuso de exámenes radiológicos tiene efectos nocivos sobre el organismo? SI NO
- 3- ¿Puede identificar alguno de los efectos nocivos de las Radiaciones Ionizantes?
- a) Cáncer b) Daños genéticos c) todas son Correctas
- d) Daños celulares e) Vómitos y cataratas f) No sabe
- 4-Sabe usted que los rayos X pueden causar efectos nocivos sobre el bebé en el vientre de la madre? SI NO
- 5 Puede identificarlos entre los siguientes ejemplos?
- a) Aborto b) Malformaciones fetales c) Infarto
- d) Cáncer en el niño e) Todas son correctas f) No sabe
- 6- Sabe usted que existen elementos para su protección, que evitan la exposición innecesaria a los Rayos X de aquellas partes del cuerpo que NO se van a estudiar?
SI NO
- 7- ¿De los siguientes ejemplos, puede identificar los elementos de protección radiológica, que usted puede solicitar al personal técnico, en el momento del examen?
- a) Delantal plomado b) Guantes plomados c) Gafas plomadas
- d) Protección genital e) Cascos plomados f) No sabe

8- ¿Sabe usted que el símbolo del trébol advierte una zona con presencia de radiación Ionizante? SI NO

9- ¿Sabe usted que hay tréboles de diferentes tipos y colores, que advierten la mayor o menor peligrosidad, si se accede a zonas de irradiación y/o contaminación?.
SI NO

10-¿Son claros estos símbolos para la comprensión?
SI NO

11- ¿Utiliza el personal técnico, las medidas de protección radiológica en el paciente, como Guantes, delantales o faldas plomadas, protección genital o gafas plomadas?
SI NO

12- ¿Es el personal técnico lo suficientemente claro en su explicación, sobre la importancia del uso de protecciones contra los Rayos X?
SI NO En parte

13-¿Sabe usted cuales de los siguientes métodos de imágenes radiológicas utilizan Rayos X?
a) Escáner dental b) Mamografía c) Resonancia Magnética
d) TAC e) Ecografía f) No sabe

14- ¿Hay métodos de imagen que utilizan más radiación que otros, puede ordenarlos de mayor a menor radiación? Ordénalos del 1 al 5
a) El TAC b) Densitometría ósea c) Mamografía
d) Radiología dental e) Fluoroscopia d) No sabe

15- En los últimos 3 años, ¿Se ha realizado estudios con Rayos X?
SI NO

16- ¿En qué parte del cuerpo?
a) Cabeza/cuello b) Tórax c) Abdomen
d) Miembro superior e) Miembro Inferior f) Pelvis/Caderas

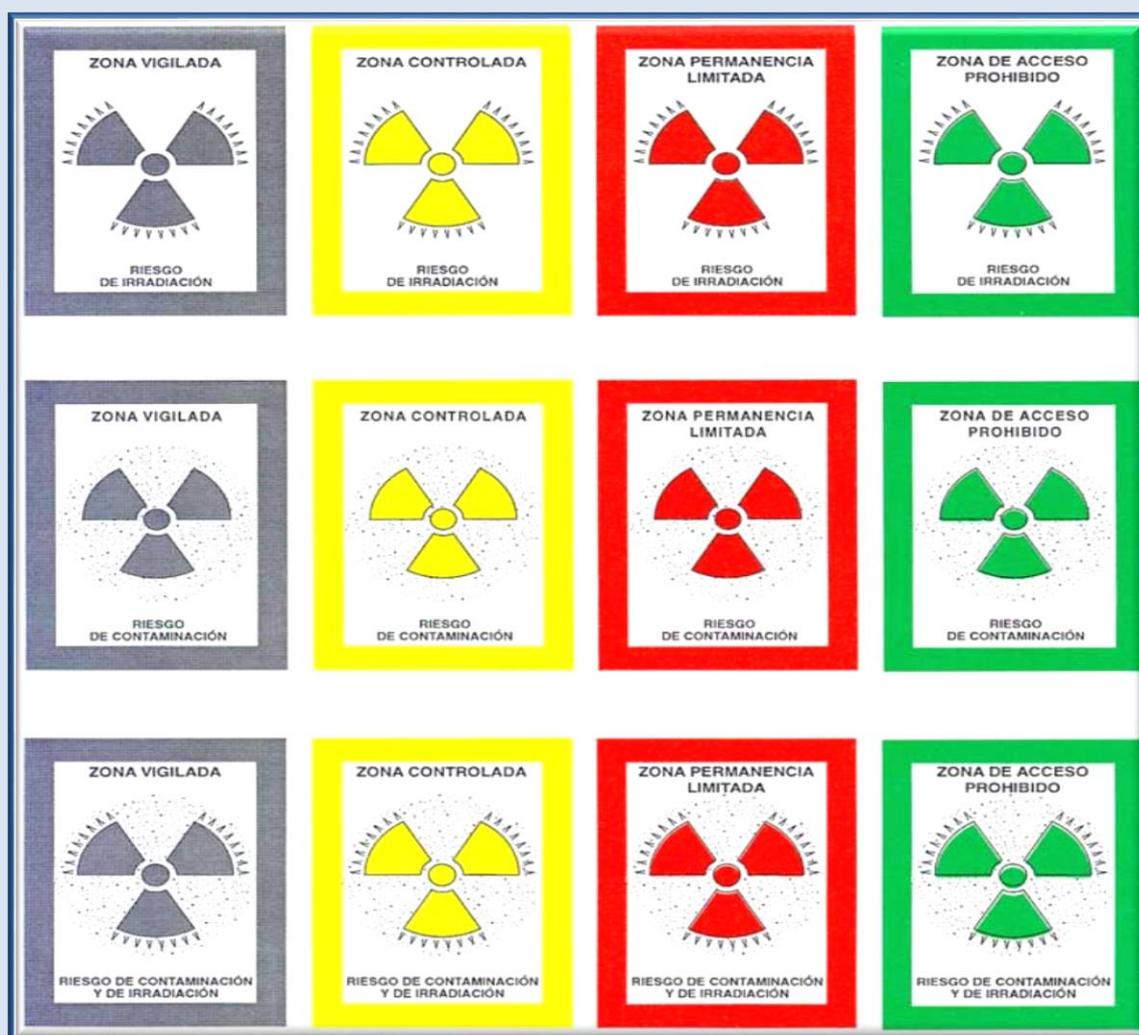
17-¿Cuantos estudios radiológicos con Radiación Ionizante (Rayos X, TAC, Mamografía, RX Dental, Escáner Dental) se ha realizado usted?
a) De 0 a 10 b) De 10 a 20 c) Mas de 20

18-¿Los estudios fueron, Radiografías, TAC, o ambos?
Radiografías TAC Ambos

Este cuestionario fue realizado con el objetivo de brindar información fundamental a un trabajo de investigación Titulado “La conciencia social en la protección radiológica”. Dicho trabajo se está realizando por un alumno de la Universidad Atlántica de Portugal, perteneciente a la Licenciatura en Radiología como trabajo fin de carrera. Esta tesis pretende dilucidar y dar luz a una interrogante, “Cual es el conocimiento de la población acerca de las radiaciones ionizantes y sus efectos secundarios, utilizadas en Diagnóstico por imágenes en el área de la medicina.

Los datos finales de este estudio, nos brindarían el conocimiento suficiente, para saber si existe la necesidad de implementar una mayor educación de la población, atreves de planes de formación, para evitar el abuso de los estudios radiodiagnósticos con RI , cuando no son estos estrictamente necesarios.

Figura de muestra que se adjunta a los pacientes encuestados para que determinen la comprensión de los pictogramas.



10 ANÁLISIS E INTERPRETACION DE DATOS OBTENIDOS

10.1 Resultados del cuestionario y presentación de tablas

1-¿Sabe usted que son los Rayos X?

| Total de personas | SI | NO |
|-------------------|----|----|
| 100 | 67 | 33 |

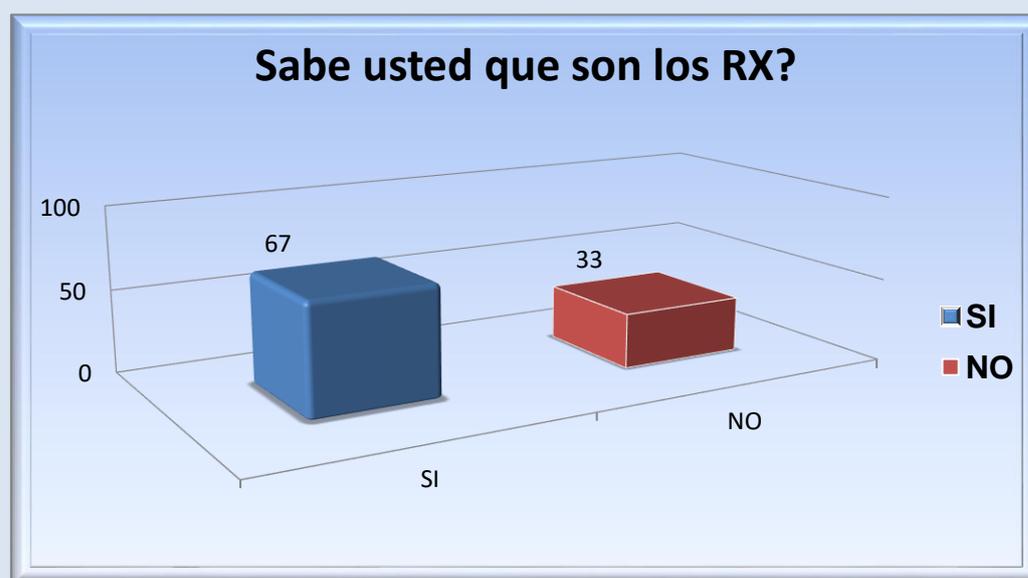


Tabla 4

2 -¿Sabe Usted que los Rayos X se acumulan en el cuerpo y que el abuso de exámenes radiológicos tiene efectos nocivos sobre el organismo?

| Total de personas | si | no |
|-------------------|----|----|
| 100 | 31 | 69 |

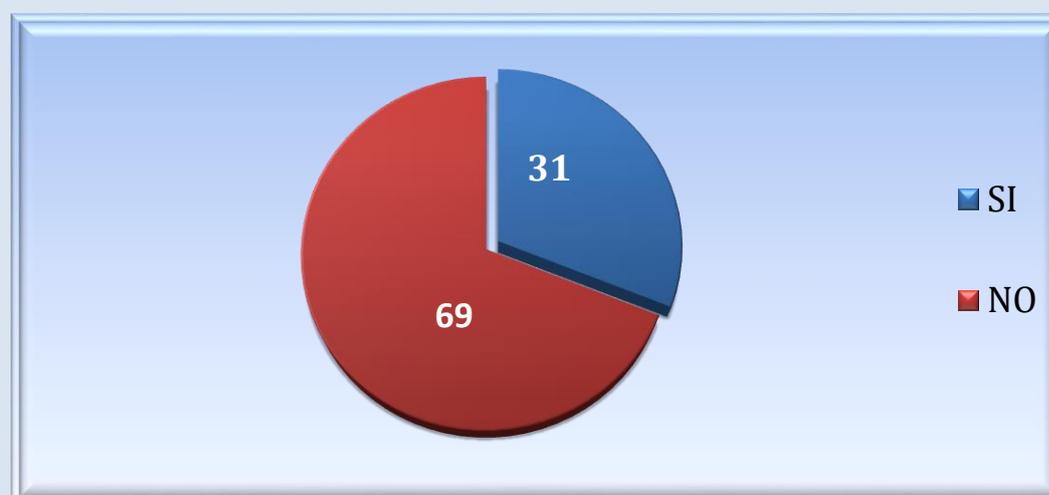


Tabla 5

3-¿De los siguientes ejemplos, puede identificar los efectos nocivos de las Radiaciones Ionizantes?

| Total de personas | si | no | solo alguno |
|-------------------|----|----|-------------|
| 100 | 5 | 61 | 34 |

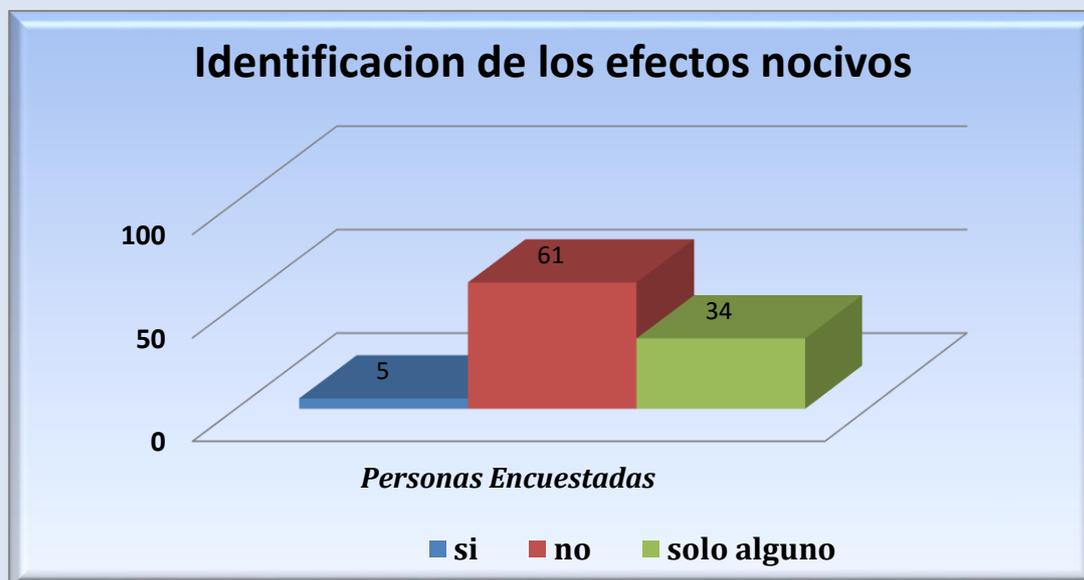


Tabla 6

4-¿Sabe usted que los rayos X pueden causar efectos nocivos sobre el bebé en el vientre de la madre?

| Total de personas | si | no |
|-------------------|----|----|
| 100 | 68 | 32 |

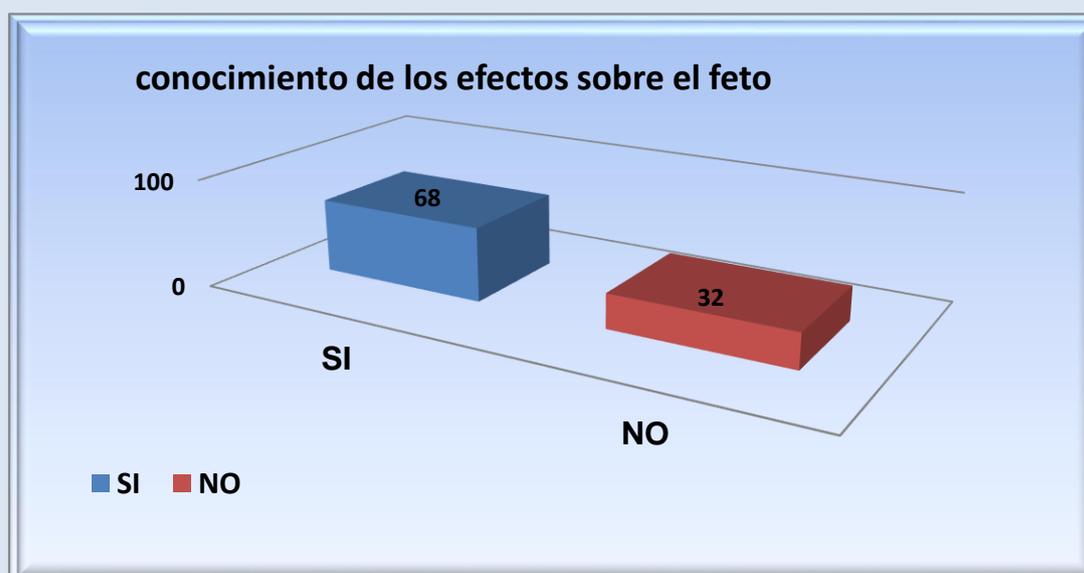


Tabla 7

5-¿Puede identificarlos entre los siguientes ejemplos?

| Total de personas | si | no | solo algunos |
|-------------------|----|----|--------------|
| 100 | 13 | 32 | 44 |

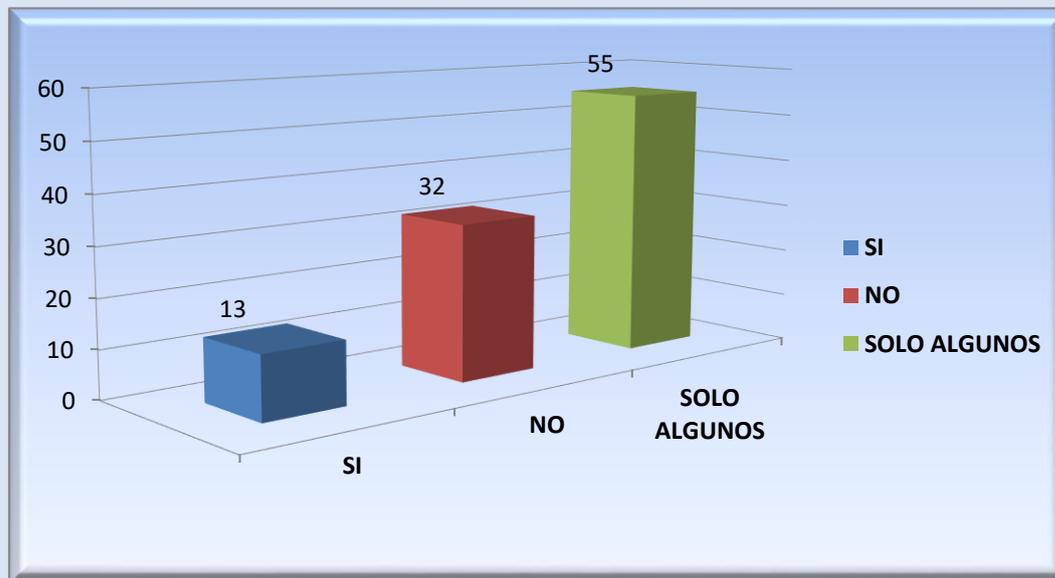


Tabla 8

6-¿Sabe usted que existen elementos para su protección, que evitan la exposición innecesaria a los Rayos X de aquellas partes del cuerpo que NO se van a estudiar?

| Total de personas | si | no |
|-------------------|----|----|
| 100 | 82 | 18 |

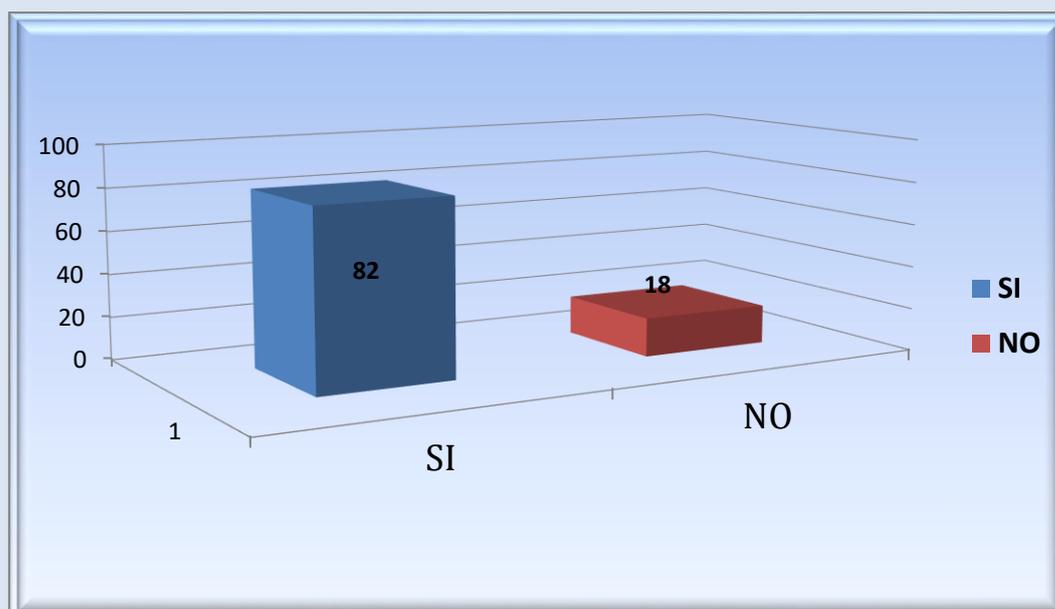


Tabla 9

7- ¿De los siguientes ejemplos, puede identificar los elementos de protección radiológica, que usted puede solicitar al personal técnico, en el momento del examen?

| Total de personas | si | no | solo algunos |
|-------------------|----|----|--------------|
| 100 | 13 | 18 | 69 |

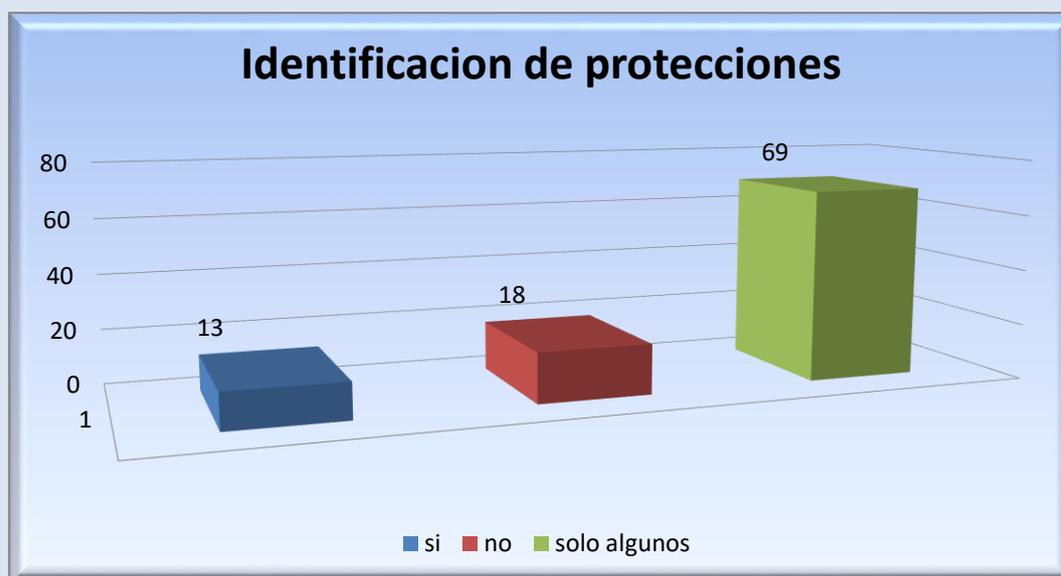


Tabla 10

8-¿Sabe que el símbolo del trébol advierte una zona con presencia de Peligro?

| Total de personas | si | no |
|-------------------|----|----|
| 100 | 71 | 29 |

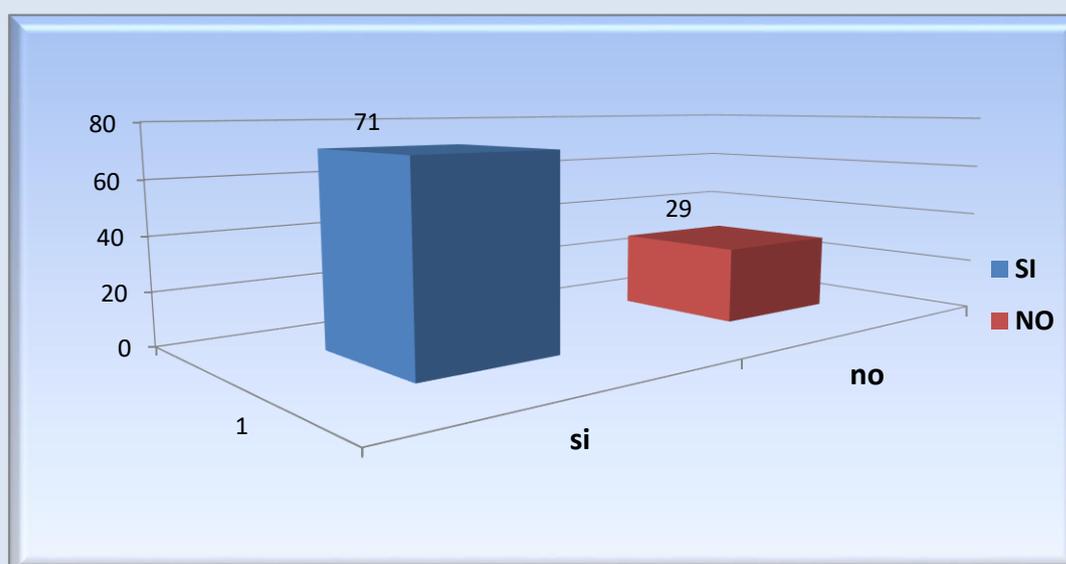


Tabla 11

9-¿Sabe usted que hay tréboles de diferentes tipos y colores, que advierten la mayor o menor peligrosidad, si se accede a zonas de irradiación y/o contaminación?

| Total de personas | si | no |
|-------------------|----|----|
| 100 | 37 | 63 |

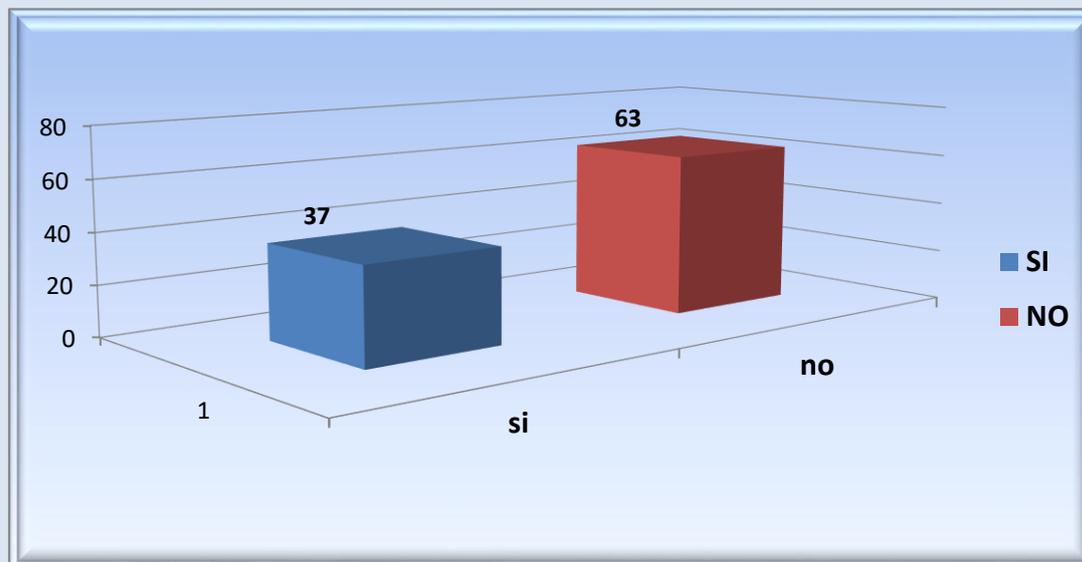


Tabla 12

10-¿Son claros estos símbolos para la comprensión?

| Total de personas | si | no | Solo en parte |
|-------------------|----|----|---------------|
| 100 | 11 | 56 | 33 |

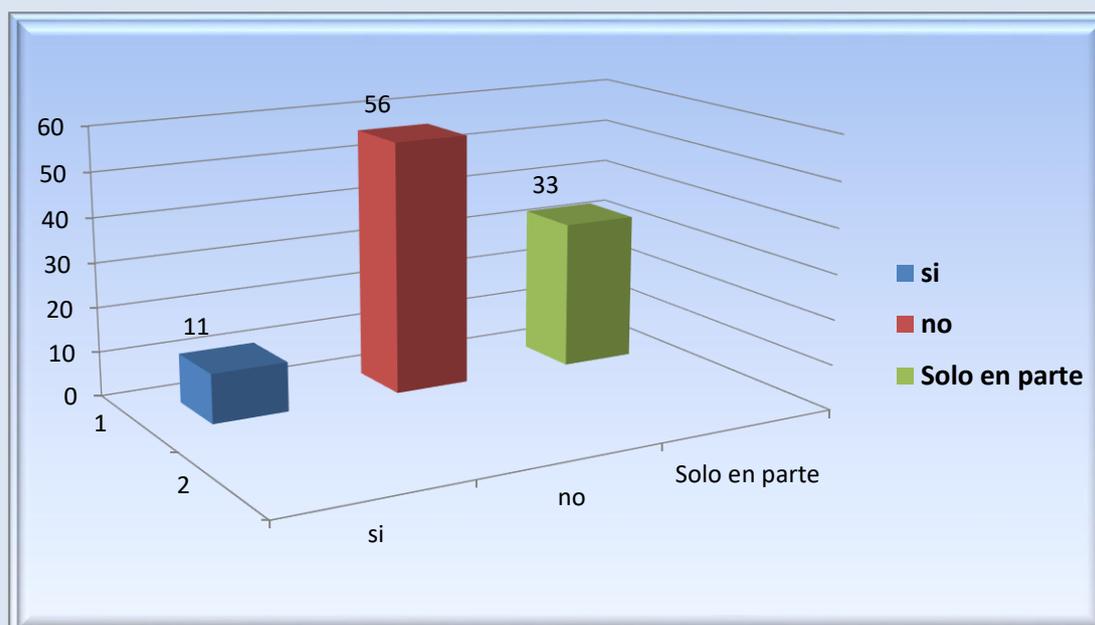


Tabla 13

11- ¿Utiliza el personal técnico, las medidas de protección radiológica en el paciente, como Guantes, delantales o faldas plomadas, protección genital o gafas plomadas?

| Total de personas | si | no |
|-------------------|----|----|
| 100 | 37 | 63 |

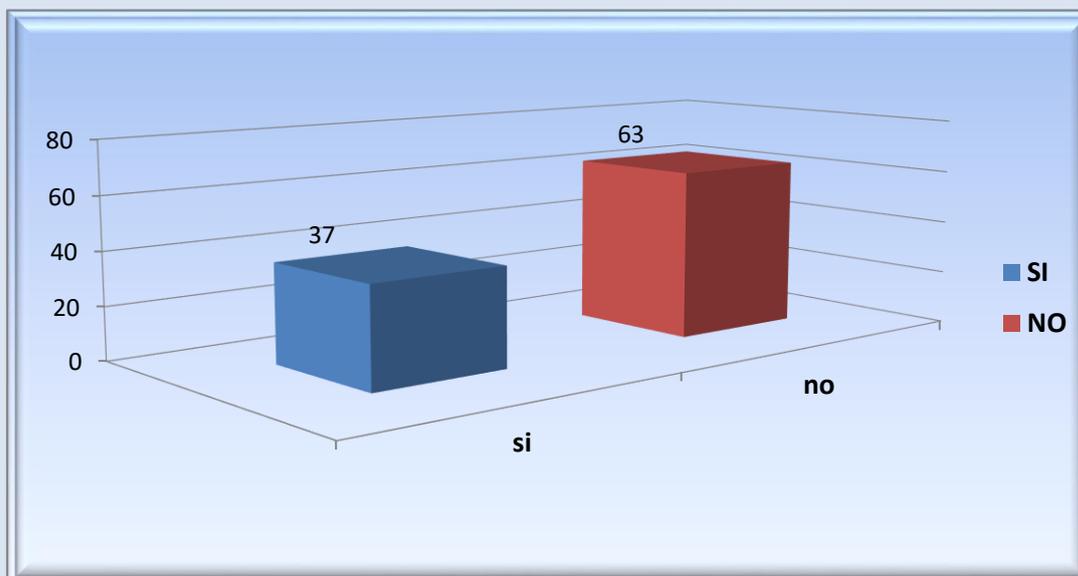


Tabla 14

12- ¿Es el personal técnico lo suficientemente claro en su explicación, sobre la importancia del uso de protecciones contra los Rayos X?

| Total de personas | si | no | Solo en parte |
|-------------------|----|----|---------------|
| 100 | 79 | 5 | 16 |

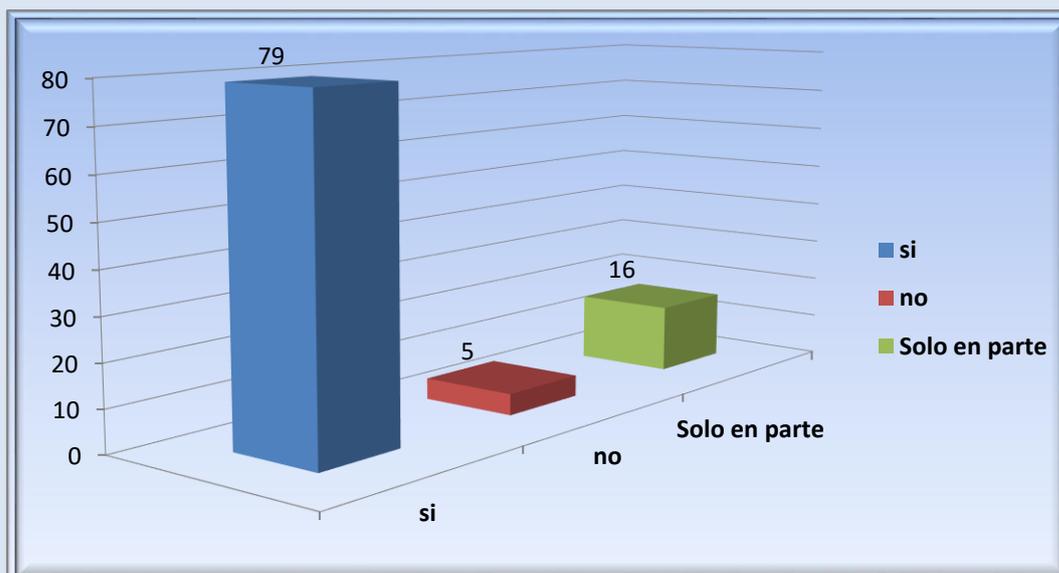


Tabla 15

13- ¿Sabe usted cuales de los siguientes métodos de imágenes radiológicas utilizan Rayos X?

| Total de personas | si sabe | no sabe | Solo reconoce algunos |
|-------------------|---------|---------|-----------------------|
| 100 | 8 | 25 | 67 |

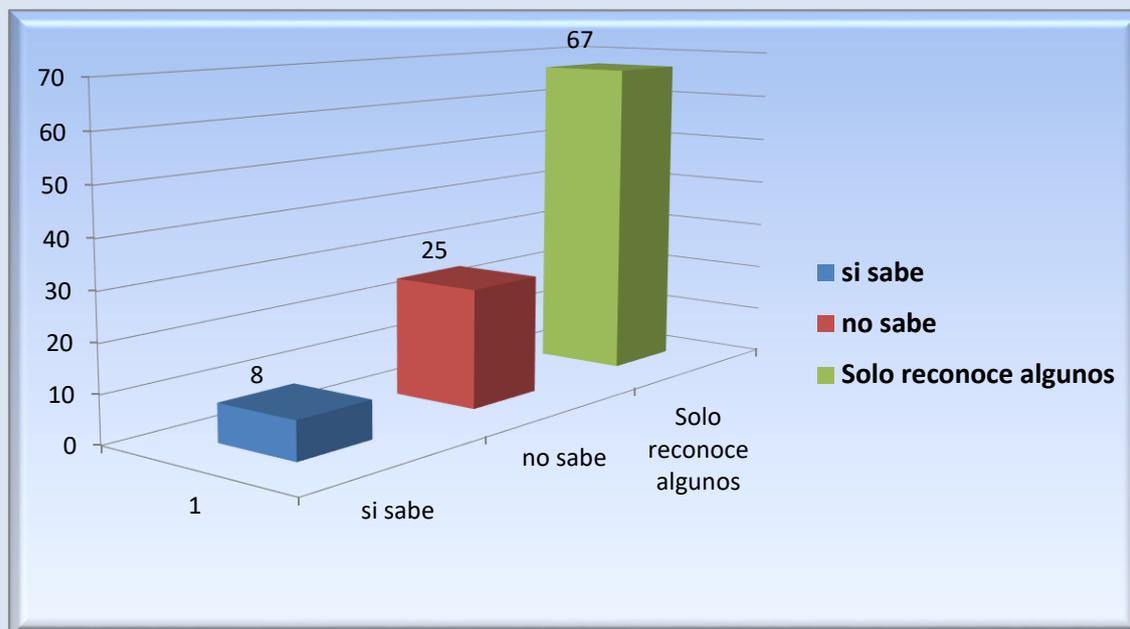


Tabla 16

14- ¿Hay métodos de imagen que utilizan más radiación que otros, puede ordenarlos de mayor a menor radiación?

| Total de personas | si sabe | no sabe | Solo reconoce algunos |
|-------------------|---------|---------|-----------------------|
| 100 | 5 | 66 | 29 |

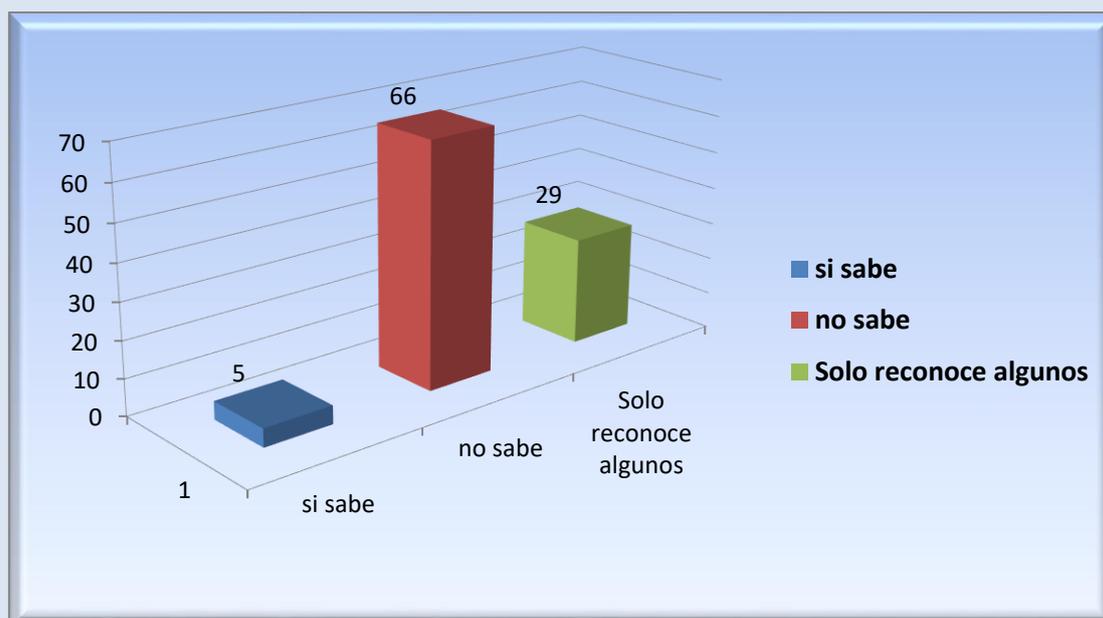


Tabla 17

15- En los últimos 3 años, ¿Se ha realizado estudios con Rayos X?

| Total de personas | si | no |
|-------------------|----|----|
| 100 | 84 | 16 |

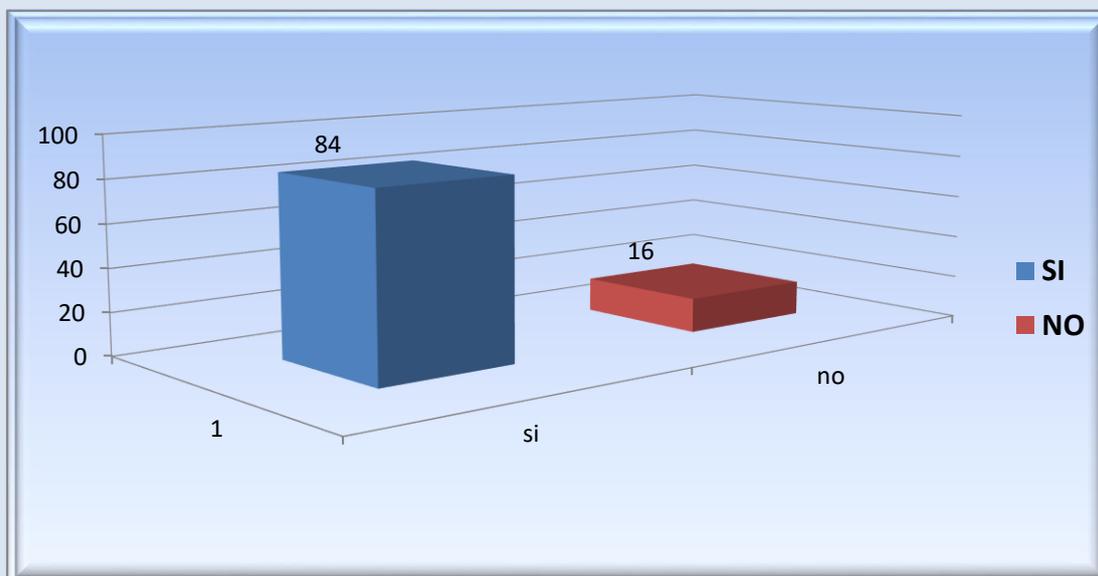


Tabla 18

16- ¿En qué parte del cuerpo?

| TOTAL DE PERSONAS | Cabeza cuello | Tórax | MM SS | Abdomen | Pelvis Cadera | MM II |
|-------------------|---------------|-------|-------|---------|---------------|-------|
| 100 | 42 | 80 | 47 | 73 | 30 | 51 |

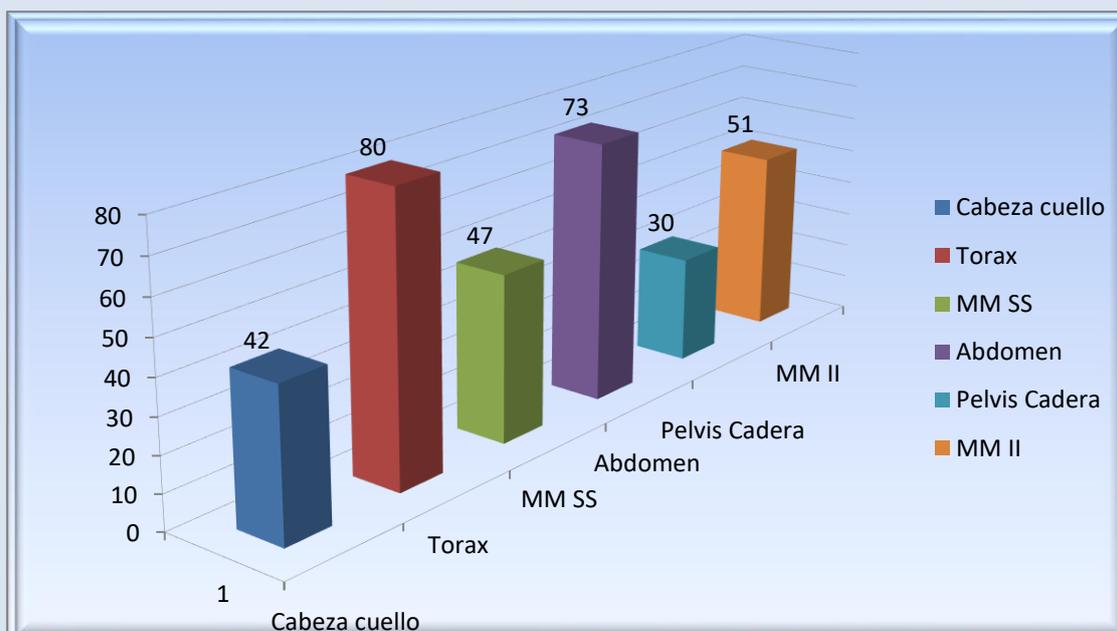


Tabla 19

17-¿Cuantos estudios radiológicos con Radiación Ionizante se ha realizado usted?

| TOTAL DE PERSONAS | De 0 a 10 | De 11 a 20 | Más de 20 |
|-------------------|-----------|------------|-----------|
| 100 | 37 | 53 | 10 |

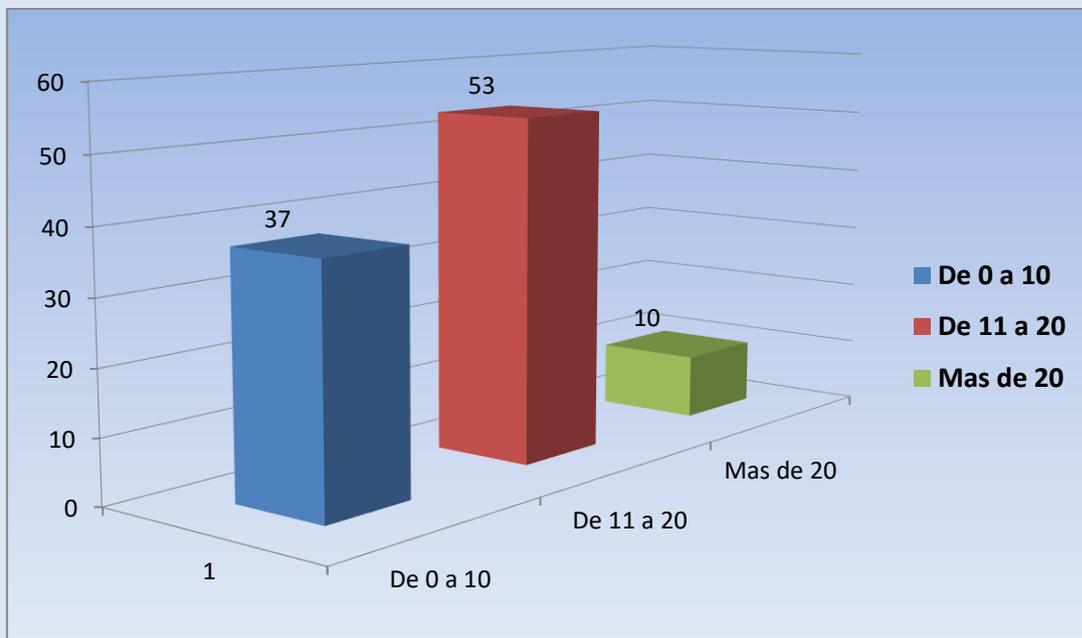


Tabla 20

18- ¿Los estudios fueron Radiografías, TAC o Ambos?

| Total de personas | Radiografías | TAC | Ambos (RX y TAC) |
|-------------------|--------------|-----|------------------|
| 100 | 15 | 27 | 58 |

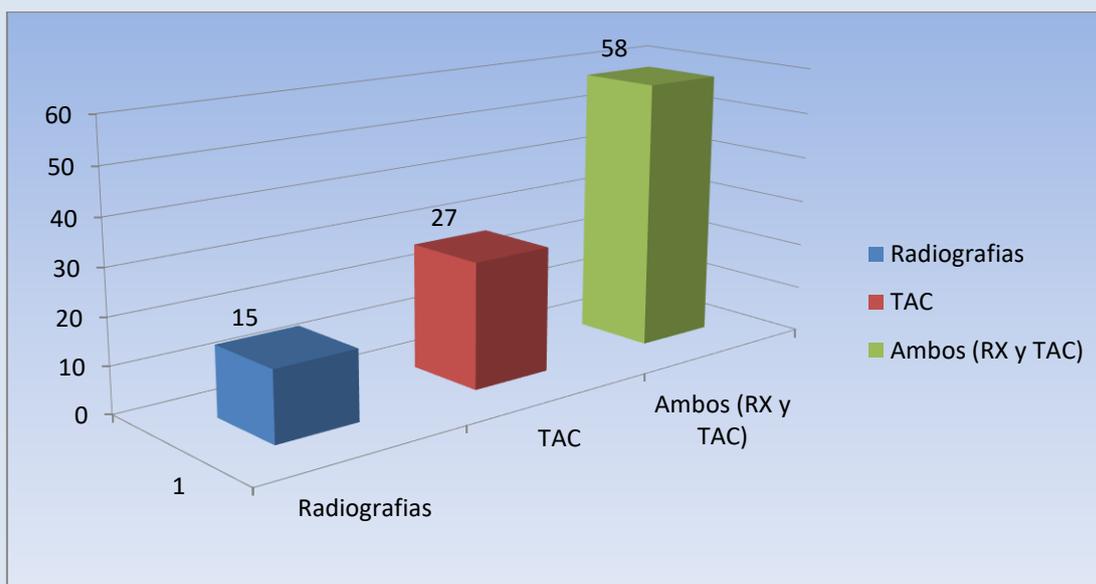


Tabla 21

10.2 Interpretación de los resultados obtenidos

El cuestionario se ha realizado a 100 pacientes del servicio de radiodiagnóstico del hospital Begoña.

De un total de 100 pacientes, 59 eran hombres y 41 fueron mujeres. Todos ellos en edades comprendidas entre los 18 y los 65 años.

De los resultados obtenidos haremos un análisis de los datos arrojados en las tablas:

En la pregunta numero 1: ¿Sabe usted que son los Rayos X?

De los 100 encuestados, 67 pacientes han respondido que si los conocían y 33 que NO. Los pacientes no tuvieron mayor dificultad en identificar los Rayos X y relacionarlos con su malignidad.

En la pregunta numero 2: ¿Sabe Usted que los Rayos X se acumulan en el cuerpo y que el abuso de exámenes radiológicos tiene efectos nocivos sobre el organismo?

De los 100 pacientes encuestados, 31 han respondido afirmativamente y 69 negativamente. Los 69 pacientes que respondieron NO, es porque no sabían que los Rayos X se acumulaban en el cuerpo y muchos de ellos no sabían que los RX eran nocivos para la salud.

En la pregunta número 3: ¿Puede identificar alguno de los efectos nocivos de las Radiaciones Ionizantes?

De los 100 encuestados, solo 5 conocían los efectos de las RI, 61 no los conocían y 34 han podido identificar alguno de los efectos.

En la pregunta número 4: ¿Sabe usted que los rayos X pueden causar efectos nocivos sobre el bebé en el vientre de la madre?

De los 100 encuestados, 68 han respondido que si lo conocían y 32 que NO. De los 32 pacientes que respondieron que NO, el 95% eran hombres con edades de entre 18 y 45 años. Casi todas las mujeres encuestadas sabían la respuesta. En cambio los hombres demostraron falta de conocimiento.

En la pregunta número 5: *¿Puede identificarlos entre los siguientes ejemplos?*

De los 100 encuestados, 32 respondieron no reconocer los efectos, ellos eran los pacientes masculinos que no sabían que la RI es perjudicial para el feto.

La mayoría de las mujeres reconocían algunos de los efectos, 55 personas. Solo 13 mujeres adultas respondieron el 100% correctamente.

En la pregunta número 6: *¿Sabe usted que existen elementos para su protección, que evitan la exposición innecesaria a los Rayos X de aquellas partes del cuerpo que NO se van a estudiar?*

De los 100 encuestados, 82 han respuesto correctamente y 18 han dicho no saber.

Tanto hombres como mujeres han respuesto proporcionalmente en los aciertos y en los errores.

Aunque los menores en la franja de 18 a 22 años y los mayores en la franja etaria de 60 a 65 años ninguno ha respuesto correctamente.

En la pregunta número 7: *¿De los siguientes ejemplos, puede identificar los elementos de protección radiológica, que usted puede solicitar al personal técnico, en el momento del examen?*

De los 100 encuestados, 13 han respuesto correctamente y conocían los elementos de protección, 18 han respuesto no conocerlos y 69 han identificado solo algunos elementos.

De los 69 pacientes que han reconocido solo algunos de los elementos de protección la gran mayoría ha identificado al Delantal plomado, y solo un 40% de estos 69 pacientes ha identificado también los guantes.

Sumando los 69 encuestados (que respondieron algunos) y los 18 pacientes (que no sabían), podemos afirmar de 87 pacientes encuestados sobre 100, desconocían la existencia de elementos de protección gonadal, para el cristalino y para el tiroides.

En la pregunta número 8: *¿Sabe usted que el símbolo del trébol advierte una zona con presencia de radiación Ionizante?*

De las 100 personas encuestadas, 71 han respuesto correctamente y 29 han respuesto que desconocen.

De las 29 personas que han dicho desconocer el significado, si podían intuir que el símbolo indicaba que había algo con potencial peligroso.

En la pregunta número 9: *¿Sabe usted que hay tréboles de diferentes tipos y colores, que advierten la mayor o menor peligrosidad, si se accede a zonas de irradiación y/o contaminación?*

De las 100 personas encuestadas, 37 han respondido conocer el significado y 63 han dicho desconocerlo.

De las 63 personas que respondieron que NO, el 40% pertenecía a jóvenes entre 18 y 30 años, y el otro 60% correspondía a personas entre los 35 y 65 años.

En la pregunta número 10: *¿Son claros estos símbolos para la comprensión?*

De los 100 encuestados, 11 comprenden la información de los pictogramas, 56 alegan no comprender con exactitud que significa y 33 comprenden solo en parte la información que obtienen de los pictogramas.

Tanto los pacientes que no comprendían los pictogramas como los que los comprendían solo en parte, ambos alegan falta de información en los mensajes.

Nadie comprendía lo que significaba “Contaminación” como tampoco sabían a qué se refería precisamente con “Irradiación”.

Tampoco sabían discriminar la diferencia entre tréboles con puntas radiales o sin ellas, Tampoco podían saber el significado de que algún cartel tuviera el fondo punteado y otros No lo tuvieran.

De los 89 pacientes (56 + 33), el 80% tenía edades comprendidas entre los 40 y 65 años y el restante 20% tenía edades comprendidas entre 18 y 40 años.

En la pregunta número 11: *¿Utiliza el personal técnico, las medidas de protección radiológica en el paciente, como Guantes, delantales o faldas plomadas, protección genital o gafas plomadas?*

De los 100 encuestados, en 37 pacientes fueron utilizados elementos de protección radiológica y en 63 NO fueron utilizados elementos de PR.

“Aclaremos” que los pacientes NO han realizado la totalidad de sus estudios radiológicos en el hospital Begoña, por lo que No podemos evaluar al personal técnico de este hospital, Sino al personal técnico en general. Pero nos faltan más datos para sacar una conclusión objetiva sobre todos los técnicos de España. Esto sería objeto de otra investigación”.

En la pregunta número 12: *¿Es el personal técnico lo suficientemente claro en su explicación, sobre la importancia del uso de protecciones contra los Rayos X?*

De los 100 encuestados, 79 han respondido que sí, 5 han respondido que no y 16 solo en parte. Los 16 pacientes que han respondido solo en parte eran todos ellos adultos con edades comprendidas entre los 55 y 65 años.

“Hemos observado durante el tiempo de prácticas en el Hospital Begoña que el personal se toma el tiempo necesario para explicar el estudio al paciente, para calmarlo o para poner los elementos de PR en las partes que no serán irradiadas para evitar la exposición innecesaria a RI en partes del cuerpo que no serán objeto de estudio”.

En la pregunta número 13: *¿Sabe usted cuales de los siguientes métodos de imágenes radiológicas utilizan Rayos X?*

De los 100 encuestados, 8 pacientes han respondido correctamente, 25 pacientes no sabían y 67 pacientes solo han reconocido algún método de imagen que utiliza RI.

De los 8 que han respondido correctamente 7 han identificado a la mamografía y al TAC y solo 1 han identificado al Escáner dental.

En la pregunta número 14: *¿Hay métodos de imagen que utilizan más radiación que otros, puede ordenarlos de mayor a menor radiación?*

Aquí, de los 100 encuestados, solo 5 han respondido correctamente, 66 no lo sabían y 29 solo han identificado a alguno.

“De las respuestas a las preguntas 13 y 14 observamos el escaso conocimiento de los pacientes sobre los distintos métodos de estudio en radiodiagnóstico”.

Con las siguientes preguntas (15, 16 y 17) pretendemos saber cuántos estudios con RI se realiza la población y que partes del cuerpo son las más expuestas a radiación objeto de estudio

En la pregunta número 15: *En los últimos 3 años ¿Se ha realizado estudios con Rayos X?*

De los 100 encuestados, 84 pacientes han respondido SI y solo 16 que NO. Aquí podemos apreciar que el elevado número de pacientes que realizan estudios con radiaciones ionizantes.

El 70% de los pacientes que respondieron SI, estaban en edades comprendidas entre los 45 y 65 años.

De ese 70% de pacientes, el 55% eran hombres y 45% mujeres.

En la pregunta número 16: *¿En qué parte del cuerpo?*

De los 100 encuestados:

- Cabeza y Cuello: 42
- Tórax: 80
- MM SS: 47
- MM II: 51
- Abdomen: 73
- Pelvis y caderas: 30

En el hospital Begoña se realizan muchos estudios radiológicos de tipo musculoesquelético.

Los estudios realizados a los miembros inferiores, son mayormente de rodilla.

Los estudios de miembros superiores, son mayormente de Hombros.

Algunos estudios vasculares en RM y TAC pero no muchos (martes y jueves).

En la pregunta 17: *¿Cuántos estudios radiológicos con Radiación Ionizante (Rayos X, TAC, Mamografía, RX Dental, Escáner Dental) se ha realizado usted?*

De los 100 encuestados:

De 0 a 10 estudios: 37 pacientes

De 11 a 20 estudios: 53pacientes

Más de 20 estudios: 10

En la pregunta número 18: *¿Los estudios fueron Radiografía, TAC o ambos?*

De los 100 encuestados:

RX: 15 Pacientes

TAC: 27 Pacientes

Ambas Técnicas: 58 Pacientes

Las preguntas nos arrojan la siguiente información, Los estudios de TC están aumentando y con ello la dosis al paciente. Abría que evaluar en cada caso si dichas pruebas están justificadas o no. Muchas veces se recurre a estudios de TC para dilucidar incógnitas cuando bastarían exámenes radiográficos RX.

Como son un RX de abdomen simple, una RX de Tórax o una RX de Senos paranasales (Watters).

11 CONCLUSIÓN

De los resultados antes descritos y posteriormente analizados concluimos con las siguientes afirmaciones, este estudio de investigación:

- La población desconoce en una gran mayoría, acerca de los posibles daños que un exceso de Radiación Ionizante puede ocasionar en el cuerpo, ya sea de reacción inmediata (Efectos Precoces) o reacción diferida (Efectos Tardíos).
- Los pacientes que desconocen los efectos indeseados de la radiación ionizante, solicitan/se realizan mas de estudios radiológicos, que los pacientes que conocen los riesgos.
- La falta de conocimiento por parte de la sociedad sobre las RI y sus efectos, aumenta la demanda de estudios radiológicos.
- Observamos con la encuesta y durante nuestro periodo de prácticas, que la población tampoco está al corriente de todo el material de Radioprotección disponible para proteger las partes del cuerpo más radiosensibles y que no sean objeto de estudio, previniendo de esta manera la irradiación innecesaria.
- La población no comprende en su totalidad la información de riesgos radiológicos o de contaminación contenida en los pictogramas de los tréboles radiológicos.
- La población no sabe discriminar los estudios que utilizan RI de los que utilizan radiofrecuencia, de los que utilizan ultrasonidos. Muchas veces, más allá de la viabilidad (disposición) de pruebas sin RI como la ecografía o la RM, la población debería estar informada, para evaluar con sus médicos, cual es la prueba con menor riesgo y que aporte la suficiente calidad diagnóstica.

REFLEXIÓN:

En vista de las conclusiones obtenidas por este estudio de investigación y como aporte personal, se propone a continuación, una serie de medidas, dedicadas a aumentar la conciencia de la sociedad sobre las Radiaciones Ionizantes y sus efectos. El objetivo es disminuir los estudios innecesarios y los efectos indeseados sobre las personas y sobre las generaciones a venir.

- Por parte del Gobierno, y de las distintas comunidades autónomas: Más campañas de formación, dirigidas a concientizar a la sociedad acerca de los posibles daños de las Radiaciones Ionizantes y cómo prevenirlos (charlas educativas en centros socio-culturales, deportivos o, usando los medios radio-televisivos, periódicos etc.).
- Por parte de los distintos institutos de formación: Las campañas de concientización también podrían ser realizadas por los alumnos de los distintos centros formativos, donde se imparten la formación FP de: Técnico Superior en Imagen para el Diagnóstico y de Técnico Superior en Radioterapia y Dosimetría. Esto tendría una doble función, concientizar a la población y hacer que los alumnos se involucren aun más en su profesión y misión futura.
- Formación Universitaria en España: Tanto los Técnicos Superiores en Imagen para el Diagnóstico como los Técnicos Superiores en Radioterapia y Dosimetría, hoy día en nuestro país cuentan con 2000 Horas de formación No Universitaria, realizados en 2 años de formación y con escasos meses de prácticas en hospitales.
Una formación Universitaria de 4 años, (mayor carga horaria en la formación y un nivel superior de estudios) homologaría a los técnicos españoles con sus colegas europeos y una formación de nivel superior conllevaría a:
 - a) Un aumento sustancial en los conocimientos de los futuros profesionales, entre ellos mencionamos un aprofundimiento importante en la PR, dichos conocimientos luego se aplicarían sobre los pacientes, brindando a la sociedad una mayor calidad en el trabajo y una mayor seguridad al momento de aplicar la PR.
 - b) Una mayor autonomía y una mayor responsabilidad, que cobraría vital importancia al momento de discriminar la viabilidad de ciertos estudios y de observar si se cumple la Justificación de un estudio, evaluando el Riesgo-beneficio.

BIBLIOGRAFÍA

Boletín Oficial del Estado. Real Decreto 413/1997, del 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

BOE nº 97,23/4/1997

Boletín Oficial del Estado. Real Decreto 773/1997, del 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. BOE nº 140, 12/6/1997.

Boletín Oficial del Estado. Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes. BOE nº 178, 26/7/2001

Consejo de seguridad Nuclear (CSN). Guía de seguridad 7.4 del CSN rev-1 y rev-2. Bases para la vigilancia médica de los trabajadores expuestos a las radiaciones ionizantes. Madrid, enero, 1994 y junio 1998 respectivamente.

Directiva 96/26 EURATOM por la que se establecen las normas básicas relativas a la protección radiológica de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes.

Directiva 96/29 EURATOM. Normas básicas de protección sanitaria de los trabajadores y d la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones Ionizantes (DOCE L159 29/6/96).

Guía de seguridad nº5.11 del Consejo de Seguridad Nuclear: Aspectos técnicos de seguridad y protección radiológica de instalaciones de rayos X para el diagnóstico. 1990.

IAEA. TECDOC.796. 1995. Radiation doses in diagnostic radiology and methods for dose reduction.

ICPR publicación 26. Recomendaciones de ICPR. Año 1977.

ICPR publicación 60. Recomendaciones de 1990. Año 1992.

ICPR publicación 75. Principios generales de la protección radiológica de los trabajadores. Año 1997.

ICPR publicación 84. Embarazo e irradiación medica. Año 2000.

ICPR publicación 60. Recomendaciones de la ICPR, (19). Publicación SEPR nº1.

Ley 15/1980, de 22 de abril de creación del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). BOE nº 100 del 25/04/1980.

Ley 31/1995 d prevención de riesgos laborales (BOE 10 noviembre de 1995).

Limitation of exposure to ionizing radiation. NCPR report nº. 116. National Council on Radiation Protection and Measurements, March 1993.

Manual general de protección radiológica. INSALUD. Madrid 1993.

Manual general de protección radiológica. Instituto Nacional de la Salud. Ministerio de Sanidad y Consumo. Publicación INSALUD nº 1627 (1995).

Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación. 1997.

Real Decreto 1132/1990, de 14 de septiembre por el que se establecen las medidas fundamentales de protección radiológica de las personas sometidas a exámenes y tratamientos médicos (BOE nº224, 18 de septiembre de 1990).

Real Decreto 1976/1999 por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico (BOE, 29 de diciembre de 1999).

Real Decreto 413/1997, 21 de marzo, sobre la protección operacional de los trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada (BOE nº91, 16/04/1997).

Real Decreto 783/2001 de 6 de julio por el que se aprueba el reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.

Real decreto 815/2001 sobre la justificación del uso de radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones medicas.

UNCESAR 2001. Report of the united nation scientific committee on the effects of atomic Radiation to the General Assembly. "Efectos hereditarios de la radiacion".

Manual de Radiología para Técnicos, Stewart Carlyle Bushong, 2010 Editorial Elsevier España.

Merrill, Atlas de posiciones radiográficas y procedimientos radiológico, Eugene D. Frank, Bruce W. Long, Barbara J. Smith – Año 2010- Editorial Elsevier España S.L.

<https://www.csn.es/documents/10182/896582/Real%20Decreto%20783-2001,%20de%206%20de%20julio,%20por%20el%20que%20se%20aprueba%20el%20Reglamento%20sobre%20protección%20sanitaria%20contra%20radiaciones%20ionizantes>.

<https://www.csn.es/documents/10182/896015/Ley%2015-1980,%20de%2022%20de%20abril,%20de%20creación%20del%20Consejo%20de%20Seguridad%20Nuclear>