



**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**  
SERVICIO DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

# Aportación del Servicio de Protección Radiológica a la Seguridad y Salud del Personal Expuesto a Radiaciones Ionizantes en la Universidad de Córdoba

---

Tesis Doctoral

**Patricia Raya Hidalgo**

Córdoba, 2017

TITULO: *APORTACIÓN DEL SERVICIO DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA A  
LA SEGURIDAD Y SALUD DEL PERSONAL EXPUESTO A  
RADIACIONES IONIZANTES EN LA UNIVERSIDAD DE CORDOBA*

AUTOR: *Patricia Raya Hidalgo*

---

© Edita: UCOPress. 2017  
Campus de Rabanales  
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A  
14071 Córdoba

[www.uco.es/publicaciones](http://www.uco.es/publicaciones)  
[publicaciones@uco.es](mailto:publicaciones@uco.es)

---





**TÍTULO DE LA TESIS:** Aportación del Servicio de Protección Radiológica a la Seguridad y Salud del Personal Expuesto a Radiaciones Ionizantes en la Universidad de Córdoba.

**DOCTORANDO/A:** PATRICIA RAYA HIDALGO

### **INFORME RAZONADO DEL DIRECTOR DE LA TESIS**

El trabajo, objeto de esta tesis es original, fruto de un proceso de maduración largo y extenso, en relación a la protección radiológica en el ámbito de la investigación y la docencia y su contribución a la seguridad y salud de los trabajadores expuestos a las radiaciones ionizantes.

En la introducción, el doctorando demuestra un profundo conocimiento en torno al tema. Los objetivos de la investigación están correctamente formulados.

La metodología que emplea es oportuna y coherente con los objetivos formulados.

Los resultados están expuestos a modo de artículos de una manera clara, detallada y meticulosa.

En la discusión, el doctorando hace una interpretación juiciosa y objetiva de los resultados y de su aplicabilidad práctica. Las conclusiones son acordes con los objetivos formulados. La bibliografía está actualizada y es suficientemente amplia.

Los resultados derivados del estudio han sido presentados en varios eventos científicos y se han enviado a revista de impacto:

Comunicación oral. Raya-Hidalgo, Patricia; Gálvez –Delgado, Manuel; Vaquero-Abellán, Manuel “*Propuesta de modelo de asignación de dosis mediante dosimetría de área en laboratorios de investigación de fuentes no encapsuladas*”. III Congreso conjunto de las SEFM y SEPR. Cáceres. Junio 2013.

Comunicación oral. Raya-Hidalgo, Patricia; Novales-Durán, Manuel; Vaquero-Abellán, Manuel “*Determinación de dosis media de radiación al trabajar con equipos de rayos x portátiles en los estudios de osteocondrosis del caballo de pura raza española*”. XV Congreso de medicina y cirugía equina. Sevilla. Diciembre 2014.

Comunicación Oral. Raya-Hidalgo, Patricia; Novales-Durán, Manuel; Saco-Ayllón, Rafael; Gálvez –Delgado, Manuel; Vaquero-Abellán, Manuel “*Estudio de dosimetría personal en el Departamento de Medicina y Cirugía Animal del Hospital Clínico Veterinario de la Universidad de Córdoba*”. IV Congreso conjunto de las SEFM y SEPR. Valencia. Junio 2015.

Artículo revista: “*Assessment of crystalline lens dose via environmental dosimetry while conducting x-rays of horses under field conditions*”. Revista: Radiation Protection

dosimetry. Autores: Raya-Hidalgo, Patricia; Novales-Durán, Manuel; Saco-Ayllón, Rafael; Gálvez –Delgado, Manuel; Vaquero-Abellán, Manuel.

Por todo ello, se autoriza la presentación de la tesis doctoral.

Córdoba, 30 de Junio de 2017.

Firma del director

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long vertical stroke, positioned below the text 'Firma del director'.

Fdo.: Manuel Vaquero Abellán

---

A los que me inspiraron y me inspiran.  
A mi pasado y a mi futuro.



# Agradecimientos

---

## Agradecimientos

Agradezco a Manuel Vaquero Abellán su apoyo, ánimo y disponibilidad en la dirección de este trabajo.

A mi familia por todo el apoyo prestado, a Rafa por cuidar de todo mientras tanto, a Elena y a Rodrigo por ser mi futuro.

Gracias a Manuel Gálvez Delgado por enseñarme todo y más sobre Protección Radiológica, por estar siempre disponible para aconsejarme con su experiencia en los ámbitos profesional y personal. Gracias por ser mi profesor en el sentido más amplio de la palabra.

Gracias a Manuel Novales Durán por aconsejarme y guiarme en radiología, sin su ayuda, no lo habría conseguido.

Gracias a Victoria y a Antonio porque cuando estás a punto de caerte, a veces, aparecen personas que te sostienen.

Mi agradecimiento al Servicio de Protección Radiológica de la Universidad de Córdoba por facilitarme todas las herramientas necesarias para la realización de esta tesis.

Agradecer también la disponibilidad del personal de las Instalaciones Radiactivas de Investigación para llevar a cabo la implementación de los procedimientos que han permitido el desarrollo de este trabajo.

Al Hospital Clínico Veterinario Universidad de Córdoba por la cesión de su instalación de rayos X para el desarrollo de varios de los estudios.





# Índice

---

Agradecimientos.....	5
<b>1 Introducción.....</b>	<b>9</b>
Histórico.....	12
Antecedentes.....	13
1.1 Conceptos básicos de radiactividad.....	15
1.1.1 Ley de desintegración radiactiva.....	15
1.1.2 Vida media.....	15
1.1.3 Periodo de semidesintegración.....	15
1.1.4 Tipos de radiaciones ionizantes.....	16
1.2 Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes.....	16
1.3 Magnitudes y unidades.....	16
1.3.1 Magnitudes y unidades radiológicas.....	16
1.3.1.1 Exposición.....	17
1.3.1.2 Dosis absorbida.....	17
1.3.1.3 Relación entre la exposición y la dosis absorbida en un material.....	18
1.3.1.4 Equivalente de dosis.....	19
1.3.1.5 Dosis equivalente en un órgano.....	19
1.3.1.6 Dosis efectiva.....	21
1.3.2 Magnitudes y unidades operacionales.....	22
1.3.2.1 Equivalente de dosis personal (dosis equivalente personal).....	22
1.3.2.2 Equivalente de dosis ambiental (dosis equivalente ambiental).....	23
1.3.2.3 Equivalente de dosis direccional (dosis equivalente direccional).....	23
1.4 Principios básicos de protección radiológica.....	23
1.4.1 Límites de dosis.....	24
1.4.2 Clasificación de zonas.....	27
1.4.3 Señalización.....	28
1.4.4 Clasificación del personal.....	29
1.5 El riesgo radiológico en la Universidad de Córdoba.....	30
1.5.1 Normas generales en zonas con riesgo radiológico.....	32
1.6 Vigilancia y control de la radicación en la Universidad de Córdoba.....	34
1.6.1 Vigilancia del ambiente de trabajo.....	34
1.6.2 Evaluación de la exposición del profesional expuesto.....	37
1.6.3 Sistema de vigilancia para evaluar y controlar la dosis al público.....	42
1.6.4 Protección del los miembros del público.....	43
<b>2 Hipótesis y objetivos.....</b>	<b>45</b>
<b>3 Material y métodos.....</b>	<b>51</b>
<b>4 Evolución de la dosimetría personal entre 1986 y 2013 en los laboratorios de FNE y en rayos X.....</b>	<b>55</b>
Resumen.....	57
4.1 Introducción.....	57
4.2 Hipótesis y objetivos.....	58
4.3 Material y métodos.....	58
4.4 Resultados.....	59
4.5 Conclusiones.....	68

<b>5</b>	<b>Propuesta de modelo de asignación de dosis mediante dosimetría de área en laboratorios de investigación de FNE.....</b>	<b>69</b>
	5.1 Introducción.....	71
	5.2 Hipótesis y objetivos.....	71
	5.3 Material y métodos.....	71
	5.3.1 Instrumentación.....	71
	5.3.2 Método.....	72
	5.4 Resultados.....	73
	5.5 Conclusiones.....	74
<b>6</b>	<b>Evaluación de la dosis a cristalino mediante dosimetría ambiental al realizar radiografías de caballos en condiciones de campo.....</b>	<b>75</b>
	Resumen.....	77
	6.1 Introducción.....	77
	6.2 Hipótesis y objetivos.....	80
	6.3 Material y métodos.....	80
	6.4 Resultados.....	81
	6.5 Conclusiones.....	83
<b>7</b>	<b>Gestión de residuos radiactivos en la Universidad de Córdoba.....</b>	<b>85</b>
	7.1 Introducción.....	87
	7.2 Hipótesis y objetivos.....	88
	7.3 Material y métodos.....	88
	7.4 Resultados.....	90
	7.5 Conclusiones.....	94
<b>8</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>97</b>
<b>9</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>101</b>
<b>10</b>	<b>Discusión.....</b>	<b>107</b>
	<b>Listado de acrónimos.....</b>	<b>113</b>
	<b>Bibliografía.....</b>	<b>115</b>
	<b>Índice de tablas.....</b>	<b>119</b>
	<b>Índice de figuras.....</b>	<b>121</b>
	<b>Anexos.....</b>	<b>123</b>
	Anexo 1: Datos del estudio de “Evolución de la dosimetría”.....	125
	Anexo 2: Cartas de isótopos.....	153
	Anexo 3: Producción científica.....	167

# Capítulo 1

## Introducción



# 1 Introducción

---

El objetivo principal de la protección radiológica es asegurar un nivel apropiado de protección al hombre y al medio ambiente sin limitar de forma indebida las prácticas beneficiosas de la exposición a las radiaciones. Este objetivo no solo se puede conseguir mediante la aplicación de conceptos científicos. Es necesario establecer unas normas que garanticen la prevención de la incidencia de efectos biológicos deterministas (manteniendo las dosis por debajo de un umbral determinado) y la aplicación de todas las medidas razonables para reducir la incidencia de los efectos biológicos estocásticos (probabilísticos) a niveles aceptables. Para conseguir estos objetivos, se deben aplicar los principios del Sistema de Protección Radiológica propuestos por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP):

Los diferentes tipos de actividades que implican una exposición a las radiaciones ionizantes deben estar previamente justificados por las ventajas que proporcionen, frente al detrimento que puedan causar.

Las dosis individuales, el número de personas expuestas y la probabilidad de que se produzcan exposiciones potenciales, deberán mantenerse en el valor más bajo que sea razonablemente posible, teniendo en cuenta factores económicos y sociales

La suma de dosis recibidas no debe superar los límites de dosis establecidos en la legislación vigente, para los trabajadores expuestos, las personas en formación, los estudiantes y los miembros del público.

Esta limitación no se aplica a ninguna de las exposiciones siguientes:

- La exposición de personas en el marco de su propio diagnóstico o tratamiento médico.
- La exposición deliberada y voluntaria de personas, cuando ello no constituya parte de su ocupación, para ayudar o aliviar a pacientes en diagnóstico o tratamiento médico.
- La exposición de voluntarios que participen en programas de investigación médica y biomédica.

En las áreas de radiodiagnóstico clínico, docencia e investigación y de acuerdo con la legislación europea y nacional se deben establecer unos requisitos relativos a:

- Funciones, responsabilidades y cualificaciones del personal involucrado en las instalaciones
- Equipamiento

- Procedimientos
- Prácticas especiales.

Para adoptar las recomendaciones de 1990 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (Publicación ICRP-60), la Comisión Europea modificó su normativa (Directiva 96/29/Euratom) y en consecuencia, a nivel nacional, hubo que modificar el Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes. A partir de aquí se ha publicado nueva legislación que debe ser introducida y revisada que actualiza dicha norma: Real Decreto 783/2001, de 6 de julio y modificado por el Real Decreto 1439/2010, de 5 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes, Real Decreto 1085/2009, de 3 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico y Real Decreto 35/2008, de 18 de enero, por el que se modifica el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas, aprobado por Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre.

Por otra parte La Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y todas las disposiciones y normativa derivada de ésta, junto con el Real Decreto 39/1997, por el que se aprueba el reglamento de los Servicios de Prevención, constituyen el marco legal en materia de Prevención de Riesgos Laborales.

Dentro de la Prevención de Riesgos Laborales se contemplan cuatro especialidades, Seguridad, Ergonomía y Psicología, Higiene Industrial y Vigilancia de la Salud. Corresponde al ámbito de la Higiene Industrial el análisis del riesgo debido a las radiaciones ionizantes.

La Ley de Prevención de Riesgos tiene por objeto promover la seguridad y la salud de los trabajadores mediante la aplicación de medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo.

## Histórico

La radiactividad se define como la propiedad que poseen ciertos cuerpos cuyos átomos, al desintegrarse espontáneamente, emiten radiaciones. Estas radiaciones tienen la capacidad de ionizar la materia, de ahí que normalmente se les llame radiaciones ionizantes para distinguirlas del resto de radiaciones.

La radiactividad natural siempre ha estado presente en la vida de los seres humanos y forma parte del planeta Tierra. Los rayos X fueron descubiertos en 1895 por Wilhelm Konrad Röntgen. El fenómeno de la radiactividad natural fue descubierto por Henry Becquerel en 1896 al observar que ciertas sales de uranio emiten radiaciones de forma espontánea.

Posteriormente Marie y Pierre Curie encontraron otras sustancias radiactivas como el torio, el polonio y el radio.

En 1902 A. von Frieban observó relación entre la exposición a los rayos X y el cáncer de piel.

En 1911, Ernest Rutherford demostró que las sales de uranio también ionizaban el aire y podían producir la descarga de cuerpos cargados eléctricamente.

Al estallar la Segunda Guerra Mundial, Marie Curie invierte el dinero recibido por la obtención del premio Nobel en adquirir una flota de ambulancias con rayos X y 200 instalaciones de rayos X en distintos hospitales de Francia.

En 1956 y tras varios estudios se determina la relación entre el cáncer infantil y la exposición a los rayos X.

En el último siglo ha crecido de forma exponencial la utilización por el hombre de radiaciones ionizantes en medicina, industria, agricultura, investigación, etc. La radiactividad artificial se produce cuando se bombardean núcleos estables con partículas de determinada energía para que penetren en el núcleo y éste, si no es estable, se desintegre emitiendo radiación en forma de partículas y/u ondas.

## Antecedentes

El Servicio de Protección Radiológica (SPR) de la Universidad de Córdoba se creó en el año 1994 y fue autorizado por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) en su reunión de Pleno del día 14-Abril-1994. El SPR se creó con la finalidad de asesorar en la prevención de riesgos derivados del uso de radiaciones ionizantes, así como de vigilar el cumplimiento de la normativa vigente.

En el año 2001 el Jefe del SPR, Prof. Manuel Gálvez Delgado, realizó una actualización del Manual de Protección Radiológica de la Universidad de Córdoba y se revisaron y estructuraron seis procedimientos:

- Vigilancia de la radiación externa.
- Vigilancia de la contaminación radiactiva.
- Descontaminación de personas y superficies.
- Señalización de zonas con riesgo radiológico.
- Gestión de residuos radiactivos.
- Formación en protección radiológica.

En el año 2010 se presentó un nuevo manual de procedimientos como trabajo para la Suficiencia Investigadora de Patricia Raya Hidalgo bajo la dirección del Jefe del SPR, Prof. Manuel Gálvez Delgado, del Director de la Dirección de Prevención de Riesgos y Protección Ambiental, Prof. Manuel Vaquero Abellán y como tutora, la Prof. Carmen Galán Soldevilla. Este manual revisó los seis anteriores y amplió a veinte el número de procedimientos del SPR:



- P01 Elaboración de procedimientos.
- P02 Vigilancia de la radiación externa.
- P03 Vigilancia de la contaminación radiactiva.
- P04A Descontaminación de superficies.
- P04B Descontaminación de personas.
- P05 Clasificación y señalización de zonas con riesgo radiológico.
- P06 Clasificación del personal con riesgo radiológico.
- P07 Control dosimétrico del personal.
- P08 Control de acceso a las dependencias radiactivas.
- P09 Gestión documental.
- P10 Control, verificación y calibración de los equipos de protección radiológica.
- P11 Gestión de material radiactivo.
- P12 Gestión de residuos radiactivos.
- P13 Gestión de residuos radiactivos mixtos.
- P14 Formación e información en protección radiológica.
- P15 Comunicación con el titular y otros servicios implicados.
- P16 Control de hermeticidad de fuentes radiactivas.
- P17 Plan de emergencia en instalaciones radiactivas.
- P18 Etiquetaje básico de material y residuo radiactivo.
- P19 Control de unidades de radiodiagnóstico.

Los procedimientos fueron aprobados por el CSN y puestos en práctica.

## 1.1 Conceptos básicos de radiactividad

Cuando el número de protones y neutrones es diferente a los valores que confieren estabilidad al átomo, los núcleos tienden espontáneamente a emitir partículas hasta alcanzar una configuración estable.

### 1.1.1 Ley de desintegración radiactiva

La desintegración radiactiva sigue una ley exponencial (Krane, 1987) y al número de desintegraciones que se producen por unidad de tiempo se le conoce como actividad. La actividad  $A(t)$  viene dada por la siguiente expresión:

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Siendo:

$A$  = la actividad de la muestra en el tiempo  $t$ .

$A_0$  = la actividad inicial de la muestra.

$\lambda$  = la constante radiactiva.

La unidad de la actividad en el sistema internacional (SI) es el Bequerelio.  $1\text{Bq} = 1$  dps (desintegración por segundo).

Antiguamente se utilizaba el Curio (Ci) y su relación con el Bequerelio es:

$$1\text{Ci} = 3,7 \cdot 10^{10}\text{dps} = 3,7 \cdot 10^{10}\text{Bq}$$

$$1\text{Bq} = 2,7 \cdot 10^{-11}\text{Ci}$$

### 1.1.2 Vida media

La vida media ( $\tau$ ) es igual a la inversa de la constante de desintegración ( $\lambda$ ).

Así, resulta también que ( $\tau$ ) es igual al tiempo necesario para que el número de átomos se reduzca en un factor  $e$ ; y se relaciona con el periodo de semidesintegración de la siguiente forma:

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

### 1.1.3 Periodo de semidesintegración

El periodo de semidesintegración ( $T_{1/2}$ ) se define como el intervalo de tiempo necesario para la que actividad de una muestra se reduzca a la mitad. El periodo de semidesintegración está relacionado con la constante radiactiva ( $\lambda$ ):

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda = \tau \cdot \ln 2$$

Los valores del periodo de semidesintegración y de la constante radiactiva son característicos de cada isótopo.

### 1.1.4 Tipos de radiaciones ionizantes

La radiación, tanto natural como artificial, puede ser de diferentes tipos:

- Alfa: emisión de núcleos de helio (dos protones y dos neutrones).
- Beta: emisión de electrones.
- Gamma: radiación electromagnética constituida por fotones de origen nuclear.
- Rayos X: radiación electromagnética que se diferencia con la radiación gamma en su origen y que es generada en tubos de vacío por electrodos de alto voltaje.
- Neutrónica: emisión de neutrones libres.

## 1.2 Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes

Los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes son consecuencia de la transferencia de energía de dichas radiaciones a las moléculas de las células. La energía absorbida produce excitaciones y/o ionizaciones de las moléculas y, por tanto, modificaciones celulares como consecuencia de la modificación de sus moléculas.

Los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes se pueden clasificar como:

- Estocásticos. Se caracterizan por una relación dosis efecto de naturaleza probabilística. Son aquellos cuya probabilidad de incidencia y no su gravedad son función de la dosis. No existe dosis umbral.
- Deterministas. Tienen una relación directa entre la dosis y el efecto. Sólo se manifiestan si la dosis recibida supera un determinado umbral de dosis. Su gravedad depende de la dosis recibida.

## 1.3 Magnitudes y unidades

### 1.3.1 Magnitudes y unidades radiológicas

### 1.3.1.1 Exposición

Se define la exposición como el cociente  $X = dQ/dm$ , donde  $dQ$  es el valor absoluto de la carga total de todos los iones del mismo signo producidos en aire, cuando todos los electrones liberados por los fotones absorbidos en la masa  $dm$  son detenidos completamente en el aire,

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

Ha tener en cuenta que:

1. Está definida exclusivamente para radiación X o gamma en aire.
2. El efecto que se mide es la ionización de aire, pero lo que realmente interesa es la energía absorbida. Esta magnitud es de paso hacia la dosis absorbida.
3. Con las técnicas actuales, es difícil medir la exposición para energías de pocos keV y por encima de algunos MeV.

La unidad en el SI es el culombio por kilogramo, **C/kg**. Antiguamente se usaba el roentgen (R). Su equivalencia es:

$$\begin{aligned} 1 \text{ C/kg} &= 3876 \text{ R} \\ 1 \text{ R} &= 2.58 \cdot 10^{-4} \text{ C/kg} \end{aligned}$$

Es una unidad que no nos facilita información práctica ni en niveles de terapia ni en protección radiológica. Para terapia, se centra la atención en kerma en aire y para radioprotección, en dosis equivalente.

No desarrollamos el kerma en aire puesto que no lo usaremos a lo largo de todo el trabajo, pero sin embargo, el desarrollo hasta la dosis equivalente es de especial interés puesto muestra los pasos a seguir desde la energía emitida hasta las diferentes variantes de dosis equivalente, la cuál es la magnitud operacional por excelencia. Bajo esta magnitud se definen los límites de dosis.

### 1.3.1.2 Dosis absorbida

La dosis absorbida,  $D$ , en un material dado se define (ICRU, 1998b) como el cociente de  $d\bar{\epsilon}/dm$  donde  $d\bar{\epsilon}$  es la energía media impartida por la radiación a un material de masa  $dm$ .

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm}$$

Es decir,  $\bar{\epsilon}$  representa la energía neta que atrapa el volumen de masa considerado.

La unidad en el SI de dosis absorbida es el julio/kilogramo y su nombre es **gray (Gy)**.

$$1\text{Gy} = 1\text{J}/1\text{kg}$$

La unidad en desuso es el rad, cuya relación es:

$$1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ J/kg} = 1 \text{ cGy}$$

Por otra parte se puede definir la tasa de dosis absorbida  $\dot{D}$  como el cociente  $dD/dt$  donde  $dD$  es el incremento de dosis en el intervalo  $dt$ ,

$$\dot{D} = \frac{dD}{dt}$$

Se expresa en **Gy/s**.

### 1.3.1.3 Relación entre la exposición y la dosis absorbida en un material

La relación entre la exposición en un punto en el aire  $X$  y la dosis absorbida  $D$  en ese mismo punto espacial pero en lugar de aire en una porción de material  $m$ , siempre que el material sea de espesor suficiente para mantener el equilibrio y que el campo de radiación no se altere significativamente por la presencia del material, se designa mediante  $f$ :

$$D = f \cdot X$$

En la Tabla 1 se dan tabuladas y para unidades del SI y unidades antiguas, valores de  $f$  para diferentes energías y materiales como el agua, hueso y músculo.

Energía de fotones	Dosis absorbida/exposición					
	Agua		Hueso		Músculo	
keV	Gy · kg/C	rad/R	Gy · kg/C	rad/R	Gy · kg/C	rad/R
10	35.4	0.914	135	3.48	35.8	0.925
15	35.0	0.903	150	3.86	35.8	0.924
20	34.7	0.895	158	4.09	35.8	0.922
30	34.4	0.888	165	4.26	35.7	0.922
40	34.5	0.891	157	4.04	35.9	0.925
50	35..	0.903	137	3.53	36.1	0.932
60	35.6	0.920	113	2.91	36.5	0.941
80	36.7	0.946	75.4	1.94	36.9	0.953
100	37.2	0.960	56.2	1.45	37.2	0.960
150	37.6	0.971	41.3	1.065	37.4	0.964
200	37.7	0.973	38.1	0.982	37.4	0.965
300	37.8	0.974	36.6	0.944	37.4	0.966
400	37.8	0.974	36.3	0.936	37.4	0.966
500	37.8	0.975	36.2	0.933	37.4	0.966
600	37.8	0.975	36.1	0.932	37.4	0.966
800	37.8	0.975	36.1	0.931	37.4	0.966

1000	37.8	0.975	36.1	0.931	37.4	0.966
1500	37.8	0.975	36.0	0.930	37.4	0.966
2000	37.8	0.974	36.1	0.931	37.4	0.965

Tabla 1: Factor  $f$  que relaciona dosis absorbida con exposición para fotones en condiciones de equilibrio

### 1.3.1.4 Equivalente de dosis

El equivalente de dosis<sup>1</sup>,  $H$ , en un punto de un órgano o tejido queda definido (ICRP, 1991; ICRU, 1993) como:

$$H = Q \cdot D$$

Donde  $D$  es la dosis absorbida y  $Q$  el factor de calidad en ese punto.

La unidad en el SI es el J/Kg, el **sievert (Sv)**.

### 1.3.1.5 Dosis equivalente en un órgano

Los efectos estocásticos sobre la salud, no dependen exclusivamente de la dosis absorbida, estudios biológicos han demostrado que esta dependencia los es también del tipo y energía de la radiación considerada.

La dosis equivalente en un órgano o tejido  $T$  debida a la radiación  $R$ ,  $H_{T,R}$ , se define (ICRP 1991; ICRU, 1993) como:

$$H_{T,R} = w_R D_{T,R}$$

Donde  $D_{T,R}$  es la dosis absorbida media para la radiación  $R$  en el órgano o tejido  $T$  y  $w_R$  es el factor de ponderación para la radiación  $R$ . Para el caso en el que existan diferentes tipos de radiación con distintos  $w_R$ , la dosis equivalente en el órgano o tejido  $T$ ,  $H_T$ , es:

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R}$$

Como los factores de ponderación son números, la unidad para la dosis equivalente en un órgano es la misma que para la dosis absorbida, J/kg. Sin embargo, se le da otro nombre **sievert (Sv)** para que se distinga claramente cuando se habla de dosis absorbida o dosis equivalente en órgano.

Los factores de ponderación para distintos tipos de radiaciones ionizantes según la última revisión de la ICRP (ICRP 103, 2007), se muestran en la Tabla 2.

<sup>1</sup> Anteriormente era conocida como dosis equivalente debido a una mala traducción del término en inglés "dose equivalent" y confundida por tanto con la dosis equivalente en un órgano  $H_T$ .

Tipos de radiación	$w_R$
Fotones	1
Electrones y muones	1
Protones y piones cargados	2
Partículas alfa, fragmentos de fisión, núcleos pesados	20
Neutrones	Una curva continua en función de la $E_n$ (Fig.1)

Tabla 2: Factores de ponderación (ICRP 103, 2007)

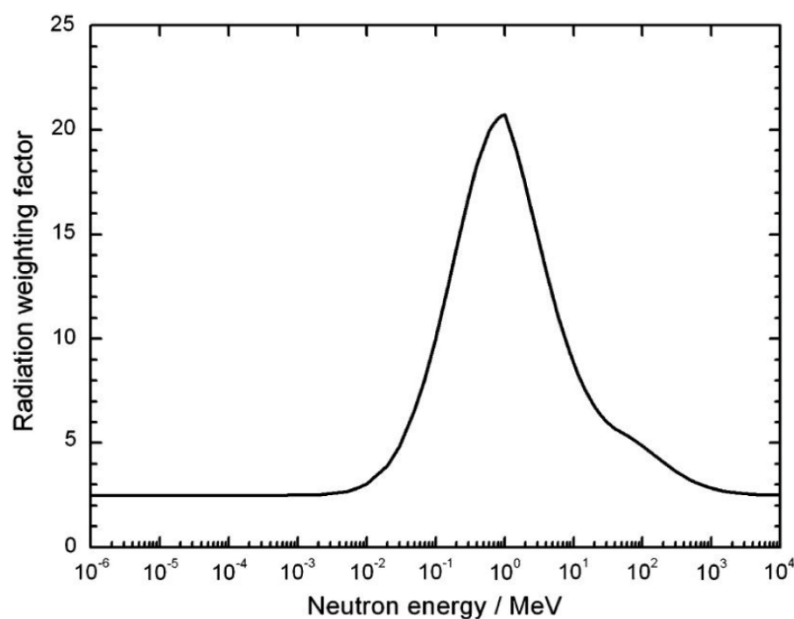


Figura 1: Factor de ponderación en función de la energía

Los factores de ponderación VIGENTES hasta que se actualice la normativa son los que se muestran en la Tabla 3.

Tipos de radiación	Energía	$w_R$
Fotones	Todas	1
Electrones y muones	Todas	1
Neutrones	< 10keV	5
	10 keV - 100 keV	10
	100 keV - 2 MeV	20
	2 MeV - 20 MeV	10
	> 20 MeV	5
Protones	> 2 MeV	5
Partículas alfa, fragmentos de fisión, núcleos pesados		20

Tabla 3: Factores de ponderación (ICRP, 1991)

### 1.3.1.6 Dosis efectiva

La probabilidad de los efectos estocásticos depende también del órgano considerado, no sólo del tipo de radiación. Esto significa que no todos los órganos y tejidos del cuerpo humano tienen la misma radiosensibilidad.

La dosis efectiva,  $E$  se define (ICRP, 1991; ICRU, 1993) como:

$$E = \sum_T w_T H_T = \sum_{T,R} w_T w_R D_{T,R}$$

Donde  $H_T$  es la dosis equivalente en el órgano o tejido  $T$  y  $w_T$  es el factor de ponderación para dicho órgano, cumpliendo:

$$\sum_T w_T = 1$$

Los factores de ponderación para órgano y tejidos actualizados en base a las recomendaciones de la ICRP 103, se muestran en la Tabla 4.

Tejido / órgano	$w_T$	$\sum w_T$
Gónadas	0.08	0.08
Médula ósea, colon, pulmón, estómago y resto del organismo	0.12	0.72
Vejiga, esófago, hígado y tiroides	0.04	0.16
Superficie ósea, cerebro, glándulas salivales, piel	0.01	0.04

Tabla 4: Factores ponderales de tejido (ICRP 103, 2007)

Los factores de ponderación VIGENTES, hasta que se modifique la normativa, se muestran en la Tabla 5.

Tejido / órgano	$w_T$
Gónadas	0.20
Médula ósea	0.12
Colon	0.12
Pulmón	0.12
Estómago	0.12
Vejiga	0.05
Mama	0.05



Hígado	0.05
Esófago	0.05
Tiroides	0.05
Piel	0.01
Superficie ósea	0.01
Resto del organismo	0.05

Tabla 5: Factores ponderales de tejido (ICRP, 1991)

### 1.3.2 Magnitudes y unidades operacionales

Las magnitudes dosis equivalente en un órgano y dosis efectiva no pueden medirse efectivamente porque habría que situar detectores en el interior del organismo. Por este motivo se definen las magnitudes operacionales que, en la práctica proporcionan una aproximación razonable o sobreestimada de las magnitudes limitadoras.

Las magnitudes operacionales se definen a partir de la dosis equivalente en un punto del cuerpo humano o de un maniquí y su relación con las magnitudes limitantes se calcula para condiciones de irradiación determinadas (ICRP, 1996b; ICRU, 1998a).

Para la vigilancia individual se hace uso del **equivalente de dosis personal**  $H_p(d)$ <sup>2</sup>.

Para la vigilancia de área se definen el **equivalente de dosis ambiental**  $H^*(d)$  y el **equivalente de dosis direccional**  $H'(d, \Omega)$ . Estas magnitudes enlazan la irradiación externa con la dosis efectiva y con la dosis en la piel y el cristalino.

#### 1.3.2.1 Equivalente de dosis personal (dosis equivalente personal)

El equivalente de dosis personal  $H_p(d)$  es el equivalente de dosis en tejido blando por debajo de un punto específico del cuerpo, a una profundidad  $d$ .

La unidad en el SI es el J/Kg, el **sievert (Sv)**.

Para la radiación fuertemente penetrante se recomienda una profundidad de 10 mm y para la débilmente penetrante 0.07 mm para la piel y 3 mm para cristalino.

<sup>2</sup> Hacer notar que la magnitud equivalente de dosis, tanto personal como ambiental y direccional en el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes (R.D. 783/2001) recibe el nombre antiguo dosis equivalente personal, ambiental y direccional debido de nuevo a la traducción equívoca del término en inglés.

$H_p(d)$  se mide con dosímetros personales, existen multitud de variedades, pero los más comunes son los TLD (dosímetros de termoluminiscencia) y se pueden encontrar de solapa, muñeca y anillo principalmente. Los resultados de esas mediciones son calculados por laboratorios de dosimetría autorizados por el CSN y en sus informes reflejan las dosis profunda que corresponde con  $H_p(10)$  y superficial que corresponde con  $H_p(0.07)$ . Estos resultados son comparados con los límites de dosis establecidos en el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes (RD 783/2001).

### 1.3.2.2 Equivalente de dosis ambiental (dosis equivalente ambiental)

El equivalente de dosis ambiental  $H^*(d)$  en un punto de un campo de radiación es el equivalente de dosis que se produciría por el campo alineado en la esfera ICRU<sup>3</sup> a una profundidad  $d$  sobre el radio opuesto a la dirección del campo alineado.

La unidad en el SI es el J/Kg, el **sievert (Sv)**.

Para la radiación fuertemente penetrante se recomienda una profundidad de 10 mm y para la débilmente penetrante 0.07 mm para la piel y 3 mm para cristalino.

### 1.3.2.3 Equivalente de dosis direccional (dosis equivalente direccional)

El equivalente de dosis direccional  $H'(d,\Omega)$  en un punto determinado de un campo de radiación es el equivalente de dosis que se produciría por el correspondiente campo expandido en la esfera ICRU a una profundidad  $d$  sobre un radio en una dirección especificada  $\Omega$ .

La unidad en el SI es el J/Kg, el **sievert (Sv)**.

## 1.4 Principios básicos de protección radiológica

El número de personas expuestas a las radiaciones ionizantes siempre será el menor posible y se tomarán las medidas necesarias para conseguir que las dosis individuales, el número de personas expuestas y la probabilidad de que se produzcan exposiciones sean lo más bajas posibles. En cualquier caso, las dosis recibidas, por los trabajadores expuestos y miembros del público en general,

---

<sup>3</sup> La esfera ICRU (ICRU, 1980) es una esfera equivalente a tejido de 30 cm de diámetro, de densidad 1 g/cm<sup>3</sup> y de una composición en masa de 76.2% de O, 11.1% de C, 10.1% de H y 2.6% de N.

siempre han de ser inferiores a los límites de dosis legales establecidos en el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes (R.D. 783/2001).

### 1.4.1 Límites de dosis

El reglamento de protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes (R.D. 783/2001) establece en sus artículos 9, 10, 11, 12 y 13, los límites de dosis en todas las circunstancias y posibilidades que se puedan encontrar.

Los límites de dosis son valores que no se deben sobrepasar y se aplican a la suma de las dosis recibidas por exposición externa durante el período considerado y de las dosis comprometidas a 50 años (hasta 70 años en el caso de niños) a causa de incorporaciones de radionucleidos, durante el mismo período.

En el cómputo de las dosis totales, a efecto de comparación con los límites aplicables no se incluirán las dosis debidas al fondo radiactivo natural ni las derivadas de exámenes o tratamientos médicos, como pacientes.

#### 1) Límites de dosis para trabajadores expuestos

Los límites de dosis para los trabajadores expuestos son los siguientes:

- El límite de dosis efectiva será de 100 mSv durante todo período de cinco años oficiales consecutivos, sujeto a una dosis efectiva máxima de 50 mSv en cualquier año oficial.
- El límite de dosis equivalente para el cristalino es de 150 mSv por año oficial.
- El límite de dosis equivalente para la piel es de 500 mSv por año oficial. Dicho límite se aplica a la dosis promediada sobre cualquier superficie de un centímetro cuadrado, con independencia de la zona expuesta.
- El límite de dosis equivalente para las manos, antebrazos, pies y tobillos es de 500 mSv por año oficial.

#### *Protección especial durante el embarazo y la lactancia.*

La protección del feto debe ser comparable a los miembros del público y, por ello, las condiciones de trabajo deberán ser tales que las dosis al feto desde la notificación del embarazo al final de la gestación no supere 1 mSv.

Este límite de dosis aplica exclusivamente al feto y no es directamente comparable con la dosis registrada en el dosímetro personal de la trabajadora embarazada. Por ello, a efectos prácticos, y para exposición a radiación externa,

se puede considerar que 1 mSv al feto es equiparable a una dosis de 2 mSv en la superficie del abdomen.

La declaración de embarazo no implica que las mujeres gestantes tengan que evitar el trabajo en presencia de radiaciones o que deba prohibirse su acceso a zonas radiológicas. No obstante, las condiciones en que se realiza ese trabajo deben ser cuidadosamente evaluadas, de modo que se asegure el cumplimiento del citado límite.

De acuerdo con esto, existen muchos puestos de trabajo compatibles con la situación de embarazo. Se excluyen aquellos de mayor riesgo potencial como son manipulación de fuentes no encapsuladas y en los de Rayos X en la zona del haz directo.

Como recomendación se procurará destinar a la mujer gestante a puestos con exposición mínima, compatible con la legislación vigente.

Las mujeres en período de lactancia no desempeñarán trabajos que supongan un riesgo significativo de contaminación.

#### *Exposiciones especialmente autorizadas.*

Cuando se presente una situación cuya solución haga necesario exponer a las personas al riesgo de recibir una dosis superior a algunos de los límites de dosis fijados para los trabajadores expuestos, la operación que implique este riesgo tendrá la consideración de exposición especialmente autorizada. El CSN será quien establezca las condiciones de la autorización.

Dichas exposiciones especialmente autorizadas deben programarse de modo que se cumplan las siguientes condiciones:

- Sólo serán admitidos los trabajadores expuestos pertenecientes a la categoría A.
- No se autoriza la participación en exposiciones especialmente autorizadas a:
  - Las mujeres embarazadas y aquellas que en período de lactancia puedan sufrir una contaminación corporal.
  - Las personas en formación o estudiantes.

Antes de participar en una exposición especialmente autorizada, el personal deberá recibir la información adecuada sobre los riesgos que implique la operación y las precauciones que deben adoptarse durante la misma. La participación de dicho personal será voluntaria.

La superación de los límites de dosis como consecuencia de exposiciones especialmente autorizadas no es en sí una razón para excluir al profesional

expuesto de sus ocupaciones habituales o cambiarlo de puesto de trabajo sin su consentimiento. Las condiciones de exposición posteriores deberán someterse al criterio del Servicio de Prevención de Riesgos Laborales que desarrolle la función de vigilancia y control de la salud del personal.

### 2) *Límites de dosis para personas en formación o estudiantes*

Los límites de dosis para personas en formación y estudiantes que deban manejar fuentes radiactivas por razón de sus estudios son:

- Si los estudiantes tienen dieciocho años o más: iguales a los límites establecidos para los trabajadores expuestos.
- Si los estudiantes tienen más de dieciséis años y menos de dieciocho años:
  - El límite de dosis efectiva es de 6 mSv por año oficial.
  - Los límites de dosis equivalente para cristalino, piel, manos, antebrazos, pies y tobillos son de los tres décimos de los límites establecidos para los trabajadores expuestos.
- Si los estudiantes tienen menos de dieciséis años: iguales a los límites establecidos para los miembros del público.

### 3) *Límites de dosis para los miembros del público*

Los límites de dosis para los miembros del público son los siguientes:

- El límite de dosis efectiva será de 1 mSv por año oficial. No obstante, en circunstancias especiales, el CSN podrá autorizar un valor de dosis efectiva más elevado en un único año oficial, siempre que el promedio en cinco años oficiales consecutivos no sobrepase un mSv por año oficial.

Tal circunstancia especial aplica a los casos de alta radiológica de pacientes sometidos a tratamientos metabólicos, en los que el CSN podrá autorizar un valor de tasa dosis residual del paciente en el momento del alta, a propuesta del SPR respectivo.

- El límite de dosis equivalente para el cristalino es de 15 mSv por año oficial.
- El límite de dosis equivalente para la piel es de 50 mSv por año oficial. Dicho límite se aplica a la dosis promediada sobre cualquier superficie de un centímetro cuadrado, con independencia de la zona expuesta.
- El límite de dosis equivalente para las manos, antebrazos, pies y tobillos es de 500 mSv por año oficial.

### 1.4.2 Clasificación de zonas

La clasificación de los lugares de trabajo en zonas de acuerdo con la evaluación de las dosis anuales previstas, el riesgo de dispersión de la contaminación y la probabilidad y magnitud de exposiciones potenciales, se lleva a cabo por el titular de la práctica.

A tal efecto, se identificar y delimitar todos los lugares de trabajo en los que exista la posibilidad de recibir dosis superiores a los límites de dosis establecidos para los miembros del público y se establecerán las medidas de Protección Radiológica aplicables.

Dichas medidas deberán adaptarse a la naturaleza de las instalaciones y de las fuentes, así como a la magnitud y naturaleza de los riesgos. El alcance de los medios de prevención y vigilancia, así como su naturaleza y calidad, deberán estar en función de los riesgos vinculados a los trabajos que impliquen una exposición a las radiaciones ionizantes.

#### a) Zona vigilada

Es aquella en la que existe la posibilidad de recibir dosis superiores a los límites de dosis para los miembros del público, siendo muy improbable recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv o dosis equivalentes superiores a los 3/10 de los límites de dosis equivalentes para el cristalino, piel y extremidades.

#### b) Zona controlada

Aquella en la que existe la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv o dosis equivalentes superiores a los 3/10 de los límites de dosis equivalentes para el cristalino, piel y extremidades.

En ésta zona será necesario seguir procedimientos de trabajo con objeto de restringir la exposición a la radiación ionizante, evitar la dispersión de contaminación radiactiva o prevenir o limitar la probabilidad y magnitud de accidentes radiológicos o sus consecuencias.

Dentro de las zonas controladas pueden existir algunas que, por sus características y en función del riesgo, requieran una clasificación más restrictiva, como la considerada en los sub-apartados siguientes:

#### *Zona de permanencia limitada*

Aquella en que existe un riesgo de recibir una dosis superior a los límites de dosis si se permanece en ella durante toda la jornada laboral completa (50 semanas/año, 5 días/semana y 8 horas/día).

### *Zona de permanencia reglamentada*

Aquella en que existe un riesgo de recibir una dosis superior a los límites de dosis en cortos períodos de tiempo y que requiere prescripciones especiales desde el punto de vista de la optimización.

### *Zona de acceso prohibido*

Aquella en que existe el riesgo de recibir, en una exposición única, dosis superiores a los límites de dosis.

## 1.4.3 Señalización

El riesgo de radiación vendrá señalizado mediante su símbolo internacional: un "trébol" enmarcado por una orla rectangular del mismo color que el símbolo y de la misma anchura que el diámetro de la circunferencia interior del símbolo.

Cuando exista solamente riesgo de radiación externa y el riesgo de contaminación es despreciable, el "trébol" vendrá rodeado de puntas radiales.

Si el riesgo es de contaminación y el de radiación es despreciable el "trébol" irá sobre campo punteado. Si existen ambos riesgos irá rodeado de puntas radiales y sobre campo punteado.

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

Los colores de los "tréboles" indicarán 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 colocarán bien visibles a la entrada de las correspondientes áreas y en los lugares significativos de ellas.

En las zonas que no tienen una clasificación permanente se colocará junto a la señal preceptiva un cartel indicando las restricciones aplicables.

Los equipos móviles de rayos X llevarán una señal que indique su naturaleza, riesgo y restricciones de uso.

### 1.4.4 Clasificación del personal

Por razones de seguridad, vigilancia y control radiológico, las personas que trabajan en las instalaciones con riesgo radiológico se clasifican, en función de las condiciones en que realizan su trabajo, en:

- Personal expuesto
- Miembros del público

a) Personal expuesto

Son personas que, por las circunstancias en que se desarrolla su trabajo, bien sea de modo habitual, bien sea de modo ocasional, están sometidas a un riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes susceptible de entrañar dosis superiores a alguno de los límites de dosis para miembros del público.

Los estudiantes y personas en formación, mayores de dieciocho años, que, durante sus estudios, se encuentren expuestos a las radiaciones ionizantes, se consideran incluidos en esta categoría.

Los trabajadores expuestos se clasifican en dos categorías:

Categoría A:

Pertenecen a esta categoría los que puedan recibir una dosis efectiva superior a 6 mSv por año oficial, o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades.

Categoría B:

Pertenecen a esta categoría aquellos para los que es muy improbable que reciban dosis superiores a 6 mSv por año oficial, o a 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades.

La condición de trabajador expuesto de categoría A exige obligatoriamente:

- Superar el reconocimiento médico de ingreso y los reconocimientos periódicos.
- Haber recibido formación en protección radiológica.
- Utilizar obligatoriamente dosímetros individuales que midan la dosis externa, representativa de la totalidad del organismo, siempre que realice trabajos que supongan riesgos de exposición externa.
- Utilizar dosímetros adecuados en las partes potencialmente más afectadas, en el caso de riesgo de exposición parcial o no homogénea del organismo
- Someterse a los controles dosimétricos pertinentes, en caso de existir riesgo de contaminación interna.

La condición de trabajador expuesto de categoría B exige obligatoriamente:



- Haber recibido formación en protección radiológica.
- Estar sometido a un sistema de vigilancia dosimétrica que garantice que las dosis recibidas son compatibles con su clasificación en categoría B.

A cada profesional expuesto le es abierto:

- un protocolo médico, con su documentación sanitaria individual, conteniendo los resultados del examen de salud previo a su incorporación a la instalación y los exámenes médicos anuales y otros.
- un historial dosimétrico individual, que en el caso de personas de categoría A debe contener como mínimo las dosis mensuales, las dosis acumuladas en cada año oficial y las dosis acumuladas durante cada período de 5 años oficiales consecutivos, y en el caso de personas de categoría B, las dosis anuales determinadas, o estimadas, a partir de los datos de la vigilancia radiológica de zonas (carnet radiológico).

Como orientación, y de acuerdo con las recomendaciones de la ICRP (ICRP, 1996a), la mayoría de las personas que trabajan con radiaciones ionizantes pueden clasificarse como trabajadores expuestos de categoría B. Se consideran de categoría A, las personas que trabajan próximas al haz de rayos X en radiología intervencionista y hemodinámica, los que administran y preparan dosis radiactivas en medicina nuclear, y las asociadas con la preparación de tratamiento y cuidado de pacientes en terapia metabólica, así como los que realizan estas funciones en braquiterapia. Igualmente se clasificarán en categoría A aquellos trabajadores que, aún cuando se encuentren sometidos a un riesgo bajo de exposición en condiciones normales de operación, puedan verse implicados en intervenciones con ocasión de emergencias radiológicas contempladas en el Plan de Emergencia de la instalación.

#### b) Miembros del público

Se considera miembros del público a:

- El personal no expuesto,
- El personal expuesto, fuera de su horario de trabajo habitual
- Los usuarios de las instituciones sanitarias, mientras no estén siendo atendidos como pacientes con fines diagnósticos o terapéuticos
- Cualquier otro individuo de la población.

## 1.5 El riesgo radiológico en la Universidad de Córdoba

En las instalaciones de la Universidad de Córdoba se pueden presentar los siguientes tipos de riesgos radiológicos:

a) Irradiación externa.

El carácter de las instalaciones radiactivas de la universidad, fundamentalmente de investigación, origina el que en ellas se utilice material radiactivo constituido por fuentes emisoras beta y/ gamma, y equipos generadores (RX) utilizados en investigación y/o diagnóstico. Esto permite afirmar que el riesgo de irradiación externa es de todo el cuerpo y de irradiación parcial, debido a la manipulación de las fuentes.

b) Contaminación radiactiva, que puede ser interna o externa.

El hecho de que las fuentes radiactivas utilizadas sean casi todas no encapsuladas origina que, junto al riesgo de irradiación, exista riesgo de contaminación, tanto en el proceso de manipulación de las fuentes como en la manipulación de los residuos generados en los procesos que se realizan.

La mayor o menor preponderancia del riesgo de irradiación frente al de contaminación depende del tipo de radioisótopos que se utilicen. Así en las instalaciones donde se manipula tritio el riesgo es de contaminación, siendo bajo el riesgo de irradiación en las instalaciones donde se aplican técnicas de radioinmunoensayo.

A continuación se detalla en cada tipo de instalación los riesgos que se pueden presentar y las fuentes de radiación más habituales.

### **Radiodiagnóstico**

En las instalaciones de Radiodiagnóstico el único riesgo posible en la universidad de Córdoba es el de irradiación externa, que sólo se produce cuando está en funcionamiento el tubo de rayos X. Puede afectar a todo el organismo o ser parcial (manos, cuello, cabeza).

En Radiodiagnóstico las fuentes de radiación las constituyen todos los equipos dotados de tubo de rayos X cuando están en funcionamiento. Atendiendo a su diseño, utilización y nivel de riesgo radiológico se pueden agrupar los equipos y salas de radiodiagnóstico en los siguientes tipos:

- Radiografía convencional
- Radiografía y fluoroscopia
- Radiografía con equipos móviles
- Radiografía y fluoroscopia con equipos quirúrgicos
- T.C.

### **Laboratorios de investigación**

En los laboratorios que utilizan fuentes no encapsuladas, los riesgos posibles son los de irradiación externa y/o contaminación interna y externa.

Las fuentes de radiación son las sustancias radiactivas, emisoras de radiación beta y/o gamma, que se encuentran localizadas de forma general en:

- Zona de almacenamiento (frigorífico blindado)
- Zona de marcaje (campana de gases)
- Zona de contaje (contadores de centelleo)
- Zona de almacenamiento provisional de residuos

El riesgo de irradiación externa es de todo el organismo y, además, hay riesgo de irradiación parcial y de contaminación en la manipulación de las fuentes y de los residuos radiactivos. En los laboratorios de radio-inmunoensayo el riesgo de irradiación externa es bajo y en los laboratorios donde se manipule tritio el riesgo es de contaminación.

### 1.5.1 Normas generales en zonas con riesgo radiológico

#### a) Acceso a zona controlada

El acceso a zona controlada debe estar restringido a las personas que estén debidamente autorizadas, o sea al personal expuesto adscrito a esa área y que conoce el tipo de riesgo.

#### b) Trabajo en zona controlada

Debe realizarse de modo que se cumplan estrictamente las instrucciones contenidas en los procedimientos de trabajo, con objeto de restringir la exposición a la radiación ionizante, evitar la dispersión de contaminación radiactiva y prevenir o limitar la probabilidad y magnitud de accidentes radiológicos o sus consecuencias.

Estos procedimientos de trabajo deben de estar a disposición del personal.

Cada profesional expuesto conocerá todos los procedimientos relacionados con su trabajo y con la protección radiológica.

La zona debe de contar con instrumentos adecuados para identificar los riesgos.

Deben comprobarse periódicamente los dispositivos de seguridad como anclajes, filtros, etc.

Si existe riesgo de contaminación se cumplirán estrictamente las normas en cuanto a utilización de ropa, guantes y calzado especiales y todas aquellas destinadas a prevenir este riesgo.

El personal que trabaja en esta zona debe obligatoriamente, estar sometido a control dosimétrico, bien de forma individual o por dosimetría ambiental.

c) Salida de zona controlada

En situación normal y en áreas con riesgo de contaminación deben tomarse las siguientes precauciones al abandonarlas:

- Con los detectores adecuados se realizará un control de contaminación superficial de manos, pies y ropa.
- Se procederá a la descontaminación si es necesario.
- En los laboratorios de fuentes no encapsuladas, y siempre que se haya manipulado alguna fuente, se debe controlar la posible contaminación del personal y del área antes de abandonarla.

d) Acceso y trabajo en zonas vigiladas

Las zonas vigiladas deben estar delimitadas adecuadamente y señalizadas de forma que quede de manifiesto el riesgo de exposición existente en las mismas.

El acceso a las zonas vigiladas estará limitado a las personas autorizadas al efecto.

En el interior de las zonas vigiladas se establecerán procedimientos de trabajo adaptados al riesgo radiológico existente.

e) Equipo y material

En la zona controlada deberán de existir a disposición del personal expuesto:

- Los medios necesarios para detección y medida de radiación y/o contaminación.
- Medios y complementos de protección adecuados contra la irradiación externa.
- Ropa y calzado adecuado cuando los trabajadores puedan someterse a un riesgo de contaminación, que así lo requiera.

- Todo aquel material específico que sea necesario para resolver una emergencia.

## 1.6 Vigilancia y control de la radiación en la Universidad de Córdoba

### 1.6.1 Vigilancia del ambiente de trabajo

#### a) Vigilancia y control de la radiación externa

Es el conjunto de medidas que deben establecerse con objeto de comprobar experimentalmente y con la periodicidad necesaria, que tanto las dosis recibidas como los niveles de riesgo existentes están dentro de los límites correspondientes a cada zona.

#### Dosimetría de área

La vigilancia de las áreas de trabajo puede dividirse en tres categorías:

- De rutina: Asociada a operaciones habituales o cotidianas.
- Operacional: Proporciona información sobre un procedimiento en particular.
- Especial: Se aplica a una situación que se sospecha anormal.

La vigilancia de rutina en el puesto de trabajo, debe realizarse para confirmar que dicho trabajo se realiza satisfactoriamente, con procedimientos adecuados de forma continuada y cuando no ocurren cambios significativos.

La vigilancia operacional, se realizará para estimar el riesgo asociado con procedimientos determinados.

La vigilancia especial se practicará cuando:

- No hay información suficiente sobre una situación especial, para decidir las medidas de seguridad a tomar.
- Se aplica un procedimiento en circunstancias especiales.

Cuando se mida las tasas de dosis externas se especificará la naturaleza y calidad de las radiaciones de que se trate.

### Instrumentación

Se debe realizar la vigilancia de las dosis absorbidas, las tasas de dosis absorbida o de fluencia con los equipos del tipo y sensibilidad adecuados a la naturaleza y calidad de la radiación emitida.

Dichos equipos pueden ser fijos o portátiles, distribuidos en la forma siguiente:

Equipos fijos: Se colocarán siempre, con nivel de alarma:

- en lugares de almacenamiento y preparación de material radiactivo,
- en los accesos a zonas controladas donde se manipulen fuentes encapsuladas y no encapsuladas.

Equipos portátiles: Dispondrá de ellos el SPR y las dependencias radiactivas que manejan fuentes encapsuladas y no encapsuladas.

### Niveles de intervención

Se podrán definir niveles de intervención, de tasa de dosis de radiación, que en caso de alcanzarse, se deberán adoptar medidas de investigación o de intervención.

### Registro de documentación

Los documentos correspondientes al registro, evaluación y resultado de la vigilancia y control de radiación externa deberán ser archivados por el titular de la práctica, quién los tendrá a disposición de la autoridad competente.

#### b) Vigilancia y control de la contaminación

Es el conjunto de medidas que deben establecerse con objeto de comprobar experimentalmente, y con la periodicidad necesaria, los niveles de contaminación existentes en las instalaciones.

Cuando se mida las concentraciones de actividad en el aire y la contaminación superficial se especificará la naturaleza de las sustancias radiactivas contaminantes y sus estados físico y químico.

La vigilancia de la contaminación puede ser:

- De área: superficial y ambiental.
- Personal: interna y externa.

La vigilancia rutinaria se realizará periódicamente en puntos de referencia, por el SPR mediante el procedimiento específico correspondiente, sin perjuicio de los

controles que deban realizar los operadores de la instalación de acuerdo con su reglamento de funcionamiento.

Las medidas de control de la contaminación externa se realizarán diariamente en los lugares de trabajo, al final de la jornada, al salir de zonas con riesgo radiológico, y siempre que se sospeche una contaminación o se produzca un accidente. Las normas de actuación serán las descritas en el procedimiento de descontaminación de personas y cualquier incidencia se anotará en el Diario de Operación.

Se debe disponer de una zona específica con todo lo necesario para la descontaminación de las personas.

En caso de contaminación interna significativa se debe estimar la actividad incorporada, enviar si es necesario a la persona a un Centro de referencia y reseñar la incidencia en su historial dosimétrico.

Las personas que trabajan con fuentes no encapsuladas deberán notificar al SPR cualquier sospecha de contaminación interna. De la misma forma se notificarán las situaciones de contaminación externa persistente.

Quien haya ocasionado una contaminación importante o quien conozca que se ha producido, estará obligado a comunicarlo inmediatamente al SPR.

### Instrumentación

La medida de la posible contaminación se realizará por medio de equipos, fijos o móviles, adecuados en sensibilidad y respuesta en energía al radionucleido empleado en cada caso.

Los equipos fijos se situarán a la salida de las zonas con riesgo de contaminación. Los equipos portátiles estarán disponibles en el SPR y en las dependencias que manejan fuentes.

### Niveles de intervención

Contaminación externa:

Para aquellas instalaciones en las que, en condiciones normales de trabajo, exista contaminación superficial persistente se definirá un nivel de acción (expresado en Bq/cm<sup>2</sup>) que, en caso de superarse, obligará a adoptar medidas de descontaminación.

Contaminación interna:

Se establecerá un nivel de registro de 1 mSv y un nivel de investigación de 5 mSv. Estos valores se refieren a las dosis resultantes de la incorporación de radiactividad a lo largo de un periodo anual.

## Registro de documentación

Los documentos correspondientes al registro, evaluación y resultado de la vigilancia y control de la contaminación deberán ser archivados por el titular de la práctica, quién los tendrá a disposición de la autoridad competente.

### **1.6.2 Evaluación de la exposición del profesional expuesto**

#### a) Control dosimétrico personal

#### Determinación de dosis por irradiación externa

La dosimetría personal externa de los trabajadores expuestos debe ser realizada por un Servicio de Dosimetría Personal expresamente autorizado por el CSN.

Los resultados de los controles dosimétricos se envían al Servicio Médico, a quién corresponde interpretarlos desde el punto de vista sanitario. En caso de urgencia, dicha transmisión debe ser inmediata.

#### - Personal categoría A

Las dosis individuales por irradiación externa se estiman, como mínimo mensualmente, con dosímetros personales. El dosímetro de solapa permite estimar la dosis equivalente individual, profunda y superficial del cuerpo entero. En el caso de riesgo de exposición parcial o no homogénea del organismo, se deben utilizar dosímetros adecuados en las partes potencialmente más afectadas. En situaciones de exposición especialmente autorizada y en cuantas situaciones sea necesario a criterio del SPR, se pueden utilizar dosímetros personales de lectura directa, por la ventaja que supone su lectura inmediata. Su control y registro depende del SPR. Su uso nunca sustituye a los dosímetros personales de termoluminiscencia de uso obligatorio para los trabajadores expuestos de categoría A.

#### - Personal categoría B

Se pueden estimar las dosis a trabajadores de categoría B con dosímetros personales o a partir de los datos obtenidos de la dosimetría de áreas de los diferentes laboratorios y zonas de trabajo, siempre que estos datos permitan demostrar que dichos trabajadores están clasificados correctamente en la categoría B.

La sistemática para el uso de los dosímetros o instrumentos utilizados para la dosimetría de área y el procedimiento de asignación de dosis asociado deberá incluirse en un protocolo escrito sujeto a la evaluación e inspección del CSN.



Cuando esa dosimetría de área se realice por medio de dosímetros de termoluminiscencia, se deberá tener en cuenta que:

- Las características de los dosímetros serán equivalentes a las de los dosímetros TL utilizados en dosimetría personal, siendo capaces de medir  $H_p(10)$  y  $H_p(0,07)$ .
- La lectura de dichos dosímetros debe ser realizada por Servicios de dosimetría personal autorizados por el CSN.
- El periodo de uso de estos dosímetros será de un mes y se procurará, dentro de lo posible, hacerlo coincidir con el mes natural.
- En ningún caso se podrá asignar estos dosímetros a personas, debiendo figurar en la asignación el área de trabajo donde se encuentren ubicados.
- Debe disponerse de algoritmos apropiados para, a partir de las lecturas de los dosímetros de área, asignar dosis a los trabajadores expuestos.
- En caso de que la dosis registrada en un dosímetro de área utilizado para la asignación de dosis al personal excediera el límite anual de dosis, se notificará al CSN tal circunstancia.

#### Determinación de dosis por contaminación interna

Las dosis resultantes de una eventual contaminación interna deben determinarse, con una periodicidad acorde al periodo efectivo de los contaminantes, por servicios de dosimetría expresamente autorizados a tal fin por el CSN.

El SPR es responsable de identificar aquellos trabajadores expuestos que, por las circunstancias en que se desarrolla su trabajo, deberían someterse a controles de contaminación interna (rutinarios o especiales) en Servicios de dosimetría autorizados. Para ello, se tendrán en cuenta:

- El tipo de trabajo que desarrollan.
- Las características del material radiactivo que manipulan (actividad, energía, tipo de desintegración, forma física y química)
- Los resultados de la vigilancia radiológica de la contaminación en la superficie y el ambiente de las instalaciones.
- Las incidencias operacionales de las instalaciones (derrames, fugas, etc.).
- Los resultados de las medidas directas (gammacámara) o indirectas (orina, etc.) que el SPR pudiera realizar sobre un trabajador en caso de sospecha de contaminación.

Como referencia se deben tener en cuenta:

- El Límite de Incorporación Anual (LIA), que representa la actividad de un radionucleido cuya incorporación a lo largo de un año daría lugar a una dosis efectiva comprometida de 20 mSv.

- El Límite de Concentración Derivada en Aire (LCDA), que representa la concentración de actividad en aire que respirada por un trabajador expuesto a los largo de un año laboral da lugar a la incorporación del LIA.

Los límites citados vienen recogidos en el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (R.D. 783/2001).

#### Estimaciones especiales de dosis

En los casos en los que no sea posible o resulten inapropiadas las mediciones individuales, la vigilancia individual se debe basar en una estimación realizada a partir de mediciones individuales hechas a otros profesionales expuestos o a partir de los resultados de la vigilancia del ambiente de trabajo haciéndose constar expresamente este hecho en el historial dosimétrico del profesional.

En caso de exposiciones accidentales se evaluarán las dosis asociadas y su distribución en el cuerpo. En caso de exposiciones de emergencia se realizará una vigilancia individual o evaluaciones de las dosis individuales en función de las circunstancias.

#### b) Superación de los límites de dosis.

Cuando a consecuencia de una exposición especialmente autorizada, exposición accidental o exposición de emergencia se hayan podido superar los límites de dosis, se debe realizar un estudio para evaluar, con la mayor rapidez y precisión posible, las dosis recibidas en la totalidad del organismo o en las regiones u órganos afectados.

Estos casos y los resultados del estudio serán inmediatamente puestos en conocimiento del servicio médico que desarrolle la función de vigilancia y control de la salud de los trabajadores, del CSN y del profesional afectado.

Cuando se registren dosis que superen los límites, en condiciones normales de trabajo, se deberá iniciar una investigación con objeto de averiguar las causas que originaron el suceso. Al mismo tiempo, se separará al profesional de su puesto de trabajo hasta que el servicio médico que desarrolle la función de vigilancia y control de la salud de los trabajadores, determine que dicho profesional es apto para trabajar con radiaciones ionizantes. La vuelta al puesto de trabajo se producirá cuando lo determine el servicio médico así como la necesidad de una posible atención médica.

En el plazo de un mes, se debe remitir al CSN un informe sobre las circunstancias de la sobreexposición y se indicarán las medidas correctoras aplicables para evitar que en un futuro se produzcan situaciones similares. En este informe, se hará igualmente constar la decisión del servicio médico sobre la aptitud del profesional.

### c) Utilización de los dosímetros

El uso del dosímetro es personal y restringido al centro al que está asignado.

El dosímetro se debe de colocar en aquella posición que sea más representativa de la parte más expuesta de la superficie del tronco.

Las dosis a las extremidades, especialmente a las manos, pueden ser algo mayores, pero a menos que sea probable que estas dosis se aproximen a los tres décimos de los límites de dosis equivalente apropiados, no será necesaria la utilización de dosímetros adicionales.

En aquellos casos especiales, en los que parte del cuerpo deba estar protegida por la utilización de delantales de plomo, el dosímetro se colocará debajo del delantal.

En los casos particulares en que los valores registrados estén próximos a los niveles de investigación puede ser necesaria, a juicio del SPR, la utilización de dos dosímetros, uno debajo del delantal para estimar la dosis efectiva y otro por encima del delantal para estimación de la dosis equivalente en cristalino y piel.

Si un dosímetro se pierde o se daña, el usuario del mismo estará obligado a comunicarlo al SPR inmediatamente.

La responsabilidad de utilización correcta del dosímetro, es del usuario del mismo.

El trabajador está obligado a efectuar el cambio mensual del dosímetro en el plazo y en la forma establecidos por el SPR quién deberá comunicar a la dirección del centro el uso indebido o la negligencia reiterada en la utilización o cambio de los dosímetros por parte de algún trabajador.

### d) Historial dosimétrico

Todas las dosis recibidas por un profesional expuesto quedan registradas en su historial dosimétrico. Este historial es individual para cada trabajador, se mantendrá debidamente actualizado y estará en todo momento a su disposición.

Se registrarán, conservarán y mantendrán a disposición del trabajador los siguientes documentos:

- En el caso de las exposiciones accidentales y de emergencia, así como en caso de superación de límites, los informes relativos a las circunstancias y a las medidas adoptadas.
- Los resultados de la vigilancia del ambiente de trabajo que se hayan utilizado para estimar las dosis individuales.

El historial dosimétrico de todo trabajador expuesto de categoría A figurará, además, en su historial médico.

El historial dosimétrico correspondiente a trabajadores de la categoría A, contendrá las dosis mensuales, las dosis acumuladas en cada año oficial y las dosis acumuladas durante cada período de 5 años oficiales consecutivos.

En el caso de trabajadores de la categoría B, se registrarán las dosis anuales determinadas o estimadas.

La dosis recibida como consecuencia de una exposición especialmente autorizada deberá quedar consignada como tal en el historial dosimétrico, especificando, en su caso, las incorporaciones de radionucleidos en el organismo.

Las dosis recibidas como consecuencia de una exposición especialmente autorizada así como las recibidas por exposiciones de accidente o de emergencia figurarán en el historial dosimétrico, registradas por separado de las recibidas durante el trabajo en condiciones normales.

En el caso de cambio de empleo el trabajador deberá proporcionar copia certificada de su historial dosimétrico al titular de su nuevo destino.

Los trabajadores expuestos que lo sean en más de una actividad o instalación, llevarán un dosímetro en cada una de ellas y vendrán obligados a dar cuenta expresa de tal circunstancia al SPR o Unidad Técnica de Protección Radiológica UTPR o, en su defecto, al Supervisor o persona que tenga encomendadas las funciones de Protección Radiológica de cada uno de los centros en que trabajen, que le dará una copia de sus informes dosimétricos para conocimiento de los titulares de las demás instalaciones o actividades, a la vez que exigirá copia de las lecturas dosimétricas de las otras instalaciones, al objeto de que en todos ellos conste, actualizado y completo, su historial dosimétrico individual. A tal fin, el trabajador deberá comunicar en cada actividad los resultados dosimétricos que se le proporcionen en las demás. Nunca podrá utilizar el mismo dosímetro en ambos centros.

El historial dosimétrico de los trabajadores expuestos, los documentos correspondientes a la evaluación de dosis y a las medidas de los equipos de vigilancia, y los informes referentes a las circunstancias y medidas adoptadas en los casos de exposición accidental o de emergencia, se archivarán por el titular de la práctica, hasta que el trabajador haya o hubiera alcanzado la edad de 75 años, y nunca por un período inferior a treinta años, contados a partir de la fecha de cese del trabajador en aquellas actividades que supusieran su clasificación como trabajador expuesto.

El titular de la práctica facilitará esta documentación al CSN y, en función de sus propias competencias, a las Administraciones Públicas, y a los Juzgados y Tribunales que la soliciten.

Al producirse el cese definitivo de la actividad, los titulares de las mismas harán entrega al CSN de los expedientes referidos en el párrafo primero de este artículo.

Cuando un trabajador cause baja, el SPR le proporcionará una copia certificada de su historial dosimétrico actualizado hasta ese momento.

En el caso de trabajadores externos, será la empresa externa de la que dependa el mismo la responsable de cumplir lo establecido en el presente artículo.

### **1.6.3 Sistema de vigilancia para evaluar y controlar la dosis del público**

El sistema de vigilancia se adecuará al riesgo asociado a la práctica, por ello las estimaciones de dosis incluirán entre otros aspectos:

- La evaluación de las exposiciones externas, indicando, según los casos, el tipo y la calidad de las radiaciones en cuestión.
- La evaluación de la incorporación de radionucleidos, indicando la naturaleza y los estados físico y químico de las sustancias radiactivas contaminantes, así como la determinación de su actividad y su concentración de actividad.

La especificación de las características de los grupos de referencia de la población, teniendo en cuenta las vías efectivas de transferencia de las sustancias radiactivas

#### a) Irradiación externa

La vigilancia y control de la irradiación externa se realizará mediante la medida de niveles de radiación o mediante dosimetría de área. La periodicidad de la evaluación será como mínimo anual.

En el caso de residuos radiactivos sólidos se registrarán los datos físico-químicos y los niveles de exposición a 1m y en contacto. La gestión se ajustará a lo establecido en el Capítulo de Gestión de Residuos Radiactivos.

#### b) Contaminación

La vigilancia y control de la contaminación se realizará mediante la medida de niveles de contaminación en la instalación.

Los niveles de actividad para la emisión de efluentes serán los que consten en la autorización del Ministerio de Economía para la instalación. El control de la evacuación de efluentes líquidos y gaseosos se realizará de acuerdo a los procedimientos establecidos por el SPR.

c) Protección Radiológica de la población. Medidas de vigilancia.

El titular de cada práctica realizará una estimación, de modo regular y de la forma más realista posible, de las dosis recibidas por la población en su conjunto y por los grupos de referencia en todos los lugares donde tales grupos puedan existir. Los resultados de tales estimaciones que, en el caso de grupos de referencia se realizarán, al menos con una periodicidad anual, serán enviados al CSN.

Con estas directrices, por grupos de población se admite que:

- 1 mSv es el límite máximo que se acepta para el resto del embarazo para la exposición de un no nato cuya madre está expuesta durante su trabajo.
- Se supone que el riesgo para los niños menores de 10 años es el mismo que el de los no natos, por lo que se debe aplicar el mismo límite anterior, 1mSv.
- El riesgo para los niños mayores de 10 años y los adultos es de 2 y 3 veces inferior. Tras valorar las normas básicas de seguridad y teniendo en cuenta la posibilidad de exposición de una persona a otras fuentes humanas durante su vida, parece aconsejable una restricción de dosis de 3 mSv.
- El riesgo para personas de 60 años es de 3 a 10 veces inferior al de la población en general y de 5 a 10 veces inferior para los mayores de 65 años. Por ello se considera razonable que la restricción de dosis sea de 15 mSv para las personas adultas mayores de 60 años.

#### 1.6.4 Protección de los miembros del público

La estimación de la dosis efectiva recibida por los miembros del público implica la estimación de la dosis recibida por exposición externa, así como la debida a la incorporación de radionucleidos, de forma que se asegure que la suma de ambas no supere el límite de dosis o el valor optimizado de dosis establecido.

a) Exposición externa

La exposición externa de los miembros del público como consecuencia de la utilización de las radiaciones ionizantes en el medio universitario va a depender del tipo y calidad de las fuentes utilizadas.

En circunstancias normales de trabajo los miembros del público nunca estarán expuestos a una irradiación externa derivadas de actividades laborales realizadas en laboratorios o salas de acceso exclusivo para los trabajadores autorizados. En general, los principales riesgos que pudiesen afectar a un miembro del público serían los derivados del uso de equipos de Rayos X móviles. Las dosis implicadas en estas situaciones es en general muy baja y difícilmente se pueden alcanzar los límites de dosis.

El control de la exposición externa se realizará mediante:

- Diseño de blindajes estructurales y no estructurales.
- Protección radiológica operacional.
- Señalización de zonas.
- Dispositivos luminosos o acústicos de aviso.
- Control de la gestión de residuos radiactivos.

b) Contaminación por radionucleidos

La probabilidad de que se produzca la contaminación tanto externa como interna de un miembro del público es muy baja en condiciones normales de funcionamiento de la instalación.

El acceso a los laboratorios donde existe riesgo de contaminación está limitado a personal autorizado.

El control de la contaminación se realizará mediante:

- Diseño de la instalación.
- Señalización de zonas.
- Protección Radiológica operacional.
- Control de la gestión de los residuos radiactivos.

# Capítulo 2

## Hipótesis y objetivos





## 2 Hipótesis y objetivos

---

La protección radiológica es una actividad multidisciplinar, de carácter científico y técnico, que tiene como finalidad la protección de las personas y del medio ambiente contra los efectos nocivos que pueden resultar de la exposición a radiaciones ionizantes, tal y como es definida por el CSN (CSN, Web).

La ICRP es un organismo internacional independiente creado en 1928, que emite recomendaciones y presta asesoramiento sobre todos los aspectos relacionados con la protección contra las radiaciones ionizantes. Estas recomendaciones son la base para el establecimiento de reglamentación y normativa por parte de organizaciones internacionales y autoridades regionales y nacionales.

Los tres principios básicos en los que se basa la protección radiológica quedan definidos por el Consejo de Unión Europea en su directiva 59 de 2013 (EURATOM 2013/59):

### **Justificación**

Las decisiones que introduzcan una práctica se justificarán en el sentido de que tales decisiones se tomarán con la intención de asegurar que el beneficio individual o social que resulta de la práctica compense el detrimento para la salud que pueda causar. Las decisiones que introduzcan o alteren una vía de exposición para situaciones de exposición existentes y de emergencia se justificarán en el sentido de que deberán ser más beneficiosas que perjudiciales.

### **Optimización o "Principio Alara"**

La protección radiológica de personas sometidas a exposición poblacional u ocupacional se optimizará con el objetivo de mantener la magnitud de las dosis individuales, la probabilidad de la exposición y el número de personas expuestas lo más bajos que sea razonablemente posible teniendo en cuenta el estado actual de los conocimientos técnicos y factores económicos y sociales. La optimización de la protección de personas sometidas a exposiciones médicas se aplicará a la magnitud de las dosis individuales y será coherente con la finalidad médica de la exposición. Este principio se aplicará no solo en cuanto a la dosis efectiva sino también, cuando proceda, en cuanto a las dosis equivalentes, como medida de precaución para tener en cuenta las incertidumbres en lo que se refiere a la existencia de perjuicios para la salud por debajo del umbral en que se producen reacciones tisulares.

El término ALARA (ICRP, 1973) corresponde a las siglas inglesas de la expresión "tan bajo como sea razonablemente posible" (As Low As Reasonably Achievable). Todas las exposiciones a la radiación deben ser mantenidas a niveles tan bajos

como sea razonablemente posible, teniendo en cuenta factores sociales y económicos.

### **Limitación de dosis**

En situaciones de exposición planificadas, la suma de las dosis a una persona no superará los límites de dosis establecidos tanto para la exposición ocupacional como para la poblacional. Los límites de dosis no se aplicarán a las exposiciones médicas.

Partiendo de esta base, los países han ido adaptando su normativa y creando órganos de control y asesoramiento en materia de seguridad nuclear y protección radiológica. En España el CSN es el órgano encargado de esta tarea.

Para llevar a cabo la protección radiológica, se han creado dos tipos de entidades que, bajo el control y aprobación del CNS desarrollan las funciones delegadas por parte de éste. Son las UTPR y los SPR.

El término SPR se utiliza para referirse a aquellas unidades que el titular constituye como parte de su propia organización. El término UTPR se utiliza para referirse a aquellas unidades (externas a su organización) que el titular contrata para la prestación de los mencionados servicios (CSN, Web).

Tanto los SPR como las UTPR deben ser expresamente autorizados por el CSN y su responsable debe estar en posesión de un diploma específico, que le habilite como jefe del SPR o de la UTPR, y que es expedido por el CSN. Las funciones que se pueden asignar a estas entidades son:

- Participar y supervisar el diseño, montaje, instalación, operación, modificación y clausura de la instalación.
- Participar en los trámites asociados a la adquisición de equipos y aparatos radiactivos.
- Evaluar los riesgos radiológicos asociados a la instalación.
- Realizar la clasificación radiológica de zonas de trabajo.
- Realizar la clasificación de trabajadores expuestos.
- Establecer las normas de acceso, estancia y salida de zonas radiológicas.
- Llevar a cabo la vigilancia radiológica de zonas.
- Llevar a cabo la vigilancia de efluentes y residuos radiactivos.
- Realizar el mantenimiento, verificación y calibración de equipos de detección y medida.
- Gestionar la vigilancia dosimétrica de los trabajadores expuestos.
- Evaluar el impacto radiológico en operación normal y en caso de accidente.
- Gestionar la formación y entrenamiento del personal.
- Implantar el principio de optimización de la protección radiológica.
- Realizar el control de calidad de las instalaciones médicas.

En base a lo anterior, nuestra hipótesis de trabajo consiste en pensar que la existencia de los SPR podría obviarse si titular de la instalación radiactiva contrata los servicios de una UTPR.

**El objetivo de esta tesis es demostrar la necesidad de los SPR en las universidades mediante su aportación, específica e insustituible, a la optimización, alcanzada ésta mediante la investigación y el método científico.**



# Capítulo 3

## Material y métodos



# 3 Material y métodos

---

Para alcanzar los objetivos planteados en el capítulo anterior vamos a emplear el método científico aplicado a la I+D+I.

El lugar más idóneo para la investigación científica son las universidades y centros de investigación. Los medios técnicos y sobre todo humanos, permiten implementar el concepto de I+D+I en toda su dimensión.

La I+D+I se entiende como (Universidad de Castilla y León, WEB):

## Investigación (I)

Indagación original planificada que persiga descubrir nuevos conocimientos y una superior comprensión en el ámbito científico y tecnológico.

## Desarrollo (D)

Aplicación de los resultados de la investigación o de cualquier otro tipo de conocimiento científico para la fabricación de nuevos materiales o productos o para el diseño de nuevos procesos o sistemas de producción, así como para la mejora tecnológica sustancial de materiales, productos, procesos o sistemas preexistentes.

## Innovación Tecnológica (I)

Actividad cuyo resultado sea un avance tecnológico en la obtención de nuevos productos o procesos de producción o mejoras sustanciales de los ya existentes. Se considerarán nuevos aquellos productos o procesos cuyas características o aplicaciones, desde el punto de vista tecnológico, difieran sustancialmente de las existentes con anterioridad.

De esta forma, nos basaremos en cuatro aportaciones concretas del Servicio de Protección Radiológica de la Universidad de Córdoba a la I+D+I para el desarrollo de los objetivos planteados.

En primer lugar, presentaremos la evolución, durante los últimos veintiséis años, de las dosis a los profesionales expuestos en la Universidad de Córdoba. Cómo se han ido reduciendo el número de dosimetrías individuales en los casos en los que ha aplicado la dosimetría ambiental y cómo se han ido incrementando los controles de dosimetría individual en las prácticas veterinarias.

En segundo lugar, y derivado del estudio anterior, plantearemos un caso práctico de evaluación de la dosimetría ambiental y cálculo de dosis individual mediante ésta, a los profesionales expuestos en los laboratorios radiactivos de investigación y docencia de fuentes no encapsuladas (FNE) en la Universidad de Córdoba. Demostraremos que las investigaciones *in situ* derivan en la mejora de los



procedimientos de trabajo establecidos y corrigen defectos, a simple vista sencillos, pero que repercuten de manera directa en la dosis personal y colectiva de los profesionales y, por tanto, en su salud.

A continuación, y debido al actual debate creado por los profesionales y científicos sobre la importancia de la exposición del cristalino, presentaremos un estudio sobre la evaluación de la dosis a cristalino en los operadores de radiodiagnóstico veterinarios en el Hospital Clínico Veterinario de la Universidad de Córdoba. En base a la bibliografía existente, podemos afirmar que este estudio es pionero en trabajadores de esta tipología y que entraña un riesgo asociado y no detectado, debido a las grandes diferencias entre la radiología veterinaria y la humana.

Por último, plantearemos también un resumen de las mejoras en las técnicas de gestión y tratamiento de residuos que han ido evolucionando a lo largo del tiempo en la Universidad de Córdoba y que han derivado en una generación mínima de residuo a transferir y por tanto, en una reducción muy significativa del coste económico no conllevando esto, un incremento a la dosis de los profesionales implicados en la gestión del residuo.

El desarrollo de los cuatro puntos lo abarcaremos desde el modelo de artículos independientes que se exponen en cuatro capítulos diferentes. Estos cuatro capítulos contarán con su propio esquema interno que contendrá los siguientes apartados:

- Introducción.
- Hipótesis y objetivos.
- Material y métodos.
- Resultados.
- Conclusiones.

Al finalizar la presentación de los cuatro capítulos, se mostrará de forma general un resumen de los resultados obtenidos, y unas conclusiones y discusión sobre el objetivo primero del trabajo.

## Capítulo 4

# Evolución de la dosimetría personal entre 1986 y 2013 en los laboratorios de FNE y en rayos X



# 4 Evolución de la dosimetría personal entre 1986 y 2013 en los laboratorios de FNE y en rayos X

---

## Resumen

La dosimetría personal mediante dosímetros TLD permite a los SPR, UTPR y CSN conocer, a posteriori, la dosis recibida por el personal expuesto. Existen diversos tipos de datos que se pueden obtener de un mismo dosímetro y hay varios tipos también, de dosímetros TLD.

En nuestro estudio, analizamos la evolución de la dosimetría en el personal expuesto a través de dosímetros TLD de solapa en laboratorios de FNE y en los operadores de rayos X del Hospital Clínico Veterinario de la Universidad de Córdoba. Estos dosímetros nos proporcionarán los datos de equivalente de dosis personal  $H_p(d)$  (dosis equivalente) profunda  $H_p(10)$  y superficial  $H_p(0.07)$ .

Los datos analizados abarcan el período que va desde 1986 hasta 2013 (27 años).

Los resultados obtenidos muestran variaciones en las dosis personales (tanto superficial como profunda) que se corresponden perfectamente con los cambios realizados en los procedimientos de trabajo, llevados a cabo por el SPR, para optimizar (ICRP, 1973) la exposición de los trabajadores.

## 4.1 Introducción

La dosimetría personal es una ciencia bastante amplia y sometida a cálculos complejos.

La dosimetría personal mide, evalúa y registra las dosis de radiación personales recibidas por el personal expuesto, de esta forma contribuye a proteger la salud de los profesionales permitiendo tomar las medidas necesarias, tanto para paliar los efectos biológicos, como para detectar y corregir errores sistemáticos o puntuales derivados de los procedimientos de trabajo establecidos.

La dosimetría puede ser interna o externa. La dosimetría interna sólo puede realizarse (tanto la recogida de datos como los cálculos derivados) por entidades

especialmente autorizadas por el CSN. En el caso de la dosimetría externa, si bien la lectura de los dosímetros corre a cargo de servicios de dosimetría autorizados por el CNS, la dosimetría externa, en su parte de evaluación, permite mayor ámbito de actuación a los SPR. Es el caso de la asignación de dosis mediante dosimetría de área.

El SPR de la Universidad de Córdoba sólo realiza dosimetría externa.

### *Dosimetría externa*

Para controlar la dosis recibida externamente por el personal expuesto se debe distinguir entre dosimetría pasiva y dosimetría activa.

- La dosimetría activa emplea dosímetros de lectura directa que proporcionan información a tiempo real de la dosis recibida. Se suelen emplear sobre todo en la industria nuclear debido a las altas tasas de dosis presentes en determinados trabajos y lugares.
- La dosimetría pasiva es retrospectiva y presenta resultados de las dosis recibidas una vez transcurrida la exposición. Este tipo es el que se emplea en el SPR de la Universidad de Córdoba. En la dosimetría pasiva se establecen dos situaciones bien diferenciadas:
  - La dosimetría del trabajador expuesto se calcula mediante dosimetría de área y en ese caso no posee dosímetro personal.
  - La dosimetría del trabajador expuesto se realiza a través de la monitorización con dosímetros TLD de diversos formatos en función de la tipología del trabajo.

## **4.2 Hipótesis y objetivos**

El objetivo de este estudio es presentar una visión general sobre la dosimetría del personal expuesto sujeta a dosímetros TLD de solapa a través de las lecturas de dosis profunda y superficial suministradas por un servicio de lectura autorizado por el CSN.

Una vez presentados los resultados, el objetivo es relacionar la evolución de estas dosis con los cambios realizados por el SPR en procedimientos de trabajo surgidos, estos cambios, a partir del análisis de la dosimetría en su conjunto.

## **4.3 Material y métodos**

Los instrumentos utilizados para la medida de dosis desde al año 1986 hasta el 2013 son dosímetros TLD de solapa.

De los datos de lectura proporcionados centro de autorizado analizaremos los siguientes de datos:

- Equivalente de dosis personal superficial  $H_p(0.07)$ , de ahora en adelante “dosis superficial”.
- Equivalente de dosis personal profunda  $H_p(10)$ , de ahora en adelante “dosis profunda”.

Emplearemos ambas magnitudes pero no las analizaremos de forma mensual sino en cómputo anual.

Haremos distinción entre la evolución de las dosis en los laboratorios de FNE y en el Hospital Veterinario.

Los laboratorios de FNE están autorizados a trabajar con emisores beta y/o gamma:

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| - $^3\text{H}$     | - $^{33}\text{P}$  |
| - $^{125}\text{I}$ | - $^{51}\text{Cr}$ |
| - $^{14}\text{C}$  | - $^{55}\text{Fe}$ |
| - $^{35}\text{S}$  | - $^{185}\text{W}$ |
| - $^{32}\text{P}$  |                    |

Los laboratorios de FNE estudiados son:

- Biología Celular.
- Bioquímica.
- Farmacología.
- Fisiología.
- Inmunología.
- Microbiología de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes (ETSIAM).
- Microbiología.

Del Hospital Veterinario sólo se han tenido en cuenta a los trabajadores que operan exclusivamente con rayos X convencionales (Ni TAC, ni escopia).

## 4.4 Resultados

Los resultados obtenidos son de tal envergadura en cuanto a cantidad de datos que se presenta de forma independiente en el Anexo 1 “Datos históricos de dosimetría” eliminando cualquier referencia a datos personales de los trabajadores.

En el anexo, los datos se exponen sin tratamiento de ningún tipo tal y como se recogieron.

Los datos corresponden a los 74 trabajadores expuestos de los laboratorios de FNE y del Hospital veterinario han estado sometidos a control dosimétrico mediante dosímetro TLD desde el año 1986 hasta el 2013.

A continuación se muestra el número total de trabajadores sujetos a TLD en laboratorios de FNE, diferenciando entre los que reciben dosis y los que no (dosis profunda Figura 2, dosis superficial Figura 3).

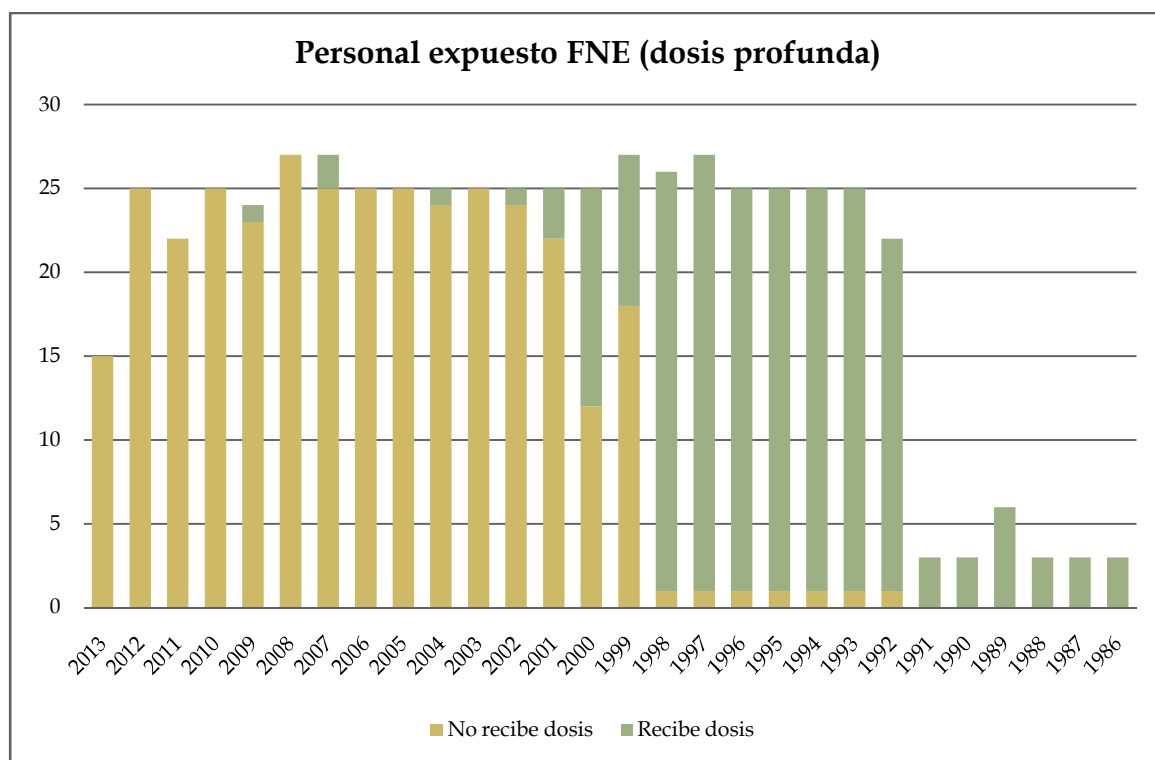


Figura 1: Personal expuesto FNE (dosis profunda)

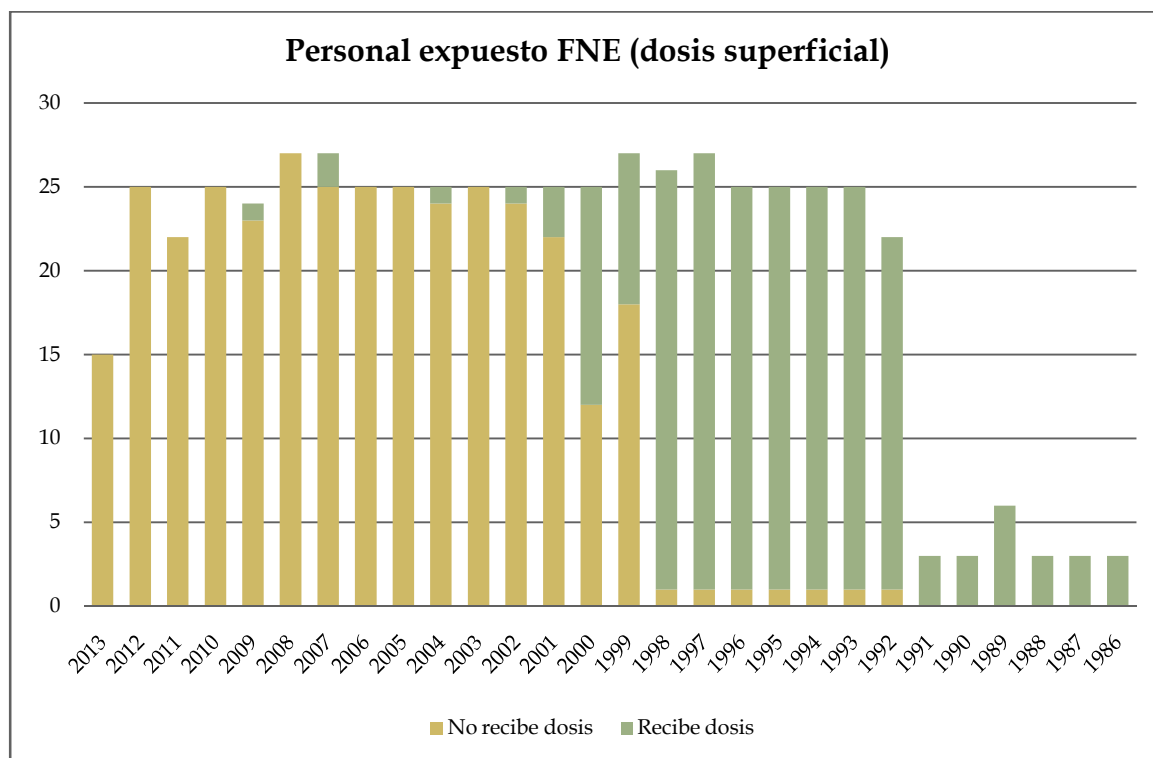


Figura 2: Personal expuesto FNE (dosis superficial)

Estas dos gráficas plantean una pregunta y una observación. La primera radica en la igualdad total entre ambas tablas (verificable numéricamente en el Anexo 1 Datos históricos de dosimetría). La respuesta es que en la práctica, aunque hay una gran diferencia entre la dosis profunda y la superficial, en el caso de emisores gamma y rayos X, la radiación es muy penetrante y por tanto no se apreciarán diferencias significativas, salvo que las dosis sean muy altas. Los emisores beta con los que se trabaja en FNE son de muy baja energía y no tienen capacidad de reflejar su efecto en un TLD. En el caso en el que se apreciaran diferencias muy significativas implicaría que habría sido necesaria la dosimetría de extremidades puesto que, la zona de mayor exposición en el caso de FNE son las manos.

La observación, que no conclusión aún puesto que hay que estudiarlas más detenidamente es, que se produce un cambio de tendencia entre 1998 y 1999.

Seguidamente se muestra el número total de trabajadores sujetos a TLD en rayos X, diferenciando entre los que reciben dosis y los que no (dosis profunda Figura 4, dosis superficial Figura 5).



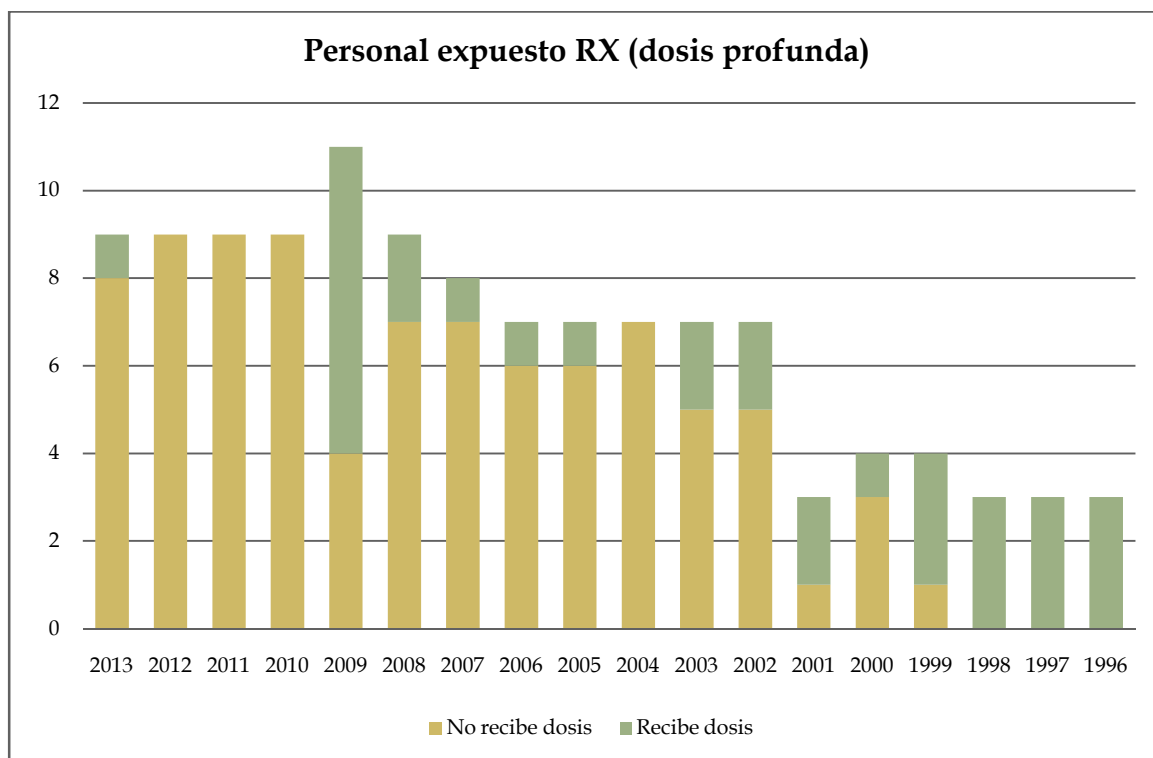


Figura 3: Personal expuesto RX (dosis profunda)

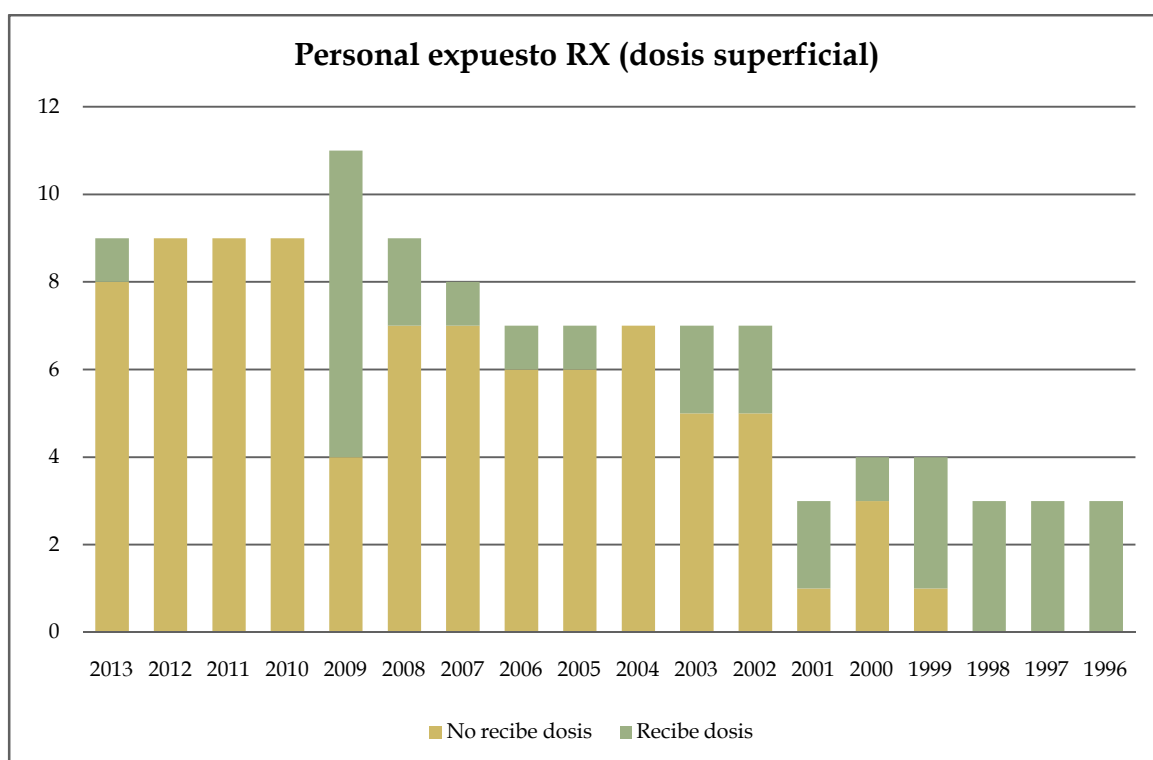


Figura 4: Personal expuesto RX (dosis superficial)

En el caso de los rayos X, de nuevo, tenemos dos gráficas exactamente iguales debido al tipo de radiación a la que se han expuesto.

También se aprecia la tendencia, pero no tan acusada, del cambio entre 1998 y 1999. Se observa un pico de crecimiento en 2009.

A continuación mostramos las gráficas que corresponden con el porcentaje de personal expuesto que ha recibido dosis. En el caso de los laboratorios de FNE se ha hecho diferenciación entre los siete laboratorios estudiados (dosis profunda Figura 6, dosis superficial Figura 7).

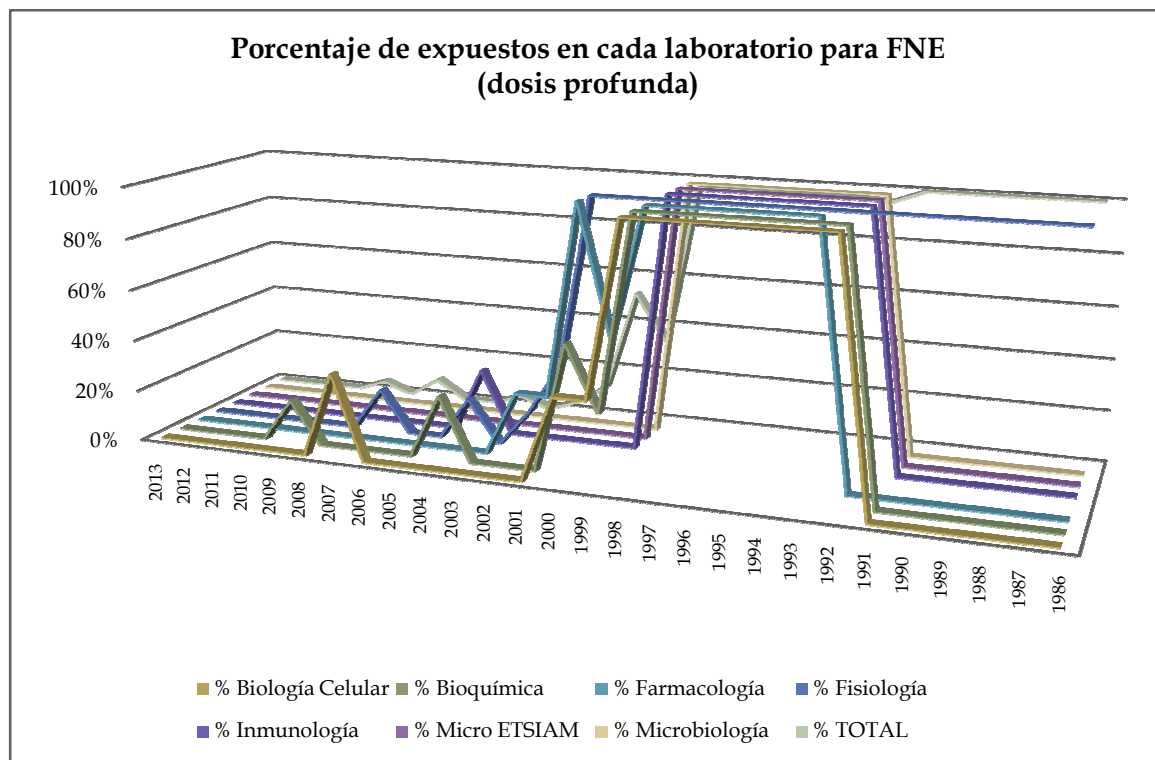


Figura 5: Porcentaje de expuestos que reciben dosis en cada laboratorio para FNE (dosis profunda)

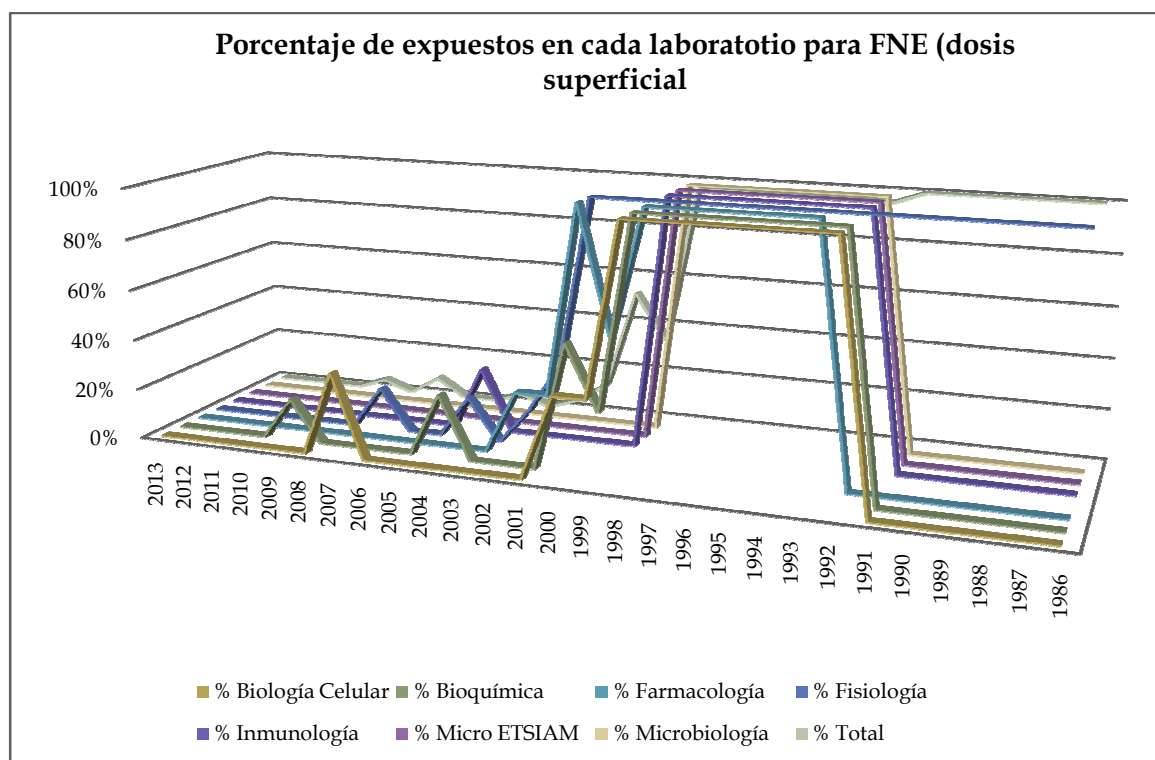


Figura 6: Porcentaje de expuestos que reciben dosis en cada laboratorio para FNE (dosis superficial)

La tendencia a la baja de estas gráficas denota no sólo un cambio, sino que ese cambio afectó de forma significativa a todos los profesionales expuestos, ya que lo que se reduce es el número de personas que recibe dosis.

Solamente hay un dato de diferente entre dosis superficial y profunda en todos los datos, y se dio en rayos X en el año 2005 en el que la dosis superficial fue de 0.37 mSv y la profunda de 0.38 mSv. La Figura 8 representa el porcentaje de expuesto que reciben dosis para dosis profunda y la Figura 9 para dosis superficial.

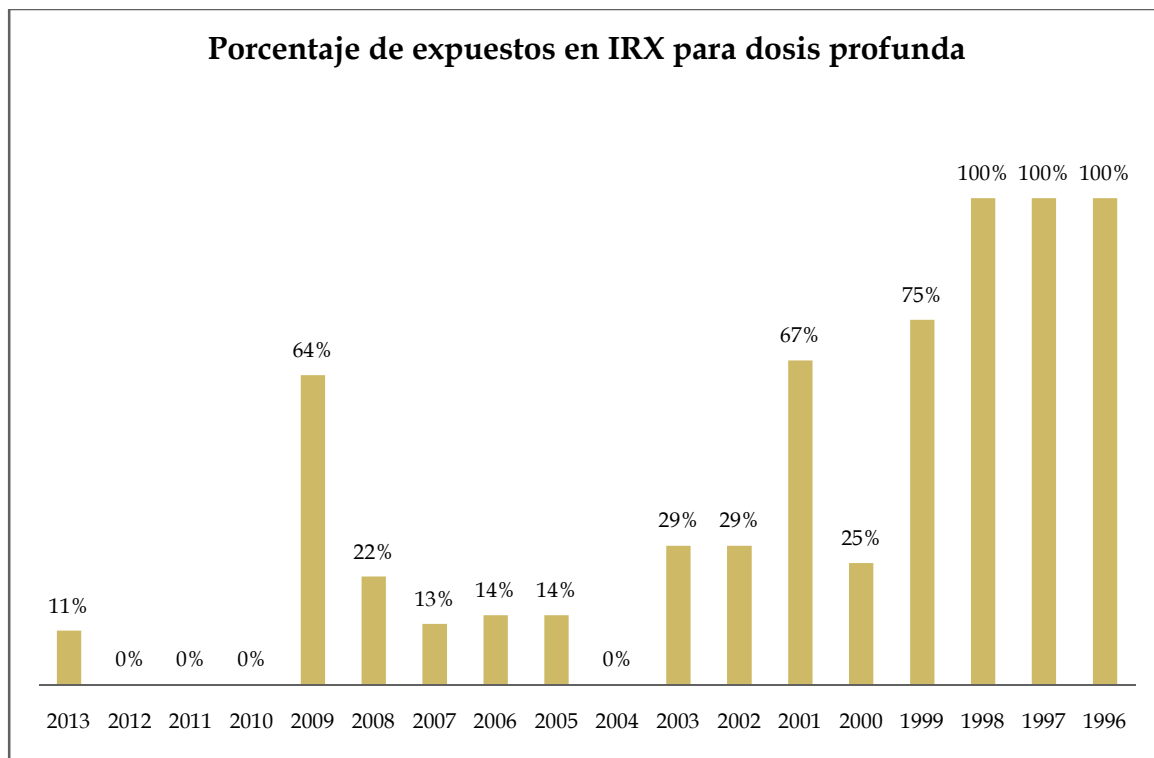


Figura 7: Porcentaje de expuestos que reciben dosis en rayos X (dosis profunda)

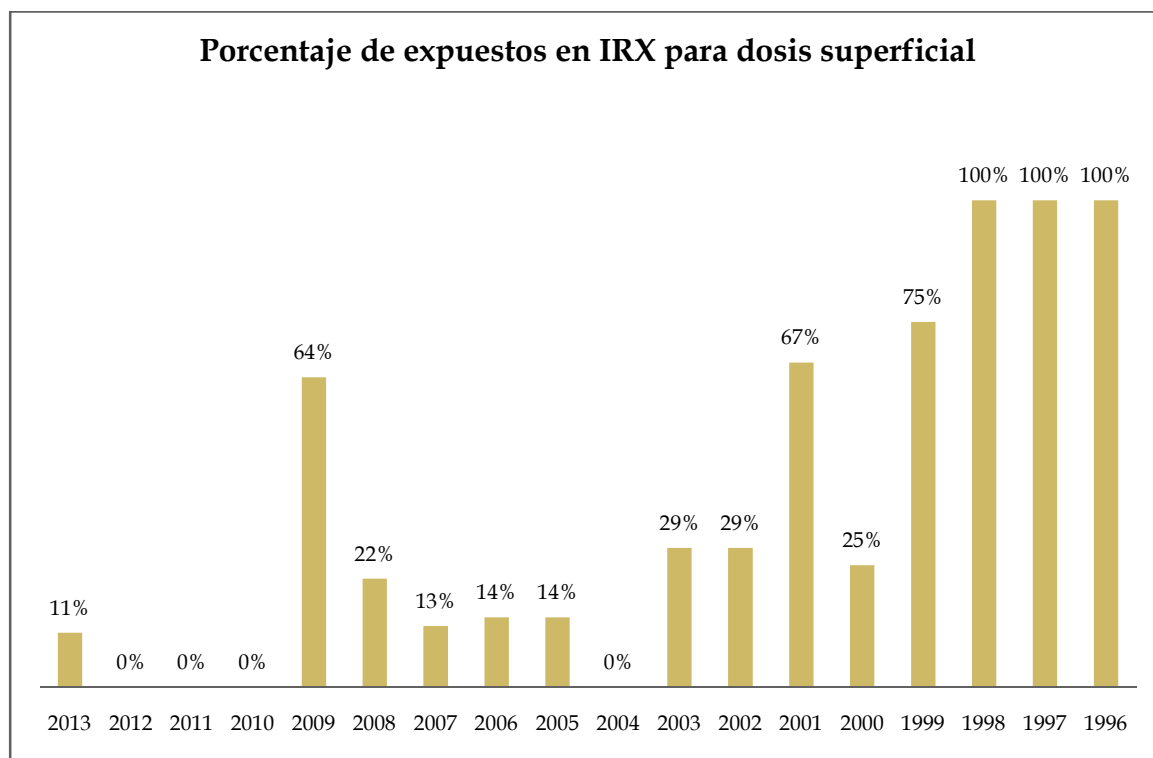


Figura 8: Porcentaje de expuestos que reciben dosis en rayos X (dosis superficial)

En el caso de rayos X, en 2009 se implementó el programa de formación de Veterinarios Internos Residentes (VIR). Este programa se realiza por veterinarios recién titulados y con poca experiencia de trabajo. Cada grupo se incorpora durante 6 meses a radiología. Cuando se recibieron los datos de 2009 se determinó implementar un programa de formación específica en protección radiológica para VIR.

Por otra parte entre los resultados que cabe destacar, se encuentran los gráficos que muestran el rango de dosis en los han estado trabajando los profesionales expuestos (Figuras 10, 11, 12 y 13).

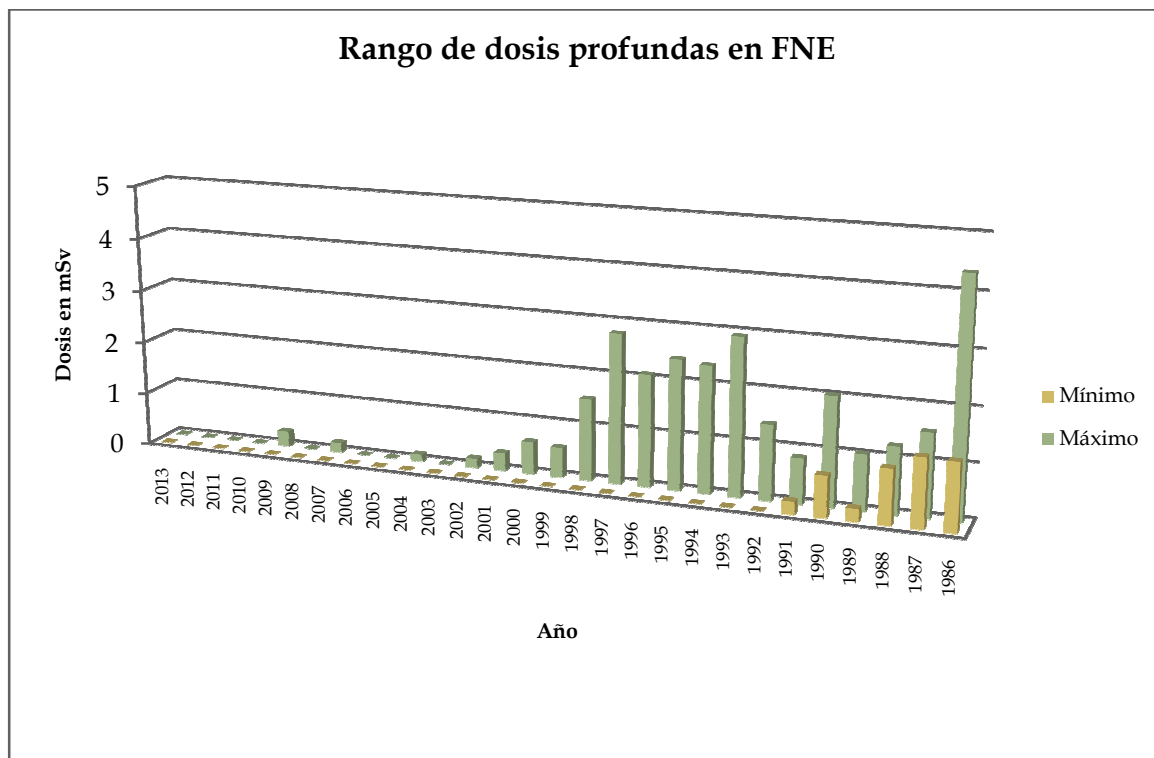


Figura 9: Rango de dosis profundas en FNE

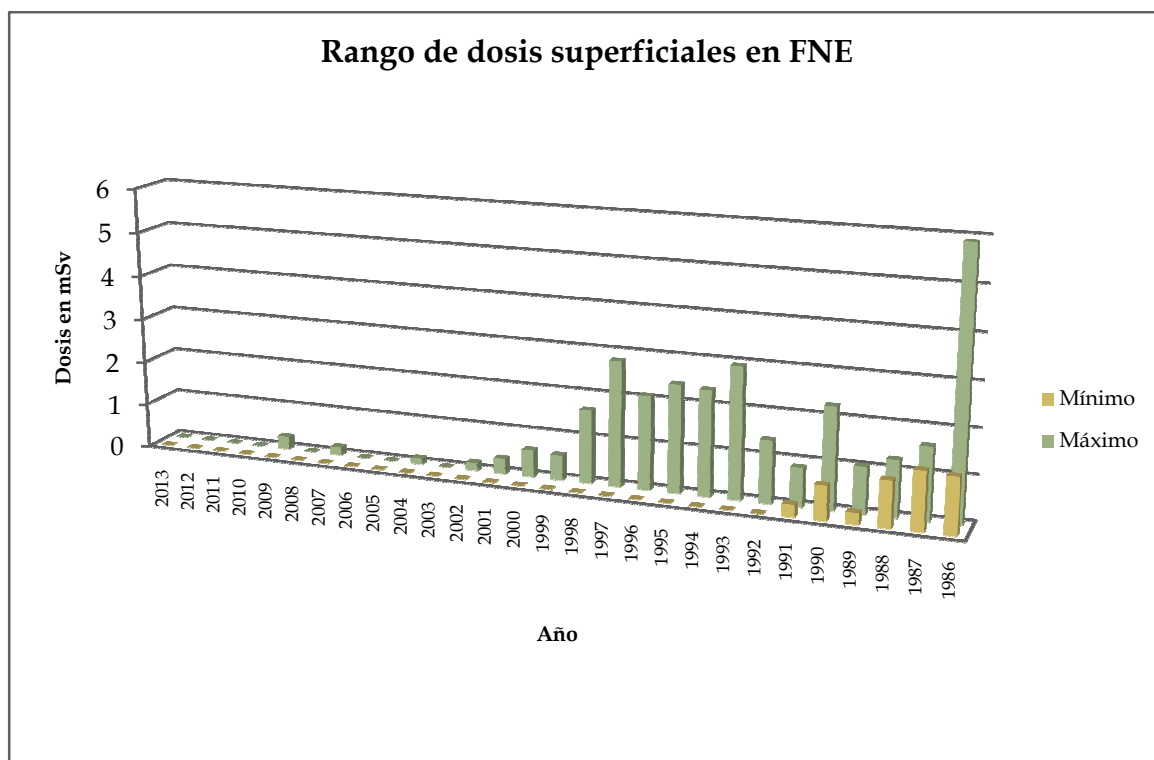


Figura 10: Rango de dosis superficiales en FNE

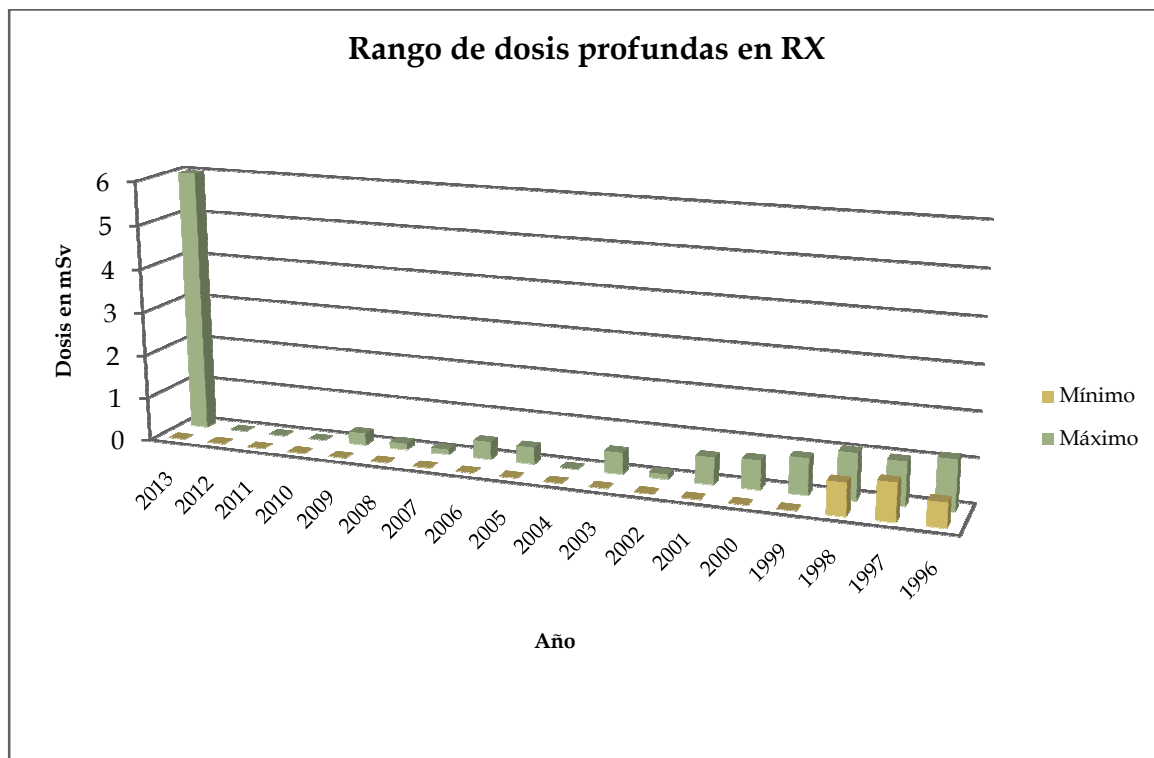


Figura 11: Rango de dosis profundas en RX

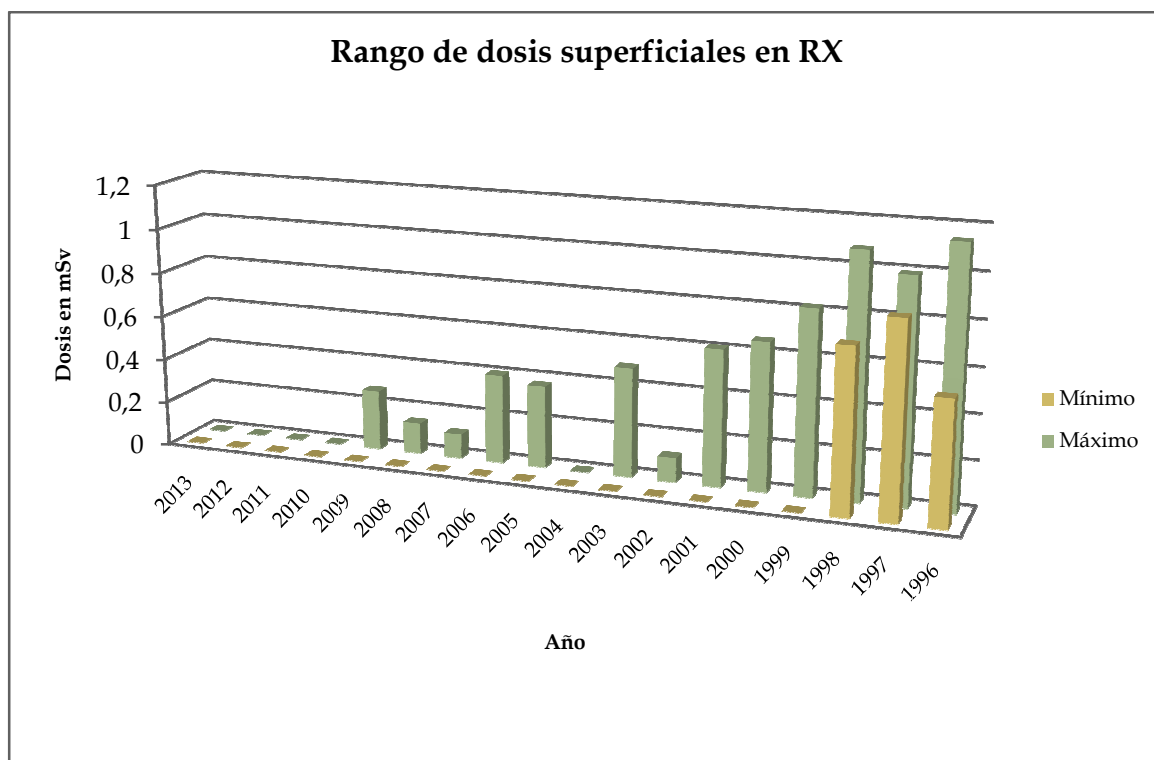


Figura 12: Rango de dosis superficiales en RX

Con respecto a las gráficas de FNE vuelven a no diferenciarse por la causa explicada y de nuevo, aunque lo que se muestran son dosis máximas y mínimas, la tendencia a reducirse se observa desde 1998.

En el caso de rayos X, sí hay diferencia entre las dos gráficas. Se encuentra en el año 2013. En ese año un trabajador perdió su dosímetro y se le asignó la dosis máxima puesto que aún no se había desarrollado un procedimiento de estimación y asignación de dosis en caso de pérdida. La diferencia radica en que la dosis máxima profunda son 6 mSv y la superficial son 120 mSv. En la gráfica de la dosis superficial se ha eliminado ese dato porque está detectado y si se mantiene no se podrían apreciar las dosis bajas.

Con respecto a la tendencia, sigue a la baja también en estas gráficas, pero en este caso, la diferencia radica en que lo que se reduce no es el número de personas que reciben dosis, sino también, los rangos en los que se mueven.

## 4.5 Conclusiones

No se aprecian diferencias significativas entre la dosis superficial y la profunda para radiación gamma o rayos X a bajas dosis.

Con respecto al número total de personas expuestas, la tendencia es a incrementarse desde el año 1991 para FNE (Figuras 2 y 3) y desde el año 2001 para rayos X (Figuras 4 y 5). Sin embargo se puede observar que el número de los que reciben dosis sobre el total comienza a disminuir en FNE a partir de 1998. En rayos X no se aprecia tanto pero ocurre igual.

En las Figuras 6 y 7 se aprecia una disminución del porcentaje de expuestos frente al total en FNE y en las Figuras 8 y 9 se observa también para rayos X.

No sólo disminuye el número de expuestos, sino que los rangos de dosis también bajan (Figuras 10, 11, 12 y 13) a partir del año 1998.

En el año 1998 se planteó la necesidad de implementar cursos de formación y reciclaje para los trabajadores. Se estableció el programa de formación inicial para el trabajo en instalaciones radiactivas y se hizo hincapié en la necesidad de una formación de base ya que las recomendaciones de la ICRP 60 (ICRP, 1991) se habían transformado en directivas europeas y en poco tiempo pasarían a integrarse dentro de la legislación de los países miembros como ocurrió dando lugar al Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (RD 783/2001).

La formación es uno de los pilares en los que se fundamenta la protección radiológica y la optimización no puede llevarse a cabo sin dicha formación.

La necesidad del análisis de datos en protección radiológica es incontestable puesto que gracias a ello, se consiguen detectar errores y mejorar procedimientos de trabajo.

## Capítulo 5

# Propuesta de modelo de asignación de dosis mediante dosimetría de área en laboratorios de investigación de FNE





# 5 Propuesta de modelo de asignación de dosis mediante dosimetría de área en laboratorios de investigación de FNE

---

## 5.1 Introducción

La condición de trabajador expuesto a radiaciones ionizantes en categorías A y B exige estar sometido a un sistema de vigilancia dosimétrica que garantice que las dosis recibidas son compatibles con su clasificación.

## 5.2 Hipótesis y objetivos

El objetivo de este proyecto es realizar un estudio basado en la vigilancia radiológica ambiental que generará una nueva propuesta de clasificación del personal de los laboratorios de investigación y docencia pertenecientes a las instalaciones radiactivas (IRA's) de fuentes no encapsuladas y establecer un nuevo procedimiento de asignación de dosis personal no basada ya en la dosimetría termoluminiscente (TLD), sino en la dosimetría de área.

## 5.3 Material y métodos

### 5.3.1 Instrumentación

Los instrumentos de medida utilizados han sido:

- Monitores de radiación.
- Dosímetros de termoluminiscencia (TLD).

Cada laboratorio posee un monitor de radiación de área con sonda externa en continuo.

Se seleccionan dos laboratorios de las IRA's en los que se trabaja con fuentes no encapsuladas, emisores beta y/o gamma en concreto:

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| - $^3\text{H}$     | - $^{33}\text{P}$  |
| - $^{125}\text{I}$ | - $^{51}\text{Cr}$ |
| - $^{14}\text{C}$  | - $^{55}\text{Fe}$ |
| - $^{35}\text{S}$  | - $^{185}\text{W}$ |
| - $^{32}\text{P}$  |                    |

### 5.3.2 Método

El método empleado para determinar la dosis recibida por cada trabajador en cada uno de los laboratorios es el siguiente:

Se colocan de forma fija en las siguientes zonas dosímetros TLD de solapa.

- Zona de manipulación / zona de marcaje.
- Campana de gases.
- Zona de almacenamiento temporal de residuos.
- Puntos aleatorios del laboratorio (dependiendo de las dimensiones un punto más o cuatro).

La recogida de datos se prolonga durante ocho meses por cada laboratorio y aunque el monitor de radiación de área con sonda externa registre en continuo y los dosímetros y estén fijos a los puntos las veinticuatro horas del día todos los días de la semana, para este estudio y como medida conservadora, se harán los cálculos suponiendo siete horas y media de trabajo, cinco días a la semana.

Todos los dosímetros empleados se sustituyen de forma mensual para su lectura por un centro lector de dosimetría autorizado.

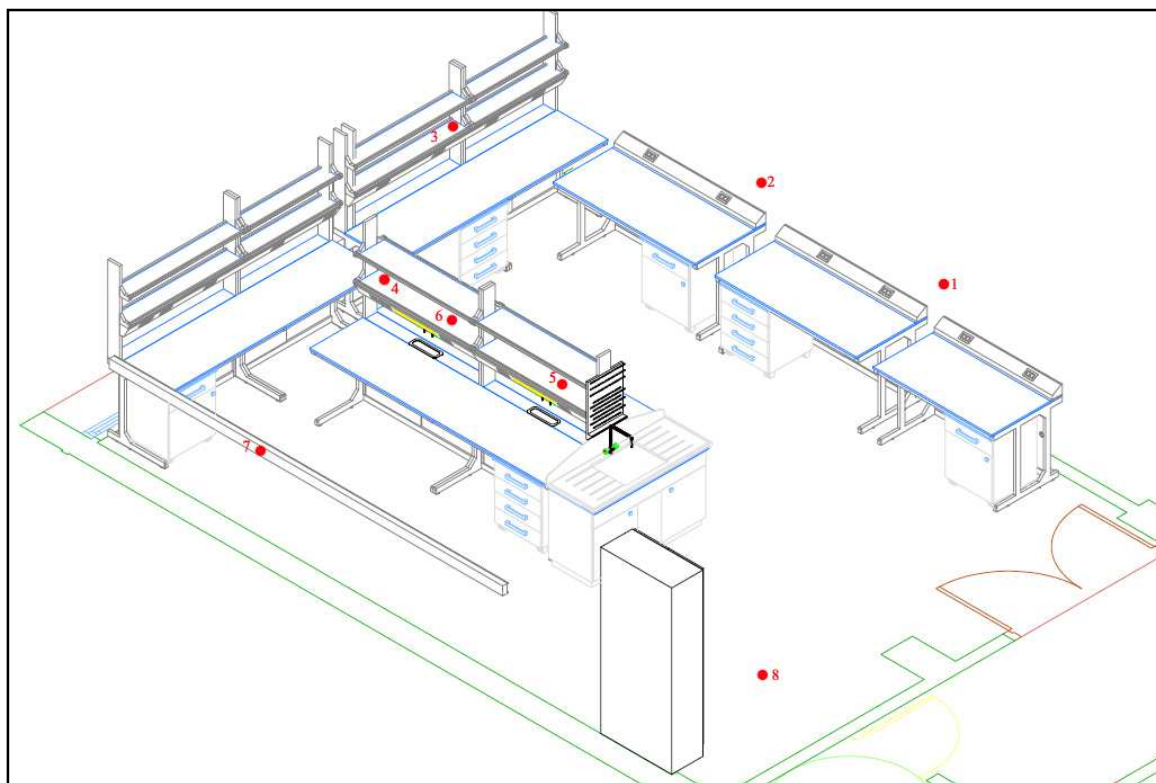


Figura 1: Plano ejemplo de distribución de dosímetros

Tal y como se indica en el plano de la Figura 14, los dosímetros 1 y 2 están fijados a la pared, el 1 en una zona de bajo nivel de ocupación pero donde se encuentra situado el almacenamiento temporal de residuos y el 2 a la derecha del contador de centelleo.

El dosímetro 3 está adherido al cristal de una ventana en un lugar de baja ocupación.

Los dosímetros 4, 5 y 6 están en los lugares de más alta ocupación por el personal del laboratorio, la zona de manipulación/marcaje. Además a la derecha del 5 se encuentra el monitor baliza de área.

El dosímetro 7 está en la zona del frigorífico. Y el dosímetro 8 está por fuera del cristal plomado para la manipulación en la campana de gases.

### 5.4 Resultados

	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>	D <sub>6</sub>	D <sub>7</sub>	D <sub>8</sub>
Abril	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mayo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Junio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
Julio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agosto	0.02	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00

Septiembre	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Octubre	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Noviembre	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Diciembre	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00

Tabla 1: Tabla de dosis mensuales recogidas por los dosímetros en mSv en uno de los laboratorios

Las dosis acumuladas más altas aparecen en junio para el dosímetro 6 y en diciembre para el 5 (Tabla 6). Ambos se encuentran situados en la zona de manipulación. Los datos se contrastaron con las fechas de experimentación y se descubrió que entre los dosímetros 5 y 6 se solían depositar las jeringuillas contaminadas a la espera de un nuevo experimento. Esta situación se ha corregido empleando un blindaje adecuado y/o una modificación del emplazamiento de las jeringas.

Los resultados obtenidos muestran dosis acumuladas inferiores a los niveles de registro establecidos por el CSN y se recogen en los historiales dosimétricos como fondo radiactivo.

Debido a éstos se propone modificar el procedimiento de “Clasificación del Personal con Riesgo Radiológico”.

## 5.5 Conclusiones

La clasificación del personal como categoría B dentro de los laboratorios de las IRA's no se vería afectada, puesto que las instalaciones son de segunda categoría pero los procedimientos de asignación de dosímetros y de dosis pueden sufrir modificaciones en base a los datos aportados por nuestro estudio.

En concreto se propone retirar los dosímetros TLD a los trabajadores de estos laboratorios y emplear la vigilancia de área en continuo para asignar la dosis en posibles situaciones excepcionales.

## Capítulo 6

Evaluación de la dosis a  
cristalino mediante dosimetría  
ambiental al realizar  
radiografías de caballos en  
condiciones de campo



# 6 Evaluación de la dosis a cristalino mediante dosimetría ambiental al realizar radiografías de caballos en condiciones de campo

---

## Resumen

Se ha demostrado que la exposición del cristalino a la radiación ionizante induce la formación de opacidades y cataratas. Los estudios sobre dosimetría del cristalino se han realizado en procedimientos de cardiología y radiología intraoperatoria en humanos; si bien, no se ha evaluado la exposición de los operadores en radiología convencional ya que el operador de rayos X está en la sala de control y su exposición es mínima.

En el caso de los veterinarios equinos los operadores de radiología trabajan, en la mayoría de los casos cerca del equipo, con lo que la exposición al cristalino puede ser también alta.

La situación de un dosímetro ambiental en una posición que abarque el área del cristalino nos puede dar una estimación del rango en el que se encuentran las dosis a cristalino. Para ello hemos analizado 10 estudios reales de osteocondrosis que comprenden un total de 100 exposiciones. En España los caballos de Pura Raza Española que opten a ser calificados como Reproductores Calificados son sometidos a diez radiografías, para detectar osteocondrosis. Las radiografías se realizaron entre 66-70 kVp y 2.5-5 mAs. Los resultados muestran que la dosis media ambiental por estudio completo es 26.13  $\mu$ Sv, alcanzando límites fijados por la normativa de 20 mSv al realizar 765 estudios de osteocondrosis. Esto implica que al llegar a los 76 estudios se superaría el límite del diez por ciento de dosis recomendado por la ICPR, y obligaría a tomar medidas de seguridad y modificar los procedimientos para optimizarlos.

## 6.1 Introducción

Los niveles de radiación a los que son sometidos los operadores de radiodiagnóstico al trabajar con pacientes humanos son bien conocidos en los países occidentales. Aunque los textos clásicos de radiología equina muestran claramente las recomendaciones básicas de radioprotección (Butler JA, 2008) son



muy pocos los trabajos que estudian la radiación específica al trabajar con equipos portátiles (Tyson R, 2011), ya sea a cuerpo entero o en extremidades.

Estudios previos han señalado que, en numerosas ocasiones en Estados Unidos, los clínicos que trabajan en radiología equina sostiene los equipos de rayos X con las manos, en vez de utilizar soportes para el equipo, casi siempre por rapidez y para evitar accidentes a los animales (Tyson R, 2011). Al trabajar de esta forma, los equipos se sitúan a escasa distancia de la cara pudiendo exponer, en exceso el cristalino a la acción de los rayos X.

Es conocido que la radiación que recibe el veterinario equino que sujeta un equipo de rayos X es la suma de la radiación dispersa producida, por el paciente o las superficies duras sobre las que incide el haz primario (backscattered radiation) y por la radiación de fuga del propio equipo de rayos X (leakage radiation). Esta última no es uniforme, y tiende a producirse por alteraciones en la carcasa especialmente importantes en los equipos portátiles donde las vibraciones y los golpes pueden hacer que aumenten sobre los valores deseables. En consecuencia, se ha recomendado que anualmente se verifique la radiación de fuga de forma anual (Barbee D, 2011).

En medicina humana, la formación de opacidades y cataratas (Brown NP, 1997) en el cristalino debido a la exposición a la radiación ionizante ha provocado que se lleven a cabo numerosos estudios sobre dosimetría del cristalino del personal médico en procedimientos de cardiología (Jacob S, 2013), (Vano E, 2010).

La ICRP en su publicación 118 (ICRP, 2012) emitió un comunicado sobre las reacciones tisulares (efectos deterministas) asumiendo un nuevo umbral de dosis absorbida para las lesiones en cristalino de 0,5 Gy, proponiendo un nuevo límite de dosis equivalente ocupacional de 20 mSv/año para el cristalino como promedio durante de 5 años, sin superar los 50 mSv un solo año. Hasta ese momento los límites de dosis habían sido de los establecidos por la ICRP-60 (ICRP, 1991) y ratificados por la ICRP-103 (ICRP, 2007), con un valor de 150 mSv/año para cristalino. La comparativa se muestra en la Tabla 7:

	ICRP-60 e ICRP-103	ICRP-118
Dosis efectiva para trabajadores expuestos	100 mSv en 5 años, no superando nunca 50mSv/año	Sin cambios
Dosis equivalente en cristalino	150 mSv/año	20 mSv/año
Dosis equivalente en piel	500 mSv/año	Sin cambios
Dosis equivalente en manos, antebrazos, pies y tobillos	500 mSv/año	Sin cambios

Tabla 1: Límites de dosis establecidos por ICRP

Desde ese momento todos los esfuerzos de los investigadores se han centrado en estudiar las dosis del cristalino en procedimientos que requieren altas dosis de radiación, como la radiología intervencionista o el cateterismo (Jacob S, 2013), (Vano E, 2010).

En medicina equina, conociendo la situación especial de sujeción de los equipos portátiles de radiología en condiciones de campo, no existen trabajos previos que determinen la dosis en cristalino. La última publicación de la Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP) (NCRP, 2004) para la práctica veterinaria no hace referencia al uso de las gafas plomadas como medida de protección a emplear por los veterinarios en radiología convencional.

Los estudios radiográficos suelen hacerse desplazándose hacia el caballo. Las circunstancias en las que se realizan las radiografías son condiciones de campo y no se usan casi nunca soportes para los equipos de rayos X. Lo que implica que el veterinario sujete el equipo de rayos X en la posición más idónea para cada radiografía, en muchas ocasiones demasiado cerca de la cara y exponga el cristalino a la acción de los rayos X.

Se ha podido comprobar que al sostener el equipo de rayos X con las manos, éste se sitúa próximo a la cara, con lo que la exposición del cristalino podría ser especialmente alta y alcanzar los límites de dosis establecidos por la ICRP.

A esto, se añade la dificultad, en el caso de animales grandes, de su inmovilización completa, lo que provoca el uso inadecuado de los equipos de protección individual al impedir los movimientos del operador, debido al peso de los guantes o el delantal plomado.

Para la protección del cristalino, el uso de gafas plomadas con un equivalente alrededor de 0,5 mm de plomo supondría una atenuación de alrededor de 90-95% de la radiación (Agarwal Sk, 1978).

Este equipo de protección no tiene un uso generalizado entre los veterinarios debido al desconocimiento de los niveles de dosis a cristalino en los procedimientos de radiología veterinaria. Incluso, se han reportado casos en los que el conocimiento y la formación en cuanto al uso de las protecciones contra las radiaciones en general es bajo, entre los veterinarios (Surjan Y, 2015).

Desde 2007 se ha desarrollado un sistema internacional de clasificación radiológica para la osteocondrosis (OC). El sistema permite que los veterinarios que trabajan con caballos de pura raza española (PRE) (OCD, Web), nombrado erróneamente: caballo andaluz, identifiquen a los caballos con formas severas de OC y que los excluyan de la reproducción. Se realiza un estudio de diez radiografías a cada caballo para poder llegar a ser clasificado como reproductor.

Se emplean las siguientes vistas radiográficas:

- Cuatro vistas latero-medial (LM) de los menudillos.
- Dos vistas dorsolateral plantaromedial oblicua (D45°L-PIMO) de corvejón.
- Dos vistas dorsomedial plantarolateral oblicua (D45°M-PILO) de corvejón.
- Dos vistas lateromedial (LM) vista de las babillas.

Se evalúan las articulaciones y se clasifican las lesiones en tres categorías, desde I (menos afectada) a III (más afectada). Los caballos que presentan una lesión de grado III o al menos dos lesiones de grado II en todas las estructuras evaluadas se consideran no adecuados y son remitidos al Centro de Diagnóstico de OC (Córdoba) para su certificación. Entre mayo de 2007 y diciembre de 2016 el Centro de Diagnóstico recibió radiografías de 2400 caballos PRE de 120 veterinarios (89% españoles) de 12 países diferentes.

## 6.2 Hipótesis y objetivos

El objetivo de este trabajo es determinar la dosis equivalente ambiental media, por radiografía y por estudio completo, en los veterinarios que realizan radiografías de OC en el caballo de PRE en condiciones de campo con objeto de valorar el riesgo de la radiación recibida en el cristalino.

Una vez determinados los rangos de dosis se realizará una valoración comparativa con los límites de la ICRP (ICRP, 2012) y propuesta de medidas que reduzcan la dosis recibida por el operador.

## 6.3 Material y métodos

Se realizaron estudios de osteocondrosis en 10 caballos, sin tener en cuenta la tasa de repetición de las radiografías por errores de procedimiento. En total se obtuvieron 100 radiografías, técnicamente válidas para el diagnóstico.

Los 10 estudios se realizaron por tres veterinarios diferentes todos ellos con el mismo equipo.

Los datos proceden de situaciones reales recogidos a partir de la práctica profesional durante una semana.

Estos estudios se realizaron teniendo en cuenta que:

- El veterinario siempre actuará disparando el equipo y sin sujetar el chasis.
- Nunca tendrá que repetir las 10 radiografías requeridas.
- Sin considerar otras radiografías realizadas durante la labor clínica diaria.

El método utilizado fue la evaluación previa del rango de dosis equivalente ambiental para decidir si es necesario profundizar en el estudio de la dosis a cristalino para procedimientos de radiología convencional veterinaria.

Para efectuar las radiografías se empleó un equipo portátil de rayos X marca Medical-Econet PXP-20HF (Medical-Econet GmbH, Oberhausen, Germany) al que uno de los autores, le realizó la verificación anual de los niveles de radiación de fuga antes de efectuar las radiografías objeto del estudio.

Para obtener las dosis equivalentes ambientales de radiación  $H^*(10)$  (Thrall DE (2007), se utilizó un dosímetro ATOMTEX AT1123 (LAMSE SL, Madrid, Spain) debidamente calibrado por un laboratorio de referencia.

El dosímetro se colocó a una distancia de 10 cm de la cara anclado al hombro derecho (mano dominante) de los tres veterinarios y por encima del delantal plomado. De esta forma al usar  $H^*(10)$ , podemos asumir que el orden de magnitud de las dosis recibidas en el cristalino coinciden con la dosis equivalente puesto que queda dentro del campo de radiación que sería producido por el correspondiente campo expandido y alineado en la esfera definida por ICRU (ICRU, 1985) a una profundidad «10 cm», sobre el radio opuesto a la dirección del campo alineado. Es decir, el cristalino está a 10 cm del dosímetro y por tanto el valor obtenido se puede extrapolar.

En todos los animales se realizaron las radiografías bajo las mismas proyecciones para los menudillos y corvejones, 66 kV y 2.5 mAs, aumentado en las babillas hasta 70 kV y 5 mAs.

En todos los casos las imágenes fueron tratadas con el equipo Fuji Computed Radiography, Capsule XL, CR-IR 356, Tokyo, Japan y fueron técnicamente válidas para el diagnóstico.

## 6.4 Resultados

Los resultados obtenidos en la verificación de los niveles de radiación de fuga en contacto sobre las seis superficies del equipo de rayos X, utilizando una programación de 66 kV y 2.5 mAs, son (Tabla 8):

	Trasera (nSv)	Lateral derecho ánodo (nSv)	Lateral izquierdo cátodo (nSv)	Superior (nSv)	Inferior (nSv)	Frontal (nSv)
$H^*(10)$	4.0	3.3	11.2	35.8	9.7	24.7

Desviación estándar	0.0	0.5	0.4	1.3	0.5	0.5
---------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tabla 2: Dosis equivalentes medias ambientales debidas a la radiación de fuga en las superficies del equipo portátil de rayos X

La medida con dosis más alta corresponde a la parte superior y confirma la hipótesis de la posición comprometida del operador. Aún así las dosis son muy bajas y cumple con los parámetros de verificación del equipo.

Los resultados obtenidos muestran las siguientes dosis equivalentes ambientales medias, por proyección y por veterinario, y en la última columna sólo por proyección (Tabla 9):

Vista	Veterinario 1 Dosis media ( $\mu\text{Sv}$ )	Veterinario 2 Dosis media ( $\mu\text{Sv}$ )	Veterinario 3 Dosis media ( $\mu\text{Sv}$ )	Dosis media ( $\mu\text{Sv}$ )
LM del menudillo anterior izquierdo.	$0.99 \pm 0.50$	$0.88 \pm 0.23$	$1.49 \pm 0.84$	$1.16 \pm 0.62$
LM del menudillo anterior derecho.	$0.73 \pm 0.56$	$1.11 \pm 0.05$	$1.45 \pm 0.49$	$1.13 \pm 0.50$
LM del menudillo posterior izquierdo.	$0.97 \pm 0.56$	$0.97 \pm 0.19$	$1.93 \pm 0.95$	$1.35 \pm 0.79$
LM del menudillo posterior derecho.	$1.01 \pm 0.59$	$0.82 \pm 0.30$	$1.82 \pm 0.60$	$1.28 \pm 0.66$
D45°L-PIMO del corvejón izquierdo.	$1.22 \pm 0.54$	$0.91 \pm 0.43$	$0.96 \pm 0.24$	$1.02 \pm 0.38$
D45°L-PIMO del corvejón derecho.	$0.87 \pm 0.25$	$0.87 \pm 0.22$	$1.36 \pm 0.23$	$1.07 \pm 0.33$
D45°M-PILO del corvejón izquierdo.	$1.27 \pm 1.13$	$0.51 \pm 0.49$	$1.66 \pm 0.77$	$1.21 \pm 0.89$
D45°M-PILO del corvejón derecho.	$0.96 \pm 0.24$	$0.83 \pm 0.70$	$1.95 \pm 0.32$	$1.32 \pm 0.67$

LM de la babilla izquierda.	8.67 ± 2.05	9.87 ± 4.88	7.68 ± 1.07	8.63 ± 2.74
LM de la babilla derecha.	8.53 ± 0.91	9.50 ± 2.35	6.38 ± 0.71	7.96 ± 1.90
Estudio completo	25.24 ± 1.07	26.27 ± 5.02	26.69 ± 3.25	26.13 ± 3.13

Tabla 3: Dosis equivalentes medias ambientales en posición a nivel de cristalino para cada veterinario del estudio expresados en  $\mu\text{Sv} \pm$  desviación estándar (SD)

Los veterinarios 1 y 2 realizaron tres estudios (30 radiografías) y el veterinario 3 realizó cuatro estudios (40 radiografías).

La dosis media equivalente ambiental por estudio completo es  $H^*(10) = 26.13 \pm 3.13 \mu\text{Sv}$ .

Los resultados muestran que las diferencias entre veterinarios no son altas. Los datos son homogéneos tanto si se analizan para cada veterinario de forma independiente, como en el conjunto de las 100 mediciones totales. El coeficiente de variación es del 11.98%, mostrando datos homogéneos al no superar el 20% y ceñirse al mismo orden de magnitud. Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis, método no paramétrico, dando como resultado que las medianas no muestran diferencias significativas.

## 6.5 Conclusiones

La normativa de la ICRP establece que al trabajar con todo tipo de radiaciones ionizantes (y entre ellas la radiación X) se deberían mantener dosis de radiación tan bajas como razonablemente sea posible empleando el criterio ALARA (ICRP, 1973). Para ello, las exposiciones a las fuentes radiactivas deben de realizarse bajo criterios de Justificación (sólo se prescribirán estas radiografías si hay indicación diagnóstica), Optimización (deben de mejorarse las técnicas y los equipos para conseguir los resultados más óptimos con el menor número de disparos) y límite de dosis.

Se recomienda implementar medidas muy estrictas de supervisión del trabajo de los operadores, a partir de la décima parte de los límites de dosis, es decir, a partir de 2 mSv/año en caso de las dosis a cuerpo entero y a cristalino.

Según los resultados de nuestro trabajo, se muestra que, aunque un veterinario podría realizar estudios de osteocondrosis hasta un total de 765 caballos/año (7650 radiografías) sin sobrepasar los límites de dosis, presentaría dosis altas de acuerdo con la ICRP a partir de la décima parte de dicha cantidad, es decir, a partir de los 76 caballos/año estudiados (lo que corresponde a un total de 760

radiografías), siempre que en todos los estudios estuvieran debidamente protegidos y no tuvieran que repetir radiografías por errores de procedimiento.

Este trabajo arroja datos relativamente similares a los previamente determinados en radiología equina (Tyson R, 2011), teniendo en cuenta que las proyecciones, la programación y el tipo de dosimetría analizada, son diferentes. Si bien, es cierto, que los órdenes de magnitud son los mismos.

Teniendo en cuenta las últimas recomendaciones de la ICRP sobre las dosis a cristalino y sus efectos a bajas dosis, junto con los resultados de este estudio, se recomienda además del uso de equipos de protección individual frente a las radiaciones ionizantes (delantales, guantes y protectores de tiroides plomados), la utilización de gafas plomadas con un equivalente de 0,5 mm de plomo, así como la adopción de estrictas medidas de radioprotección, tanto para el operador como para el personal expuesto en el momento de realizar los estudios. Debe de ir asumiéndose el uso de estas gafas por todos los profesionales veterinarios que trabajen con rayos X. Es fundamental una formación específica en Protección Radiológica.

En base a este trabajo proponemos una investigación más profunda para calcular la dosis  $H_p(3)$  en este tipo de procedimientos y para determinar qué tipo de dosímetros sería razonable emplear.

Por otra parte, señalar, que este trabajo tiene en cuenta que, los efectos deterministas perjudiciales (efectos no estocásticos), tienen unos umbrales de dosis claramente determinados y cuyos límites están claramente establecidos. No obstante es muy importante considerar que, entre los efectos perjudiciales producidos por las radiaciones ionizantes, están otros producidos por el azar (efectos estocásticos) que no se rigen por un umbral de dosis y que indican que el estar expuesto a dosis bajas de radiación podría causar un cáncer radio-inducido entre los 5 y 30 años siguientes a la exposición.

A partir de nuestros datos, los veterinarios que manipulen equipos de rayos X podrían alcanzar los límites de dosis altas propuestos por ICRP para cristalino, a partir de los cuáles se deben proponer procesos alternativos.

Se consideran necesarios más estudios en otros procedimientos de radiología convencional para determinar si existe también riesgo para el cristalino. Por otra parte, también sería conveniente determinar  $H_p(3)$  en esos procedimientos y evaluar la posible dosimetría específica para cristalino, tal y como se está realizando por ejemplo en cardiología intervencionista o en otros procesos que emplean técnicas de rayos X.

## Capítulo 7

# Gestión de residuos radiactivos en la Universidad de Córdoba





# 7 Gestión de residuos radiactivos en la Universidad de Córdoba

---

## 7.1 Introducción

Se define como "Residuo radiactivo" cualquier material o producto de desecho, para el cual no está previsto ningún uso, que contiene o está contaminado con radionucleidos en concentraciones o niveles de actividad superiores a los establecidos por el Ministerio de Industria y Energía, previo informe del Consejo de Seguridad Nuclear; artículo segundo, punto 9 de la Ley 25/1964, de 29 de abril, sobre energía nuclear (Ley 25/1964).

Los residuos radiactivos se clasifican en diferentes categorías teniendo en cuenta sus niveles de radiactividad, el periodo radiactivo de los radionucleidos que mayoritariamente contengan y la gestión final prevista.

Atendiendo a la clasificación vigente, en España se denominan residuos radiactivos de baja y media actividad a aquellos cuyos principales radionucleidos tienen un periodo de semidesintegración inferior o igual a 30 años (vida corta o media). Su contenido de radiactividad se sitúa en general entre algunas decenas de Bq/g (bequerelios por gramo) y unos 1000000 Bq/g, y su contenido en radionucleidos de periodo de semidesintegración superior a 30 años es muy bajo y está limitado. Su radiactividad dentro de algunos cientos de años habrá decaído y podría ser comparable a los niveles de la radiactividad natural existente en la superficie de la tierra (CSN, Web).

En 1984 el Parlamento español creó Enresa como una entidad de carácter público y sin ánimo de lucro, responsable de la gestión de los residuos radiactivos (ENRESA, Web). Enresa es la empresa encargada de: recoger, tratar, acondicionar y almacenar los residuos radiactivos que se generan en cualquier punto del Estado español (R.D. 1522/1984).

El Cabril es la instalación de almacenamiento de residuos radiactivos de muy baja, baja y media actividad en España de la cual Enresa, es la encargada de su gestión.

La Universidad de Córdoba, en el año 1994, y debido a la alta generación de residuos radiactivos por parte de los investigadores, decide crear un espacio, único hasta el momento, para el tratamiento de los residuos radiactivos. Este planteamiento culminó con la autorización del CSN de la Zona de Tratamiento y Almacenamiento de Residuos Radiactivos de la Universidad de Córdoba.

Los isótopos autorizados en las IRA´s de la Universidad de Córdoba para su uso como FNE son:

- $^{14}\text{C}$ ,  $T_{1/2} = 5730\text{a}$
- $^{51}\text{Cr}$ ,  $T_{1/2} = 27.70\text{d}$
- $^{55}\text{Fe}$ ,  $T_{1/2} = 2.73\text{a}$
- $^3\text{H}$ ,  $T_{1/2} = 12.33\text{a}$
- $^{125}\text{I}$ ,  $T_{1/2} = 59.41\text{d}$
- $^{32}\text{P}$ ,  $T_{1/2} = 14.26\text{d}$
- $^{33}\text{P}$ ,  $T_{1/2} = 25.34\text{d}$
- $^{35}\text{S}$ ,  $T_{1/2} = 87.51\text{d}$
- $^{185}\text{W}$ ,  $T_{1/2} = 75.10\text{d}$

Los isótopos autorizados en las IRA´s de la Universidad de Córdoba para su uso como fuentes encapsuladas (FE) son:

- $^{57}\text{Co}$ ,  $T_{1/2} = 271.79\text{d}$
- $^{119\text{m}}\text{Sn}$ ,  $T_{1/2} = 293.10\text{d}$

Las cartas de isótopos se encuentran recogidas en el Anexo 2, obtenidas de la base de datos National Nuclear Data Center (NNDC, Web).

## 7.2 Hipótesis y objetivos

El objetivo de este trabajo es mostrar la reducción de residuos radiactivos transferidos a Enresa gracias a los procedimientos de gestión de residuos radiactivos elaborados por el SPR y a los programas de garantía de calidad.

## 7.3 Material y métodos

La gestión de los residuos radiactivos en la Universidad de Córdoba comprende las siguientes acciones:

1. La generación del residuo.
2. La segregación en origen.
3. El tratamiento, que se desarrolla a través de:
  - a. Reducción del volumen de los residuos.
  - b. Etiquetaje.
  - c. Almacenamiento.
4. La evacuación:
  - a. Por vía convencional, si ha decaído.
  - b. Por transferencia, si existe contrato con el suministrador.
  - c. Por transferencia a Enresa.

En el apartado de generación del residuo, lo que se pretende es hacer una recopilación de datos del trabajo que se realiza en ese laboratorio previendo los residuos que van a generar. Se tiene en cuenta la forma física del isótopo, la

actividad, el período, la técnica empleada por el investigador y el volumen de trabajo. Con esto se consigue dotar al laboratorio del número de contenedores necesarios y del tipo correspondiente.

La segregación en origen del residuo es una de las partes más importantes del proceso, ya que, si los propios investigadores colaboran al hacer la separación entre líquidos, sólidos y mixtos, y entre período corto y largo, el trabajo después, por los técnicos de SPR es mucho más seguro en cuanto a que disminuye la posibilidad de contaminación.

El tratamiento de los residuos se realiza en la Zona de Tratamiento y Almacenamiento de Residuos Radiactivos de la Universidad de Córdoba. Esta zona consta de un laboratorio para el acondicionamiento del residuo que permite la reducción del volumen y una completa segregación de los residuos mixtos.

En ese mismo laboratorio se realiza el etiquetaje. Se procede a la toma de datos que caracterizan al contenedor: IRA, dependencia, isótopo, número de bolsa, fecha de almacenamiento, peso y actividad específica.

La zona de almacenamiento se divide dos salas, una para residuos sólidos con once contenedores individuales fijos y diseñados para este fin, con un volumen de capacidad aproximada de unos 20 m<sup>3</sup> en total, y la otra, para residuos líquidos que posee dos depósitos de 5000 l cada uno. El tiempo de almacenamiento depende del tipo de radioisótopo que contenga y de la actividad que se ha empleado.

El almacenaje sólido se realiza mediante la ubicación en el interior del depósito por fecha de entrada, isótopo y procedencia, número de bolsas y peso. El almacenaje líquido se realiza vertiendo a los tanques los residuos líquidos de las garrafas.

El control de los residuos se realiza mediante la anotación de lo etiquetado en el diario de las instalaciones de la que proceden y en el diario de entrada del depósito del SPR.

La evacuación convencional se realiza una vez decaída la actividad del radioisótopo hasta valores tales que como mínimo sean los referenciados por la Tabla A del Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas (R.D. 1836/1999) para sólidos y por la Tabla A del Reglamento de protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes (R.D. 783/2001) para líquidos.

La evacuación por transferencia se realiza mediante contrato de retirada con la empresa que suministró el material radiactivo de forma, que cuando haya decaído hasta un cierto valor y cuando las medias de contaminación y exposición sean las adecuadas para el transporte, se procederá a devolverlos en su blindaje inicial.

La evacuación por transferencia a través de ENRESA, cuando la actividad, cantidad o cualquier otro parámetro impida la gestión y/o tratamiento por medio del SPR.

Control de calidad en la evacuación. Se realiza un control de calidad según lo establecido por ENRESA en la Guía Técnica de Gestión de Materiales Residuales con Contenido Radiactivo en Centros de Investigación y Docencia año 2002, Apt. 7.2.d, pág. 110 (SEPR, 7).

La relación de los residuos gestionados durante el año aparece reflejada y actualizada en las bases de datos creadas por el Servicio de Protección Radiológica a tal efecto.

## 7.4 Resultados

A continuación presentamos los datos sobre los volúmenes y actividades de residuos radiactivos gestionados por el SPR entre los años 1994 hasta el 2015.

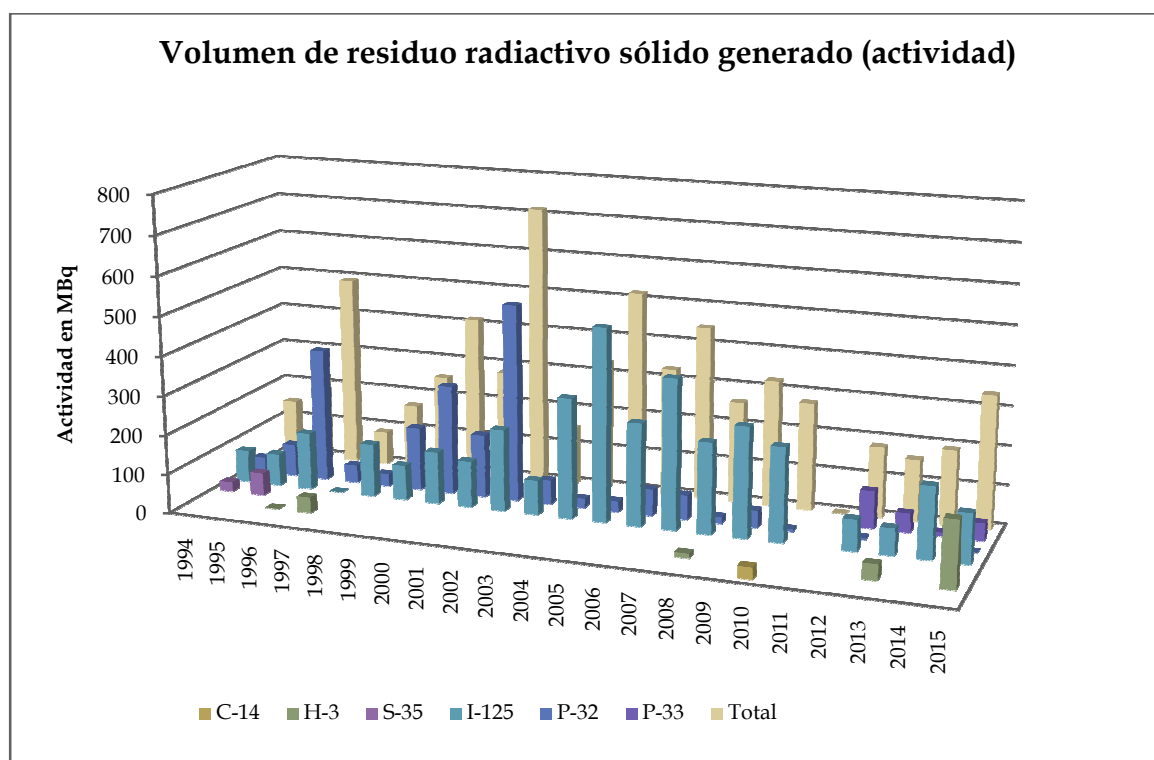


Figura 1: Volumen de residuo radiactivo sólido generado (actividad)

En la Figura 15 podemos ver los volúmenes anuales por isótopo y totales en términos de actividad, que se han generado en los laboratorios de FNE de las IRA's de la Universidad de Córdoba.

La Tabla 10 muestra los datos numéricos:

	C-14	H-3	S-35	I-125	P-32	P-33	Total
1994			24.20	82.47	38.85		145.52
1995			57.22	82.21	82.70		222.13
1996		1.20		146.32	343.15		490.67
1997		39.96		0.10	45.43		85.49
1998				135.23	31.39		166.62
1999				88.80	162.79		251.59
2000				133.20	280.76		413.96
2001				118.40	161.55		279.95
2002				209.00	504.50		713.50
2003				87.92	62.13		150.05
2004				306.32	24.53		330.85
2005				490.21	27.40		517.61
2006				261.08	67.71		328.79
2007				380.92	62.60		443.52
2008		11.20		231.25	16.95		259.40
2009				279.76	43.50		323.26
2010	29.59			238.60	6.35		274.54
2011							
2012				79.56	5.50	95.50	180.56
2013		39.96		68.38		48.90	157.24
2014				181.13		10.00	191.13
2015		166.94		125.49	0.08	44.65	337.17

Tabla 1: Actividad total generada en MBq (residuo sólido)

El total de residuos radiactivos sólidos generados en la Universidad de Córdoba por los laboratorios de FNE en términos de actividad son 6986.62 MBq, casi 7 GBq.

A continuación veamos el peso de estos residuos (Figura 16):

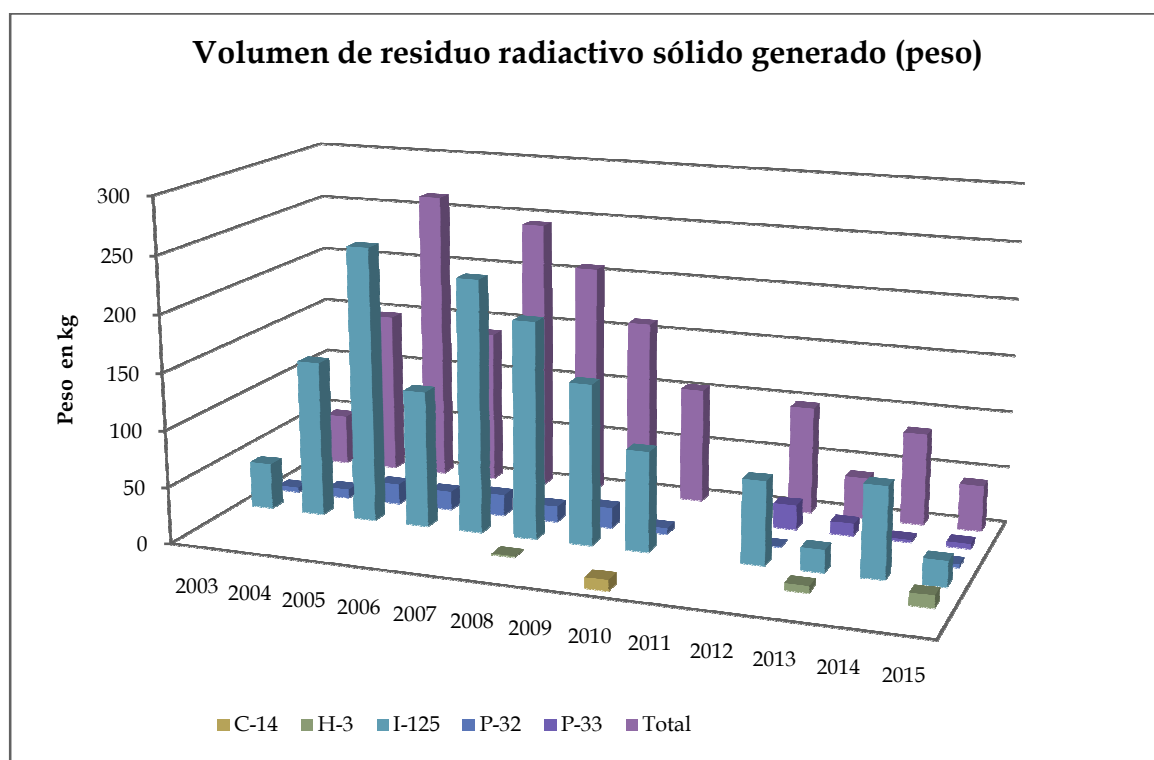


Figura 2: Volumen de residuo radiactivo sólido generado (peso)

La Tabla 11 muestra los datos numéricos:

	C-14	H-3	S-35	I-125	P-32	P-33	Total
2003				41.00	4.34		45.34
2004				138.00	8.00		146.00
2005				244.00	18.00		262.00
2006				121.00	16.50		137.50
2007				223.50	19.00		242.50
2008		1.00		191.00	14.00		206.00
2009				141.50	18.00		159.50
2010	9.43			88.00	5.50		102.93
2011							
2012				73.50	0.50	22.00	96.00
2013		6.04		20.00		11.00	37.04
2014				80.00		2.00	82.00
2015		10.70		22.63	2.86	4.51	40.69

Tabla 2: Peso total generado en kg (residuo sólido)

El peso solo se ha tenido en cuenta desde 2003 que se modificaron los procedimientos para tener en cuenta la actividad específica.

El volumen total de residuos radiactivos sólidos generados en los laboratorios de FNE de la Universidad de Córdoba 1557.49 kg, más de **1.5 toneladas sólo desde 2003**.

Con respecto a los líquidos, a continuación se muestra la Figura 17:

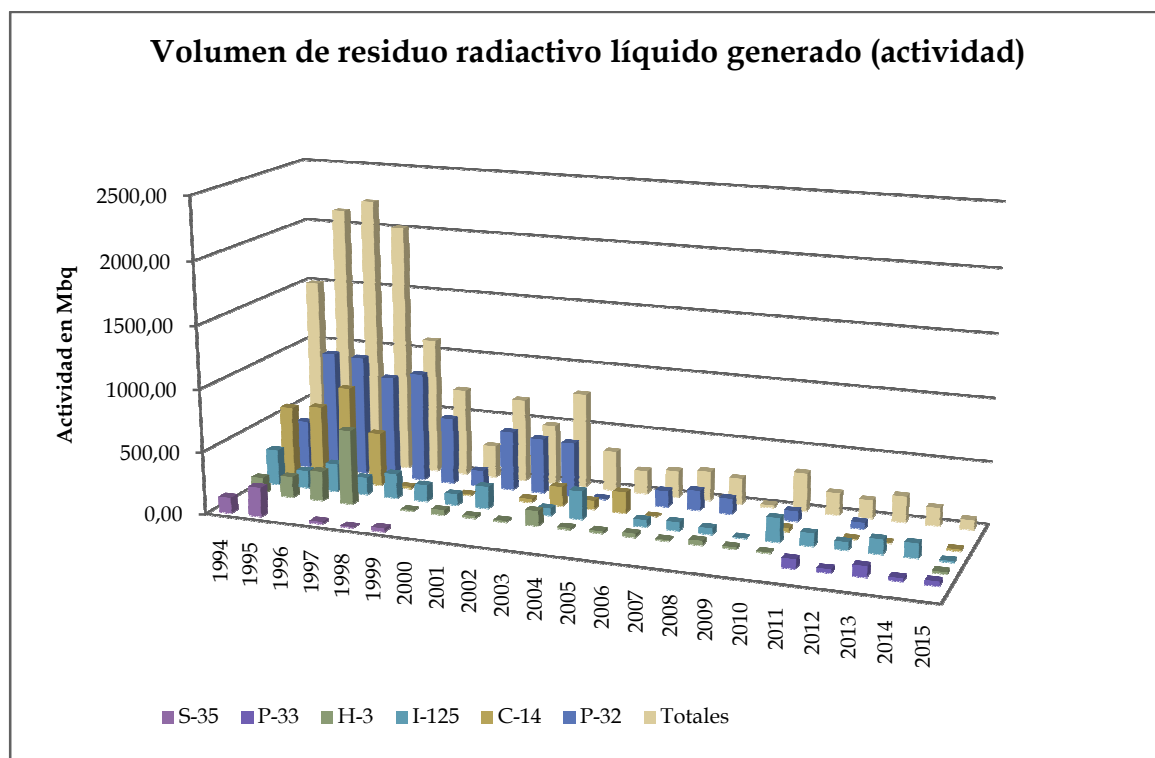


Figura 3: Volumen de residuo radiactivo líquido generado (actividad)

El total de residuos radiactivos líquidos generados en los laboratorios de FNE de la Universidad de Córdoba en términos de actividad son 14097.23 MBq, más de **14 GBq**.

De los residuos generados en los laboratorios de FNE, el total transferido a Enresa corresponde a (Tabla 12). Estos residuos corresponden al <sup>3</sup>H y al <sup>14</sup>C:

	Sólidos FNE	Líquidos FNE	Total
Gestionados por el SPR	6697.77	14097.23	20795
Transferidos a Enresa	288.85	0	288.85
TOTAL	6986.62	14097.23	21083.85

Tabla 3: Volumen en términos de actividad en MBq gestionados frente a transferidos

Por tanto, sólo el 1.4% de los residuos generados por los laboratorios de FNE de la Universidad de Córdoba han sido transferidos a Enresa desde el año 1994 hasta el 2015 en términos de actividad.

**El SPR es capaz de ahorrar la transferencia a Enresa del 98.6% de los residuos radiactivos en términos de actividad.**



Con respecto al peso gestionado por el SPR frente al transferido a Enresa, de nuevo sólo podemos comparar desde 2003 y además hemos de tener en cuenta que no tenemos el volumen de los líquidos (Tabla 13):

	Sólidos FNE
Gestionados por el SPR	1530.32
Transferidos a Enresa	27.17
TOTAL	1557.49

Tabla 4: Volumen en términos de peso en kg gestionados frente a transferidos

Por tanto, sólo el 1.7% de los residuos generados por los laboratorios de FNE de la Universidad de Córdoba han sido transferidos a Enresa desde el año 2003 hasta el 2015 en términos de peso.

**El SPR es capaz de ahorrar la transferencia a Enresa del 98.3% de los residuos radiactivos en términos de peso.**

Por otra parte, el SPR también ha gestionado la transferencia a Enresa desde 2007, que entró en funcionamiento el espectrómetro Mössbauer, una fuente de  $^{119m}\text{Sn}$  con una actividad estimada a la fecha de recogida (2015) de 0.2 MBq. La casuística de las fuentes es muy específica, puesto que, aunque hayan decaído por debajo de los límites de exención, no pueden desclasificarse y por tanto sólo pueden gestionarse a través del suministrador o de Enresa.

## 7.5 Conclusiones

El SPR es capaz de gestionar alrededor del 98% de los residuos radiactivos que produce.

Esta afirmación se traduce en un beneficio económico altísimo y en una amortización de la inversión realizada en las instalaciones. A modo de ejemplo, la transferencia de una bolsa de residuos sólidos compactables de 25 litros supone un coste de 104.74€. El SPR ha gestionado más de 1.5 toneladas.

Normalmente la zona de almacenamiento de sólidos no ocupa ni si quiera el 25% de su capacidad debido a la evacuación por vía convencional.

Los radioisótopos con los que se trabaja en los laboratorios de FNE (salvo el  $^3\text{H}$  y el  $^{14}\text{C}$ ) tienen como periodo más largo, los casi 88 días del  $^{35}\text{S}$ . Esto, junto con una previsión del residuo a generar, nos permite trabajar con unos márgenes muy amplios en cuanto a espacio.

Con respecto a los líquidos la amortización es también completa puesto que, debido a las actividades de los radioisótopos con las que trabajamos y los radioisótopos en sí mismos, se puede gestionar por vía todo el residuo líquido generado.

Los procedimientos de gestión de residuos radiactivos y las bases de datos de radioisótopos y residuos, permiten al técnico experto del SPR, trabajar en un entorno muy controlado.

Se ha de tener en cuenta que el técnico experto del SPR no sólo debe conocer los riesgos asociados al trabajo con radiaciones ionizantes, sino que ha de estar formado para el trabajo con riesgo químico y biológico.



# Capítulo 8

## Resultados



# 8 Resultados

---

La evolución de la dosis individual de los profesionales expuestos en los laboratorios de FNE en la Universidad de Córdoba registrada bajo dosimetría TLD, sufre una disminución drástica a partir de año 1998.

La caída se registra también en el personal del Hospital Clínico Veterinario pero en menor medida. A su vez, se registra un repunte a partir de 2009.

Las lecturas de dosis ambiental realizadas en los laboratorios de FNE detectan errores de procedimientos y están por debajo del nivel de registro del CSN.

La evaluación de dosis a cristalino en los operadores de veterinaria se encontraría al 10% del límite recomendado por ICRP (ICRP, 2007) al realizar 76 estudios de OCD sin incluir la tasa de repetición y sin tener en cuenta la labor diaria correspondiente.

El SRP ha gestionado, en unidades de actividad, desde 1994, más de 20 GBq (98.6%); en peso, desde el año 2003, más de 1.5 toneladas (98.3%).

Estos resultados han derivado en la modificación y ampliación del número de procedimientos del SPR. Además todos los procedimientos han sido adaptados al formato de garantía de calidad para obtener la certificación ISO:

- P01 Elaboración de procedimientos.
- P02 Vigilancia de la radiación externa.
- P03 Vigilancia de la contaminación radiactiva.
- P04A Descontaminación de superficies.
- P04B Descontaminación de personas.
- P05 Clasificación y señalización de zonas con riesgo radiológico.
- P06 Clasificación del personal con riesgo radiológico.
- P06B Protección de las trabajadoras gestantes y en lactancia.
- P07 Control dosimétrico del personal.
- P08 Control de acceso a las dependencias radiactivas.
- P09 Gestión documental.
- P10 Control, verificación y calibración de los equipos de protección radiológica.
- P11 Gestión de material radiactivo.
- P12 Gestión de residuos radiactivos.
- P13 Gestión de residuos radiactivos mixtos.
- P14 Formación e información en protección radiológica.
- P15 Comunicación con el titular y otros servicios implicados.
- P16 Control de hermeticidad de fuentes radiactivas.

- P17 Plan de emergencia en instalaciones radiactivas.
- P18 Etiquetaje básico de material y residuo radiactivo.
- P19 Control de unidades de radiodiagnóstico.

# Capítulo 9

## Conclusiones





# 9 Conclusiones

---

En los históricos de dosimetría no se aprecian diferencias significativas entre la dosis profunda y la dosis superficial para radiación gamma o rayos X a bajas dosis.

Las dosis desde el año 1998 para el personal expuesto sometido a dosimetría mediante TLD en los laboratorios de FNE ha disminuido significativamente, lo que nos llevó a plantear la idoneidad de dosimetría ambiental mediante el estudio *“Propuesta de modelo de asignación de dosis mediante dosimetría de área en laboratorios de investigación de FNE”*.

El referido estudio, nos valida el desarrollo de un procedimiento de asignación de dosis mediante dosimetría de área a través del muestreo realizado con resultados por debajo del nivel de registro del CNS, junto con los valores de dosis históricos.

La clasificación del personal como categoría B dentro de los laboratorios de las IRA's no se vio afectada con los resultados del estudio, puesto que las instalaciones son de segunda categoría pero los procedimientos de asignación de dosímetros y de dosis han sido modificados a consecuencia de los datos aportados por nuestro estudio.

En concreto, se retiraron los dosímetros TLD a los trabajadores de estos laboratorios y desde entonces se emplea la vigilancia ambiental y la de área en continuo para asignar la dosis en posibles situaciones excepcionales. Además esta circunstancia se complementa con la asignación de dosimetría TLD a la persona más expuesta para que sirva de referente conservativo.

Por otra parte, del estudio también obtenemos una propuesta de mejora en los procedimientos de trabajo con FNE. La necesidad del análisis de datos en protección radiológica es incontestable puesto que gracias a ello, se consiguen detectar errores y mejorar procedimientos de trabajo.

Las dosis evaluadas en el Hospital Clínico Veterinario de la Universidad de Córdoba de los trabajadores expuestos sujetos a dosimetría TLD, sufren un repunte en 2009 al incluirse a los estudiantes de los programas de especialización veterinaria, los VIR. Esta circunstancia ratifica el hecho de que la formación es uno de los pilares en los que se fundamenta la protección radiológica y la optimización no puede llevarse a cabo sin dicha formación puesto que, al implementarse los planes de formación para los VIR en materia de protección radiológica, las dosis de nuevo, volvieron a bajar junto con el número de personas que las recibían, tal y como ocurrió desde el año 1998.

En el caso del Hospital Veterinario, teniendo en cuenta las últimas recomendaciones de la ICRP (ICRP, 2012) sobre las dosis a cristalino y sus efectos a bajas dosis, y que todas las dosis analizadas en el estudio *“Evolución de la dosimetría personal entre 1986 y 2013 en los laboratorios de FNE y en rayos X”* se recogen de dosímetros TLD que se encuentran siempre situados por debajo del delantal plomado, se planteó la necesidad de la evaluación de dosis a cristalino en veterinaria.

En nuestro trabajo *“Evaluación de la dosis a cristalino mediante dosimetría ambiental al realizar radiografías de caballos en condiciones de campo”*, se muestra que, aunque un veterinario podría realizar estudios de osteocondrosis hasta un total de 765 caballos/año (7650 radiografías) sin sobrepasar los límites de dosis, presentaría dosis altas de acuerdo con la ICRP a partir de la décima parte de dicha cantidad, es decir, a partir de los 76 caballos/año estudiados (lo que corresponde a un total de 760 radiografías), siempre que en todos los estudios estuvieran debidamente protegidos y no tuvieran que repetir radiografías por errores de procedimiento.

De nuestros datos se deduce que los veterinarios que manipulen equipos de rayos X podrían alcanzar los límites de dosis altas propuestos por ICRP para cristalino a partir de los cuáles se deben proponer procesos alternativos.

Debido a esto, se recomendó, además del uso de equipos de protección individual frente a las radiaciones ionizantes (delantales, guantes y protectores de tiroides plomados), la utilización de gafas plomadas con un equivalente de 0,5 mm de plomo, así como la adopción de estrictas medidas de radioprotección, tanto para el operador como para el personal expuesto en el momento de realizar los estudios.

Debe de ir asumiéndose el uso de estas gafas por todos los profesionales veterinarios que trabajen con rayos X. De nuevo, es fundamental una formación específica en Protección Radiológica.

En base a este trabajo proponemos una investigación más profunda para calcular la dosis  $H_p(3)$  en este tipo de procedimientos y para determinar qué tipo de dosímetros sería razonable emplear.

También se propone que se realicen más evaluaciones de dosis a cristalino en más procedimientos veterinarios y, en caso de aportar resultados relevantes, estudiar los casos especiales con dosimetría  $H_p(3)$ , tal y como se está realizando por ejemplo en cardiología intervencionista o en otros procesos que emplean técnicas de rayos X.

Con respecto al estudio que analiza la gestión de los residuos radiactivos *“Gestión de residuos radiactivos en la Universidad de Córdoba”*, concluimos que el SRP es capaz de gestionar alrededor del 98% de los residuos radiactivos que produce.

Esta afirmación se traduce en un beneficio económico altísimo y en una amortización de la inversión realizada en las instalaciones. A modo de ejemplo, como ya afirmamos en las conclusiones individuales, la transferencia de una bolsa de residuos sólidos compactables de 25 litros supone un coste de 104.74€. El SPR ha gestionado más de 1.5 toneladas.

La zona de almacenamiento de residuos radiactivos normalmente no alcanza ni siquiera el 25% de su capacidad. Esto se debe a:

- al tipo de radioisótopos con los que se trabaja y
- a la planificación en cuanto a la previsión de la cantidad de residuo generado, que a su vez se realiza en base a:
  - Estudios previos de las técnicas empleadas por los investigadores para evaluar el volumen de residuo generado.
  - Valoración de las actividades máximas autorizadas para cada isótopo y cada laboratorio.

Esta situación nos lleva a la conclusión de que los procedimientos de gestión de residuos radiactivos y las bases de datos de radioisótopos y residuos, permiten al técnico experto del SPR, trabajar en un entorno muy controlado y planificado.

Se ha de tener en cuenta que el técnico experto del SPR no sólo debe conocer los riesgos asociados al trabajo con radiaciones ionizantes, sino que ha de estar formado para el trabajo con riesgo químico y biológico. Por lo tanto, se hace de nuevo hincapié en el valor de la formación específica.

En resumen,

- Un programa de formación en protección radiológica bien establecido reduce el número de personas que reciben dosis y corrige errores de procedimiento.
- La dosimetría ambiental permite, no sólo asignar la dosis personal sin necesidad de dosímetro individual sino que corrige errores en la labor diaria del personal expuesto.
- Los operadores de veterinaria deben ir incluyendo, como medida de protección frente a las radiaciones ionizantes, las gafas plomadas para la protección del cristalino.
- El SPR es capaz de gestionar alrededor del 98% de los residuos radiactivos que se producen en la Universidad de Córdoba, lo cual reporta un amplio beneficio económico.

Todos estos avances mejoran directamente la salud laboral de los trabajadores de la Universidad de Córdoba, puesto que las reducciones de dosis reportan directamente en la probabilidad de sufrir las enfermedades directamente relacionadas con la exposición a radiaciones ionizantes.



# Capítulo 10

## Discusión



# 10 Discusión

---

Desde la creación del SPR en el año 1994 se ha demostrado que es una entidad con una alta vocación para la investigación.

A su vez, también desde 1994 hasta 2015, el Jefe del SPR ha sido un Profesor Titular Universitario. Debido a esto, la investigación ha sido una cualidad impresa en todas las acciones del SPR.

La formación tan específica y extensa que se requiere para el trabajo en los SPR viene justificada por los siguientes argumentos:

- Específica. Los técnicos expertos de los SPR reciben formación específica en protección radiológica pero adaptada a su instalación de trabajo y los Jefes de Servicio obtiene su nombramiento después de la evaluación por parte del CSN, tanto en materias generales de la protección radiológica como en materia específica relativa al condicionando del SPR.
- Extensa. Este punto no sólo se refiere al temario que se presenta en la Instrucción del CSN IS-03 (IS-03, 2002) sobre cualificaciones para obtener el reconocimiento de experto en protección contra las radiaciones ionizantes y la obtención del Diploma de Jefe de Servicio, sino también a lo interdisciplinar del trabajo en protección radiológica.

Si tenemos en cuenta los cuatros estudios que se han presentado en esta tesis, los profesionales con los que ha tenido contacto en el trabajo diario abracan las siguientes áreas:

- Medicina:
  - Farmacología.
  - Inmunología.
  - Fisiología.
  - Microbiología.
- Ciencias:
  - Física.
  - Química Inorgánica.
  - Bioquímica
  - Biología Celular.
  - Medioambientales.
- Ingeniería:
  - Agrónomos.
  - Químicos.
- Veterinaria:
  - Cirugía.
  - Radiología.



- Bioquímica y Biología Molecular
- Prevención de riesgos laborales.

En estas áreas no se ha trabajado a bajo nivel, sino que estamos hablando que se ha tenido contacto con profesionales y técnicas que son o han sido, punta de lanza en sus investigaciones, tales como los estudios que se realizan en el Instituto Maimónides de Investigación Biomédica de Córdoba (IMIBIC).

Que los trabajadores son en su mayoría doctores y su trabajo de una especificidad inmensa.

Que en todas estas áreas la prevención de riesgos es más que necesaria debido a la cantidad de riesgos asociados para los cuales se debe estar formado, tales como el riesgo químico, biológico o incluso, a tener en cuenta, los estudios de ergonomía para determinadas técnicas, sobre todo en el trabajo con animales grandes.

En el SPR se ha tenido que trabajar desde una posición de aprendizaje continuo y esta afirmación es extensible a todos los SPR universitarios.

Por otra parte, sin la vocación investigadora del SPR, no se podrían haber puesto en marcha los cambios en los procedimientos de trabajo ni reducido las dosis individuales y colectivas.

No se habrían descubierto errores de trabajo ni corregido técnicas de investigación.

Tampoco se habrían revisado los estudios de los investigadores desde el punto de vista del riesgo radiactivo y de su justificación, limitación y optimización.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y las conclusiones a las que se ha llegado, la labor de investigación para la optimización en materia de protección radiológica del Servicio de Protección Radiológica es indiscutible.

La labor investigadora frente a la rigidez de un servicio externo es muy significativa puesto que, si bien los SPR pueden orientar, en función de su experiencia y su perfil docente e investigador, el desarrollo de nuevas técnicas y estudios, los servicios externos se encuentran limitados por los pliegos de contratación en los que se detallan exhaustivamente sus tareas.

Por tanto y debido a esas limitaciones, los SPR desarrollan nuevos procedimientos y técnicas cuando aún no se han detectado en las UTPR's.

La labor de las UTPR's no queda en entredicho en ningún momento puesto que si bien, la I+D+I no es su caballo de batalla principal, es cierto, que como empresas prestan un servicio en volumen de personal significativamente mucho

mayor del que pueden hacer uso los SPR, es decir, el volumen de trabajo que pueden abarcar las UTPR's es bastante mayor que los SPR.

Por último y para concluir, el SPR de la Universidad de Córdoba fue de los primeros en ponerse en marcha debido a la recomendación del CSN. Gracias a esto se ha desarrollado una intensa labor en los últimos 20 años. Creemos que la existencia de los SPR universitarios está más que justificada, no solo gracias a los estudios presentados en esta tesis, sino por su contribución a otros muchos estudios que se han presentado a lo largo de los congresos de nacionales de protección radiológica y por tanto a su contribución a la salud de los trabajadores, la población en general y el medioambiente.



# Listado de acrónimos

---

ALARA: As Low As Reasonably Achievable.  
CSN: Consejo de Seguridad Nuclear.  
D45°L-PIMO: Vista radiográfica dorsolateral plantaromedial oblicua.  
D45°M-PILO: Vista radiográfica dorsomedial plantarolateral oblicua.  
ENRESA: Empresa Nacional de Residuos Radiactivos S.A.  
ETSIAM: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes.  
FE: Fuentes encapsuladas.  
FNE: Fuentes no encapsuladas.  
IMIBIC: Instituto Maimónides de Investigación Biomédica de Córdoba.  
ICRP: International Commission on Radiological Protection.  
ICRU: International Commission of Radiation Units and Measurements.  
IRA`s: Instalaciones radiactivas.  
I+D+I: Investigación, desarrollo e innovación.  
LCDA: Límite de concentración derivada en aire.  
LIA: Límite de incorporación en aire.  
LM: Vista radiográfica lateromedial.  
NCPR: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements.  
NNDC: National Nuclear Data Center.  
OC: Osteocondrosis.  
PRE: Pura raza española.  
RX: Rayos X.  
SD: Desviación estándar.  
SI: Sistema Internacional.  
SPR: Servicio de Protección Radiológica.  
TLD: Dosímetro termoluminiscente.



# Bibliografía

---

Agarwal Sk (1978). Agarwal SK, Friesen EJ, Huddleston AL, Rao RP. The effectiveness of glass lenses in reducing exposure to the eyes. *Radiology*. 1978;129(3):810-811.

Barbee D (2011). Barbee D. Invited guest editorial in response to: Estimated operator exposure for hand holding portable X-ray units during imaging of the equine distal extremity. *Vet Radiol Ultrasound*. 2011;52:121-124.

Brown NP (1997). Brown NP. The lens is more sensitive to radiation than we had believed. *Br J Ophthalmol*. 1997;81(4):257

Butler JA (2008). Butler JA, Colles CM, Dyson SJ, Kold SE, Poulos PW. *Clinical radiology of the horse*. 3rd ed. Oxford: Wiley-Blackwell; 2008. 748 p.

CSN (Web), [www.csn.es](http://www.csn.es)

ENRESA (Web), [www.enresa.es](http://www.enresa.es)

EURATOM 2013/59, DIRECTIVA DEL CONSEJO de 5 de diciembre de 2013 por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes.

ICRP (1973). 1973 Implications of Commission Recommendations that Doses Be Kept As Low As Readily Achievable. ICRP Publication 22. PergamonPress, Oxford, UK. 1973;22. 18 p

ICRP (1991). 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Ann. ICRP* 21(1-3).

ICRP (1996a). Radiological Protection and Safety in Medicine. ICRP Publication 73. *Ann. ICRP* 26 (2).

ICRP (1996b). Conversion coefficients for use in radiological protection against external radiation. ICRP Publication 74. *Ann. ICRP* 26 (3-4).

ICRP (2007). The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* 37(2-4).

ICRP (2012). ICRP Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. ICRP Publication 118. *Ann. ICRP* 41(1/2).

ICRU (1985). Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Sources. ICRU Report 39. International Commission of Radiation Units and Measurements, Bethesda, Maryland.

ICRU (1993). Quantities and units in radiation protection dosimetry. ICRU Report 51. International Commission of Radiation Units and Measurements, Bethesda, Maryland.

ICRU (1998a). Conversion coefficients for use in radiological protection against external radiation. ICRU Report 51. International Commission of Radiation Units and Measurements, Bethesda, Maryland.

ICRU (1998b). Fundamental quantities and units for ionizing radiation. ICRU Report 60. International Commission of Radiation Units and Measurements, Bethesda, Maryland.

IS-03 (2002). Instrucción de 6 de noviembre de 2002, del Consejo de Seguridad Nuclear, número IS-03, sobre cualificaciones para obtener el reconocimiento de experto en protección contra las radiaciones ionizantes. BOE núm. 297, 12 de diciembre de 2002.

Jacob S (2013). Jacob S, Boveda S, Bar O, Brézin A, Maccia C, Laurier D, et al. Interventional cardiologists and risk of radiation-induced cataract. Results of a french multicenter observational study. *Int J Cardiol.* 2013;167(5):1843-1847.

Krane KS. *Introductory Nuclear Physics*. Ed. John Wiley & Sons. 1987.

Ley 25/1964, de 29 de abril, sobre energía nuclear. BOE núm. 107, de 4 de mayo de 1964.

NCRP (2004). Kase KR, Barbee DD, Wilson RP, Miller KL, Poston JW, Walker M. Radiation protection in veterinary medicine: recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements. *NCRP Report.* 2004;148:17-39.

NNDC (Web) [www.nndc.bnl.gov](http://www.nndc.bnl.gov)

OCD (Web). Radiographic classification for Osteochondrosis (OCD) in the PRE-Horse [Internet]. Córdoba. Hospital Clínico Veterinario (Spain) c2016. Available from: <http://www.uco.es/empresa/hcv/centro-de-lectura-de-osteochondrosis-para-el-caballo-de-pura-raza-espanola/>

R. D. 1522/1984 Constitución de Enresa. Real Decreto 1522/1984, de 4 de julio, por el que se autoriza la constitución de la «Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S. A. (ENRESA)». BOE núm. 201, de 22 de agosto de 1984, páginas 24186 a 24187.

R.D. 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas. BOE núm. 313, de 31 de diciembre de 1999.

R.D. 783/2001. Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes. Real Decreto 783/2001, de 6 de julio. BOE núm. 178, 26 de julio de 2001, 14555, pags. 27284-27393.

SEPR, 7. Guía Técnica de Gestión de Materiales Residuales con Contenido Radiactivo en Centros de Investigación y Docencia. Publicación SEPR nº7. Publiequipo. 2002.

Surjan Y (2015). Surjan Y, Ostwald P, Milross C, Warren-Forward H. Radiation safety considerations and compliance within equine veterinary clinics: Results of an australian survey. *Radiography*. 2015;21(3):224-230.

Thrall DE (2007). Thrall DE, Widmer WR. Physics of Diagnostic Radiology, Radiation Protection, and Darkroom Theory. In Thrall DE, *Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology*. 5th ed. Saunders Elsevier. St. Louis, Missouri. 2007: 2-21.

Tyson R (2011). Tyson R, Smiley DC, Pleasant RS, Daniel GB. Estimated Operator Exposure For Hand Holding Portable X-Ray Units During Imaging Of The Equine Distal Extremity. *Vet Radiol Ultrasound*. 2011;52(2):121-124.

Universidad de Castilla y León (Web) [www.unileon.es](http://www.unileon.es).

Vano E (2010). Vano E, Kleiman NJ, Duran A, Rehani MM, Echeverri D, Cabrera M. Radiation cataract risk in interventional cardiology personnel. *Radiat Res*. 2010;174(4):490-495.





# Índice de tablas

---

Tabla 1: Factor $f$ que relaciona dosis absorbida con exposición para fotones en condiciones de equilibrio.....	19
Tabla 2: Factores de ponderación (ICRP 103, 2007).....	20
Tabla 3: Factores de ponderación (ICRP, 1991).....	20
Tabla 4: Factores ponderales de tejido (ICRP 103, 2007).....	21
Tabla 5: Factores ponderales de tejido (ICRP, 1991).....	22
Tabla 6: Tabla de dosis mensuales recogidas por los dosímetros en mSv en uno de los laboratorios.....	74
Tabla 7: Límites de dosis establecidos por ICRP.....	78
Tabla 8: Dosis equivalentes medias ambientales debidas a la radiación de fuga en las superficies.....	82
Tabla 9: Dosis equivalentes medias ambientales en posición a nivel de cristalino para cada veterinario del estudio expresados en $\mu\text{Sv} \pm$ desviación estándar (SD).....	83
Tabla 10: Actividad total generada en MBq (residuo sólido).....	91
Tabla 11: Peso total generado en kg (residuo sólido).....	92
Tabla 12: Volumen en términos de actividad en MBq gestionados frente a transferidos.....	93
Tabla 13: Volumen en términos de peso en kg gestionados frente a transferidos.....	94



# Índice de figuras

---

Figura 1: Factor de ponderación en función de la energía.....	20
Figura 2: Personal expuesto FNE (dosis profunda).....	60
Figura 3: Personal expuesto FNE (dosis superficial).....	61
Figura 4: Personal expuesto RX (dosis profunda).....	62
Figura 5: Personal expuesto RX (dosis superficial).....	62
Figura 6: Porcentaje de expuestos que reciben dosis en cada laboratorio para FNE (dosis profunda).....	63
Figura 7: Porcentaje de expuestos que reciben dosis en cada laboratorio para FNE (dosis superficial).....	63
Figura 8: Porcentaje de expuestos que reciben dosis en rayos X (dosis profunda).....	64
Figura 9: Porcentaje de expuestos que reciben dosis en rayos X (dosis superficial).....	65
Figura 10: Rango de dosis profundas en FNE.....	66
Figura 11: Rango de dosis superficiales en FNE.....	66
Figura 12: Rango de dosis profundas en RX.....	67
Figura 13: Rango de dosis superficiales en RX.....	67
Figura 14: Plano ejemplo de distribución de dosímetros.....	73
Figura 15: Volumen de residuo radiactivo sólido generado (actividad).....	90
Figura 16: Volumen de residuo radiactivo sólido generado (peso).....	92
Figura 17: Volumen de residuo radiactivo líquido generado (actividad).....	93



# ANEXOS



## ANEXO 1

# Datos históricos de dosis





## DOSIS ANUALES PROFUNDAS

CLAVE	Departamento	AÑO ALTA	AÑO BAJA	DPROF.2013	DPROF.2012	DPROF.2011
8233001	Biología Celular	1992	A	0	0	0
8233002	Biología Celular	1992	2008	N/A	N/A	N/A
8233003	Biología Celular	1992	A	0	0	0
8233004	Biología Celular	1992	1999	N/A	N/A	N/A
8233005	Biología Celular	2008	2012	N/A	0	0
8233006	Biología Celular	2012	A	0	0	N/A
8569001	Bioquímica	1992	A	0	0	0
8569002	Bioquímica	1992	2008	N/A	N/A	N/A
8569003	Bioquímica	1992	A	0	0	0
8569004	Bioquímica	1997	2008	N/A	N/A	N/A
8569005	Bioquímica	2008	2012	N/A	0	0
8569006	Bioquímica	2008	2012	N/A	0	0
8569007	Bioquímica	2008	2012	N/A	0	0
8569008	Bioquímica	2009	2012	N/A	0	0
8569013	Bioquímica	2012	A	0	0	N/A
8186001	Farmacología	1992	2006	N/A	N/A	N/A
8186002	Farmacología	1992	2015	0	0	0
8186003	Farmacología	1992	A	0	0	0
8186004	Farmacología	1993	2012	N/A	0	0
8186005	Farmacología	2007	2012	N/A	0	0
8186006	Farmacología	2012	2015	0	0	N/A
0023001	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023002	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023003	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023004	Fisiología	1989	2012	N/A	0	0
0023005	Fisiología	1989	2006	N/A	N/A	N/A
0023006	Fisiología	1989	2010	N/A	N/A	N/A
0023007	Fisiología	1992	A	0	0	0
0023008	Fisiología	1993	2010	N/A	N/A	N/A
0023009	Fisiología	1993	2006	N/A	N/A	N/A
0023010	Fisiología	2007	2015	0	0	0
0023011	Fisiología	2007	2012	N/A	0	0
0023012	Fisiología	2010	2015	0	0	0
0023013	Fisiología	2010	2015	0	0	0
0507001	Inmunología	1992	2015	0	0	0
0507002	Inmunología	1992	1997	N/A	N/A	N/A
0507003	Inmunología	1992	A	0	0	0
0507004	Inmunología	1997	2007	N/A	N/A	N/A
0507005	Inmunología	1999	2007	N/A	N/A	N/A
0507006	Inmunología	2007	2008	N/A	N/A	N/A
0507007	Inmunología	2007	2012	N/A	0	0
8232001	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A	N/A	N/A
8232002	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A	N/A	N/A
8232003	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A	N/A	N/A
8119001	Microbiología	1992	2010	N/A	N/A	N/A
8119002	Microbiología	1992	1999	N/A	N/A	N/A
8119003	Microbiología	2008	2009	N/A	N/A	N/A
9310001	Veterinaria RX	1996	A	0	0	0
9310002	Veterinaria RX	1996	2000	N/A	N/A	N/A
9310003	Veterinaria RX	1996	A	0	0	0

9310004	Veterinaria RX	1999	2008	N/A	N/A	N/A
9310005	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310006	Veterinaria RX	2002	2009	N/A	N/A	N/A
9310007	Veterinaria RX	2002	A	0	0	0
9310008	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310009	Veterinaria RX	2004	2008	N/A	N/A	N/A
9310010	Veterinaria RX	2004	A	0	0	0
9310011	Veterinaria RX	2007	2009	N/A	N/A	N/A
9310012	Veterinaria RX	2008	2008	N/A	N/A	N/A
9310013	Veterinaria RX	2009	A	0	0	0
9310014	Veterinaria RX	2009	A	0	0	0
9310015	Veterinaria RX	2009	A	6	0	0
9310016	Veterinaria RX	2009	2009	N/A	N/A	N/A
9310017	Veterinaria RX	2009	A	0	0	0
9310018	Veterinaria RX	2010	2014	0	0	0

CLAVE	Departamento	AÑO ALTA	AÑO BAJA	DPROF.2010	DPROF.2009	DPROF.2008
8233001	Biología Celular	1992	A	0	0	0
8233002	Biología Celular	1992	2008	N/A	N/A	0
8233003	Biología Celular	1992	A	0	0	0
8233004	Biología Celular	1992	1999	N/A	N/A	N/A
8233005	Biología Celular	2008	2012	0	0	0
8233006	Biología Celular	2012	A	N/A	N/A	N/A
8569001	Bioquímica	1992	A	0	0	0
8569002	Bioquímica	1992	2008	N/A	N/A	0
8569003	Bioquímica	1992	A	0	0	0
8569004	Bioquímica	1997	2008	N/A	N/A	0
8569005	Bioquímica	2008	2012	0	0	0
8569006	Bioquímica	2008	2012	0	0	0
8569007	Bioquímica	2008	2012	0	0	0
8569008	Bioquímica	2009	2012	0	0,29	N/A
8569013	Bioquímica	2012	A	N/A	N/A	N/A
8186001	Farmacología	1992	2006	N/A	N/A	N/A
8186002	Farmacología	1992	2015	0	0	0
8186003	Farmacología	1992	A	0	0	0
8186004	Farmacología	1993	2012	0	0	0
8186005	Farmacología	2007	2012	0	0	0
8186006	Farmacología	2012	2015	N/A	N/A	N/A
0023001	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023002	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023003	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023004	Fisiología	1989	2012	0	0	0
0023005	Fisiología	1989	2006	N/A	N/A	N/A
0023006	Fisiología	1989	2010	0	0	0
0023007	Fisiología	1992	A	0	0	0
0023008	Fisiología	1993	2010	0	0	0
0023009	Fisiología	1993	2006	N/A	N/A	N/A
0023010	Fisiología	2007	2015	0	0	0
0023011	Fisiología	2007	2012	0	0	0
0023012	Fisiología	2010	2015	0	N/A	N/A
0023013	Fisiología	2010	2015	0	N/A	N/A
0507001	Inmunología	1992	2015	0	0	0
0507002	Inmunología	1992	1997	N/A	N/A	N/A

0507003	Inmunología	1992	A	0	0	0
0507004	Inmunología	1997	2007	N/A	N/A	N/A
0507005	Inmunología	1999	2007	N/A	N/A	N/A
0507006	Inmunología	2007	2008	N/A	N/A	0
0507007	Inmunología	2007	2012	0	0	0
8232001	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A	N/A	N/A
8232002	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A	N/A	N/A
8232003	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A	N/A	N/A
8119001	Microbiología	1992	2010	0	0	0
8119002	Microbiología	1992	1999	N/A	N/A	N/A
8119003	Microbiología	2008	2009	N/A	0	0
9310001	Veterinaria RX	1996	A	0	0,27	0,14
9310002	Veterinaria RX	1996	2000	N/A	N/A	N/A
9310003	Veterinaria RX	1996	A	0	0	0
9310004	Veterinaria RX	1999	2008	N/A	N/A	0
9310005	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310006	Veterinaria RX	2002	2009	N/A	0	0
9310007	Veterinaria RX	2002	A	0	0	0
9310008	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310009	Veterinaria RX	2004	2008	N/A	N/A	0
9310010	Veterinaria RX	2004	A	0	0	0
9310011	Veterinaria RX	2007	2009	N/A	0,23	0
9310012	Veterinaria RX	2008	2008	N/A	N/A	0,1
9310013	Veterinaria RX	2009	A	0	0,12	N/A
9310014	Veterinaria RX	2009	A	0	0,13	N/A
9310015	Veterinaria RX	2009	A	0	0,13	N/A
9310016	Veterinaria RX	2009	2009	N/A	0,13	N/A
9310017	Veterinaria RX	2009	A	0	0,13	N/A
9310018	Veterinaria RX	2010	2014	0	N/A	N/A

CLAVE	Departamento	AÑO ALTA	AÑO BAJA	DPROF.2007	DPROF.2006	DPROF.2005
8233001	Biología Celular	1992	A	0,11	0	0
8233002	Biología Celular	1992	2008	0	0	0
8233003	Biología Celular	1992	A	0	0	0
8233004	Biología Celular	1992	1999	N/A	N/A	N/A
8233005	Biología Celular	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8233006	Biología Celular	2012	A	N/A	N/A	N/A
8569001	Bioquímica	1992	A	0	0	0
8569002	Bioquímica	1992	2008	0	0	0
8569003	Bioquímica	1992	A	0	0	0
8569004	Bioquímica	1997	2008	0	0	0
8569005	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569006	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569007	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569008	Bioquímica	2009	2012	N/A	N/A	N/A
8569013	Bioquímica	2012	A	N/A	N/A	N/A
8186001	Farmacología	1992	2006	N/A	0	0
8186002	Farmacología	1992	2015	0	0	0
8186003	Farmacología	1992	A	0	0	0
8186004	Farmacología	1993	2012	0	0	0
8186005	Farmacología	2007	2012	0	N/A	N/A
8186006	Farmacología	2012	2015	N/A	N/A	N/A
0023001	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A

0023002	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023003	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023004	Fisiología	1989	2012	0	0	0
0023005	Fisiología	1989	2006	N/A	0	0
0023006	Fisiología	1989	2010	0	0	0
0023007	Fisiología	1992	A	0	0	0
0023008	Fisiología	1993	2010	0	0	0
0023009	Fisiología	1993	2006	N/A	0	0
0023010	Fisiología	2007	2015	0	N/A	N/A
0023011	Fisiología	2007	2012	0,18	N/A	N/A
0023012	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0023013	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0507001	Inmunología	1992	2015	0	0	0
0507002	Inmunología	1992	1997	N/A	N/A	N/A
0507003	Inmunología	1992	A	0	0	0
0507004	Inmunología	1997	2007	0	0	0
0507005	Inmunología	1999	2007	0	0	0
0507006	Inmunología	2007	2008	0	N/A	N/A
0507007	Inmunología	2007	2012	0	N/A	N/A
8232001	Micro ETSIAM	1992	2007	0	0	0
8232002	Micro ETSIAM	1992	2007	0	0	0
8232003	Micro ETSIAM	1992	2007	0	0	0
8119001	Microbiología	1992	2010	0	0	0
8119002	Microbiología	1992	1999	N/A	N/A	N/A
8119003	Microbiología	2008	2009	N/A	N/A	N/A
9310001	Veterinaria RX	1996	A	0	0,4	0,38
9310002	Veterinaria RX	1996	2000	N/A	N/A	N/A
9310003	Veterinaria RX	1996	A	0	0	0
9310004	Veterinaria RX	1999	2008	0	0	0
9310005	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310006	Veterinaria RX	2002	2009	0	0	0
9310007	Veterinaria RX	2002	A	0,11	0	0
9310008	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310009	Veterinaria RX	2004	2008	0	0	0
9310010	Veterinaria RX	2004	A	0	0	0
9310011	Veterinaria RX	2007	2009	0	N/A	N/A
9310012	Veterinaria RX	2008	2008	N/A	N/A	N/A
9310013	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310014	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310015	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310016	Veterinaria RX	2009	2009	N/A	N/A	N/A
9310017	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310018	Veterinaria RX	2010	2014	N/A	N/A	N/A

CLAVE	Departamento	AÑO ALTA	AÑO BAJA	DPROF.2004	DPROF.2003	DPROF.2002
8233001	Biología Celular	1992	A	0	0	0
8233002	Biología Celular	1992	2008	0	0	0
8233003	Biología Celular	1992	A	0	0	0
8233004	Biología Celular	1992	1999	N/A	N/A	N/A
8233005	Biología Celular	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8233006	Biología Celular	2012	A	N/A	N/A	N/A
8569001	Bioquímica	1992	A	0	0	0
8569002	Bioquímica	1992	2008	0	0	0

8569003	Bioquímica	1992	A	0	0	0
8569004	Bioquímica	1997	2008	0	0	0
8569005	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569006	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569007	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569008	Bioquímica	2009	2012	N/A	N/A	N/A
8569013	Bioquímica	2012	A	N/A	N/A	N/A
8186001	Farmacología	1992	2006	0	0	0
8186002	Farmacología	1992	2015	0	0	0
8186003	Farmacología	1992	A	0	0	0
8186004	Farmacología	1993	2012	0	0	0
8186005	Farmacología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
8186006	Farmacología	2012	2015	N/A	N/A	N/A
0023001	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023002	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023003	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023004	Fisiología	1989	2012	0	0	0
0023005	Fisiología	1989	2006	0	0	0
0023006	Fisiología	1989	2010	0	0	0
0023007	Fisiología	1992	A	0	0	0
0023008	Fisiología	1993	2010	0	0	0
0023009	Fisiología	1993	2006	0	0	0,17
0023010	Fisiología	2007	2015	N/A	N/A	N/A
0023011	Fisiología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
0023012	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0023013	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0507001	Inmunología	1992	2015	0,13	0	0
0507002	Inmunología	1992	1997	N/A	N/A	N/A
0507003	Inmunología	1992	A	0	0	0
0507004	Inmunología	1997	2007	0	0	0
0507005	Inmunología	1999	2007	0	0	0
0507006	Inmunología	2007	2008	N/A	N/A	N/A
0507007	Inmunología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
8232001	Micro ETSIAM	1992	2007	0	0	0
8232002	Micro ETSIAM	1992	2007	0	0	0
8232003	Micro ETSIAM	1992	2007	0	0	0
8119001	Microbiología	1992	2010	0	0	0
8119002	Microbiología	1992	1999	N/A	N/A	N/A
8119003	Microbiología	2008	2009	N/A	N/A	N/A
9310001	Veterinaria RX	1996	A	0	0	0,11
9310002	Veterinaria RX	1996	2000	N/A	N/A	N/A
9310003	Veterinaria RX	1996	A	0	0	0
9310004	Veterinaria RX	1999	2008	0	0	0
9310005	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	0	0
9310006	Veterinaria RX	2002	2009	0	0,1	0,1
9310007	Veterinaria RX	2002	A	0	0	0
9310008	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	0,49	0
9310009	Veterinaria RX	2004	2008	0	N/A	N/A
9310010	Veterinaria RX	2004	A	0	N/A	N/A
9310011	Veterinaria RX	2007	2009	N/A	N/A	N/A
9310012	Veterinaria RX	2008	2008	N/A	N/A	N/A
9310013	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310014	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310015	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A

9310016	Veterinaria RX	2009	2009	N/A	N/A	N/A
9310017	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310018	Veterinaria RX	2010	2014	N/A	N/A	N/A

CLAVE	Departamento	AÑO ALTA	AÑO BAJA	DPROF.2001	DPROF.2000	DPROF.1999
8233001	Biología Celular	1992	A	0	0	0
8233002	Biología Celular	1992	2008	0	0	0
8233003	Biología Celular	1992	A	0	0,11	0,1
8233004	Biología Celular	1992	1999	N/A	N/A	0
8233005	Biología Celular	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8233006	Biología Celular	2012	A	N/A	N/A	N/A
8569001	Bioquímica	1992	A	0	0,11	0
8569002	Bioquímica	1992	2008	0	0,1	0
8569003	Bioquímica	1992	A	0	0	0,22
8569004	Bioquímica	1997	2008	0	0	0
8569005	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569006	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569007	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569008	Bioquímica	2009	2012	N/A	N/A	N/A
8569013	Bioquímica	2012	A	N/A	N/A	N/A
8186001	Farmacología	1992	2006	0,11	0,12	0,11
8186002	Farmacología	1992	2015	0	0,21	0,11
8186003	Farmacología	1992	A	0	0,11	0
8186004	Farmacología	1993	2012	0	0,13	0
8186005	Farmacología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
8186006	Farmacología	2012	2015	N/A	N/A	N/A
0023001	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023002	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023003	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023004	Fisiología	1989	2012	0	0,12	0,11
0023005	Fisiología	1989	2006	0	0,13	0
0023006	Fisiología	1989	2010	0,1	0,35	0,24
0023007	Fisiología	1992	A	0,34	0,61	0,56
0023008	Fisiología	1993	2010	0	0,12	0,1
0023009	Fisiología	1993	2006	0	0,11	0,11
0023010	Fisiología	2007	2015	N/A	N/A	N/A
0023011	Fisiología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
0023012	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0023013	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0507001	Inmunología	1992	2015	0	0	0
0507002	Inmunología	1992	1997	N/A	N/A	N/A
0507003	Inmunología	1992	A	0	0	0
0507004	Inmunología	1997	2007	0	0	0
0507005	Inmunología	1999	2007	0	0	0
0507006	Inmunología	2007	2008	N/A	N/A	N/A
0507007	Inmunología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
8232001	Micro ETSIAM	1992	2007	0	0	0
8232002	Micro ETSIAM	1992	2007	0	0	0
8232003	Micro ETSIAM	1992	2007	0	0	0
8119001	Microbiología	1992	2010	0	0	0
8119002	Microbiología	1992	1999	N/A	N/A	0
8119003	Microbiología	2008	2009	N/A	N/A	N/A
9310001	Veterinaria RX	1996	A	0,61	0,66	0,82

9310002	Veterinaria RX	1996	2000	N/A	0	0,41
9310003	Veterinaria RX	1996	A	0	0	0
9310004	Veterinaria RX	1999	2008	0,1	0	0,22
9310005	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310006	Veterinaria RX	2002	2009	N/A	N/A	N/A
9310007	Veterinaria RX	2002	A	N/A	N/A	N/A
9310008	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310009	Veterinaria RX	2004	2008	N/A	N/A	N/A
9310010	Veterinaria RX	2004	A	N/A	N/A	N/A
9310011	Veterinaria RX	2007	2009	N/A	N/A	N/A
9310012	Veterinaria RX	2008	2008	N/A	N/A	N/A
9310013	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310014	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310015	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310016	Veterinaria RX	2009	2009	N/A	N/A	N/A
9310017	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310018	Veterinaria RX	2010	2014	N/A	N/A	N/A

CLAVE	Departamento	AÑO ALTA	AÑO BAJA	DPROF.1998	DPROF.1997	DPROF.1996
8233001	Biología Celular	1992	A	0,58	1,63	1,05
8233002	Biología Celular	1992	2008	0,57	1,57	1,32
8233003	Biología Celular	1992	A	0,99	1,5	1,46
8233004	Biología Celular	1992	1999	0	0	0
8233005	Biología Celular	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8233006	Biología Celular	2012	A	N/A	N/A	N/A
8569001	Bioquímica	1992	A	0,81	1,62	1,27
8569002	Bioquímica	1992	2008	0,63	1,81	2,02
8569003	Bioquímica	1992	A	0,66	1,89	1,14
8569004	Bioquímica	1997	2008	0,89	0,58	N/A
8569005	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569006	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569007	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569008	Bioquímica	2009	2012	N/A	N/A	N/A
8569013	Bioquímica	2012	A	N/A	N/A	N/A
8186001	Farmacología	1992	2006	0,99	1,51	1,29
8186002	Farmacología	1992	2015	1,21	2,01	1,46
8186003	Farmacología	1992	A	0,75	1,3	1,62
8186004	Farmacología	1993	2012	1,51	2,79	2,09
8186005	Farmacología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
8186006	Farmacología	2012	2015	N/A	N/A	N/A
0023001	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023002	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023003	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023004	Fisiología	1989	2012	0,91	1,51	1,1
0023005	Fisiología	1989	2006	1,04	1,3	1,2
0023006	Fisiología	1989	2010	0,48	0,86	1,01
0023007	Fisiología	1992	A	0,78	1,8	1,78
0023008	Fisiología	1993	2010	1,03	1,68	1,32
0023009	Fisiología	1993	2006	0,92	1,53	1,56
0023010	Fisiología	2007	2015	N/A	N/A	N/A
0023011	Fisiología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
0023012	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0023013	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A



0507001	Inmunología	1992	2015	0,72	1,52	1,02
0507002	Inmunología	1992	1997	N/A	1,13	1,51
0507003	Inmunología	1992	A	0,55	1,24	1,55
0507004	Inmunología	1997	2007	0,98	0,54	N/A
0507005	Inmunología	1999	2007	N/A	N/A	N/A
0507006	Inmunología	2007	2008	N/A	N/A	N/A
0507007	Inmunología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
8232001	Micro ETSIAM	1992	2007	0,97	1,51	1,27
8232002	Micro ETSIAM	1992	2007	0,78	1,52	1,78
8232003	Micro ETSIAM	1992	2007	1,19	1,02	1,69
8119001	Microbiología	1992	2010	0,88	1,19	1,35
8119002	Microbiología	1992	1999	1,53	1,37	1,31
8119003	Microbiología	2008	2009	N/A	N/A	N/A
9310001	Veterinaria RX	1996	A	0,93	0,94	1,14
9310002	Veterinaria RX	1996	2000	0,73	0,98	0,98
9310003	Veterinaria RX	1996	A	1,05	0,85	0,55
9310004	Veterinaria RX	1999	2008	N/A	N/A	N/A
9310005	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310006	Veterinaria RX	2002	2009	N/A	N/A	N/A
9310007	Veterinaria RX	2002	A	N/A	N/A	N/A
9310008	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310009	Veterinaria RX	2004	2008	N/A	N/A	N/A
9310010	Veterinaria RX	2004	A	N/A	N/A	N/A
9310011	Veterinaria RX	2007	2009	N/A	N/A	N/A
9310012	Veterinaria RX	2008	2008	N/A	N/A	N/A
9310013	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310014	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310015	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310016	Veterinaria RX	2009	2009	N/A	N/A	N/A
9310017	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310018	Veterinaria RX	2010	2014	N/A	N/A	N/A

CLAVE	Departamento	AÑO ALTA	AÑO BAJA	DPROF.1995	DPROF.1994	DPROF.1993
8233001	Biología Celular	1992	A	0,63	0,06	0,94
8233002	Biología Celular	1992	2008	0,54	0,06	0,73
8233003	Biología Celular	1992	A	0,7	0,57	0,3
8233004	Biología Celular	1992	1999	0	0	0
8233005	Biología Celular	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8233006	Biología Celular	2012	A	N/A	N/A	N/A
8569001	Bioquímica	1992	A	1,08	0,36	0,87
8569002	Bioquímica	1992	2008	0,74	0,18	2,21
8569003	Bioquímica	1992	A	1,4	0,6	0,96
8569004	Bioquímica	1997	2008	N/A	N/A	N/A
8569005	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569006	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569007	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569008	Bioquímica	2009	2012	N/A	N/A	N/A
8569013	Bioquímica	2012	A	N/A	N/A	N/A
8186001	Farmacología	1992	2006	1,2	0,35	1,1
8186002	Farmacología	1992	2015	2,42	0,68	1,81
8186003	Farmacología	1992	A	0,85	0,07	0,18
8186004	Farmacología	1993	2012	1,65	0,09	0,99
8186005	Farmacología	2007	2012	N/A	N/A	N/A

8186006	Farmacología	2012	2015	N/A	N/A	N/A
0023001	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023002	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023003	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023004	Fisiología	1989	2012	1,08	0,1	0,62
0023005	Fisiología	1989	2006	0,81	0,22	1,13
0023006	Fisiología	1989	2010	0,81	0,21	0,23
0023007	Fisiología	1992	A	1,84	0,94	2,79
0023008	Fisiología	1993	2010	1,46	0,7	0,32
0023009	Fisiología	1993	2006	1,72	2,36	0,27
0023010	Fisiología	2007	2015	N/A	N/A	N/A
0023011	Fisiología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
0023012	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0023013	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0507001	Inmunología	1992	2015	0,87	0,71	1,49
0507002	Inmunología	1992	1997	1,49	0,27	0,97
0507003	Inmunología	1992	A	1,13	0,44	2,93
0507004	Inmunología	1997	2007	N/A	N/A	N/A
0507005	Inmunología	1999	2007	N/A	N/A	N/A
0507006	Inmunología	2007	2008	N/A	N/A	N/A
0507007	Inmunología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
8232001	Micro ETSIAM	1992	2007	1,17	0,28	0,69
8232002	Micro ETSIAM	1992	2007	1,16	0,18	1,27
8232003	Micro ETSIAM	1992	2007	1,09	0,12	0,42
8119001	Microbiología	1992	2010	1,02	0,1	1,95
8119002	Microbiología	1992	1999	1,36	0,12	0,57
8119003	Microbiología	2008	2009	N/A	N/A	N/A
9310001	Veterinaria RX	1996	A	N/A	N/A	N/A
9310002	Veterinaria RX	1996	2000	N/A	N/A	N/A
9310003	Veterinaria RX	1996	A	N/A	N/A	N/A
9310004	Veterinaria RX	1999	2008	N/A	N/A	N/A
9310005	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310006	Veterinaria RX	2002	2009	N/A	N/A	N/A
9310007	Veterinaria RX	2002	A	N/A	N/A	N/A
9310008	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310009	Veterinaria RX	2004	2008	N/A	N/A	N/A
9310010	Veterinaria RX	2004	A	N/A	N/A	N/A
9310011	Veterinaria RX	2007	2009	N/A	N/A	N/A
9310012	Veterinaria RX	2008	2008	N/A	N/A	N/A
9310013	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310014	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310015	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310016	Veterinaria RX	2009	2009	N/A	N/A	N/A
9310017	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310018	Veterinaria RX	2010	2014	N/A	N/A	N/A

CLAVE	Departamento	AÑO ALTA	AÑO BAJA	DPROF.1992	DPROF.1991	DPROF.1990
8233001	Biología Celular	1992	A	0,46	N/A	N/A
8233002	Biología Celular	1992	2008	0,35	N/A	N/A
8233003	Biología Celular	1992	A	0,25	N/A	N/A
8233004	Biología Celular	1992	1999	0	N/A	N/A
8233005	Biología Celular	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8233006	Biología Celular	2012	A	N/A	N/A	N/A

8569001	Bioquímica	1992	A	0,3	N/A	N/A
8569002	Bioquímica	1992	2008	0,29	N/A	N/A
8569003	Bioquímica	1992	A	0,29	N/A	N/A
8569004	Bioquímica	1997	2008	N/A	N/A	N/A
8569005	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569006	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569007	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569008	Bioquímica	2009	2012	N/A	N/A	N/A
8569013	Bioquímica	2012	A	N/A	N/A	N/A
8186001	Farmacología	1992	2006	0,31	N/A	N/A
8186002	Farmacología	1992	2015	0,43	N/A	N/A
8186003	Farmacología	1992	A	0,19	N/A	N/A
8186004	Farmacología	1993	2012	N/A	N/A	N/A
8186005	Farmacología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
8186006	Farmacología	2012	2015	N/A	N/A	N/A
0023001	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023002	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023003	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023004	Fisiología	1989	2012	0,85	0,24	0,77
0023005	Fisiología	1989	2006	1,4	0,85	0,91
0023006	Fisiología	1989	2010	0,9	0,61	2,03
0023007	Fisiología	1992	A	0,36	N/A	N/A
0023008	Fisiología	1993	2010	N/A	N/A	N/A
0023009	Fisiología	1993	2006	N/A	N/A	N/A
0023010	Fisiología	2007	2015	N/A	N/A	N/A
0023011	Fisiología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
0023012	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0023013	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0507001	Inmunología	1992	2015	0,06	N/A	N/A
0507002	Inmunología	1992	1997	0,53	N/A	N/A
0507003	Inmunología	1992	A	0,24	N/A	N/A
0507004	Inmunología	1997	2007	N/A	N/A	N/A
0507005	Inmunología	1999	2007	N/A	N/A	N/A
0507006	Inmunología	2007	2008	N/A	N/A	N/A
0507007	Inmunología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
8232001	Micro ETSIAM	1992	2007	0,59	N/A	N/A
8232002	Micro ETSIAM	1992	2007	0,12	N/A	N/A
8232003	Micro ETSIAM	1992	2007	0,44	N/A	N/A
8119001	Microbiología	1992	2010	0,17	N/A	N/A
8119002	Microbiología	1992	1999	0,17	N/A	N/A
8119003	Microbiología	2008	2009	N/A	N/A	N/A
9310001	Veterinaria RX	1996	A	N/A	N/A	N/A
9310002	Veterinaria RX	1996	2000	N/A	N/A	N/A
9310003	Veterinaria RX	1996	A	N/A	N/A	N/A
9310004	Veterinaria RX	1999	2008	N/A	N/A	N/A
9310005	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310006	Veterinaria RX	2002	2009	N/A	N/A	N/A
9310007	Veterinaria RX	2002	A	N/A	N/A	N/A
9310008	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310009	Veterinaria RX	2004	2008	N/A	N/A	N/A
9310010	Veterinaria RX	2004	A	N/A	N/A	N/A
9310011	Veterinaria RX	2007	2009	N/A	N/A	N/A
9310012	Veterinaria RX	2008	2008	N/A	N/A	N/A
9310013	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A

9310014	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310015	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310016	Veterinaria RX	2009	2009	N/A	N/A	N/A
9310017	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310018	Veterinaria RX	2010	2014	N/A	N/A	N/A

<b>CLAVE</b>	<b>Depatamento</b>	<b>AÑO ALTA</b>	<b>AÑO BAJA</b>	<b>DPROF.1989</b>	<b>DPROF.1988</b>	<b>DPROF.1987</b>
8233001	Biología Celular	1992	A	N/A	N/A	N/A
8233002	Biología Celular	1992	2008	N/A	N/A	N/A
8233003	Biología Celular	1992	A	N/A	N/A	N/A
8233004	Biología Celular	1992	1999	N/A	N/A	N/A
8233005	Biología Celular	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8233006	Biología Celular	2012	A	N/A	N/A	N/A
8569001	Bioquímica	1992	A	N/A	N/A	N/A
8569002	Bioquímica	1992	2008	N/A	N/A	N/A
8569003	Bioquímica	1992	A	N/A	N/A	N/A
8569004	Bioquímica	1997	2008	N/A	N/A	N/A
8569005	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569006	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569007	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569008	Bioquímica	2009	2012	N/A	N/A	N/A
8569013	Bioquímica	2012	A	N/A	N/A	N/A
8186001	Farmacología	1992	2006	N/A	N/A	N/A
8186002	Farmacología	1992	2015	N/A	N/A	N/A
8186003	Farmacología	1992	A	N/A	N/A	N/A
8186004	Farmacología	1993	2012	N/A	N/A	N/A
8186005	Farmacología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
8186006	Farmacología	2012	2015	N/A	N/A	N/A
0023001	Fisiología	1986	1989	0,85	1,06	1,28
0023002	Fisiología	1986	1989	1,04	1,24	1,55
0023003	Fisiología	1986	1989	0,88	1,02	1,49
0023004	Fisiología	1989	2012	0,31	N/A	N/A
0023005	Fisiología	1989	2006	0,26	N/A	N/A
0023006	Fisiología	1989	2010	0,24	N/A	N/A
0023007	Fisiología	1992	A	N/A	N/A	N/A
0023008	Fisiología	1993	2010	N/A	N/A	N/A
0023009	Fisiología	1993	2006	N/A	N/A	N/A
0023010	Fisiología	2007	2015	N/A	N/A	N/A
0023011	Fisiología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
0023012	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0023013	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0507001	Inmunología	1992	2015	N/A	N/A	N/A
0507002	Inmunología	1992	1997	N/A	N/A	N/A
0507003	Inmunología	1992	A	N/A	N/A	N/A
0507004	Inmunología	1997	2007	N/A	N/A	N/A
0507005	Inmunología	1999	2007	N/A	N/A	N/A
0507006	Inmunología	2007	2008	N/A	N/A	N/A
0507007	Inmunología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
8232001	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A	N/A	N/A
8232002	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A	N/A	N/A
8232003	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A	N/A	N/A
8119001	Microbiología	1992	2010	N/A	N/A	N/A
8119002	Microbiología	1992	1999	N/A	N/A	N/A

8119003	Microbiología	2008	2009	N/A	N/A	N/A
9310001	Veterinaria RX	1996	A	N/A	N/A	N/A
9310002	Veterinaria RX	1996	2000	N/A	N/A	N/A
9310003	Veterinaria RX	1996	A	N/A	N/A	N/A
9310004	Veterinaria RX	1999	2008	N/A	N/A	N/A
9310005	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310006	Veterinaria RX	2002	2009	N/A	N/A	N/A
9310007	Veterinaria RX	2002	A	N/A	N/A	N/A
9310008	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310009	Veterinaria RX	2004	2008	N/A	N/A	N/A
9310010	Veterinaria RX	2004	A	N/A	N/A	N/A
9310011	Veterinaria RX	2007	2009	N/A	N/A	N/A
9310012	Veterinaria RX	2008	2008	N/A	N/A	N/A
9310013	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310014	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310015	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310016	Veterinaria RX	2009	2009	N/A	N/A	N/A
9310017	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310018	Veterinaria RX	2010	2014	N/A	N/A	N/A

CLAVE	Departamento	AÑO ALTA	AÑO BAJA	DPROF.1986
8233001	Biología Celular	1992	A	N/A
8233002	Biología Celular	1992	2008	N/A
8233003	Biología Celular	1992	A	N/A
8233004	Biología Celular	1992	1999	N/A
8233005	Biología Celular	2008	2012	N/A
8233006	Biología Celular	2012	A	N/A
8569001	Bioquímica	1992	A	N/A
8569002	Bioquímica	1992	2008	N/A
8569003	Bioquímica	1992	A	N/A
8569004	Bioquímica	1997	2008	N/A
8569005	Bioquímica	2008	2012	N/A
8569006	Bioquímica	2008	2012	N/A
8569007	Bioquímica	2008	2012	N/A
8569008	Bioquímica	2009	2012	N/A
8569013	Bioquímica	2012	A	N/A
8186001	Farmacología	1992	2006	N/A
8186002	Farmacología	1992	2015	N/A
8186003	Farmacología	1992	A	N/A
8186004	Farmacología	1993	2012	N/A
8186005	Farmacología	2007	2012	N/A
8186006	Farmacología	2012	2015	N/A
0023001	Fisiología	1986	1989	1,26
0023002	Fisiología	1986	1989	2,16
0023003	Fisiología	1986	1989	4,35
0023004	Fisiología	1989	2012	N/A
0023005	Fisiología	1989	2006	N/A
0023006	Fisiología	1989	2010	N/A
0023007	Fisiología	1992	A	N/A
0023008	Fisiología	1993	2010	N/A
0023009	Fisiología	1993	2006	N/A
0023010	Fisiología	2007	2015	N/A
0023011	Fisiología	2007	2012	N/A

0023012	Fisiología	2010	2015	N/A
0023013	Fisiología	2010	2015	N/A
0507001	Inmunología	1992	2015	N/A
0507002	Inmunología	1992	1997	N/A
0507003	Inmunología	1992	A	N/A
0507004	Inmunología	1997	2007	N/A
0507005	Inmunología	1999	2007	N/A
0507006	Inmunología	2007	2008	N/A
0507007	Inmunología	2007	2012	N/A
8232001	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A
8232002	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A
8232003	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A
8119001	Microbiología	1992	2010	N/A
8119002	Microbiología	1992	1999	N/A
8119003	Microbiología	2008	2009	N/A
9310001	Veterinaria RX	1996	A	N/A
9310002	Veterinaria RX	1996	2000	N/A
9310003	Veterinaria RX	1996	A	N/A
9310004	Veterinaria RX	1999	2008	N/A
9310005	Veterinaria RX	2002	2003	N/A
9310006	Veterinaria RX	2002	2009	N/A
9310007	Veterinaria RX	2002	A	N/A
9310008	Veterinaria RX	2002	2003	N/A
9310009	Veterinaria RX	2004	2008	N/A
9310010	Veterinaria RX	2004	A	N/A
9310011	Veterinaria RX	2007	2009	N/A
9310012	Veterinaria RX	2008	2008	N/A
9310013	Veterinaria RX	2009	A	N/A
9310014	Veterinaria RX	2009	A	N/A
9310015	Veterinaria RX	2009	A	N/A
9310016	Veterinaria RX	2009	2009	N/A
9310017	Veterinaria RX	2009	A	N/A
9310018	Veterinaria RX	2010	2014	N/A

## DOSIS ANUALES SUPERFICIALES

CLAVE	Departamento	AÑO ALTA	AÑO BAJA	DSUPER.2013	DSUPER.2012	DSUPER.2011
8233001	Biología Celular	1992	A	0	0	0
8233002	Biología Celular	1992	2008	N/A	N/A	N/A
8233003	Biología Celular	1992	A	0	0	0
8233004	Biología Celular	1992	1999	N/A	N/A	N/A
8233005	Biología Celular	2008	2012	N/A	0	0
8233006	Biología Celular	2012	A	0	0	N/A
8569001	Bioquímica	1992	A	0	0	0
8569002	Bioquímica	1992	2008	N/A	N/A	N/A
8569003	Bioquímica	1992	A	0	0	0
8569004	Bioquímica	1997	2008	N/A	N/A	N/A
8569005	Bioquímica	2008	2012	N/A	0	0
8569006	Bioquímica	2008	2012	N/A	0	0
8569007	Bioquímica	2008	2012	N/A	0	0
8569008	Bioquímica	2009	2012	N/A	0	0
8569013	Bioquímica	2012	A	0	0	N/A
8186001	Farmacología	1992	2006	N/A	N/A	N/A
8186002	Farmacología	1992	2015	0	0	0
8186003	Farmacología	1992	A	0	0	0
8186004	Farmacología	1993	2012	N/A	0	0
8186005	Farmacología	2007	2012	N/A	0	0
8186006	Farmacología	2012	2015	0	0	N/A
0023001	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023002	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023003	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023004	Fisiología	1989	2012	N/A	0	0
0023005	Fisiología	1989	2006	N/A	N/A	N/A
0023006	Fisiología	1989	2010	N/A	N/A	N/A
0023007	Fisiología	1992	A	0	0	0
0023008	Fisiología	1993	2010	N/A	N/A	N/A
0023009	Fisiología	1993	2006	N/A	N/A	N/A
0023010	Fisiología	2007	2015	0	0	0
0023011	Fisiología	2007	2012	N/A	0	0
0023012	Fisiología	2010	2015	0	0	0
0023013	Fisiología	2010	2015	0	0	0
0507001	Inmunología	1992	2015	0	0	0
0507002	Inmunología	1992	1997	N/A	N/A	N/A
0507003	Inmunología	1992	A	0	0	0
0507004	Inmunología	1997	2007	N/A	N/A	N/A
0507005	Inmunología	1999	2007	N/A	N/A	N/A
0507006	Inmunología	2007	2008	N/A	N/A	N/A
0507007	Inmunología	2007	2012	N/A	0	0
8232001	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A	N/A	N/A
8232002	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A	N/A	N/A
8232003	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A	N/A	N/A
8119001	Microbiología	1992	2010	N/A	N/A	N/A
8119002	Microbiología	1992	1999	N/A	N/A	N/A
8119003	Microbiología	2008	2009	N/A	N/A	N/A
9310001	Veterinaria RX	1996	A	0	0	0
9310002	Veterinaria RX	1996	2000	N/A	N/A	N/A
9310003	Veterinaria RX	1996	A	0	0	0

9310004	Veterinaria RX	1999	2008	N/A	N/A	N/A
9310005	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310006	Veterinaria RX	2002	2009	N/A	N/A	N/A
9310007	Veterinaria RX	2002	A	0	0	0
9310008	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310009	Veterinaria RX	2004	2008	N/A	N/A	N/A
9310010	Veterinaria RX	2004	A	0	0	0
9310011	Veterinaria RX	2007	2009	N/A	N/A	N/A
9310012	Veterinaria RX	2008	2008	N/A	N/A	N/A
9310013	Veterinaria RX	2009	A	0	0	0
9310014	Veterinaria RX	2009	A	0	0	0
9310015	Veterinaria RX	2009	A	120	0	0
9310016	Veterinaria RX	2009	2009	N/A	N/A	N/A
9310017	Veterinaria RX	2009	A	0	0	0
9310018	Veterinaria RX	2010	2014	0	0	0

CLAVE	Departamento	AÑO ALTA	AÑO BAJA	DSUPER.2010	DSUPER.2009	DSUPER.2008
8233001	Biología Celular	1992	A	0	0	0
8233002	Biología Celular	1992	2008	N/A	N/A	0
8233003	Biología Celular	1992	A	0	0	0
8233004	Biología Celular	1992	1999	N/A	N/A	N/A
8233005	Biología Celular	2008	2012	0	0	0
8233006	Biología Celular	2012	A	N/A	N/A	N/A
8569001	Bioquímica	1992	A	0	0	0
8569002	Bioquímica	1992	2008	N/A	N/A	0
8569003	Bioquímica	1992	A	0	0	0
8569004	Bioquímica	1997	2008	N/A	N/A	0
8569005	Bioquímica	2008	2012	0	0	0
8569006	Bioquímica	2008	2012	0	0	0
8569007	Bioquímica	2008	2012	0	0	0
8569008	Bioquímica	2009	2012	0	0,29	N/A
8569013	Bioquímica	2012	A	N/A	N/A	N/A
8186001	Farmacología	1992	2006	N/A	N/A	N/A
8186002	Farmacología	1992	2015	0	0	0
8186003	Farmacología	1992	A	0	0	0
8186004	Farmacología	1993	2012	0	0	0
8186005	Farmacología	2007	2012	0	0	0
8186006	Farmacología	2012	2015	N/A	N/A	N/A
0023001	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023002	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023003	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023004	Fisiología	1989	2012	0	0	0
0023005	Fisiología	1989	2006	N/A	N/A	N/A
0023006	Fisiología	1989	2010	0	0	0
0023007	Fisiología	1992	A	0	0	0
0023008	Fisiología	1993	2010	0	0	0
0023009	Fisiología	1993	2006	N/A	N/A	N/A
0023010	Fisiología	2007	2015	0	0	0
0023011	Fisiología	2007	2012	0	0	0
0023012	Fisiología	2010	2015	0	N/A	N/A
0023013	Fisiología	2010	2015	0	N/A	N/A
0507001	Inmunología	1992	2015	0	0	0
0507002	Inmunología	1992	1997	N/A	N/A	N/A



0507003	Inmunología	1992	A	0	0	0
0507004	Inmunología	1997	2007	N/A	N/A	N/A
0507005	Inmunología	1999	2007	N/A	N/A	N/A
0507006	Inmunología	2007	2008	N/A	N/A	0
0507007	Inmunología	2007	2012	0	0	0
8232001	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A	N/A	N/A
8232002	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A	N/A	N/A
8232003	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A	N/A	N/A
8119001	Microbiología	1992	2010	0	0	0
8119002	Microbiología	1992	1999	N/A	N/A	N/A
8119003	Microbiología	2008	2009	N/A	0	0
9310001	Veterinaria RX	1996	A	0	0,27	0,14
9310002	Veterinaria RX	1996	2000	N/A	N/A	N/A
9310003	Veterinaria RX	1996	A	0	0	0
9310004	Veterinaria RX	1999	2008	N/A	N/A	0
9310005	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310006	Veterinaria RX	2002	2009	N/A	0	0
9310007	Veterinaria RX	2002	A	0	0	0
9310008	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310009	Veterinaria RX	2004	2008	N/A	N/A	0
9310010	Veterinaria RX	2004	A	0	0	0
9310011	Veterinaria RX	2007	2009	N/A	0,23	0
9310012	Veterinaria RX	2008	2008	N/A	N/A	0,1
9310013	Veterinaria RX	2009	A	0	0,12	N/A
9310014	Veterinaria RX	2009	A	0	0,13	N/A
9310015	Veterinaria RX	2009	A	0	0,13	N/A
9310016	Veterinaria RX	2009	2009	N/A	0,13	N/A
9310017	Veterinaria RX	2009	A	0	0,13	N/A
9310018	Veterinaria RX	2010	2014	0	N/A	N/A

CLAVE	Departamento	AÑO ALTA	AÑO BAJA	DSUPER.2007	DSUPER.2006	DSUPER.2005
8233001	Biología Celular	1992	A	0,11	0	0
8233002	Biología Celular	1992	2008	0	0	0
8233003	Biología Celular	1992	A	0	0	0
8233004	Biología Celular	1992	1999	N/A	N/A	N/A
8233005	Biología Celular	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8233006	Biología Celular	2012	A	N/A	N/A	N/A
8569001	Bioquímica	1992	A	0	0	0
8569002	Bioquímica	1992	2008	0	0	0
8569003	Bioquímica	1992	A	0	0	0
8569004	Bioquímica	1997	2008	0	0	0
8569005	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569006	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569007	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569008	Bioquímica	2009	2012	N/A	N/A	N/A
8569013	Bioquímica	2012	A	N/A	N/A	N/A
8186001	Farmacología	1992	2006	N/A	0	0
8186002	Farmacología	1992	2015	0	0	0
8186003	Farmacología	1992	A	0	0	0
8186004	Farmacología	1993	2012	0	0	0
8186005	Farmacología	2007	2012	0	N/A	N/A
8186006	Farmacología	2012	2015	N/A	N/A	N/A
0023001	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A

0023002	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023003	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023004	Fisiología	1989	2012	0	0	0
0023005	Fisiología	1989	2006	N/A	0	0
0023006	Fisiología	1989	2010	0	0	0
0023007	Fisiología	1992	A	0	0	0
0023008	Fisiología	1993	2010	0	0	0
0023009	Fisiología	1993	2006	N/A	0	0
0023010	Fisiología	2007	2015	0	N/A	N/A
0023011	Fisiología	2007	2012	0,18	N/A	N/A
0023012	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0023013	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0507001	Inmunología	1992	2015	0	0	0
0507002	Inmunología	1992	1997	N/A	N/A	N/A
0507003	Inmunología	1992	A	0	0	0
0507004	Inmunología	1997	2007	0	0	0
0507005	Inmunología	1999	2007	0	0	0
0507006	Inmunología	2007	2008	0	N/A	N/A
0507007	Inmunología	2007	2012	0	N/A	N/A
8232001	Micro ETSIAM	1992	2007	0	0	0
8232002	Micro ETSIAM	1992	2007	0	0	0
8232003	Micro ETSIAM	1992	2007	0	0	0
8119001	Microbiología	1992	2010	0	0	0
8119002	Microbiología	1992	1999	N/A	N/A	N/A
8119003	Microbiología	2008	2009	N/A	N/A	N/A
9310001	Veterinaria RX	1996	A	0	0,4	0,37
9310002	Veterinaria RX	1996	2000	N/A	N/A	N/A
9310003	Veterinaria RX	1996	A	0	0	0
9310004	Veterinaria RX	1999	2008	0	0	0
9310005	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310006	Veterinaria RX	2002	2009	0	0	0
9310007	Veterinaria RX	2002	A	0,11	0	0
9310008	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310009	Veterinaria RX	2004	2008	0	0	0
9310010	Veterinaria RX	2004	A	0	0	0
9310011	Veterinaria RX	2007	2009	0	N/A	N/A
9310012	Veterinaria RX	2008	2008	N/A	N/A	N/A
9310013	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310014	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310015	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310016	Veterinaria RX	2009	2009	N/A	N/A	N/A
9310017	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310018	Veterinaria RX	2010	2014	N/A	N/A	N/A

CLAVE	Departamento	AÑO ALTA	AÑO BAJA	DSUPER.2004	DSUPER.2003	DSUPER.2002
8233001	Biología Celular	1992	A	0	0	0
8233002	Biología Celular	1992	2008	0	0	0
8233003	Biología Celular	1992	A	0	0	0
8233004	Biología Celular	1992	1999	N/A	N/A	N/A
8233005	Biología Celular	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8233006	Biología Celular	2012	A	N/A	N/A	N/A
8569001	Bioquímica	1992	A	0	0	0
8569002	Bioquímica	1992	2008	0	0	0

8569003	Bioquímica	1992	A	0	0	0
8569004	Bioquímica	1997	2008	0	0	0
8569005	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569006	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569007	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569008	Bioquímica	2009	2012	N/A	N/A	N/A
8569013	Bioquímica	2012	A	N/A	N/A	N/A
8186001	Farmacología	1992	2006	0	0	0
8186002	Farmacología	1992	2015	0	0	0
8186003	Farmacología	1992	A	0	0	0
8186004	Farmacología	1993	2012	0	0	0
8186005	Farmacología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
8186006	Farmacología	2012	2015	N/A	N/A	N/A
0023001	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023002	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023003	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023004	Fisiología	1989	2012	0	0	0
0023005	Fisiología	1989	2006	0	0	0
0023006	Fisiología	1989	2010	0	0	0
0023007	Fisiología	1992	A	0	0	0
0023008	Fisiología	1993	2010	0	0	0
0023009	Fisiología	1993	2006	0	0	0,17
0023010	Fisiología	2007	2015	N/A	N/A	N/A
0023011	Fisiología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
0023012	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0023013	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0507001	Inmunología	1992	2015	0,13	0	0
0507002	Inmunología	1992	1997	N/A	N/A	0
0507003	Inmunología	1992	A	0	0	0
0507004	Inmunología	1997	2007	0	0	0
0507005	Inmunología	1999	2007	0	0	0
0507006	Inmunología	2007	2008	N/A	N/A	N/A
0507007	Inmunología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
8232001	Micro ETSIAM	1992	2007	0	0	0
8232002	Micro ETSIAM	1992	2007	0	0	0
8232003	Micro ETSIAM	1992	2007	0	0	0
8119001	Microbiología	1992	2010	0	0	0
8119002	Microbiología	1992	1999	N/A	N/A	N/A
8119003	Microbiología	2008	2009	N/A	N/A	N/A
9310001	Veterinaria RX	1996	A	0	0	0,11
9310002	Veterinaria RX	1996	2000	N/A	N/A	N/A
9310003	Veterinaria RX	1996	A	0	0	0
9310004	Veterinaria RX	1999	2008	0	0	0
9310005	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	0	0
9310006	Veterinaria RX	2002	2009	0	0,1	0,1
9310007	Veterinaria RX	2002	A	0	0	0
9310008	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	0,49	0
9310009	Veterinaria RX	2004	2008	0	N/A	N/A
9310010	Veterinaria RX	2004	A	0	N/A	N/A
9310011	Veterinaria RX	2007	2009	N/A	N/A	N/A
9310012	Veterinaria RX	2008	2008	N/A	N/A	N/A
9310013	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310014	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310015	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A

9310016	Veterinaria RX	2009	2009	N/A	N/A	N/A
9310017	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310018	Veterinaria RX	2010	2014	N/A	N/A	N/A

CLAVE	Departamento	AÑO ALTA	AÑO BAJA	DSUPER.2001	DSUPER.2000	DSUPER.1999
8233001	Biología Celular	1992	A	0	0	0
8233002	Biología Celular	1992	2008	0	0	0
8233003	Biología Celular	1992	A	0	0,11	0,1
8233004	Biología Celular	1992	1999	N/A	N/A	0
8233005	Biología Celular	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8233006	Biología Celular	2012	A	N/A	N/A	N/A
8569001	Bioquímica	1992	A	0	0,11	0
8569002	Bioquímica	1992	2008	0	0,1	0
8569003	Bioquímica	1992	A	0	0	0,22
8569004	Bioquímica	1997	2008	0	0	0
8569005	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569006	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569007	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569008	Bioquímica	2009	2012	N/A	N/A	N/A
8569013	Bioquímica	2012	A	N/A	N/A	N/A
8186001	Farmacología	1992	2006	0,11	0,12	0,11
8186002	Farmacología	1992	2015	0	0,21	0,11
8186003	Farmacología	1992	A	0	0,11	0
8186004	Farmacología	1993	2012	0	0,13	0
8186005	Farmacología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
8186006	Farmacología	2012	2015	N/A	N/A	N/A
0023001	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023002	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023003	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023004	Fisiología	1989	2012	0	0,12	0,11
0023005	Fisiología	1989	2006	0	0,13	0
0023006	Fisiología	1989	2010	0,1	0,35	0,24
0023007	Fisiología	1992	A	0,34	0,61	0,56
0023008	Fisiología	1993	2010	0	0,12	0,1
0023009	Fisiología	1993	2006	0	0,11	0,11
0023010	Fisiología	2007	2015	N/A	N/A	N/A
0023011	Fisiología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
0023012	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0023013	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0507001	Inmunología	1992	2015	0	0	0
0507002	Inmunología	1992	1997	0	0	0
0507003	Inmunología	1992	A	0	0	0
0507004	Inmunología	1997	2007	0	0	0
0507005	Inmunología	1999	2007	0	0	0
0507006	Inmunología	2007	2008	N/A	N/A	N/A
0507007	Inmunología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
8232001	Micro ETSIAM	1992	2007	0	0	0
8232002	Micro ETSIAM	1992	2007	0	0	0
8232003	Micro ETSIAM	1992	2007	0	0	0
8119001	Microbiología	1992	2010	0	0	0
8119002	Microbiología	1992	1999	N/A	N/A	0
8119003	Microbiología	2008	2009	N/A	N/A	N/A
9310001	Veterinaria RX	1996	A	0,61	0,66	0,82

9310002	Veterinaria RX	1996	2000	N/A	0	0,41
9310003	Veterinaria RX	1996	A	0	0	0
9310004	Veterinaria RX	1999	2008	0,1	0	0,22
9310005	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310006	Veterinaria RX	2002	2009	N/A	N/A	N/A
9310007	Veterinaria RX	2002	A	N/A	N/A	N/A
9310008	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310009	Veterinaria RX	2004	2008	N/A	N/A	N/A
9310010	Veterinaria RX	2004	A	N/A	N/A	N/A
9310011	Veterinaria RX	2007	2009	N/A	N/A	N/A
9310012	Veterinaria RX	2008	2008	N/A	N/A	N/A
9310013	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310014	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310015	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310016	Veterinaria RX	2009	2009	N/A	N/A	N/A
9310017	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310018	Veterinaria RX	2010	2014	N/A	N/A	N/A

<b>CLAVE</b>	<b>Departamento</b>	<b>AÑO ALTA</b>	<b>AÑO BAJA</b>	<b>DSUPER.1998</b>	<b>DSUPER.1997</b>	<b>DSUPER.1996</b>
8233001	Biología Celular	1992	A	0,58	1,63	1,05
8233002	Biología Celular	1992	2008	0,58	1,58	1,33
8233003	Biología Celular	1992	A	0,99	1,52	1,48
8233004	Biología Celular	1992	1999	0	0	0
8233005	Biología Celular	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8233006	Biología Celular	2012	A	N/A	N/A	N/A
8569001	Bioquímica	1992	A	0,81	1,63	1,27
8569002	Bioquímica	1992	2008	0,63	1,84	2,07
8569003	Bioquímica	1992	A	0,66	1,9	1,17
8569004	Bioquímica	1997	2008	0,89	0,58	N/A
8569005	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569006	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569007	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569008	Bioquímica	2009	2012	N/A	N/A	N/A
8569013	Bioquímica	2012	A	N/A	N/A	N/A
8186001	Farmacología	1992	2006	0,99	1,54	1,29
8186002	Farmacología	1992	2015	1,23	2,02	1,46
8186003	Farmacología	1992	A	0,76	1,31	1,62
8186004	Farmacología	1993	2012	1,51	2,81	2,1
8186005	Farmacología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
8186006	Farmacología	2012	2015	N/A	N/A	N/A
0023001	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023002	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023003	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023004	Fisiología	1989	2012	0,91	1,51	1,11
0023005	Fisiología	1989	2006	1,05	1,33	1,2
0023006	Fisiología	1989	2010	0,48	0,88	1,02
0023007	Fisiología	1992	A	0,83	1,81	1,78
0023008	Fisiología	1993	2010	1,03	1,68	1,32
0023009	Fisiología	1993	2006	0,92	1,54	1,56
0023010	Fisiología	2007	2015	N/A	N/A	N/A
0023011	Fisiología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
0023012	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0023013	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A

0507001	Inmunología	1992	2015	0,72	1,52	1,02
0507002	Inmunología	1992	1997	0	1,13	1,53
0507003	Inmunología	1992	A	0,67	1,24	1,56
0507004	Inmunología	1997	2007	0,98	0,54	N/A
0507005	Inmunología	1999	2007	N/A	N/A	N/A
0507006	Inmunología	2007	2008	N/A	N/A	N/A
0507007	Inmunología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
8232001	Micro ETSIAM	1992	2007	0,97	1,53	1,27
8232002	Micro ETSIAM	1992	2007	0,78	1,53	1,78
8232003	Micro ETSIAM	1992	2007	1,19	1,03	1,69
8119001	Microbiología	1992	2010	0,88	1,2	1,35
8119002	Microbiología	1992	1999	1,65	1,38	1,31
8119003	Microbiología	2008	2009	N/A	N/A	N/A
9310001	Veterinaria RX	1996	A	0,93	0,94	1,14
9310002	Veterinaria RX	1996	2000	0,73	0,99	0,99
9310003	Veterinaria RX	1996	A	1,08	0,86	0,55
9310004	Veterinaria RX	1999	2008	N/A	N/A	N/A
9310005	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310006	Veterinaria RX	2002	2009	N/A	N/A	N/A
9310007	Veterinaria RX	2002	A	N/A	N/A	N/A
9310008	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310009	Veterinaria RX	2004	2008	N/A	N/A	N/A
9310010	Veterinaria RX	2004	A	N/A	N/A	N/A
9310011	Veterinaria RX	2007	2009	N/A	N/A	N/A
9310012	Veterinaria RX	2008	2008	N/A	N/A	N/A
9310013	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310014	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310015	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310016	Veterinaria RX	2009	2009	N/A	N/A	N/A
9310017	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310018	Veterinaria RX	2010	2014	N/A	N/A	N/A

CLAVE	Departamento	AÑO ALTA	AÑO BAJA	DSUPER.1995	DSUPER.1994	DSUPER.1993
8233001	Biología Celular	1992	A	0,63	0,06	0,94
8233002	Biología Celular	1992	2008	0,55	0,06	0,73
8233003	Biología Celular	1992	A	0,7	0,57	0,32
8233004	Biología Celular	1992	1999	0	0	0
8233005	Biología Celular	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8233006	Biología Celular	2012	A	N/A	N/A	N/A
8569001	Bioquímica	1992	A	1,08	0,36	0,87
8569002	Bioquímica	1992	2008	0,75	0,18	2,21
8569003	Bioquímica	1992	A	1,43	0,6	0,96
8569004	Bioquímica	1997	2008	N/A	N/A	N/A
8569005	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569006	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569007	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569008	Bioquímica	2009	2012	N/A	N/A	N/A
8569013	Bioquímica	2012	A	N/A	N/A	N/A
8186001	Farmacología	1992	2006	1,24	0,35	1,24
8186002	Farmacología	1992	2015	2,42	0,68	1,84
8186003	Farmacología	1992	A	0,88	0,07	0,22
8186004	Farmacología	1993	2012	1,68	0,09	1,04
8186005	Farmacología	2007	2012	N/A	N/A	N/A

8186006	Farmacología	2012	2015	N/A	N/A	N/A
0023001	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023002	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023003	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023004	Fisiología	1989	2012	1,09	0,1	0,62
0023005	Fisiología	1989	2006	0,83	0,22	1,31
0023006	Fisiología	1989	2010	0,83	0,21	0,23
0023007	Fisiología	1992	A	1,84	0,94	2,82
0023008	Fisiología	1993	2010	1,47	0,71	0,32
0023009	Fisiología	1993	2006	1,72	2,36	0,27
0023010	Fisiología	2007	2015	N/A	N/A	N/A
0023011	Fisiología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
0023012	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0023013	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0507001	Inmunología	1992	2015	0,87	0,71	1,56
0507002	Inmunología	1992	1997	1,49	0,27	0,97
0507003	Inmunología	1992	A	1,17	0,44	2,94
0507004	Inmunología	1997	2007	N/A	N/A	N/A
0507005	Inmunología	1999	2007	N/A	N/A	N/A
0507006	Inmunología	2007	2008	N/A	N/A	N/A
0507007	Inmunología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
8232001	Micro ETSIAM	1992	2007	1,19	0,28	0,69
8232002	Micro ETSIAM	1992	2007	1,19	0,19	1,27
8232003	Micro ETSIAM	1992	2007	1,09	0,12	0,42
8119001	Microbiología	1992	2010	1,04	0,1	2,06
8119002	Microbiología	1992	1999	1,4	0,12	0,65
8119003	Microbiología	2008	2009	N/A	N/A	N/A
9310001	Veterinaria RX	1996	A	N/A	N/A	N/A
9310002	Veterinaria RX	1996	2000	N/A	N/A	N/A
9310003	Veterinaria RX	1996	A	N/A	N/A	N/A
9310004	Veterinaria RX	1999	2008	N/A	N/A	N/A
9310005	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310006	Veterinaria RX	2002	2009	N/A	N/A	N/A
9310007	Veterinaria RX	2002	A	N/A	N/A	N/A
9310008	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310009	Veterinaria RX	2004	2008	N/A	N/A	N/A
9310010	Veterinaria RX	2004	A	N/A	N/A	N/A
9310011	Veterinaria RX	2007	2009	N/A	N/A	N/A
9310012	Veterinaria RX	2008	2008	N/A	N/A	N/A
9310013	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310014	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310015	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310016	Veterinaria RX	2009	2009	N/A	N/A	N/A
9310017	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310018	Veterinaria RX	2010	2014	N/A	N/A	N/A

CLAVE	Departamento	AÑO ALTA	AÑO BAJA	DSUPER.1992	DSUPER.1991	DSUPER.1990
8233001	Biología Celular	1992	A	0,51	N/A	N/A
8233002	Biología Celular	1992	2008	0,36	N/A	N/A
8233003	Biología Celular	1992	A	0,25	N/A	N/A
8233004	Biología Celular	1992	1999	0	N/A	N/A
8233005	Biología Celular	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8233006	Biología Celular	2012	A	N/A	N/A	N/A

8569001	Bioquímica	1992	A	0,3	N/A	N/A
8569002	Bioquímica	1992	2008	0,29	N/A	N/A
8569003	Bioquímica	1992	A	0,29	N/A	N/A
8569004	Bioquímica	1997	2008	N/A	N/A	N/A
8569005	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569006	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569007	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569008	Bioquímica	2009	2012	N/A	N/A	N/A
8569013	Bioquímica	2012	A	N/A	N/A	N/A
8186001	Farmacología	1992	2006	0,32	N/A	N/A
8186002	Farmacología	1992	2015	0,48	N/A	N/A
8186003	Farmacología	1992	A	0,19	N/A	N/A
8186004	Farmacología	1993	2012	N/A	N/A	N/A
8186005	Farmacología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
8186006	Farmacología	2012	2015	N/A	N/A	N/A
0023001	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023002	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023003	Fisiología	1986	1989	N/A	N/A	N/A
0023004	Fisiología	1989	2012	0,85	0,28	0,77
0023005	Fisiología	1989	2006	1,4	0,87	0,93
0023006	Fisiología	1989	2010	0,98	0,61	2,27
0023007	Fisiología	1992	A	0,38	N/A	N/A
0023008	Fisiología	1993	2010	N/A	N/A	N/A
0023009	Fisiología	1993	2006	N/A	N/A	N/A
0023010	Fisiología	2007	2015	N/A	N/A	N/A
0023011	Fisiología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
0023012	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0023013	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0507001	Inmunología	1992	2015	0,07	N/A	N/A
0507002	Inmunología	1992	1997	0,54	N/A	N/A
0507003	Inmunología	1992	A	0,24	N/A	N/A
0507004	Inmunología	1997	2007	N/A	N/A	N/A
0507005	Inmunología	1999	2007	N/A	N/A	N/A
0507006	Inmunología	2007	2008	N/A	N/A	N/A
0507007	Inmunología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
8232001	Micro ETSIAM	1992	2007	0,59	N/A	N/A
8232002	Micro ETSIAM	1992	2007	0,12	N/A	N/A
8232003	Micro ETSIAM	1992	2007	0,44	N/A	N/A
8119001	Microbiología	1992	2010	0,17	N/A	N/A
8119002	Microbiología	1992	1999	0,17	N/A	N/A
8119003	Microbiología	2008	2009	N/A	N/A	N/A
9310001	Veterinaria RX	1996	A	N/A	N/A	N/A
9310002	Veterinaria RX	1996	2000	N/A	N/A	N/A
9310003	Veterinaria RX	1996	A	N/A	N/A	N/A
9310004	Veterinaria RX	1999	2008	N/A	N/A	N/A
9310005	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310006	Veterinaria RX	2002	2009	N/A	N/A	N/A
9310007	Veterinaria RX	2002	A	N/A	N/A	N/A
9310008	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310009	Veterinaria RX	2004	2008	N/A	N/A	N/A
9310010	Veterinaria RX	2004	A	N/A	N/A	N/A
9310011	Veterinaria RX	2007	2009	N/A	N/A	N/A
9310012	Veterinaria RX	2008	2008	N/A	N/A	N/A
9310013	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A



9310014	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310015	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310016	Veterinaria RX	2009	2009	N/A	N/A	N/A
9310017	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310018	Veterinaria RX	2010	2014	N/A	N/A	N/A

<b>CLAVE</b>	<b>Departamento</b>	<b>AÑO ALTA</b>	<b>AÑO BAJA</b>	<b>DSUPER.1989</b>	<b>DSUPER.1988</b>	<b>DSUPER.1987</b>
8233001	Biología Celular	1992	A	N/A	N/A	N/A
8233002	Biología Celular	1992	2008	N/A	N/A	N/A
8233003	Biología Celular	1992	A	N/A	N/A	N/A
8233004	Biología Celular	1992	1999	N/A	N/A	N/A
8233005	Biología Celular	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8233006	Biología Celular	2012	A	N/A	N/A	N/A
8569001	Bioquímica	1992	A	N/A	N/A	N/A
8569002	Bioquímica	1992	2008	N/A	N/A	N/A
8569003	Bioquímica	1992	A	N/A	N/A	N/A
8569004	Bioquímica	1997	2008	N/A	N/A	N/A
8569005	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569006	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569007	Bioquímica	2008	2012	N/A	N/A	N/A
8569008	Bioquímica	2009	2012	N/A	N/A	N/A
8569013	Bioquímica	2012	A	N/A	N/A	N/A
8186001	Farmacología	1992	2006	N/A	N/A	N/A
8186002	Farmacología	1992	2015	N/A	N/A	N/A
8186003	Farmacología	1992	A	N/A	N/A	N/A
8186004	Farmacología	1993	2012	N/A	N/A	N/A
8186005	Farmacología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
8186006	Farmacología	2012	2015	N/A	N/A	N/A
0023001	Fisiología	1986	1989	0,85	1,06	1,31
0023002	Fisiología	1986	1989	1,04	1,26	1,62
0023003	Fisiología	1986	1989	0,9	1,03	1,53
0023004	Fisiología	1989	2012	0,32	N/A	N/A
0023005	Fisiología	1989	2006	0,26	N/A	N/A
0023006	Fisiología	1989	2010	0,27	N/A	N/A
0023007	Fisiología	1992	A	N/A	N/A	N/A
0023008	Fisiología	1993	2010	N/A	N/A	N/A
0023009	Fisiología	1993	2006	N/A	N/A	N/A
0023010	Fisiología	2007	2015	N/A	N/A	N/A
0023011	Fisiología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
0023012	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0023013	Fisiología	2010	2015	N/A	N/A	N/A
0507001	Inmunología	1992	2015	N/A	N/A	N/A
0507002	Inmunología	1992	1997	N/A	N/A	N/A
0507003	Inmunología	1992	A	N/A	N/A	N/A
0507004	Inmunología	1997	2007	N/A	N/A	N/A
0507005	Inmunología	1999	2007	N/A	N/A	N/A
0507006	Inmunología	2007	2008	N/A	N/A	N/A
0507007	Inmunología	2007	2012	N/A	N/A	N/A
8232001	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A	N/A	N/A
8232002	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A	N/A	N/A
8232003	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A	N/A	N/A
8119001	Microbiología	1992	2010	N/A	N/A	N/A
8119002	Microbiología	1992	1999	N/A	N/A	N/A

8119003	Microbiología	2008	2009	N/A	N/A	N/A
9310001	Veterinaria RX	1996	A	N/A	N/A	N/A
9310002	Veterinaria RX	1996	2000	N/A	N/A	N/A
9310003	Veterinaria RX	1996	A	N/A	N/A	N/A
9310004	Veterinaria RX	1999	2008	N/A	N/A	N/A
9310005	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310006	Veterinaria RX	2002	2009	N/A	N/A	N/A
9310007	Veterinaria RX	2002	A	N/A	N/A	N/A
9310008	Veterinaria RX	2002	2003	N/A	N/A	N/A
9310009	Veterinaria RX	2004	2008	N/A	N/A	N/A
9310010	Veterinaria RX	2004	A	N/A	N/A	N/A
9310011	Veterinaria RX	2007	2009	N/A	N/A	N/A
9310012	Veterinaria RX	2008	2008	N/A	N/A	N/A
9310013	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310014	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310015	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310016	Veterinaria RX	2009	2009	N/A	N/A	N/A
9310017	Veterinaria RX	2009	A	N/A	N/A	N/A
9310018	Veterinaria RX	2010	2014	N/A	N/A	N/A

CLAVE	Departamento	AÑO ALTA	AÑO BAJA	DSUPER.1986
8233001	Biología Celular	1992	A	N/A
8233002	Biología Celular	1992	2008	N/A
8233003	Biología Celular	1992	A	N/A
8233004	Biología Celular	1992	1999	N/A
8233005	Biología Celular	2008	2012	N/A
8233006	Biología Celular	2012	A	N/A
8569001	Bioquímica	1992	A	N/A
8569002	Bioquímica	1992	2008	N/A
8569003	Bioquímica	1992	A	N/A
8569004	Bioquímica	1997	2008	N/A
8569005	Bioquímica	2008	2012	N/A
8569006	Bioquímica	2008	2012	N/A
8569007	Bioquímica	2008	2012	N/A
8569008	Bioquímica	2009	2012	N/A
8569013	Bioquímica	2012	A	N/A
8186001	Farmacología	1992	2006	N/A
8186002	Farmacología	1992	2015	N/A
8186003	Farmacología	1992	A	N/A
8186004	Farmacología	1993	2012	N/A
8186005	Farmacología	2007	2012	N/A
8186006	Farmacología	2012	2015	N/A
0023001	Fisiología	1986	1989	1,26
0023002	Fisiología	1986	1989	2,16
0023003	Fisiología	1986	1989	5,9
0023004	Fisiología	1989	2012	N/A
0023005	Fisiología	1989	2006	N/A
0023006	Fisiología	1989	2010	N/A
0023007	Fisiología	1992	A	N/A
0023008	Fisiología	1993	2010	N/A
0023009	Fisiología	1993	2006	N/A
0023010	Fisiología	2007	2015	N/A
0023011	Fisiología	2007	2012	N/A

0023012	Fisiología	2010	2015	N/A
0023013	Fisiología	2010	2015	N/A
0507001	Inmunología	1992	2015	N/A
0507002	Inmunología	1992	1997	N/A
0507003	Inmunología	1992	A	N/A
0507004	Inmunología	1997	2007	N/A
0507005	Inmunología	1999	2007	N/A
0507006	Inmunología	2007	2008	N/A
0507007	Inmunología	2007	2012	N/A
8232001	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A
8232002	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A
8232003	Micro ETSIAM	1992	2007	N/A
8119001	Microbiología	1992	2010	N/A
8119002	Microbiología	1992	1999	N/A
8119003	Microbiología	2008	2009	N/A
9310001	Veterinaria RX	1996	A	N/A
9310002	Veterinaria RX	1996	2000	N/A
9310003	Veterinaria RX	1996	A	N/A
9310004	Veterinaria RX	1999	2008	N/A
9310005	Veterinaria RX	2002	2003	N/A
9310006	Veterinaria RX	2002	2009	N/A
9310007	Veterinaria RX	2002	A	N/A
9310008	Veterinaria RX	2002	2003	N/A
9310009	Veterinaria RX	2004	2008	N/A
9310010	Veterinaria RX	2004	A	N/A
9310011	Veterinaria RX	2007	2009	N/A
9310012	Veterinaria RX	2008	2008	N/A
9310013	Veterinaria RX	2009	A	N/A
9310014	Veterinaria RX	2009	A	N/A
9310015	Veterinaria RX	2009	A	N/A
9310016	Veterinaria RX	2009	2009	N/A
9310017	Veterinaria RX	2009	A	N/A
9310018	Veterinaria RX	2010	2014	N/A

**Leyenda:**

A: Trabajador en activo.

N/A: No aplica al no estar dado de alta en ese año.

## ANEXO 2

### Cartas de isótopos



**<sup>14</sup>C** NuDat database [New search](#)  
[To E-S database](#)

<b>Z</b>	6
<b>Decay mode</b>	B-
<b>Half life</b>	5.73E+3 y
<b>Half life (s)</b>	1.80825E+11
<b>Atomic mass</b>	14.0032419951135 u
<b>J<math>\pi</math></b>	0+
<b>Q-value</b>	0.156 MeV
<b>Production</b>	Thermal neutron activation Fast neutron activation Naturally occurring isotope

<b>Parent</b>	<a href="#"><u><sup>14</sup>B</u></a>	<b><u>Branching</u></b>
<b>Daughter</b>	<a href="#"><u><sup>14</sup>N</u></a>	1

---

<b>Beta radiation</b>		
<b>Endpoint energy (keV)</b>	<b>Intensity</b>	<b>Average energy (keV)</b>
156.471	1	49.47

---

**<sup>57</sup>Co** NuDat database [New search](#)  
[To E-S database](#)

**Z** 27  
**Decay mode** EC  
**Half life** 271.79 d  
**Half life (s)** 2.348266E+07  
**Atomic mass** 56.9362959071372 u  
**J $\pi$**  7/2-  
**Q-value** 0.836 MeV  
**Production** Photon Reaction  
 Charged particle reaction

**Parent** [<sup>57</sup>Ni](#) Branching  
**Daughter** [<sup>57</sup>Fe](#) 1

<b>Gamma radiation</b>		
<b>Energy (keV)</b>	<b>Intensity</b>	<b>Remarks</b>
0.7	0.00783	X L
6.39084	0.168	X KA2
6.40384	0.331	X KA1
7.06	0.0668	X KB
14.4129	0.0916	
122.0614	0.856	
136.4743	0.1068	
230.4	0.000004	
339.69	0.000037	
352.33	0.00003	
366.8	0.000012	
570.09	0.000161	
692.41	0.00149	
706.54	0.00005	

**<sup>51</sup>Cr** NuDat database [New search](#)  
[To E-S database](#)

<b>Z</b>	24
<b>Decay mode</b>	EC
<b>Half life</b>	27.70 d
<b>Half life (s)</b>	2393453
<b>Atomic mass</b>	50.9447716432943 u
<b>J<math>\pi</math></b>	7/2-
<b>Q-value</b>	0.753 MeV
<b>Production</b>	Thermal neutron activation Fast neutron activation

<b>Parent</b>	<a href="#"><sup>51</sup>Mn</a>	<u>Branching</u>
<b>Daughter</b>	<a href="#"><sup>51</sup>V</a>	1

**Gamma radiation**

Energy (keV)	Intensity	Remarks
0.51	0.0033	X L
4.94464	0.066	X KA2
4.9522	0.131	X KA1
5.43	0.0262	X KB
320.0842	0.1008	



**<sup>55</sup>Fe** NuDat database [New search](#)  
[To E-S database](#)

<b>Z</b>	26
<b>Decay mode</b>	EC
<b>Half life</b>	2.73 y
<b>Half life (s)</b>	8.615225E+07
<b>Atomic mass</b>	54.9382980664427 u
<b>J<math>\pi</math></b>	3/2-
<b>Q-value</b>	0.231 MeV
<b>Production</b>	Thermal neutron activation Fast neutron activation Charged particle reaction

<b>Parent</b>	<a href="#"><sup>55</sup>Co</a>	<b>Branching</b>
<b>Daughter</b>	<a href="#"><sup>55</sup>Mn</a>	1

<b>Gamma radiation</b>		
<b>Energy (keV)</b>	<b>Intensity</b>	<b>Remarks</b>
0.64	0.00421	X L
5.88765	8.239999E-02	X KA2
5.89875	0.1628	X KA1
6.49	0.0329	X KB

<b><math>^3\text{H}</math></b>		<a href="#">New search</a> <a href="#">To E-S database</a>
NuDat database		
<b>Z</b>	1	
<b>Decay mode</b>	B-	
<b>Half life</b>	12.33 y	
<b>Half life (s)</b>	3.891052E+08	
<b>Atomic mass</b>	3.01604926605124 u	
<b>J<math>\pi</math></b>	1/2+	
<b>Q-value</b>	0.019 MeV	
<b>Production</b>	Thermal neutron activation Naturally occurring isotope Charged particle reaction	
<b>Daughter</b>	<a href="#"><math>^3\text{He}</math></a>	<u>Branching</u> 1

**125I** **NuDat database** [New search](#)  
[To E-S database](#)

<b>Z</b>	53	
<b>Decay mode</b>	EC	
<b>Half life</b>	59.41 d	
<b>Half life (s)</b>	5132851	
<b>Atomic mass</b>	124.904624001366 u	
<b>J<math>\pi</math></b>	5/2+	
<b>Q-value</b>	0.186 MeV	
<b>Production</b>	Thermal neutron activation Fast neutron activation Charged particle reaction	
<b>Parent</b>	<a href="#">125Xe</a>	
<b>Daughter</b>	<a href="#">125Te</a>	<u>Branching</u> 1

<b>Gamma radiation</b>		
<b>Energy (keV)</b>	<b>Intensity</b>	<b>Remarks</b>
3.77	0.155	X L
27.2017	0.398	X KA2
27.4723	0.743	X KA1
31	0.258	X KB
35.4919	0.0668	

**<sup>32</sup>P** NuDat database [New search](#)  
[To E-S database](#)

<b>Z</b>	15
<b>Decay mode</b>	B-
<b>Half life</b>	14.26 d
<b>Half life (s)</b>	1232237
<b>Atomic mass</b>	31.9739071943334 u
<b>J<math>\pi</math></b>	1+
<b>Q-value</b>	1.711 MeV
<b>Production</b>	Thermal neutron activation Fast neutron activation

<b>Parent</b>	<a href="#"><u><sup>32</sup>Si</u></a>	<u>Branching</u>
<b>Daughter</b>	<a href="#"><u><sup>32</sup>S</u></a>	1

---

<b>Beta radiation</b>		
<b>Endpoint energy (keV)</b>	<b>Intensity</b>	<b>Average energy (keV)</b>
1710.3	1	694.9

**<sup>33</sup>P** NuDat database [New search](#)  
[To E-S database](#)

<b>Z</b>	15
<b>Decay mode</b>	B-
<b>Half life</b>	25.34 d
<b>Half life (s)</b>	2189376
<b>Atomic mass</b>	32.9717253237851 u
<b>J<math>\pi</math></b>	1/2+
<b>Q-value</b>	0.249 MeV
<b>Production</b>	Fast neutron activation Photon Reaction

<b>Parent</b>	<a href="#"><u><sup>33</sup>Si</u></a>	<u>Branching</u>
<b>Daughter</b>	<a href="#"><u><sup>33</sup>S</u></a>	1

<b>Beta radiation</b>		
<b>Endpoint energy (keV)</b>	<b>Intensity</b>	<b>Average energy (keV)</b>
248.5	1	76.4

**<sup>35</sup>S** NuDat database [New search](#)  
[To E-S database](#)

<b>Z</b>	16
<b>Decay mode</b>	B-
<b>Half life</b>	87.51 d
<b>Half life (s)</b>	7560864
<b>Atomic mass</b>	34.969032231649 u
<b>J<math>\pi</math></b>	3/2+
<b>Q-value</b>	0.167 MeV
<b>Production</b>	Thermal neutron activation Fast neutron activation

<b>Parent</b>	<a href="#"><u><sup>35</sup>P</u></a>	
<b>Daughter</b>	<a href="#"><u><sup>35</sup>Cl</u></a>	<u>Branching</u> 1

---

<b>Beta radiation</b>		
<b>Endpoint energy (keV)</b>	<b>Intensity</b>	<b>Average energy (keV)</b>
166.84	1	48.63

**<sup>119m</sup>Sn** NuDat database [New search](#)  
[To E-S database](#)

<b>Z</b>	50
<b>Decay mode</b>	IT
<b>Half life</b>	293.10 d
<b>Half life (s)</b>	2.532384E+07
<b>Atomic mass</b>	118.903406817334 u
<b>J<math>\pi</math></b>	11/2-
<b>Q-value</b>	0.09 MeV
<b>Production</b>	Thermal neutron activation Fast neutron activation

<b>Daughter</b>	<a href="#"><u><sup>119</sup>Sn</u></a>	<u>Branching</u> 1
-----------------	---	-----------------------

<b>Gamma radiation</b>		
<b>Energy (keV)</b>	<b>Intensity</b>	<b>Remarks</b>
3.44	0.119	X L
23.875	0.161	
25.044	0.08	X KA2
25.271	0.143	
25.2713	0.151	X KA1
28.5	0.0509	X KB
65.66	0.000198	

**<sup>185</sup>W** NuDat database [New search](#)  
[To E-S database](#)

<b>Z</b>	74
<b>Decay mode</b>	B-
<b>Half life</b>	75.10 d
<b>Half life (s)</b>	6488640
<b>Atomic mass</b>	184.953420005305 u
<b>J<math>\pi</math></b>	3/2-
<b>Q-value</b>	0.433 MeV
<b>Production</b>	Thermal neutron activation Fast neutron activation

**Parent** [<sup>185</sup>Ta](#)  
[<sup>185m</sup>W](#)

**Daughter** [<sup>185</sup>Re](#) Branching  
1

---

<b>Beta radiation</b>		
<b>Endpoint energy (keV)</b>	<b>Intensity</b>	<b>Average energy (keV)</b>
433	0.99928	126.9

---





## ANEXO 3

### Publicaciones derivadas



# Publicaciones

---

## CONGRESOS INTERNACIONALES

### Comunicación Oral:

*“Determinación de dosis media de radiación al trabajar con equipos de rayos x portátiles en los estudios de osteocondrosis del caballo de pura raza española”*. XV Congreso de medicina y cirugía equina. Sevilla Diciembre 2014. Autor principal.

## CONGRESOS NACIONALES

### Comunicación Póster:

*“Aplicación de dosimetría de área para la asignación de dosis en laboratorios de investigación de fuentes no encapsuladas”*. III Congreso Científico de Investigadores en Formación. Córdoba Abril 2013. Autor principal.

### Comunicación Oral:

*“Propuesta de modelo de asignación de dosis mediante dosimetría de área en laboratorios de investigación de fuentes no encapsuladas”*. III Congreso conjunto de las SEFM y SEPR. Cáceres Junio 2013. Autor principal.

*“Estudio de dosimetría personal en el Departamento de Medicina y Cirugía Animal del Hospital Clínico Veterinario de la Universidad de Córdoba”*. IV Congreso conjunto de las SEFM y SEPR. Valencia Junio 2015. Autor principal.

*“Percepción del riesgo radiactivo en investigación y estrategias de comunicación social a trabajadores de baja cualificación”*. VI Congreso Comunicación Social de la Ciencia. Córdoba Noviembre 2017. Autor principal. ACEPTADA.

## LIBROS

*“Legal Support for Human Security on the territories of radioactive contamination”* Educational handbook / S.A. Balashenko et al; Edited by P. Raya, V. Gil, A. Gozález. Minsk, BSU, 2016. 256 p.

## REVISTAS

### *Autor principal*

Título: Assessment of crystalline lens dose via environmental dosimetry while conducting x-rays of horses under field conditions

Revista: Radiation Protection Dosimetry

Autores: Raya-Hidalgo, Patricia; Novales-Durán, Manuel; Vaquero-Abellán, Manuel; Saco-Ayllón, Rafael; Gálvez -Delgado, Manuel.

ENVIADO

*Coautor-revisor*

Título: Sequencing ancient RNA in bioarchaeology - Review

Revista: Archaeobios

Año: 2016

Volumen: 1

Número: 10

Página inicial: 103

Página final: 111

Autores: Dorado-Perez, Gabriel; Luque-Recio, Fernando; Pascual-Morales, Plácido; Jimenez-Gamero, Inmaculada; Sánchez-Sánchez-Cañete, Francisco Javier; Perez-Jimenez, Margarita; Raya-Hidalgo, Patricia; Sáiz-Martínez-Acitores, Jesús; Sánchez-García, María Adela; Martin-Sanchez, Jesus; Rosales-Tham, Teresa; Vásquez-Sánchez, Victor; Hernández-Molina, Pilar

Título: Secuenciación de ARN antiguo en bioarqueología - Revisión

Revista: Archaeobios

Año: 2016

Volumen: 1

Número: 10

Página inicial: 112

Página final: 120

Autores: Dorado-Perez, Gabriel; Luque-Recio, Fernando; Pascual-Morales, Plácido; Jimenez-Gamero, Inmaculada; Sánchez-Sánchez-Cañete, Francisco Javier; Perez-Jimenez, Margarita; Raya-Hidalgo, Patricia; Sáiz-Martínez-Acitores, Jesús; Sánchez-García, María Adela; Martin-Sanchez, Jesus; Rosales-Tham, Teresa; Vásquez-Sánchez, Victor; Hernández-Molina, Pilar

Título: Secuenciación de ácidos nucleicos de segunda generación y bioarqueología - Revisión

Revista: Archaeobios

Año: 2015

Volumen: 9

Número:

Página inicial: 231

Página final: 245

Autores: Dorado-Perez, Gabriel; Luque-Recio, Fernando; Pascual-Morales, Plácido; Jimenez-Gamero, Inmaculada; Sánchez-Sánchez-Cañete, Francisco Javier; Perez-Jimenez, Margarita; Raya-Hidalgo, Patricia; Galvez-Delgado, Manuel; Sáiz-Martínez-Acitores, Jesús; Sánchez-García, María Adela; Rosales-Tham, Teresa; Vásquez-Sánchez, Victor; Hernández-Molina, Pilar

Título: Second-generation nucleic-acid sequencing and bioarchaeology - Review

Revista: Archaeobios

Año: 2015

Volumen: 9

Número:

Página inicial: 216

Página final: 230

Autores: Dorado-Perez, Gabriel; Luque-Recio, Fernando; Pascual-Morales, Plácido; Jimenez-Gamero, Inmaculada; Sánchez-Sánchez-Cañete, Francisco Javier; Perez-Jimenez, Margarita; Raya-Hidalgo, Patricia; Galvez-Delgado, Manuel; Sáiz-Martínez-Acitores, Jesús; Sánchez-García, María Adela; Rosales-Tham, Teresa; Vásquez-Sánchez, Victor; Hernández-Molina, Pilar

Título: Starch genomics and bioarchaeology - Review

Revista: Archaeobios

Año: 2014

Volumen: 8

Número:

Página inicial: 41

Página final: 50

Autores: Dorado-Perez, Gabriel; Sánchez-Sánchez-Cañete, Francisco Javier; Pascual-Morales, Plácido; Jimenez-Gamero, Inmaculada; Luque-Recio, Fernando; Perez-Jimenez, Margarita; Raya-Hidalgo, Patricia; Galvez-Delgado, Manuel; Sáiz-Martínez-Acitores, Jesús; Sánchez-García, María Adela; Rosales-Tham, Teresa; Vásquez-Sánchez, Victor; Hernández-Molina, Pilar

Título: Genómica del almidón y bioarqueología - Revisión

Revista: Archaeobios

Año: 2014

Volumen: 8

Número:

Página inicial: 51

Página final: 60

Autores: Dorado-Perez, Gabriel; Sánchez-Sánchez-Cañete, Francisco Javier; Pascual-Morales, Plácido; Jimenez-Gamero, Inmaculada; Luque-Recio, Fernando; Perez-Jimenez, Margarita; Raya-Hidalgo, Patricia; Galvez-Delgado, Manuel; Sáiz-Martínez-Acitores, Jesús; Sánchez-García, María Adela; Rosales-Tham, Teresa; Vásquez-Sánchez, Victor; Hernández-Molina, Pilar

