



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE MEDICINA

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
DELEGACIÓN SUR DEL DISTRITO FEDERAL
HOSPITAL GENERAL DE ZONA No. 32
“VILLA COAPA”**

**“FACTORES LABORALES Y SOCIODEMOGRÁFICOS
ASOCIADOS A POSIBLES DAÑOS A LA SALUD EN EL
PERSONAL OCUPACIONALMENTE EXPUESTO A
RADIACIONES IONIZANTES DE LOS SERVICIOS DE
RADIOLOGÍA Y TRAUMATOLOGÍA DEL HGZ No. 32
“VILLA COAPA”**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
ESPECIALISTA EN MEDICINA DEL TRABAJO
P R E S E N T A :
DRA. NAKAMURA LABASTIDA ELSA KAORI**

ASESOR: DR. LEOPOLDO MELÉNDEZ RIVERA



MÉXICO, D. F.

AGOSTO DEL 2008.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INTEGRANTES DEL JURADO

DR. ALONSO DE JESÚS SERRET GONZÁLEZ

COORDINADOR DEL CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN MEDICINA DEL TRABAJO
DEL HGZ No.32 "VILLA COAPA"

DR. AUGUSTO JAVIER CASTRO BUCIO

COORDINADOR CLÍNICO DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN MÉDICA
DEL HGZ No.32 "VILLA COAPA"

ASESOR DE TESIS:

DR. LEOPOLDO MELÉNDEZ RIVERA

MÉDICO ESPECIALISTA EN MEDICINA INTERNA
ADSCRITO DEL HGZ No.32 "VILLA COAPA"

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

A mis padres Sra. Josefa Labastida Ávila y Sr. Tokuo Nakamura Usami

Por su apoyo, aliento, comprensión, por su lucha continua para sacarme adelante y cumplir mis propósitos, porque atrás de mis errores y tristezas siempre están con los brazos abiertos para consolarme y porque en mis grandes triunfos también están para disfrutar conmigo las grandes felicidades... ¡GRACIAS!

A mi hermano Kiyoshi

Por tu apoyo incondicional, por tu ejemplo como ser humano, por la confianza que depositas en mí y por todos los momentos que durante estos años hemos compartido juntos.

A mi cuñada Jacqueline

Por los momentos buenos y malos que hemos compartido y el apoyo que me has brindado.

A mi sobrina Sayuri

Porque llegaste como una luz a este mundo.....iluminando y llenando de gran alegría y satisfacción nuestras vidas.

A mi tía Elena Yokota Martínez

Por todo el apoyo, regaños y consejos que me ha dado a lo largo de todos estos años de mi vida.

.....El agradecimiento es la memoria del corazón..... J.B. Massieu

A mi asesor

Dr. Leopoldo Meléndez Rivera, por su incondicional disposición, enseñanza, apoyo y alientos recibidos durante la rotación en el Servicio de Medicina Interna así como durante la realización de esta tesis.

.....El arte supremo del maestro es despertar el placer de la expresión creativa y el conocimiento.....Albert Einstein

Al IMSS y al equipo del Hospital General de Zona No. 32 “Villa Coapa”

Dr. Alonso de Jesús Serret González. Coordinador del Curso de Especialización en Medicina del Trabajo.

Dr. Oscar Campos Robles. Profesor Adjunto del Curso de Especialización en Medicina del Trabajo.

Dr. Javier Castro Bucio. Coordinado Clínico de Educación e Investigación Médica.

Dr. Juan Castellanos Rosas, por apoyo para la realización del presente trabajo.

Al personal del Laboratorio Central, del área de Radiología e Imagen, del área de Traumatología y Ortopedia, de la biblioteca, ya que por su apoyo fue posible la realización del presente estudio así como a todo el equipo de médicos que participan en el Curso de Especialización en Medicina del Trabajo.

..Dichoso el que tiene una profesión que coincide con su afición...George Bernard Shaw

A mi Alma Matter, la UNAM

Agradezco profundamente a mi Alma Matter donde he realizado mis estudios desde la Escuela Nacional Preparatoria, Facultad de Medicina y actualmente el Posgrado en Medicina del Trabajo, porque siempre ha estado deseosa de brindar todo lo necesario para mi superación académica.

.....Educar no es dar carrera para vivir, sino temprar el alma para las dificultades de la vida.....Pitágoras

A mis amigos y compañeros de la residencia

A todos aquellos amigos que han sido partícipes de momentos gratos, invaluable e inolvidables en mi vida.

...."Los verdaderos amigos son como la sangre....acuden a la herida sin necesidad de ser llamados"

A Abril, Alma, Angela, Arlette, Charly, Julieta, Karla y Rafael, por todo el apoyo brindado y aquellos momentos gratos que hemos compartido juntos a lo largo de la especialidad...y recuerden lo siguiente:

... "La mejor escuela de aprendizaje es el taller o la casa del obrero"...Bernardino Ramazzini

Es maravilloso:

Tener los brazos abiertos, cuando hay tantos mutilados

Que mis ojos vean, cuando hay tantos sin luz

Que mis manos trabajen, cuando hay tantas que mendigan

Que tenga salud, cuando hay tantos enfermos

Que tenga seres queridos, cuando hay tantos solitarios

Que mi voz cante, cuando hay tantas que enmudecen

Que maravilloso:

Tener abrigo, techo y sustento, cuando hay tantos en la calle

Es maravilloso volver a casa, cuando hay tantos que no tienen a dónde ir

Es maravilloso amar, vivir, sonreír y soñar, cuando hay tantos que odian, lloran y tienen pesadillas

Es maravilloso tener un DIOS en quien creer, cuando hay tantos que no sienten consuelo ni tienen fe

Es maravilloso.....sobre todo, tener tan poco que pedir y tanto que agradecer

ÍNDICE GENERAL

RESÚMEN	
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. MARCO TEÓRICO	6
4. JUSTIFICACIÓN	27
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	28
6. OBJETIVOS	
6.1 OBJETIVO GENERAL	29
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
7. HIPÓTESIS	30
8. MATERIAL Y MÉTODOS	
8.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	31
8.2 UNIVERSO DE TRABAJO	31
8.3 MUESTRA	31
8.4 CRITERIOS DE INCLUSIÓN	31
8.5 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	31
8.6 CRITERIOS DE ELIMINACIÓN	31
8.7 VARIABLES DE ESTUDIO	32
8.8 DEFINICIÓN CONCEPTUAL Y OPERACIONAL DE LAS VARIABLES	32
8.9 PLAN DE ANÁLISIS	35
8.10 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO	35
8.11 RECURSOS HUMANOS	37
8.12 ESPECIFICACIONES ÉTICAS	37
9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	38
10. RESULTADOS	
10.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO	39
10.2 CHI CUADRADA	43
10.3 T DE STUDENT	43
11. DISCUSIÓN	44
12. CONCLUSIONES	48
13. RECOMENDACIONES	50
14. BIBLIOGRAFÍA	51
15. GLOSARIO DE TÉRMINOS	54
16. ANEXOS	
16.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO	57
16.2 PRUEBA CHI CUADRADA	69
16.3 PRUEBA T DE STUDENT	71
16.4 GRÁFICAS	74
16.5 FICHA RECOLECTORA DE DATOS	83
16.6 CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO	86

RESÚMEN

INTRODUCCIÓN

El primero en emplear los rayos X fue Wilhelm Conrad Röntgen 1895. Becquerel, en 1896 descubre la radiactividad. Becquerel sufrió daños en la piel causados por la radiación. Marie Curie, merecedora del Premio Nobel por sus investigaciones sobre las propiedades de las sustancias radiactivas, falleció víctima de leucemia.

Desde 1906, Bergonie y Tribondeau, emitieron respecto a la radiosensibilidad de las células y tejidos vivos, encontrando que el tejido hematopoyético es el más sensible frente a las radiaciones.

La utilización de las radiaciones en medicina, con fines terapéuticos o de diagnóstico, constituye sin duda uno de los aspectos más destacados del beneficio que éstas suponen para la Humanidad.

MUESTRA, MATERIAL Y METODOS

Lo constituye el Personal ocupacionalmente expuesto (POE) a Radiaciones Ionizantes de los departamentos de Radiología y Quirófanos de Traumatología y Ortopedia del Hospital General de Zona #32 "Villa Coapa".

Se construyó una base de datos en excel, la cual se analizó de manera descriptiva y de las variables que resultaron significativas se realizó Prueba de chi cuadrada y t de student.

RESULTADOS

Los trabajadores incluidos en el presente estudio, presentaron como principal sintomatología: fatiga y caída de cabello.

Trabajadores con puestos de trabajo afectados fueron: médicos traumatólogos, técnicos radiólogos, personal administrativo del área de radiología e imagen y Operadores de Máquina de Revelado Automático.

A ningún participante se le detectó patología sugestiva oncológica. 47 (59.5%) trabajadores resultaron sin alguna sintomatología; 18 (22.8%) presentaron fatiga y 9 (11.4%) presentaron caída de cabello principalmente.

Los trabajadores afectados por fatiga son: médicos traumatólogos en un 55.6% (10 trabajadores), técnicos radiólogos en un 27.8% (5 trabajadores); afectados con la presencia de caída de cabello, 44.4% son los técnicos radiólogos (4

trabajadores), seguido del personal administrativo del área de radiología e imagen con un 22.2% y Operadores de Máquina de Revelado Automático en igual proporción con un 22.2%; piel seca únicamente se observa en trabajadores del área de radiología e imagen.

Con respecto a edad, la fatiga se encuentra en un 50% entre los 40-49 años, con una media de 43 años y una desviación estándar de 7, en este mismo rango de edad se encuentran los trabajadores con caída de cabello, con una media de 45 años y una desviación estándar de 6.

Comparando la antigüedad en el puesto de trabajo la fatiga se encuentra en aquellos que tienen más de 10 años laborando en un 83.3%, una media de 16 años de antigüedad, desviación estándar de 4, de la misma forma que la caída de cabello en un 77.8%, una media de 17 años, desviación estándar de 7, el estreñimiento también se encontró en aquellos con más de 10 años de trabajo en los 3 casos detectados, una media de 22 años y desviación estándar de 5 y en un caso con alteraciones de piel seca.

CONCLUSIONES

A mayor antigüedad en el puesto de trabajo se observa mayor fatiga y caída de cabello. Al realizar la asociación entre estas variables como son antigüedad y presencia de sintomatología en el análisis estadístico no logramos detectar alguna asociación.

A mayor número de exposiciones hay una asociación estadística con la presencia de sintomatología.

La asociación estadística del personal no expuesto a radiaciones ionizantes y el personal expuesto a las mismas con la presencia de sintomatología es significativa.

La mayor proporción de trabajadores no utilizan algún tipo de equipo de protección personal (EPP) contra radiaciones ionizantes.

1. INTRODUCCIÓN

La radiación ionizante, por su propia naturaleza, produce daños en los seres vivos. Desde el descubrimiento de los rayos X por Roentgen en 1895 y de la radiactividad por Becquerel, en 1896, los conocimientos sobre sus efectos han ido avanzando a la par que los estudios sobre las propias radiaciones y sobre la esencia de la materia misma.

Toda la experiencia negativa sin duda ha ido creando en el subconsciente colectivo una idea deformada sobre la radiación y la radiactividad, que se perciben como intrínsecamente peligrosas, con independencia del tipo de radiación, de la cantidad recibida o del motivo por el que se reciba. Además, a nivel popular, suele desconocerse que radiación y radiactividad forman parte de la naturaleza y de nuestro propio cuerpo, siendo vistas en general como un nefasto invento del hombre.

Sin embargo, la radiactividad es uno de los grandes descubrimientos del hombre contemporáneo, y a la par que se fueron conociendo sus efectos, también se fueron encontrando aplicaciones de gran utilidad, en las que las sustancias radiactivas o los aparatos emisores de radiaciones ionizantes resultan insustituibles: además de la medicina, la agricultura, la industria, las ciencias de la tierra, la biología y otras muchas ramas dependen hoy en día en muchos aspectos de su utilización¹.

En este trabajo de investigación se presenta la naturaleza de la radiación ionizante y los efectos que causa sobre la materia y en particular los tejidos vivos así como las diferentes fuentes de radiación naturales y artificiales, a las que los seres humanos estamos expuestos.

DAÑO CELULAR

Si las moléculas afectadas están en una célula viva, la propia célula puede verse dañada, bien directamente si la molécula resulta crítica para la función celular, o indirectamente al provocar cambios químicos en las moléculas adyacentes, mediante la formación de radicales libres. El daño celular es particularmente importante si la radiación afecta a las moléculas portadoras del código genético (ácido desoxirribonucleico, ADN) o de la información para sintetizar las proteínas (ácido ribonucleico mensajero). Estos daños pueden llegar a impedir la supervivencia o reproducción de las células, aunque frecuentemente sean reparados por éstas. No obstante, si la reparación no es perfecta, pueden resultar células viables pero modificadas por lo que tendremos un ADN capacitado para ir hacia mitosis sucesivas, pero con la posibilidad de transmitir alteraciones en la

línea genética, mutaciones sumadas a las propias de la generación en la que le corresponda actuar como gen dominante.

Los efectos biológicos de las radiaciones se clasifican en:

EFFECTOS DETERMINISTICOS. Los efectos se presentan a partir de una dosis mínima (dosis umbral) y en un corto período de latencia. La severidad o gravedad del efecto aumenta a partir de la dosis umbral. Y se establece una relación clara entre el agente causante y el efecto.

EFFECTOS ESTOCASTICOS. Son aquellos cuya ocurrencia está en función de la dosis, es decir, la probabilidad de ocurrencia del efecto es proporcional a la dosis recibida. En este caso, no existe una dosis umbral o valor mínimo de dosis, es decir que no hay dosis por pequeña que sea que no implique algún riesgo. La probabilidad del efecto aumenta en función de la dosis. Entre los efectos biológicos estocásticos de la radiación tenemos el cáncer y los efectos hereditarios².

PREVENCIÓN

La protección contra las radiaciones ionizantes incluye una serie de medidas de tipo general que afectan a cualquier instalación radiactiva y a una serie de medidas específicas de acuerdo con el tipo de radiación presente en cada caso. En el trabajo con radiaciones ionizantes deben considerarse unos principios básicos, tales como que el número de personas expuestas a radiaciones ionizantes debe ser el menor posible y que la actividad que implique dicha exposición debe estar plenamente justificada de acuerdo con las ventajas que proporciona. Asimismo, todas las exposiciones se mantendrán al nivel más bajo que sea razonablemente posible, sin sobrepasarse en ningún caso los límites anuales de dosis legalmente establecidos³.

2. ANTECEDENTES

En la medicina moderna, las radiaciones ionizantes constituyen un punto de apoyo para un diagnóstico médico con una certeza elevada en un alto por ciento de afecciones.

El primero en emplear los rayos X en el estudio de la hasta entonces invisible estructura de los huesos, fue Wilhelm Conrad Röntgen 1895. Meses más tarde, con el uso frecuente de los rayos X sobre el tejido vivo, se detectaron alteraciones en la piel.

Más adelante se comprobó que esos cambios producidos en la piel, eran debido a la acción destructiva de las radiaciones.

Becquerel, en 1896 descubre la radiactividad, los conocimientos sobre sus efectos han ido avanzando a la par que los estudios sobre las propias radiaciones.

El propio Becquerel sufrió daños en la piel causados por la radiación de un frasco de radio que guardó en su bolsillo. Marie Curie, merecedora en dos ocasiones del Premio Nobel por sus investigaciones sobre las propiedades de las sustancias radiactivas, falleció víctima de leucemia, sin duda a causa de su exposición a la radiación.

Más de trescientos de los primeros trabajadores en este campo murieron a causa de las dosis recibidas, con casos significativos como el de los pintores que dibujaban con sales de radio los números en las esferas luminosas de los relojes y mirillas de cañones, afinando el pincel con la boca, que en su mayoría desarrollaron cáncer de mandíbula ¹.

Se diagnostica: depilación producida por radiaciones. Primera dermatitis personal. Primer tratamiento del cáncer. Primera Protección al paciente. (J. Daniels y Grubbe en 1896.) ^{2, 3}

Como efecto de todo esto, se utilizaron por primera vez las ventanas de vidrio emplomadas transparentes en las salas de radiología (1900). Consecuentemente se toman medidas de protección para el médico radiólogo: delantal, chaleco, guantes y gafas, (1903).

En 1904 alcanzó su máximo cuando los dispositivos más perfeccionados permitieron incorporar medios de protección en el propio aparato. Aunque las medidas se iniciaron casi desde el mismo momento del apareamiento de los rayos X, estas fueron ignoradas por los radiólogos y técnicos en rayos X.

Desde 1906, dos autores franceses, Bergonie y Tribondeau, emitieron respecto a la radiosensibilidad de las células y tejidos vivos. De manera prácticamente exclusiva vinculan la rápida e intensa respuesta de los tejidos a la capacidad reproductora de las células que los componen, es decir, de forma directamente proporcional al índice de mitosis. Por otra parte ya era sabida la individualización, no sólo de cada tejido respecto a las mitosis presentes en el mismo (índice mitótico), sino también la situación individual de cada célula en el seno del tejido en diferente momento de su vida (asincronía celular). El efecto biológico dependerá por tanto, no sólo del elevado número de mitosis, sino también del momento de su ciclo vital en que se encuentre cada célula, uno en cada extremo, es decir, máxima frente a mínima radiosensibilidad: el tejido cuya reproducción es necesariamente elevada es aquel donde se encuentran los precursores de las células de la sangre, el tejido hematopoyético, presente en la médula ósea, considerado como el más radiosensible y el más crítico frente a la radiaciones. En el otro extremo, baja radiosensibilidad, se encuentra el tejido humano más especializado, con bajísima capacidad reproductiva y con predominio de células adultas, maduras, como lo es el tejido nervioso ².

Otros estudios demostraron: 104 casos de enfermedad maligna causada por irradiaciones X, (Feygen en 1914).

En 1920-1929 obreras que pintaban esferas de relojes luminosos, mojaban los pinceles de pintura luminosa en la boca y al depositarse en los labios, se absorbía por el organismo y se depositaba en los huesos, posteriormente se determinó que en la mayoría de los casos habían contraído cáncer óseo ⁴.

Conviene tener presente que, si bien las radiaciones ionizantes plantean problemas muy graves, han sido objeto de detenidas investigaciones y se sabe mucho más sobre sus efectos que sobre la mayoría de los demás contaminantes del medio. Se han dedicado esfuerzos a idear medios eficaces de protección contra las lesiones radiológicas. Aunque vale decir que los métodos para proteger de las lesiones a los trabajadores con rayos X se han conseguido muy lentamente.

El empleo de la bomba atómica en Hiroshima y Nagasaki produjo la irradiación de las poblaciones supervivientes a la explosión, con secuelas que aún continúan siendo estudiadas y son fuente de valiosa información acerca de los efectos biológicos producidos por la radiación a largo plazo.

La utilización de las radiaciones en medicina, con fines terapéuticos o de diagnóstico, constituye sin duda uno de los aspectos más destacados del beneficio que éstas suponen para la Humanidad, pero en su desarrollo también se causaron exposiciones a los pacientes, que en la actualidad serían injustificables,

provocando en ciertos casos el desarrollo de daños atribuibles a la radiación recibida.

Toda esa experiencia negativa sin duda ha ido creando en el subconsciente colectivo una idea deformada sobre la radiación y la radiactividad, que se perciben como intrínsecamente peligrosas, con independencia del tipo de radiación, de la cantidad recibida o del motivo por el que se reciba. Además, a nivel popular, suele desconocerse que radiación y radiactividad forman parte de la Naturaleza y de nuestro propio cuerpo.

Sin embargo, la radiactividad es uno de los grandes descubrimientos del hombre contemporáneo, y a la par que se fueron conociendo sus efectos, también se fueron encontrando aplicaciones de gran utilidad, en las que las sustancias radiactivas o los aparatos emisores de radiaciones ionizantes resultan insustituibles: además de la medicina, la agricultura, la industria, las ciencias de la tierra, la biología y otras muchas ramas dependen hoy en día en muchos aspectos de su utilización.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) celebró su primera reunión con el fin de adoptar algunas regulaciones transitorias de protección. Las primeras recomendaciones del Comité Internacional fueron similares a las proposiciones Británicas hasta 1950; Adaptándose mediciones como la Unidad Rad (1953) y Rem (1959), siendo las actualmente utilizadas ¹.

3. MARCO TEÓRICO

El hombre ha estado siempre expuesto a fuentes naturales de radiación, cuya intensidad depende de cada lugar y varía con el tiempo. Las causas de esta radiación natural son la radiación procedente del espacio exterior y la existencia en nuestro planeta de elementos radiactivos.

Hay actividades que aportan un beneficio notorio al ser humano pero, que pueden al mismo tiempo, causar un perjuicio si las materias implicadas se manipulan de manera imprudente y los residuos que resultan se gestionan de forma inadecuada. Entre tales actividades se encuentran las que implican el uso de radiaciones ionizantes y más concretamente, la aplicación de esas radiaciones en radiodiagnóstico médico.

RADIACIONES IONIZANTES

Llamamos radiaciones ionizantes a aquellos haces de partículas o de ondas electromagnéticas que, en su interacción tanto viva como inerte, son capaces de descomponer los átomos y moléculas neutras en un par de fragmentos con carga eléctrica, generalmente un ion positivo y un electrón ⁵. Tienen capacidad para crear iones en el material expuesto:

- Son imperceptibles.
- Son acumulativas en el organismo.
- No poseen umbral de detección
- Factible de ocasionar un daño directo en el material genético de las células

⁶.

Las radiaciones ionizantes pueden clasificarse en dos cuerpos: corpusculares y electromagnéticos. A su vez las corpusculares se clasifican según tipo de partículas, en alfa, beta, protón, y neutrón, y las electromagnéticas en rayos gamma y rayos X ⁵.

RADIACIÓN NATURAL

El hombre ha estado siempre expuesto a fuentes naturales de radiaciones ionizantes: rayos cósmicos (de origen extraterrestre); materiales radiactivos que se hallan en la corteza terrestre, muchos de los cuales están incorporados a materiales de construcción, al aire y a los alimentos, e incluso sustancias radiactivas que se encuentran en el interior del organismo humano, como potasio 40 (40K), carbono 14 (14C), etc.

El Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) estima regularmente las dosis debidas a las fuentes naturales, y da un valor mundial medio de 2,4 mSv para un habitante adulto².

La dosis debida a fuentes naturales es variable y depende de diversos factores como:

- La altura sobre el nivel del mar, ya que la radiación es retenida en parte por la atmósfera. La gente que vive en las grandes alturas recibe dosis mucho más elevadas de radiación externa y en algunos casos puede ser de hasta un 50% superior a la media.
- Contenido de material radiactivo en el suelo o materiales de construcción utilizados. Existen zonas, por ejemplo graníticas, cuyo contenido en material radiactivo es elevado y por tanto contribuyen a una mayor dosis en la población residente en ella.
- La evolución tecnológica modifica la exposición del hombre a las radiaciones. Por ejemplo en la combustión del carbón se liberan a la atmósfera trazas de material radiactivo natural, el uso de fertilizantes fosfatados aumenta la irradiación debido a los radionúclidos naturales que contienen, etc.

FUENTES DE RADIACIÓN NATURALES



FIG. 1. La radiación cósmica que llega a la Tierra produce diferente dosis según la altitud y la latitud a la que nos encontremos (valores anuales en mSv)¹.

RADIACIÓN ARTIFICIAL

Fuentes de radiaciones generadas de modo artificial: exposición a los rayos X con fines diagnósticos, aplicaciones de radionúclidos en medicina, industria e

investigación, producción de energía eléctrica, ensayos nucleares realizados en la atmósfera y todos los materiales residuales que estas actividades comportan.

EFFECTOS BIOLÓGICOS DE LAS RADIACIONES

Los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes sobre los seres vivos han sido conocidos y estudiados con detalle desde hace muchos años. Fueron observados por primera vez en 1896 en algunos de los primeros usuarios de los rayos X.

Estos notaron una caída del cabello en aquéllas áreas que habían sido expuestas, la piel se volvió roja, y si recibía grandes cantidades de radiación se ulceraba. Además encontraron que a menudo se desarrollaba, años más tarde, cáncer de piel sobre las áreas que habían sido expuestas. Después del descubrimiento del radio en 1898, se observaron efectos similares producidos por la radiactividad concentrada.

MECANISMOS DE ACCIÓN BIOLÓGICA DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

Para comprender el efecto biológico de las radiaciones ionizantes, se han invocado dos teorías que lejos de ser contradictorias, se complementan perfectamente.

Teoría de Acción Directa o Teoría del Blanco. Vincula el efecto biológico y la importancia del mismo con la responsabilidad biológica del blanco (diana) alcanzado y del número de dianas impactadas. Si tenemos en cuenta que en cualquier modelo biológico y, más concretamente, en las células humanas la posibilidad de reproducción de las mismas y el adecuado cumplimiento del código genético está vinculado al genoma, es decir, a los cromosomas del núcleo celular, o lo que es lo mismo a la integridad del ácido desoxirribonucleico (ADN), el daño celular será proporcional a la lesión inducida en el ADN.

Si esta lesión es irreversible y por tanto no reparable, la consecuencia será la muerte reproductiva de la célula alcanzada. Si por el contrario la lesión radioinducida es reparada, tendremos un ADN capacitado para ir hacia mitosis sucesivas, pero con la posibilidad de transmitir alteraciones en la línea genética, mutaciones sumadas a las propias de la generación en la que le corresponda actuar como gen dominante.

Esta teoría explica el efecto biológico que se produce en el momento y en el lugar de la cesión de energía con capacidad ionizante y los efectos tanto somáticos como genéticos.

Teoría de Acción Indirecta o Teoría de los Radicales libres. Se complementa con la anterior, puesto que explica la serie de fenómenos biológicos que se producen incluso fuera del momento y del lugar del depósito de energía ionizante.

Es bien conocido el componente de volumen de agua en las células del ser humano normalmente hidratado, estimado en un 70%. El efecto de la ionización en las moléculas de agua es lo que se conoce como “radiólisis del agua”. Se produce una ruptura de la molécula con la liberación de los radicales que la componen, H⁺ y OH⁻.

Estos radicales adquieren una rápida tendencia a recombinarse pudiendo dar lugar a la formación de nuevas moléculas de agua o, lo que es más frecuente, a agua oxigenada que presenta una elevada toxicidad para el medio biológico en donde se forma.

Se consigue por tanto intoxicar el medio biológico, intra y extracelular, lo que complica la vida del mismo ².

CLASIFICACIÓN DE LOS EFECTOS PRODUCIDOS POR LAS RADIACIONES IONIZANTES

Estos se clasifican en: somáticos y genéticos, en función de producir cambios inducidos sobre las células de la línea somática o germinal. El daño somático se manifiesta durante la vida del individuo irradiado, mientras que los efectos genéticos son inducidos sobre su descendencia. Los efectos somáticos se dividen a su vez en inmediatos y tardíos, en función del tiempo transcurrido desde su irradiación.

En función a la incidencia que tiene la radiación sobre los efectos, éstos se clasifican en deterministas y en estocásticos ^{7,8}.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), publicación 60 (1990), define a los efectos deterministas como aquéllos en que la severidad del efecto varía con la dosis, siendo necesario un valor umbral. Los efectos estocásticos son medidos en base a la probabilidad de que un efecto ocurra más que a su severidad, condicionado en función a la dosis sin umbral, más que a su severidad ².

Existen varios estudios epidemiológicos sobre los efectos producidos por dosis altas de radiación en seres humanos. Principalmente, estas evidencias han sido obtenidas a raíz de la explosión de las bombas atómicas en Hiroshima y Nagasaki, y de accidentes nucleares como el ocurrido en la central de Chernobyl.

En todos ellos se observan los efectos predichos por la radiobiología general, es decir, respuestas causadas por muerte celular y transformación maligna. En caso de irradiaciones agudas con dosis elevadas, se han observado muertes por fallos multiorgánicos descritos como “síndromes agudos de irradiación”.

Los efectos estocásticos se pueden presentar tanto en el individuo expuesto (efectos estocásticos somáticos, como sería en caso de la carcinogénesis), como también en la descendencia (efectos estocásticos hereditarios).

Al igual que en la irradiación de células no germinales, las células germinales irradiadas pueden experimentar efectos deterministas (esterilidad); efectos que evidentemente no son hereditarios y por lo tanto no hemos de identificar los efectos producidos por la irradiación de las gónadas con los efectos genéticos.

Los efectos somáticos inmediatos aparecen en la persona irradiada en un margen de tiempo que va desde unos días hasta unas pocas semanas después de la exposición.

Los efectos somáticos tardíos son aquéllos que ocurren al azar dentro de una población de individuos irradiados. Son, por tanto, estocásticos, no siendo posible en ningún caso, establecer para ellos una relación dosis-efecto individual. La relación entre la inducción de una malignidad (leucemia, tumor, etc.) y la dosis, sólo podemos establecerla sobre grandes grupos de población irradiada, como un incremento en la probabilidad de que ocurra una enfermedad determinada sobre su incidencia natural.

RESPUESTA SISTÉMICA A LA RADIACIÓN

La respuesta sistémica a la radiación está determinada por los cambios en órganos, tejidos y poblaciones celulares.

De acuerdo al Sistema Internacional de Unidades (SI), actualmente se utilizan el Gray (Gy) y el Sievert (Sv), que sustituyen respectivamente las unidades anteriores Rad y Rem. La dosis absorbida (Gy) se relaciona con alteraciones cromosómicas, mientras que la dosis equivalente (Sv) se utiliza para efectos de vigilancia radiológica o radioprotección⁹.

DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERACIONES SISTÉMICAS

EFFECTOS A CORTO PLAZO

Se producen a partir de dosis superiores a 0,25 Sv (250 mSv) y varían en función de la dosis y de los órganos afectados.

Menos de 1 Sv (1000 mSv)

- Malformaciones fetales por exposición de la embarazada.
- Disminución número de espermatozoides.
- Alteraciones gastrointestinales, pérdida de apetito, náuseas.
- Disminución de número de linfocitos y neutrófilos.
- Náuseas, fatiga, vómitos.

LA PREVENCIÓN DE RIESGOS EN LOS LUGARES DE TRABAJO

De 1 a 3 Sv (1000 a 3000 mSv)

- Anorexia, malestar general, diarrea.
- Eritema cutáneo.
- Inhibición transitoria de la producción de espermatozoides.
- Mortalidad entre 5-10% por sobreinfección.

De 3 a 6 Sv (3000 a 6000 mSv)

- Bloqueo medular posiblemente reversible.
- Posible esterilidad en ambos sexos.
- Mortalidad del 50% entre 1 y 2 meses.

Más de 6 Sv (> 6000 mSv)

- Hemorragias.
- Inflamación boca y cuello.
- Muerte antes de 15 días¹⁰.

CAMBIOS ORGÁNICOS EN BASE A DOSIS RECIBIDA EN TODO EL CUERPO

DL50: 400 rem (4Sv ó 4000mSv).

1) SÍNDROME HEMATOLÓGICO: 25-500 rem (5-20 Sv ó 5000-20000 mSv). La primera manifestación es la linfocitopenia seguida por una disminución de los granulocitos y plaquetas y, por último, anemia aplásica. Fallece una proporción variable, según la dosis, a las 4-6 semanas. La pérdida de leucocitos conduce, tras la irradiación, a una disminución o falta de resistencia ante los procesos infecciosos. Por otra parte, la disminución del número de plaquetas indispensables para la coagulación sanguínea provoca una marcada tendencia a las hemorragias, que sumado a la falta de producción de nuevos elementos sanguíneos de la serie roja, puede provocar una grave anemia.

2) SÍNDROME GASTROINTESTINAL: 500-2.000 rem (5-20 Sv ó 5000-20000 mSv). Destrucción del epitelio intestinal. Náusea, vómitos, diarrea, deshidratación.

Letalidad sobre 90%. El intestino delgado es la parte más radiosensible del tubo digestivo. Está constituido por un revestimiento formado por células que no se dividen, sino que se descaman diariamente hacia la luz del tubo y son sustituidas por nuevas células. Al igual que ocurre en la médula ósea, en esta región existe un compartimento de células cepa, que se dividen activamente, y que tienen una elevada sensibilidad.

La radiación puede llegar a inhibir la proliferación celular y, por tanto, el revestimiento puede quedar altamente lesionado, teniendo lugar una disminución o supresión de secreciones, pérdida de elevadas cantidades de líquidos y electrolitos

3) SÍNDROME NEUROLÓGICO: dosis superiores a 2.000 rem (>20 Sv ó >20000 mSv). Náusea, vómitos, inconsciencia, convulsiones, delirio y muerte del 100% de los individuos expuestos ^{11, 12}.

4) POR IRRADIACIÓN AGUDA LOCALIZADA:

EFEECTO	PRODUCIDO POR IRRADIACIÓN EN	DOSIS UMBRAL (Gy)
CATARATAS	CABEZA	2
CATARATAS IRREVERSIBLES	CABEZA	10
HIPOTIROIDISMO	CUELLO	10 (7 PARA NIÑOS)
NEUMONITIS	TÓRAX	8
DEPLECIÓN DE LA MUCOSA GASTROINTESTINAL (MORTAL)	ABDOMEN	10
DEPRESIÓN EN EL RECUENTO DE ESPERMA	PELVIS (VARONES)	0.15
IMPEDIMENTO TEMPORAL DE LA FERTILIDAD OVÁRICA	PELVIS (MUJERES)	0.65
ESTERILIDAD PERMANENTE	PELVIS (AMBOS SEXOS)	3
RADIODERMATITIS SECA	PIEL	5
RADIODERMATITIS AXILAR	PIEL	12
RADIONECROSIS	PIEL	15
REDUCCIÓN EN EL NÚMERO DE LINFOCITOS	CUALQUIER ZONA	SIN UMBRAL

TABLA 1. Efectos determinísticos por irradiación localizada ¹³.

HIPOTIROIDISMO

Incluyen factores de riesgo personales y familiares, dentro de los personales tenemos:

- Disfunción anterior de la Glándula Tiroides.
- Bocio.
- Cirugía o Radioterapia que afecta a la glándula.
- Anemia Perniciosa.
- Medicaciones (Carbonato de Litio y compuesto de yodo).

Dentro de los riesgos familiares tenemos:

- Enfermedades de la Tiroides.
- Anemia Perniciosa.

De manera general podemos encontrar resultados anormales de pruebas de laboratorio:

- Hipercolesterolemia.
- Hiponatremia.
- Anemia.

El análisis de la concentración de TSH es exacto, disponible, segura y relativamente económica; su concentración normal es de 0.1mIU/L. La medida en suero en adultos realizada cada 5 años ha sido demostrado que es importante para la detección de la enfermedad. Por lo que recomiendan que a partir de los 35 años de edad debe medirse y más apropiadamente en individuos con riesgo alto para desarrollar la disfunción de la glándula tiroides ^{14, 15}.

EFFECTOS A LARGO PLAZO

EFFECTOS ESTOCÁSTICOS

La mayor parte de los efectos tardíos se producen como consecuencia de la alteración del material genético de aquellas células que sobreviven a la radiación.

Para este tipo de efectos no puede hablarse de una dosis umbral, dado que bastaría una interacción, simbólicamente hablando, para que se produjeran ⁷.

Podemos hacer una clasificación de los efectos estocásticos:

- a) Somáticos: afectan a la salud del individuo, que ha recibido la irradiación.
- b) Genéticos: afectan a la salud de los descendientes del individuo irradiado.

Carcinogénesis: este efecto ha sido ampliamente demostrado: cáncer cutáneo, pulmonar, tiroideo, osteosarcomas, leucemia, etc.

La existencia de períodos de latencia fijos, parece perder terreno frente a la hipótesis de que los tumores radioinducidos tienden a aparecer en la época de la vida en que aparecen los cánceres de esa localización concreta. Es evidente la necesidad de factores promotores para el desarrollo de un cáncer, que tienden a estar presentes en determinadas épocas de la vida.

Los factores que modifican la aparición de cáncer radioinducido son por parte de la radiación recibida, la dosis y la calidad de la misma. Por parte de los individuos expuestos, la presencia de ciertos factores genéticos, como la existencia de síndromes de radiosensibilidad aumentada del tipo ataxia teleangiectasia. A edad más temprana en la que se sufre la irradiación, parece incrementar el riesgo de padecer cáncer de mama y leucemia. En cuanto al sexo, existe un exceso del 10% de las mujeres con respecto al varón, fundamentalmente por el incremento en la incidencia de cáncer de mama.

CARCINOGENESIS INDUCIDA

	PRESENTACIÓN	MÁXIMA INCIDENCIA	DECLINACIÓN
Leucemias	4-5 años	10 años	30 años
Tiroides	"	20 años	>40 años
Mama	"	"	"
Pulmón	"	"	"

TABLA 2¹⁶.

Aceleración del envejecimiento o acortamiento del tiempo de vida sin mediar patología demostrable. Esto ha sido profusamente documentado en investigación animal, pero aún se discute su trascendencia y magnitud en el hombre.

Mutaciones: constituye el principal riesgo desde el punto de vista de la salud colectiva. Se estima que bastan 30 rem (0.3 Sv ó 300 mSv) para duplicar la tasa "espontánea" de mutaciones. La mayoría de éstas tiene el carácter de recesivas y, por lo tanto, es poco probable que se observen en las generaciones inmediatas pero, a medida que aumente la irradiación de la población general y la proporción de personas profesionalmente expuestas, este riesgo será aumentado.

En un estudio realizado en Colombia a trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes durante el 2004, por medio de cultivos celulares de linfocitos de sangre periférica y promedios de dosimetrías de uno a cuatro años, compararon resultados con las dosis recibidas y el tiempo de exposición, así como con relación a cancerígenos comunes, antecedentes familiares y personales. Encontraron un

promedio del 1.93 aberraciones por individuo. En relación con el tiempo de exposición y la presencia de aberraciones: en el 39% entre 1 y 10 años de exposición, 27% entre 11 y 20 años de exposición y el 46% entre 21 y 30 años de exposición. No encontraron relación entre dosis y presencia de aberraciones, pues éstas representaron indistintamente a la dosis recibida ¹⁷.

Otro estudio realizado en Mérida, Yucatán, incluyeron individuos expuestos a radiación ionizantes. Los estudios realizados fueron: citometría hemática completa y análisis cromosómico: aberraciones cromosómicas (AC) e intercambio de cromátides hermanas (ICH). Encontraron que una diferencia significativa entre el promedio de ambos grupos para AC (0.42 ± 0.23 vs 0.12 ± 0.12 , $p < 0.0001$) e ICH (4.17 ± 0.82 vs 3.46 ± 0.50 , $p < 0.01$). El análisis de correlación reveló diferencias significativas entre el % de AC vs años de exposición ($p = 0.023$) y entre el ICH y años de exposición ($p = 0.037$). La citometría hemática se encontró en límites normales para todos los individuos ¹⁸.

RESPUESTA ORGÁNICA TOTAL A LA RADIACIÓN

La respuesta orgánica total viene determinada por la respuesta combinada de todos los sistemas orgánicos a la radiación. La respuesta de un organismo adulto a una exposición aguda (en un tiempo corto, del orden de minutos), de radiación penetrante (rayos X, gamma o neutrones), que provenga de una fuente externa y que afecte a todo el organismo, se conoce como síndrome de irradiación.

La respuesta que se presenta a una dosis de irradiación corporal y total se puede dividir en tres etapas:

- Prodrómica. Se caracteriza por náuseas, vómitos y diarreas (puede durar desde algunos minutos hasta varias horas).
- Latente. Ausencia de síntomas (varía desde minutos hasta semanas).
- De enfermedad manifiesta. Aparecen los síntomas concretos de los sistemas lesionados. El individuo se recupera o muere como consecuencia de las radiolesiones (varía desde minutos hasta semanas).

LÍMITES DE DOSIS PARA EL PERSONAL OCUPACIONALMENTE EXPUESTO (POE)

Resulta un límite de dosis efectiva de 100 mSv durante todo periodo de cinco años oficiales (de enero a diciembre), sujeto además a una dosis efectiva máxima de 50 mSv en cualquier año oficial. Además, también se imponen limitaciones específicas a tres órganos o zonas de cuerpo:

- El cristalino: límite de dosis equivalente de 150 mSv por año oficial.
- La piel: límite de dosis equivalente de 500 mSv por año oficial. Dicho límite se aplicará a la dosis promediada sobre cualquier superficie de 1 cm², con independencia de la zona expuesta.
- Las manos, antebrazos, pies y tobillos: 500 mSv por año oficial.

LÍMITE DE DOSIS PARA EL POE

LÍMITES DE DOSIS PARA PERSONAL OCUPACIONALMENTE EXPUESTO	
Límite de dosis efectiva	100 mSv durante todo periodo de 5 años oficiales y 50 mSv en un año oficial
Límite de dosis equivalente al cristalino	150 mSv
Límite dosis equivalente a la piel	500 mSv en un año oficial (1)
Límite de dosis en extremidades	500 v en un año oficial

TABLA 3. (1) Valor promediado sobre cualquier superficie cutánea de 1 cm², con independencia de la superficie expuesta.

DOSIS DE RADIACIÓN. VALORES COMPARATIVOS

<u>Dosis (mSv)</u>	<u>Efectos sobre la salud o valor típico</u>
10.000	Muerte en días o semanas (100% de los casos)
4.000	Muerte en días o semanas (50% de los casos)
250	No produce efectos observables de tipo inmediato
100	No hay evidencia de efectos sanitarios en seres humanos
3,5	Dosis media anual por persona en España
2,5	Dosis media anual por persona en el mundo
3,0	Una exploración radiográfica de aparato digestivo Un escáner (tomografía axial computarizada, TAC) de la cabeza
0,02	Una radiografía de tórax
0,002	3 horas en avión. Dosis anual media debida a la industria nuclear

TABLA 4 Muestra algunos valores característicos medios de la dosis de radiación ¹.

EFFECTOS EN ÓRGANOS VITALES

El orden de magnitud que se suele emplear al referirse a las diferentes dosis es:

- Dosis baja : hasta 1 Gy
 - Dosis media : entre 1 Gy y 10 Gy
 - Dosis alta : superior a 10 Gy
- Suponiendo que estas dosis se reciban en un sólo órgano ².

PIEL

Fue el primer tejido que se estudió al analizar las alteraciones producidas por la radiación. Dosis cercanas a los 100 rads (1 Gy) producen reacciones de eritema (enrojecimiento de la piel) transitorio, que desaparecen al cabo de una semana, y que pueden dejar pigmentación transitoria en la zona irradiada. Cuando la dosis es mayor, varios cientos de rads, las células de la epidermis se destruyen y se forma una zona denudada, en la cual aparecen lesiones semejantes a una quemadura. Dosis de miles de rads producen necrosis que puede curarse si el área afectada es pequeña, ya que es posible la migración de células vecinas a la zona dañada. Si el área irradiada es amplia, la herida necrótica no cicatrizará y solamente un injerto de piel repondrá la parte dañada.

MÉDULA ÓSEA

Cuando se observa el daño agudo causado por radiación en sangre periférica, se manifiesta por alteraciones en la cuenta sanguínea y plaquetas.

Todos estos componentes sanguíneos tienen una vida limitada y son formados continuamente en la médula ósea por células progenitoras. Cuando ocurre una exposición seria (superior a 100 rads ó 1 Gy), parte de las células circulantes resultan dañadas y el número de glóbulos blancos disminuye de inmediato. Una baja en el número de plaquetas impide la coagulación sanguínea. Se ha advertido que después de 60 días, con dosis entre 300 y 600 rads (3 y 6 Gy), se puede producir la muerte de un ser humano.

PULMÓN

Es el órgano intratorácico más sensible a la radiación. Después de una irradiación del pulmón con dosis cercanas a 2 000 rads (20 Gy), se produce el adelgazamiento y pérdida de la permeabilidad de la pared alveolar debido a la muerte de células alveolares, y aparece una secreción que favorece el desarrollo de infecciones pulmonares. Como efectos tardíos, 3 o 4 meses después de la sobreexposición, se puede desarrollar una neumonitis caracterizada por alteraciones en los tejidos, colapso del equilibrio osmótico en los capilares, expansión irregular de las paredes del pulmón y paso de sangre al alveolo. Cuando se sobrevive la fase de la neumonitis, por lo general se presenta una fibrosis pulmonar que puede conducir a la falla respiratoria y ocasionalmente a la muerte.

MÉDULA ESPINAL

Un primer efecto de la irradiación de la médula con dosis mayores de 500 rads (5 Gy) es la pérdida de la mielina que cubre las prolongaciones de las células

nerviosas, lo que causa a las pocas semanas de la irradiación pérdida de insensibilidad y adormecimiento de las extremidades. Si la médula recibe dosis cercanas a 2 000 rads (20 Gy), se produce la parálisis, un daño irreversible.

SISTEMA DIGESTIVO

La pared interna del intestino está recubierta de células que se renuevan continuamente. Como respuesta inmediata a la irradiación se reduce el número de estas células y se deteriora el proceso de absorción que normalmente ocurre en él. Si el daño es limitado (menos de 100 rads ó 1 Gy) es posible que después de leves trastornos intestinales (náusea y diarrea) el organismo repare el daño y regrese a la normalidad. Esto no sucede si la dosis es superior a 700 rads (7 Gy). En este caso se producen ulceraciones en la pared interior, con riesgo de infección, pudiendo presentarse perforación intestinal y severas hemorragias.

La utilización de fuentes y equipos por el personal vinculado al uso de los mismos, para diferentes tipos de estudios y tratamientos, en la rama médica principalmente, debe ser atendida con énfasis en la protección del personal, para ello se debe evaluar periódicamente el comportamiento de la dosis recibida por los mismos.

CLASIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE ZONAS

Clasificación de los lugares de trabajo, considerando el riesgo de exposición y la probabilidad y magnitud de las exposiciones potenciales, en las siguientes zonas:

ZONA CONTROLADA. Zona en la que exista la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv/año oficial o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalentes para cristalino, piel y extremidades.

También tienen esta consideración las zonas en las que sea necesario seguir procedimientos de trabajo, ya sea para restringir la exposición, evitar la dispersión de contaminación radiactiva o prevenir o limitar la probabilidad y magnitud de accidentes radiológicos o sus consecuencias. Se señala con un trébol verde sobre fondo blanco.

Las zonas controladas se pueden subdividir en:

- **ZONA DE PERMANENCIA LIMITADA.** Zona en la que existe el riesgo de recibir una dosis superior a los límites anuales de dosis. Se señala con un trébol amarillo sobre fondo blanco.
- **ZONA DE PERMANENCIA REGLAMENTADA.** Zona en la que existe el riesgo de recibir en cortos periodos de tiempo una dosis superior a los límites de dosis. Se señala con un trébol naranja sobre fondo blanco.

- ZONA DE ACCESO PROHIBIDO. Zona en la que hay riesgo de recibir, en una exposición única, dosis superiores a los límites anuales de dosis. Se señala con un trébol rojo sobre fondo blanco.
- ZONA VIGILADA. Zona en la que, no siendo zona controlada, exista la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 1 mSv/año oficial o una dosis equivalente superior a 1/10 de los límites de dosis equivalente para cristalino, piel y extremidades. Se señala con un trébol gris/azulado sobre fondo blanco.



FIGURA 2 Algunas de las señales empleadas para la identificación de zonas según sus riesgos en las instalaciones nucleares y radiactivas ^{1, 19 y 20}.

CLASIFICACION DE PERSONAS OCUPACIONALMENTE EXPUESTAS (POE)

Se consideran Personas Ocupacionalmente Expuestas aquellas personas que, por las circunstancias en que se desarrolla su trabajo, bien sea de modo habitual, bien sea de modo ocasional, están sometidos a un riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes susceptibles de entrañar dosis anuales superiores a un décimo de los límites de dosis anuales fijados para los trabajadores.

DOSIMETRIA PERSONAL

La dosimetría Personal consiste en medir, persona a persona, la dosis que recibe en su trabajo diario; además, nos sirve de base para evaluar de manera inmediata el grado de eficacia de los sistemas de Protección Radiológica.

METODOS MAS USUALES PARA LLEVAR A CABO UNA DOSIMETRIA PERSONAL

- Dosimetría de cámara de ionización (Dosímetro de Bolsillo).
- Dosimetría de Película Fotográfica (Filme).
- Dosimetría de Termo luminiscencia (TLD).

DOSIMETRÍA DE CÁMARA DE IONIZACIÓN (DOSÍMETRO DE BOLSILLO)

Poseen una apariencia externa de un lapicero y se usan para obtener, de manera inmediata, el valor de la exposición a que se ha estado sometido. El modelo más usual en cámaras de ionización de bolsillo, sirve para evaluar radiación gamma y para las partículas beta que atraviesen las paredes de la cámara.

DOSIMETRÍA DE PELÍCULA FOTOGRÁFICA (FILME)

Están basados en los mismos principios que las películas fotográficas impresionadas por acción de la luz o que la de las radiografías con rayos X. Mediante un proceso químico denominado de revelado, se puede poner de manifiesto la imagen latente dejada por la radiación en la película dosimétrica. Las radiaciones transfieren energía a la emulsión excitando a los electrones, formando átomos de plata, patentizando el ennegrecimiento aparecido en la película por efecto de las radiaciones y no apreciable a simple vista.

DOSIMETRÍA DE TERMO LUMINISCENCIA (TLD)

La Termo luminiscencia es una característica física de ciertos materiales cristalinos llamados fósforos. Ellos absorben energía de la radiación ionizante y liberan esta en forma de luz cuando son calentados a temperaturas superiores a 200 grados Centígrados La intensidad de luz puede ser medida y relacionada con la dosis de radiación. Varias formas de fósforo son utilizadas como dosímetros termo luminiscentes, por ejemplo, el Fluoruro de Litio (LiF) y Borato de Litio (LiB) los cuales tienen una respuesta lineal entre los 100 mSv y los 5 Sv. El LiF y el LiB son aproximadamente tejido equivalente y son usados en dosímetros que no requieren sistemas complejos de filtros.

MEDIDA DE LA EXPOSICIÓN EXTERNA

La magnitud de las dosis potenciales y el tipo de dosímetro usado influye en el período de portación, esto es con cuanta frecuencia se debe cambiar el dosímetro.

Los dosímetros pasivos (no de lectura directa) deben ser portados por períodos no cortos (por ejemplo, cuatro semanas), cuando hay riesgo de exposiciones muy grandes. Los dosímetros de cuerpo entero deben sujetarse sobre la ropa entre el cuello y el pecho. Cuando se usa ropa protectora. Es necesario que el lugar en donde se sujeta el dosímetro esté libre de monedas u otros elementos.

Los trabajadores se consideraran expuestos cuando puedan recibir dosis superiores a 1 mSv por año oficial y se clasificaran en dos categorías:

Categoría A. Personas que, por las condiciones en que se realiza su trabajo, pueden recibir una dosis 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. Personas que, por las condiciones en que se realiza su trabajo, es muy improbable que reciban dosis superiores a 6 mSv por año oficial o 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades.

VIGILANCIA INDIVIDUAL

Está en función de la categoría del trabajador y de la zona.

TRABAJADORES EXPUESTOS DE CATEGORÍA A Y EN LAS ZONAS CONTROLADAS

Es obligatorio el uso de dosímetros individuales que midan la dosis externa, representativa de la dosis para la totalidad del organismo durante toda la jornada laboral. Las dosis recibidas por los trabajadores expuestos deben determinarse cuando las condiciones de trabajo sean normales, con una periodicidad no superior a un mes para la dosimetría externa.

TRABAJADORES EXPUESTOS DE CATEGORÍA B

Las dosis recibidas se pueden estimar a partir de los resultados de la vigilancia del ambiente de trabajo.

REGÍSTR0 DE DATOS

POSIBILIDAD DE EXPOSICIÓN	1 mSv < DOSIS ANUAL ≤ 6 mSv	DOSIS ANUAL > 6 mSv
Clasificación de trabajadores	Clase B	Clase A
Clasificación de zonas	Vigilada	Controlada
Vigilancia del ambiente de trabajo	Sí Dosimetría de área	Sí Si hay riesgo de contaminación: EPI y detectores de radiación obligatorios
Vigilancia individual	No	Sí Dosimetría personal
Vigilancia específica de la salud	No	Sí Inicial y anual

TABLA 5.

Nota: Por debajo de una dosis anual de 1 mSv se considera que no hay exposición

NIVELES DE DOSIS PARA CLASIFICACIÓN DE LOS TRABAJADORES

CLASIFICACIÓN DEL PERSONAL	DOSIS EFECTIVA	DOSIS EN CRISTALINO	DOSIS EN PIEL Y EXTREMIDADES
Trabajador expuesto de categoría A	>6 mSv/año	>45 mSv/año	>150 mSv/año
Trabajador expuesto de categoría B	<6 mSv/año	<45 mSv/año	<150 mSv/año
Trabajador no expuesto (miembro del público)	<1 mSv/año	<15 mSv/año	<50 mSv/año

TABLA 6 El Sievert es la unidad de dosis efectiva. 1 Sievert equivale a 100

Rem. 1 Sv equivale a 1000 mSv²¹.

En el caso del trabajador expuesto de la categoría A, se registrarán las dosis mensuales, las dosis acumuladas durante el año oficial y las dosis acumuladas durante cada periodo de cinco años oficiales consecutivos, así como las dosis recibidas a causa de exposiciones especialmente autorizadas y las debidas a exposiciones de emergencia. El Historial dosimétrico del trabajador expuesto de la categoría A, deberá figurar en el Historial médico del trabajador

En el caso del trabajador expuesto de la categoría B, el historial dosimétrico deberá incluir como mínimo las dosis anuales determinadas o estimadas, así

como las dosis recibidas a causa de exposiciones especialmente autorizadas y las debidas a exposiciones de emergencia.

El trabajador expuesto que lo sea en más de una instalación radiactiva, deberá comunicarlo y proporcionar las dosis recibidas en cada uno de los centros de trabajo al responsable de la protección radiológica, con el fin de que en todos ellos conste de forma completa y actualizada su historial.

Para una población global el riesgo de cáncer se incrementa en un 10% cuando se recibe una dosis única de 1 Sv (1000 mSv). Si se limita al adulto de edad media el riesgo llega al 1% ⁷.

La vigilancia radiológica individual se establece con el fin de realizar consideraciones higiénico-radiológicas y tomar medidas preventivas y correctivas acerca de las exposiciones profesionales del personal que labora con radiaciones ionizantes. Esta se sustenta sobre la base del control dosimétrico de los trabajadores expuestos, y es el medio por el cual se pueden realizar estas valoraciones y relacionarlas con el estado de salud del personal monitoreado ²².

Está determinado que a cualquier dosis asociada a un evento específico como un estudio radiológico, su repetición en el tiempo futuro acumula el daño asociado y aumenta la probabilidad de aparición de cáncer. La frecuencia en el sexo femenino por la presencia del cáncer de mama y factores hormonales no bien aclarados.

Un factor técnico está dado por los valores absolutos de radiación profunda recibidos como consecuencia del menor diámetro corporal. Así, en estudios experimentales, se constata que para un adulto de 30 cm de diámetro abdominal la dosis profunda en su centro geométrico es del 50% ⁷.

DOSIS EFECTIVAS DE DIVERSOS ESTUDIOS RADIOLÓGICOS

PROCEDIMIENTO DIAGNÓSTICO	DOSIS EFECTIVA (mSv)	No. Rx DE TÓRAX	RADIACIÓN NATURAL
Tórax	0.02	1.0	3 días
Extremidades	0.02	0.5	1.5 días
Cráneo	0.02	3.5	11 días
Columna Dorsal	0.70	35	4 meses
Columna Lumbar	1.30	65	7 meses
Abdomen	1.00	50	6 meses
Pelvis	0.70	35	4 meses
Urografía	2.50	125	14 meses
Enema Opaco	7.00	350	3.2 años
TC de Cráneo	2.30	115	1 año
TC de Tórax	8.00	400	3.6 años
TC de Abdomen	10.00	500	4.5 años

TABLA 7. Relaciona la dosis recibida en diferentes procedimientos diagnósticos a un número similar de radiografías de tórax y radiación por fuentes naturales ⁷.

NOTA: Se usa la radiología de tórax como referencia por ser más frecuente y por requerir baja dosis de radiación.

Se estima que el riesgo adicional de cáncer por la práctica de una radiografía es de 1/1.000.000. Y el de una Tomografía Computarizada, por ejemplo de abdomen, supone un incremento de 1/2000. Considerando que el riesgo de la población general de padecer cánceres de un 25% el incremento por estudios radiológicos es escasamente significativo, de forma que, para un caso concreto el balance beneficio-riesgo favorece abrumadoramente al beneficio. Sin embargo, este factor, casi despreciable, cuando se multiplica por el formidable número de estudios anuales practicados a la población se convierte en estadísticamente significativo. Por ello hoy se admite que la irradiación diagnóstica con fines médicos supone un riesgo de Salud Pública ²³.

Los seres humanos están sometidos a las radiaciones procedentes del fondo natural, así como al fondo derivado de las actividades humanas.

En el medio laboral, las radiaciones podrían deteriorar la salud en forma paulatina y generar un fenómeno conocido como ausentismo, definido como la diferencia entre el tiempo de trabajo que se cuenta de modo individual y el realizado. Valorarlo estadísticamente es, en cierta manera, transformar en cifras, el estado de salud de una colectividad trabajadora ²⁴.

La radiación natural se debe a tres causas: la radiación cósmica, los elementos radiactivos contenidos en la corteza terrestre, y los isótopos radiactivos presentes en el propio organismo de los individuos. La dosis recibida a causa de este fondo natural varía mucho de unos a otros puntos de la Tierra; por ejemplo, en alguna región de Brasil llega a alcanzar 76 mSv/año.

De acuerdo con el informe del Consejo de Seguridad Nuclear la dosis que en promedio recibe una persona, por causas naturales, es de 2,41 mSv/año. Esta dosis se reparte, aproximadamente, en: 0,35 mSv/año a causa de la radiación cósmica, 0,45 mSv/año por la radiación del suelo, 1,26 mSv/año por la inhalación del radón, 0,34 mSv/año por los isótopos incorporados al organismo y 0,01 mSv/año por el poso radiactivo de los experimentos nucleares.

La dosis recibida como consecuencia de las actividades humanas depende en gran medida de las vicisitudes por las que atraviesan las personas. Por ejemplo, una persona que hiciera viajes en avión para recorrer 25.000 km. al año recibiría 1 mSv más que otra persona que llevara el mismo régimen de vida y que no volara nunca. Entre todas las fuentes de irradiación de este tipo la más importante es la contribución debida a las exploraciones radiológicas con fines médicos, la cual varía considerablemente entre distintas personas: en una radiografía de tórax se recibe una dosis de 0,05 mSv; en una tomografía computarizada de región lumbar la dosis es de 6 mSv.

En relación con la dosis recibida por la presencia de centrales nucleares, una persona que permaneciera todo el año a una distancia inferior a 2 km. de la central, recibiría una dosis adicional de 0,005 mSv/año; la dosis disminuiría a medida que la persona se alejara de la central, de tal modo que si se mantuviera a una distancia superior a los 10 km. no recibiría dosis adicional alguna.

En el trabajo de Sáenz y Col, realizado en Cuba en el periodo 1991-1994 establecieron: Los TENM (trabajadores expuestos a niveles medibles), con dosis mayores que los 3/10 del límite permisible de dosis vigentes, poseen el peso de la contribución a la dosis colectiva recibida por los trabajadores vigilados en el período, con cerca del 22%. Se realizó un análisis de la repercusión de los resultados del nuevo límite permisible de dosis para la exposición ocupacional. Se recomendó el mejoramiento del sistema dosimétrico y en general del sistema de protección radiológica que incrementen la calidad en el control de la exposición ocupacional en Roentgen diagnóstico médico ¹⁸.

En Nicaragua se han efectuado dos estudios Monográficos de Protección Radiológica, el primero: PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN LAS SALAS DE RADIODIAGNÓSTICO EN LOS HOSPITALES DE LA III REGION. MANAGUA JUNIO A DICIEMBRE DE 1991. Dra. Alba Luz Canales Sánchez y el Dr. Roger I. Cáceres llegaron a la conclusión que: Las normas de Protección Radiológicas establecidas por La ICRP no son cumplidas de manera global por las instituciones hospitalarias que tiene equipo de radiodiagnóstico en Managua.

Tanto los técnicos como radiólogos no cumplen con las normas de protección personal por falta de conocimiento, La infraestructura donde funcionan las salas de radiodiagnóstico no llenan en su mayoría las normas internacionales que rigen estos aspectos

El Segundo Estudio: SITUACIÓN DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN ALGUNAS UNIDADES DE DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES EN MANAGUA. Año 2000 Dra. María Soledad Acuña Silva. Concluye que la Situación de protección radiológica en las unidades encuestadas es deficiente, caracterizada por la falta de cumplimiento del reglamento Técnico de la República de Nicaragua y en el aseguramiento básico de los medios de protección. Hay falta de conocimiento científico suficiente en el personal acerca de los factores de riesgo que entrañan la radiación ionizante.

Se encuentra establecido que todos los trabajadores expuestos a Radiaciones Ionizantes deben recibir capacitación, adiestramiento así como realización periódica de exámenes médicos al menos cada doce meses ^{25, 26}.

Este incluye examen de laboratorio: recuento de hematíes, cifra de hemoglobina, hematocrito, recuento de leucocitos, recuento de plaquetas; pruebas bioquímicas como urea, glucosa, ácido úrico y creatinina ^{8, 26}.

REDUCCION DE LA EXPOSICION

La reducción de dosis por irradiación externa puede lograrse aumentando la distancia respecto a las fuentes, interponiendo blindajes o disminuyendo el tiempo de exposición.

La protección contra las radiaciones ionizantes incluye una serie de medidas de tipo general que afectan a cualquier instalación radiactiva y a una serie de medidas específicas de acuerdo con el tipo de radiación presente en cada caso. Sin embargo, en el trabajo con radiaciones ionizantes deben considerarse unos principios básicos, tales como que el número de personas expuestas a radiaciones ionizantes debe ser el menor posible y que la actividad que implique dicha exposición debe estar plenamente justificada de acuerdo con las ventajas que proporciona. Asimismo, todas las exposiciones se mantendrán al nivel más bajo que sea razonablemente posible, sin sobrepasarse en ningún caso los límites anuales de dosis legalmente establecidos.

NORMAS ESPECÍFICAS DE PROTECCIÓN CONTRA RADIACIONES IONIZANTES

LIMITACIÓN DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN La dosis recibida es directamente proporcional al tiempo de exposición, por lo que, disminuyendo el tiempo,

disminuirá la dosis. Una buena planificación y un conocimiento adecuado de las operaciones a realizar permitirán una reducción del tiempo de exposición.

DISTANCIA

En el caso de fuentes puntuales (fuentes de pequeño tamaño comparado con las distancias a las que pueden estar las personas) las dosis de radiación dependen inversamente del cuadrado de la distancia a que se encuentran de la fuente. Una duplicación de distancia significa una reducción de dosis a la cuarta parte. Un incremento de distancia de 10 veces implica una reducción de dosis de 100 veces.

BLINDAJE

La interposición de material entre las fuentes de radiación y las personas constituye un importante medio para reducir las dosis de radiación. Las características del blindaje dependen de la naturaleza de la radiación y de la intensidad del haz ²⁷.

Para ciertas fuentes radiactivas la utilización de pantallas de protección permite una reducción notable de la dosis recibida por el operador. Existen dos tipos de pantallas o blindajes, las denominadas barreras primarias (atenúan la radiación del haz primario) y las barreras secundarias (evitan la radiación difusa).

Existen medios físicos para asegurar un tiempo mínimo de exposición como son, por ejemplo, que las barreras de protección estén colocadas para mantener alejadas de las zonas peligrosas a las personas, o que los materiales de blindaje estén en sus lugares antes de la exposición de la fuente.

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)

Conjunto de elementos y dispositivos de uso personal, diseñados específicamente para proteger al trabajador contra accidentes y enfermedades que pudieran ser causados con motivo de sus actividades de trabajo. En caso de que en el análisis de riesgo se establezca la necesidad de utilizar ropa de trabajo con características específicas, ésta será considerada equipo de protección personal ²⁸.

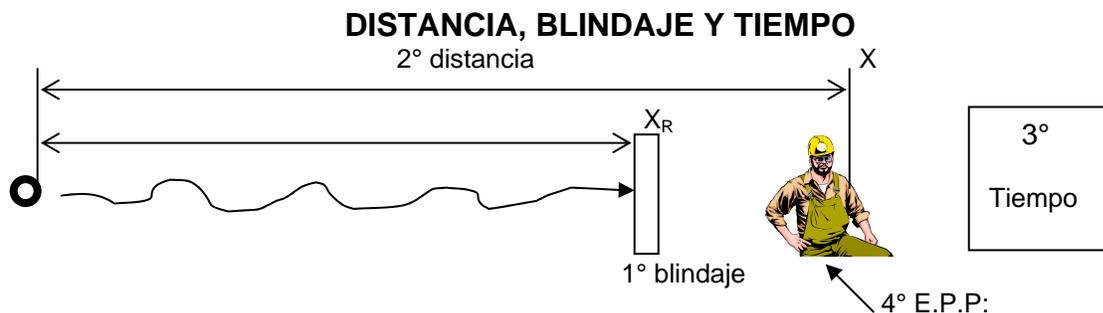


FIGURA 3. Distancia, blindaje y tiempo, los tres factores de protección contra la irradiación externa ¹⁹.

4. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, la irradiación médica ocupa el primer lugar entre las fuentes artificiales de exposición del ser humano ⁹.

Si bien existen estudios previos relacionados con efecto cromosómico asociado a tiempo de exposición o cambios hematológicos, hasta nuestro conocimiento no se ha estudiado asociación entre dosis de radiación, tiempo de exposición, estado clínico del trabajador y la utilización de medidas preventivas.

Estudios previos realizados con algunos de estos parámetros carecen de validez estadística y metodológica.

Desconocemos estado cognoscitivo de la población trabajadora en relación a efectos de las radiaciones ionizantes a la salud y medidas preventivas.

Ignoramos la eficiencia en la realización de medidas preventivas en los trabajadores.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los estudios que se han realizado entre la exposición a Radiaciones Ionizantes y la presencia de alteraciones clínicas, no han ofrecido una relación clara de la asociación entre éstas variables. No se tiene una prevalencia en la Población Ocupacionalmente Expuesta y la presencia de patología, por lo que consideramos adecuado la realización de éste estudio, por lo tanto nuestra pregunta sería:

¿Cuáles son las alteraciones clínicas más frecuentes por exposición a radiaciones ionizantes y su asociación con factores sociodemográficos y laborales en el Personal Ocupacionalmente Expuesto del Hospital General de Zona No. 32 “Villa Coapa”?

6. OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar posibles daños a la salud que presenta el Personal Ocupacionalmente Expuesto a radiaciones ionizantes de los departamentos de radiología y Traumatología y Ortopedia del Hospital General de Zona No. 32 “Villa Coapa”.

6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar las características generales del personal ocupacionalmente expuesto a Radiaciones Ionizantes en el Hospital General de Zona No. 32 “Villa Coapa”.
- Conocer la dosimetría obtenida periódicamente en las personas ocupacionalmente expuestas durante el primer semestre del 2008.
- Determinar el uso adecuado de Radioprotectores.
- Determinar la protección contra las Radiaciones Ionizantes que ofrecen las instalaciones de radiodiagnóstico.

7. HIPÓTESIS

HIPÓTESIS No. 1

Si los trabajadores presentan mayor número de exposiciones a radiaciones ionizantes, entonces tendrán un aumento en la presencia de sintomatología específica.

HIPÓTESIS No 2.

A mayor antigüedad laboral en el puesto de trabajo se encontrará entonces una mayor frecuencia de sintomatología específica.

HIPÓTESIS No. 3

Si los trabajadores presentan mayor número de exposiciones a radiaciones ionizantes, entonces esto provocará mayor concentración de radiaciones ionizantes en los dosímetros personales.

HIPÓTESIS No. 4

A mayor concentración de radiaciones ionizantes producirá entonces mayor frecuencia de sintomatología específica en los trabajadores.

HIPÓTESIS No. 5

La falta de uso de equipo de protección personal por los trabajadores producirá mayor concentración de radiaciones ionizantes en los dosímetros personales.

HIPÓTESIS No. 6

El personal de salud no expuesto a radiaciones ionizantes presenta menor frecuencia de sintomatología específica, que aquellos que se encuentran expuestos a las radiaciones ionizantes.

8. MATERIAL Y METODOS

8.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Descriptivo, observacional, transversal retrospectivo y prolectivo.

8.2 UNIVERSO DE TRABAJO

Lo constituye el Personal ocupacionalmente expuesto (POE) a Radiaciones Ionizantes de los departamentos de Radiología y Traumatología y Ortopedia del Hospital General de Zona No. 32 “Villa Coapa”.

8.3 MUESTRA

La conforman sujetos elegibles que trabajan en el departamento de Radiología y Traumatología y Ortopedia que cumplan los criterios de inclusión.

8.4 CRITERIOS DE INCLUSION

- Trabajar en el departamento de radiología (técnicos, médicos de base y Operadores de Máquinas de Revelado Automático y personal administrativo del HGZ No. 32 “Villa Coapa”).
- Trabajadores del servicio de Traumatología y Ortopedia (médicos de base del HGZ No. 32 “Villa Coapa”).
- Consentimiento para participar en el estudio.
- Mayores de 18 años.

8.5 CRITERIOS DE EXCLUSION:

- Personal que no haya aceptado participar en el estudio.
- Personal Menor de 18 años.
- Personal femenino con embarazo ó sospecha del mismo.

8.6 CRITERIOS DE ELIMINACION

- Trabajadores con menos de un mes de iniciar a laborar en el área.
- Trabajadores del área de Radiodiagnóstico con uso inconstante del dosímetro.
- Trabajadores que tengan exposición similar en un segundo trabajo.

8.7 VARIABLES DE ESTUDIO

- EXPOSICIÓN A RADIACIONES IONIZANTES
- EDAD
- PUESTO DE TRABAJO
- ANTIGÜEDAD EN EL PUESTO DE TRABAJO
- USO DE RADIOPROTECTORES
- SINTOMATOLOGÍA
- BIOMETRÍA HEMÁTICA

8.8 DEFINICIÓN CONCEPTUAL Y OPERACIONAL DE LAS VARIABLES

- **EXPOSICIÓN A RADIACIONES IONIZANTES**

DEFINICIÓN CONCEPTUAL:

Aquél trabajador que en ejercicio y con motivo de su ocupación está expuesto a radiaciones ionizantes o a la incorporación de material radiactivo ²⁰.

DEFINICIÓN OPERACIONAL:

Se consideró expuesto a aquel trabajador, que dentro de su actividad en el puesto de trabajo, estuvo en contacto con Radiaciones Ionizantes

ESCALA DE MEDICIÓN:

Variable cualitativa nominal dicotómica.

INDICADOR:

Médico Radiólogo, Médico Traumatólogo y Ortopedista, Técnico Radiólogo, Operador de Máquinas de Revelado Automático y Administrativos del área de Radiología.

- **EDAD**

DEFINICIÓN CONCEPTUAL:

Tiempo que ha vivido una persona, contando desde su nacimiento hasta el momento del estudio ²⁹.

DEFINICIÓN OPERACIONAL:

La edad se obtuvo en años.

ESCALA DE MEDICIÓN:

Variable cuantitativa numérica continua.

INDICADOR:

Años.

- **PUESTO DE TRABAJO**

DEFINICIÓN CONCEPTUAL:

Conjunto de actividades que son efectuadas por un trabajador de una categoría laboral determinada, que implica un tiempo y espacio específico.

DEFINICIÓN OPERACIONAL:

Se consideró en cuál de los puestos de trabajo desempeñó el trabajador sus actividades.

ESCALA DE MEDICIÓN:

Variable cualitativa nominal politómica.

INDICADOR:

Técnico radiólogo, Operador de Máquina de Revelado Automático, administrativos de área de radiología e imagen, médico radiólogo, médico traumatólogo.

- **ANTIGÜEDAD EN EL PUESTO DE TRABAJO:**

DEFINICIÓN CONCEPTUAL:

Tiempo que transcurre desde el día que se empieza a laborar en un puesto específico, hasta el momento del estudio ²⁹.

DEFINICIÓN OPERACIONAL:

El dato se obtuvo en listas de cotejo otorgadas por los jefes de servicio correspondientes y del propio trabajador.

ESCALA DE MEDICIÓN:

Variable cuantitativa numérica continua.

INDICADOR:

Años.

- **USO DE RADIOPROTECTORES**

DEFINICIÓN CONCEPTUAL:

Uso personal de instrumentos que se utilizan con el fin de protegerse de las radiaciones ionizantes.

DEFINICIÓN OPERACIONAL:

El dato se obtuvo directamente por medio del cuestionario que se aplicó.

ESCALA DE MEDICIÓN:

Variable cualitativa nominal dicotómica.

INDICADOR:

Ninguno, mandil, guantes, cuelleras, goggles protectores contra radiaciones ionizantes y protectores gonadales

- **SINTOMATOLOGÍA**

DEFINICIÓN CONCEPTUAL:

Conjunto de síntomas que caracterizan una enfermedad ²⁹.

DEFINICIÓN OPERACIONAL:

El dato se obtuvo del cuestionario aplicado al personal de salud participante.

ESCALA DE MEDICIÓN:

Variable cualitativa nominal politómica.

INDICADOR:

Fatiga, estreñimiento, piel seca, caída de cabello, disminución de la agudeza visual, pérdida de peso ó aumento de peso.

- **BIOMETRÍA HEMÁTICA**

DEFINICIÓN CONCEPTUAL:

Conteo de las células de la sangre, de la hemoglobina y número de plaquetas, es un indicador que permite conocer la existencia de anemia, infección y de otros procesos patológicos.

DEFINICIÓN OPERACIONAL:

Los resultados se recabaron del reporte que entrega el laboratorio.

ESCALA DE MEDICIÓN:

Variable cuantitativa numérica continua.

INDICADOR:

Hemoglobina, hematocrito, eritrocitos, leucocitos y plaquetas.

8.9 PLAN DE ANÁLISIS

Se construyó una base de datos en excel y se analizó de forma descriptiva determinando las medias y desviaciones estándar.

Posteriormente se realizó análisis estadístico con las pruebas de chi cuadrada para variables cualitativas y t de student para variables cuantitativas.

8.10 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO

El estudio incluyó a Trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes de los servicios de Radiología y Traumatología y Ortopedia del Hospital General de Zona #32 "Villa Coapa" de las siguientes categorías: Médico Radiólogo, Médico Traumatólogo y Ortopedista, Técnico Radiólogo, Administrativos del área de Radiología y Operadores de Máquinas de Revelado Automático (OMRA).

Se recabó lista de trabajadores activos de las áreas de trabajo que se incluyeron en el estudio con los respectivos jefes de servicio.

A cada trabajador se les otorgó y explicó personalmente en qué consistiría el estudio y se les entregó documento de consentimiento informado, para ser firmado por ellos mismos, posteriormente se les entregó un cuestionario de manera personalizada, para aclarar dudas durante la contestación del mismo, sobre síntomas relacionados con la exposición a radiaciones ionizantes así como toma de una muestra sanguínea para el estudio de Biometría Hemática, para posteriormente dividir por rangos los valores reportados (Hemoglobina, Hematocrito, Eritrocitos, Leucocitos y Plaquetas).

Se les anotó un número de folio a los cuestionarios como a las muestras sanguíneas de acuerdo al área de trabajo.

Una vez concluida la recolección de información en los cuestionarios, acudimos con la jefa del servicio de Radiología e Imagen para recabar reportes dosimétricos de los trabajadores de esa área.

Teniendo toda la información, se capturó en una base de datos.

Se seleccionaron aquellos trabajadores que presentaron datos positivos del cuestionario de síntomas relacionados con la exposición a radiaciones ionizantes, a los cuales se les realizó una entrevista personal para completar la historia laboral y detallar la sintomatología presente.

Se aplicó un cuestionario al personal de salud (médicos, enfermeras y asistentes médicas), no expuestos a radiaciones ionizantes sin considerar toma de muestra sanguínea a fin de realizar una comparación entre ambos grupos sobre la presencia de sintomatología, el cual incluyó datos sobre: edad, puesto de trabajo, presencia de fatiga, estreñimiento, caída de cabello y piel seca. Agregando los resultados a la base de datos.

PRIMERA FASE

Se aplicaron y recopilaron todos los cuestionarios.

Se realizó toma de muestra sanguínea para estudio de Biometría Hemática, en aquellos trabajadores que otorgaron el consentimiento pertinente y se distribuyeron los cuestionarios de acuerdo al área de trabajo.

SEGUNDA FASE

Se dividieron los cuestionarios en los que presentaron sintomatología positiva sugestiva por exposición a radiaciones ionizantes.

Se detectaron aquellos trabajadores que por sintomatología presentaron datos sugerentes de patología tiroidea.

De igual forma se dividieron los resultados de las Biometrías Hemáticas en aquellas que presentaron cambios y las que no.

Se aplicaron y recopilaron cuestionarios aplicados a trabajadores no expuestos a radiaciones ionizantes y se descargaron los datos obtenidos en la base de datos Excel para su análisis y conclusiones.

8.11 RECURSOS HUMANOS

HUMANOS: Residente de segundo año de la Especialidad de Medicina del Trabajo, Médico Especialista en Medicina Interna, Médico Especialista en Traumatología y Ortopedia, asesores de la presente tesis.

MATERIALES: Equipo de cómputo, impresora, USB (Dispositivo de Memoria Portátil), hojas blancas, plumas, lápices, libros y artículos.

FINANCIEROS: Los propios del investigador y del Instituto Mexicano del Seguro Social.

8.12 ESPECIFICACIONES ÉTICAS

El presente estudio sigue los lineamientos que suscribe la declaración de Helsinki en que se protegerá la vida, la salud, la intimidad y la dignidad de los participantes en la investigación. Se respetarán sus derechos para proteger su integridad, resguardándose la intimidad de los individuos, la confidencialidad de la información del paciente para reducir al mínimo las consecuencias de la investigación, sobre su integridad física, mental y su personalidad ³⁰.

Se contó con un cuestionario cuya información individualizada que maneja es confidencial y aunque no se tratarán aspectos íntimos del trabajador, por ética y respeto se manejan discretamente.

Dicho cuestionario personalizado recaba información significativa de daños a la salud y otros como nombre, edad, sexo, puesto de trabajo, antigüedad en el puesto y en la empresa (IMSS), actividad que desempeña así como antecedentes de exposición a radiaciones ionizantes.

Posteriormente se lleva a cabo una toma de muestra sanguínea, todo sin menoscabo de quienes aceptaron participar en éste protocolo, previa información explícita del presente estudio, de significado puramente académico.

Por tal motivo, el presente protocolo de estudio se apega estrictamente a la ética médica por respetar el libre derecho a participar o no en el estudio, por ser inocuo totalmente y por mantener la integridad moral, social, física y emocional de los trabajadores.

9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Investigación de literatura	X	X				
Integración de protocolo		X	X			
Presentación del Protocolo al Comité de Ética			X			
Aplicación de cuestionarios				X		
Toma de muestra sanguínea				X		
Captura de cuestionarios en base de datos				X		
Análisis de cuestionarios y distribución por áreas y puestos.				X		
Análisis estadístico y redacción de resultados					X	
Redacción de Discusión y Conclusiones					X	X
Entrega de resultados						X

10. RESULTADOS

10.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO

La población total de trabajadores de las áreas de Radiología e Imagen y Traumatología y Ortopedia del Hospital General de Zona No. 32 "Villa Coapa" se encuentra formada por 103 trabajadores, de los cuales: 79 trabajadores (76.7%) aceptaron participar en el estudio, 1 trabajador (0.97%) se encontró gozando licencia de ausentismo laboral, 6 trabajadores (5.8%) fueron retirados por estar laborando en un puesto de trabajo similar al que desempeñan en el Hospital General de Zona No. 32 "Villa Coapa", uno de los criterios de eliminación del estudio y 17 trabajadores (16.5%) no aceptaron participar en el estudio. (Tabla 1)

Con respecto al total de trabajadores incluidos en el estudio, 36 (45.6%) pertenecen al área de radiología e imagen y 43 (54.4%) pertenecen a traumatología y ortopedia. (Tabla 2)

Para la edad, podemos observar que el mayor número de trabajadores se encontró entre los 40-49 años de edad con un 38% de la población estudiada. El siguiente grupo corresponde entre los 30-39 años presentando un 29.1%. El grupo de edad que presento menor número de trabajadores fue el de 20-29 años con el 2.5%, con una media de 44 años, mediana de 46 y una desviación estándar de 7.9 (Tabla 3). De acuerdo a área de trabajo observamos que para radiología e imagen el mayor número de trabajadores es entre las edades de 40-49 años con un 41.7%, con una media de 46 años, mediana de 47 y una desviación estándar de 8.2. Con respecto a traumatología y ortopedia el mayor número de trabajadores presenta entre 30-39 años de edad con un 41.9%, una media de 43 años, mediana de 43 y una desviación estándar de 7.6 (Tabla 4).

En puestos de trabajo tenemos a 43 (54.4%) médicos traumatólogos, 24 (30.4%) técnicos radiólogos, 5 (6.3%) administrativos, 4 (5.1%) médicos radiólogos y 3 (3.8%) OMRA (Operador de Máquina de Revelado Manual). (Tabla 5)

ANTIGÜEDAD LABORAL

La mayor parte del total de participantes con un 41.8% presentan de 17-24 años de antigüedad, el 31.6% de 9-16 años, el 17.7% menos de 8 años y el 8.9% más de 25 años con una media de 15.8 años y mediana de 17. Por área de trabajo el 47.2% tienen una antigüedad de 17-24 años una media de 19.5 años, mediana de 20 y una desviación estándar de 6.4; en traumatología y ortopedia el 44.2% presentan de 9-16 años de antigüedad con una media de 12.9 años, mediana de 13 y una desviación estándar de 5.9. (Tablas 6 y 7).

EPP

La población de trabajadores que utilizan equipo de protección personal (EPP), la mayor proporción con 52 trabajadores siendo el 65.9%, no utilizan algún tipo de trabajadores con el 32.9% utilizan mandil de toda la población estudiada. De lo que podemos encontrar que del área de radiología e imagen 24 trabajadores (30.4%) usan mandil y de traumatología y ortopedia sólo 2 trabajadores (2.5%) lo usan. (Tablas 8 y 9)

DISTANCIA DE LA FUENTE RADIATIVA

En relación a la distancia de la fuente radiactiva a la que se colocan los trabajadores durante el disparo de rayos X, 34 (43%) refieren situarse a menos de 1 metro de distancia y sólo 7 (8.9%) se sitúan a más de 5 metros de distancia, con una media de 3 metros y una desviación estándar de 1.1. Entre los que encontramos que de los de radiología e imagen 2 trabajadores (2.5%) se colocan a menos de 1 metro y de traumatología y ortopedia lo hacen 32 trabajadores (40.5%). (Tablas 10 y 11)

La distancia que guardan los trabajadores por puesto de trabajo, encontramos que 13 técnicos radiólogos (36.1%) se sitúa de 3-4 metros de distancia de la fuente radiactiva, 3 médicos radiólogos (8.3%) lo hacen a la misma distancia, el personal administrativo a más de 5 metros y los Operadores de Máquina de Revelado Automático lo hacen entre los 3-4 metros (8.3%). (Tabla 12)

La distancia que guarda el personal de traumatología y ortopedia de la fuente radiactiva el 74.4% (32 trabajadores) la mantienen a menos de 1 metro. (Tabla 13)

NÚMERO DE EXPOSICIONES

El número de exposiciones que presentan los trabajadores por semana tenemos que: 44 (55.7%) trabajadores manifiestan que tienen entre 1-4 exposiciones y en menor proporción 4 de ellos manifiestan tener de 10-14 exposiciones, una media de 6.9 exposiciones por semana, mediana de 4 y una desviación estándar de 6. (Tabla 14)

Con respecto a área de trabajo encontramos que en radiología e imagen tienen una media de exposición de 8 veces por semana, mediana de 4 con una desviación estándar de 7.6; para Traumatología y Ortopedia una media de 5.9, mediana de 4 y una desviación estándar de 4.13. (Tabla 15)

ESTADO CLÍNICO LABORAL

De los trabajadores incluidos en el presente estudio, a ningún participante se les detectó patología sugestiva oncológica, 47 trabajadores (59.5%) no presentan alguna sintomatología y las que se presentaron de manera más importante fueron: 18 (22.8%) con fatiga y 9 (11.4%) con caída de cabello. (Tabla 16).

Los puestos de trabajo afectados por fatiga son: médicos traumatólogos en un 55.6% (10 trabajadores), técnicos radiólogos en un 27.8% (5 trabajadores); afectados con la presencia de caída de cabello, los más afectados con un 44.4% son los técnicos radiólogos (4 trabajadores), seguido del personal administrativo del área de radiología e imagen con un 22.2% y Operadores de Máquina de Revelado Automático en igual proporción con un 22.2%; piel seca únicamente se observa en trabajadores del área de radiología e imagen. (Tabla 17)

Continuando con el análisis de la presencia de sintomatología en el caso de la edad, la fatiga se encuentra en un 50% entre los 40-49 años, con una media de 43 años y una desviación estándar de 7, en este mismo rango de edad se encuentran los trabajadores con caída de cabello, con una media de 45 años y una desviación estándar de 6. (Tabla 18)

Comparando la antigüedad en el puesto de trabajo la presencia de las principal sintomatología es: fatiga en aquellos que tienen entre 9-16 años con un 44.4%, caída de cabello entre los 9-16 años y 17-24 años con un 33.3% cada uno. (Tabla 19)

Los afectados por la fatiga en un 50% han tenido de 1-4 exposiciones por semana con una media de 6 exposiciones y desviación estándar de 5.7, caída de cabello en un 55.6% con una media de 9 exposiciones y una desviación estándar de 8.8, el estreñimiento en un 66.7%, una media de 9 exposiciones y una desviación estándar de 10.9 y piel seca en el 50% de los casos con una media de 12 exposiciones y una desviación estándar de 13.4. (Tabla 20)

CONCENTRACIÓN DE RADIACIÓN IONIZANTE

Estudiando únicamente a los trabajadores del área de radiología e imagen, las concentraciones de radiaciones ionizantes se encuentran en un 40% entre los 17.00-18.9 mR en un 30% entre los 15.00-16.9 mR, con una media de 18 mR y una desviación estándar de 2, de un total de 20 dosímetros reportados por el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) en el periodo comprendido de noviembre del 2007 a febrero del 2008. Cabe mencionar que solo se cuentan con 20 reportes de dosimetrías ya que 8 trabajadores extraviaron su dosímetro, los 8 reportes restantes por ser trabajadores administrativos y Operadores de Máquinas de Revelado Automático no son dotados con dosímetros al igual que los 43 trabajadores del área de traumatología y ortopedia. (Tabla 21)

Con el uso de EPP encontramos que en un 38.9% (7 trabajadores), presentan una concentración entre 17.00-18.9 mR de un total de 18 trabajadores con uso del EPP con una media de 18.22mR y una desviación estándar de 1.8 (Tabla 22).

Con respecto al número de exposiciones por semana de radiaciones ionizantes tenemos que: de 1-4 veces el 77.8%, una media de 17.6mR y una desviación estándar de 0.93, presentan una concentración entre 17.00-18.9 mR de un total de 9 casos, de más de 20 veces en un 42.8% presentan entre 19.00-20.9 mR de un

total de 7 casos con una media de 18.4 mR y una desviación estándar de 1.9 (Tabla 23).

De acuerdo a la presencia de sintomatología lo más representativo en este grupo de trabajadores, encontramos que la fatiga se encuentra presente con una concentración de 15.00-16.9 mR en un 75% con una media de 16.5 mR y desviación estándar de 0.71; la caída de cabello está presente con concentraciones entre los 15.00-16.9 mR en un 66.7% con una media de 16.7 mR y una desviación estándar de 1.6 (Tabla 24).

Del total de trabajadores que se incluyeron en el estudio el 81% (64 trabajadores) aceptó la toma de muestra sanguínea y el 19% (15 trabajadores) no lo aceptó. En relación a los que aceptaron la toma de muestra sanguínea de radiología e imagen fue un total del 97.2% (35 trabajadores) y de traumatología y ortopedia el 67.4% (29 trabajadores). (Tablas 25 y 26)

Al obtener los resultados de las biometrías hemáticas encontramos que la alteración sanguínea en un 42.2% (27 trabajadores) fue la presencia de eritrocitos elevados con una media de 5.54×10^6 y una desviación estándar de 0.38, el 51.9% (14 trabajadores) pertenecen al área de radiología e imagen y el 48.1% (13 trabajadores) de traumatología y ortopedia, el resto de la cuenta celular se encontró en rangos normales: Hemoglobina con una media de 12.35 g/dL y una desviación estándar de 0.93; Hematocrito con una media de 37.81% y una desviación estándar de 0.56; Leucocitos con una media de 6.80 K/ul y una media de 0.87 y Plaquetas con una media de 293.28×10^3 y una media de 36.19. (Tabla 27 Y 28)

De los puestos de trabajo que presentaron mayor alteración podemos observar que son los médicos traumatólogos y ortopedistas con un 48.2% (13 trabajadores) y técnicos radiólogos con un 33.3% (9 trabajadores). De los cuales el 100% (13 trabajadores) son hombres médicos traumatólogos y ortopedistas y del área de radiología e imagen el 71.4% (10 hombres) son hombres y el 28.6% (4 mujeres). (Tabla 29)

10.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

10.2.1 PRUEBA CHI CUADRADA

Con respecto al número de exposiciones a radiaciones ionizantes por semana, tenemos que, de 1-4 veces de exposición se presentó el grupo con ausencia de sintomatología con 27 trabajadores (57.5%) y para el grupo con presencia de sintomatología de 1-4 veces de exposición con 17 (53.1%), ($p=0.044$). (Tabla 30)

Referente a la antigüedad de los trabajadores en que se presentó mayor proporción de sintomatología fue de 9-16 años y 14-24 años con 12 trabajadores (37.5%) cada uno de ellos y ausencia de sintomatología con una antigüedad de 17-24 años con 21 trabajadores (44.7%), ($p=0.464$). (Tabla 31)

El puesto de trabajo que presentó mayor número de trabajadores con sintomatología fueron los técnicos radiólogos y médicos de traumatología y ortopedia con 12 (37.5%) cada uno de ellos y con mayor proporción de ausencia de sintomatología fueron de igual forma los médicos traumatólogos con 31 (66%), ($p=0.503$). (Tabla 32)

El grupo de trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes fueron los que presentaron mayor proporción de sintomatología con 32 (80%) y de los no expuestos a radiaciones ionizantes y que presentaron sintomatología fueron 8 (20%), ($p=0.00005$). (Tabla 33)

10.2.2 PRUEBA T DE STUDENT

En relación a la asociación entre la presencia o ausencia de sintomatología con las concentraciones de radiaciones ionizantes reportadas en los dosímetros personales de termoluminiscencia, se encuentra una $p=2.23073E-21$. (Tabla 34)

Respecto a la asociación entre la concentración de radiaciones ionizantes en el personal que utiliza EPP y quien no lo utiliza, obtuvimos una $p=1.22184E-22$. (Tabla 35)

La asociación que se encontró en base al número de exposiciones por semana a las radiaciones ionizantes con la concentración de las mismas, reportadas en el dosímetro personal de termoluminiscencia en mR, tenemos una $p=1.22189E-22$. (Tabla 36)

11. DISCUSIÓN

La sintomatología que detectamos se encuentra comprendida principalmente por fatiga, la cual fue más frecuente en los médicos traumatólogos hombres, ya que la mayor población se encontró formada por este género; caída de cabello más frecuente en el personal femenino de radiología e imagen así como piel seca, con significancia en el análisis estadístico. Ahora bien, nosotros no logramos demostrar que esta sintomatología tuviera relacionado su origen por daño a la glándula tiroidea, ya que no contamos con el apoyo económico para realizar pruebas de función tiroidea y así demostrar alguna alteración a este nivel. Sin embargo, de la encuesta que aplicamos a la población no expuesta a radiaciones ionizantes la presencia de sintomatología fue mínima, por lo que podríamos relacionar la sintomatología con la exposición a radiaciones ionizantes en la Población Ocupacionalmente Expuesta ó debida a estrés laboral o social ²².

Sabemos que los rayos X son responsables de causar leucemia, cáncer de tiroides, cáncer de mama y cáncer pulmonar principalmente, documentado en reporte publicado por El Departamento de Salud de los EUA (Department of Health and Human Services, National Institutes of Health, NIH) ^{18, 31, 32}. Si bien en nuestro estudio no encontramos patologías de esta índole en ningún trabajador activo participante, cabe mencionar que obtuvimos de manera verbal el reporte de 3 trabajadores del área de radiología e imagen con presencia de algún tipo de carcinoma (no se encontraron registros por escrito), ignorando la evolución de la patología y estado de salud actual de los trabajadores, lo que deja abierta la investigación para relacionar estas patologías con la exposición a dichas radiaciones y llevar un seguimiento de las mismas, a fin de determinar una relación causa-efecto.

Está demostrado que los diferentes tipos celulares de nuestro organismo tienen diferentes grados de radiosensibilidad, siendo más susceptibles los linfocitos y las células de la médula ósea. A mayor evolución en una determinada especie, animal o vegetal, mayor radiosensibilidad existirá ³³.

Por lo anterior, llevamos a cabo la valoración de una Biometría Hemática por cada participante que lo aceptó, para observar la concentración de leucocitos, hemoglobina, linfocitos y plaquetas. Al obtener los resultados de las mismas encontramos como única alteración sanguínea, la presencia de eritrocitos elevados, principalmente en los trabajadores del área de radiología e imagen, sin establecer una posible explicación de la correlación causa efecto en las bibliografías consultadas ^{34, 35, 36}. Por lo que existe la posibilidad de alguna irregularidad en la calibración del equipo de laboratorio (instrumento multicanal automatizado). No se requirió en ningún caso la realización de frotis de sangre periférica por ausencia de alteraciones del tipo de pancitopenia.

12. CONCLUSIONES

La sintomatología que se encontró en el presente estudio fue fatiga, predominantemente en los médicos del área de traumatología y ortopedia caída de cabello estreñimiento y piel seca encontradas con mayor frecuencia en el personal del área de radiología e imagen. No encontramos asociación en el análisis estadístico entre puesto de trabajo de los participantes y la presencia de sintomatología.

A mayor antigüedad en el puesto de trabajo se observa mayor fatiga y caída de cabello. Al realiza la asociación entre estas variables como son antigüedad y presencia de sintomatología en el análisis estadístico no logramos detectar alguna asociación, por lo que no se acepta nuestra hipótesis.

Contemplando el número de exposiciones por semana a las radiaciones ionizantes tenemos que a mayor número de exposiciones hay una asociación estadística con la presencia de sintomatología, cumpliéndose nuestra hipótesis.

La asociación estadística del personal no expuesto a radiaciones ionizantes y el personal expuesto a las mismas con la presencia de sintomatología es muy fuerte, es decir, la sintomatología es más frecuente en personal expuesto a radiaciones ionizantes, de esta forma se acepta nuestra hipótesis.

Es importante proporcionar valoraciones de laboratorio y médicas de igual forma al personal de traumatología y ortopedia ya que en base a los resultados encontrados en este estudio, se trata de una población expuesta y con presencia de sintomatología probablemente secundaria a radiaciones ionizantes, al realizar la asociación entre concentración de radiaciones ionizantes y presencia de sintomatología se obtiene una fuerte asociación entre las variables, aceptándose una de nuestras hipótesis.

En relación a la población de trabajadores que utilizan o no equipo de protección personal (EPP), la mayor proporción no utilizan algún tipo de equipo de protección personal contra estas radiaciones.

Del personal del servicio de radiología e imagen que cuentan con dosímetro personal y relacionado al uso de EPP, hay una asociación entre la concentración en parámetros de radiaciones ionizantes y el que utilicen el EPP, pero de esta forma no podemos ni aceptar ni rechazar nuestra hipótesis ya que no toda la población cuenta con dosimetrías personales de igual forma con el número de exposiciones que presentan a la semana.

El empleo de blindaje (plomo y hormigón) entre las fuentes de radiación y la POE, así como el uso de EPP, minimizan el riesgo de irradiación externa ⁴². En el caso

de las instalaciones del área de radiología e imagen se encontraron deficientes probablemente por una falta de mantenimiento.

Por lo anterior es importante considerar la dotación de dosímetros a todo aquel personal ocupacionalmente expuesto, ya que es personal que se desplaza en un área en donde existe dispersión de radiaciones ionizantes en el medio ambiente de trabajo, como es el caso del personal administrativo y Operadores de Máquinas de Revelado Automático.

Cabe mencionar que los datos obtenidos en este análisis, tuvieron la limitación de la muestra poblacional, por lo que existe la posibilidad de que al aumentar la muestra se encontraran los factores asociados fuertemente por la exposición a radiaciones ionizantes o ratifique la no asociación de los factores.

Sin embargo este trabajo cumplió con los objetivos y deja la puerta abierta a siguientes investigaciones así como a consideraciones de las autoridades pertinentes del Instituto Mexicano del Seguro Social que, de no llevar a cabo revisiones y control de la situación, en un futuro tendrá que lidiar con Enfermedades de Trabajo secundarias a exposición de radiaciones ionizantes, repercutiendo a nivel económico de la misma institución, ya que a pesar de no existir un registro estadístico, durante la presente recolección de datos fueron notificados verbalmente casos probables con patologías secundarias a exposición de radiaciones ionizantes.

13. RECOMENDACIONES

1. Realizar un seguimiento de aquellas patologías sugestivamente secundarias a la exposición de radiaciones ionizantes, para llevar un registro de las mismas y corroborar la relación causa-efecto.
2. Velar por el cumplimiento de la normatividad sobre protección radiológica.
3. Dotar de dosímetros al personal administrativo, Operadores de Máquina de Revelado Automático, ya que si bien directamente no se exponen a los rayos x, son trabajadores que se desplazan en el área.
4. Realizar a los trabajadores de Traumatología y Ortopedia valoraciones médicas anuales así como estudios de laboratorio, a fin de detectar patologías propias de la exposición a radiaciones ionizantes.
5. Fincar responsabilidades a la instancia encargada de la lectura de los dosímetros, a fin de que entreguen en forma puntual los reportes de los mismos y en unidades del sistema internacional (SI).
6. Mejorar y dar mantenimiento correctivo a la infraestructura de las salas de radiodiagnóstico.
7. Garantizar la dotación de medios básicos de protección a los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes, tales como guantes, gafas protectoras contra radiaciones ionizantes y cuelleras.

Todo lo anterior para la protección digna del trabajador, para prevenir Enfermedades de Trabajo y así proteger la economía del propio Instituto Mexicano del Seguro Social.

14. BIBLIOGRAFÍA

1. Gallego Díaz E. Radiaciones Ionizantes y Protección Radiológica. Foro de la Industria Nuclear Española.
http://www.nuclenor.org/aula/nuclear_radi.pdf
2. Radiaciones Ionizantes. Física y Sociedad.
<http://www.cofis.es/actualidad/informa/2004/fyses.htm>
3. Consejo de Seguridad Nuclear. Normativa Española e Internacional.
http://www.csn.es/plantillas/frame_nivel1.jsp?id_nodo=1881&&&keyword=&auditoria=F
4. Pringle P., Spigelman J. Los Barones Nucleares. Ed. Sudamericana/Planeta; 1984.
5. Tirado Medina J.L. Bioseguridad, Residuos Patológicos, Salud Laboral, Ecotoxicología. Revista Latinoamericana de Salud en el Trabajo 2003; 3 (1): 16-20.
6. Riesgos Higiénicos Hospitalarios. Edición Diseño y Diagramación. INACAP Capacitación 2006.
http://demo.inp.cl/portal/Documentos/riesgoshigienicoshospitalarios_alumno.pdf -
7. Mondaca A. R. Porqué Reducir la Dosis de Radiación en Pediatría. Revista Chilena de Radiología 2006; 2 (1): 28-32.
8. Reglamento de Seguridad Radiológica México 1988.
<http://disarmament2.un.org/Committee1540/Datasheets/Mexico%20Reglamento%20General%20de%20Seguridad%20Radiologica.doc> -
9. Díaz-Valecillos M, et al. Alteraciones Cromosómicas en Trabajadores Expuestos a Radiaciones Ionizantes. Investigación Clínica 2004; 45 (3): 197-211.
10. La Prevención de Riesgos Laborales en los Lugares de Trabajo.
<http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=1224>
11. Biblioteca Digital de la Universidad de Chile. Sistema de Servicios de Información y Bibliotecas. SISIB.
<http://bibliotecas.uchile.cl/sisib/proyectos/indexmecesup2004.html>
12. Kasper D. L., et al. Harrison: Principios de Medicina Interna. 16ª. Edición. Volumen II. Capítulo 207. Bioterrorismo con Radiaciones. Interamericana. McGraw-Hill; 2005.
13. Cornejo J.N., et al. La Actitud del Docente Frente a las Nuevas Tecnologías. Estudio de un Caso: Educación y Salud de las Radiaciones Ionizantes. Gabinete de Desarrollo de Metodologías de la Enseñanza. Universidad de Buenos Aires; 2004.

14. Ladenson P. W., et al. American Thyroid Association Guidelines For Detection Of Thyroid Dysfunction. Arch. Intern. Med. 2000; 160: 1573-1575.
15. Cooper D. S. Subclinical Hypothyroidism. The New England Journal Of Medicine 2001; 345 (4): 260-265.
16. Pinar Sedeño B., Lara Jiménez P. Carcinogénesis Física. Servicio de Oncología Radioterápica. Hospital General de Gran Canaria "Dr. Negrín". Instituto Canario de Investigación de Cáncer. Biocáncer 1; 2004.
17. Baquero P.H., Guevara P.G., et al. Aberraciones Cromosómicas en Trabajadores Expuestos a Radiaciones Ionizantes. Revista Ciencias de la Salud 2004; 2 (1): 5-7.
18. Ceballos-Quintal J.M., Pinto-Escalante D., Canto Herrera J. Incremento de Aberraciones Cromosómicas e Intercambio de Cromátides Hermanas en Personas Sanas con Exposición Laboral a Rayos X. Revista Biomed 2002; 13:76-82.
19. Gallego Díaz E. Riesgos por Exposición a Radiaciones Ionizantes. Universidad Politécnica de Madrid.
www.ffii.es/f2i2/publicaciones/libro_seguridad_industrial/LSI_Cap12.pdf
20. Norma Oficial Mexicana NOM-026-CTPS-1998. Colores y señales de Seguridad e Higiene e Identificación de Riesgos por Fluidos Conducidos en Tuberías.
21. Centro Nacional de Dosimetría-España. www.cnd.es/cnd/
22. Sáez Núñez D.G., Borroto Valdéz M. Revista Cubana Higiene y Epidemiología 1995; 33 (1). www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd25/vigilancia.pdf
23. Pediatric Environmental Health Speciality Unit Valencia. Como Disminuir el Uso de Radiaciones Ionizantes en Pediatría; 2005.
www.pehsu.org/research/hsostenible.htm
24. Caicedo R, et al. Exposición a Dosis Bajas de Radiación Ionizante en el Hospital Universitario del Valle, Cali 1980-1992. Colombia Médica 1996; 27: 134-37.
25. Norma Oficial Mexicana NOM-012-STPS-1999. Condiciones de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo donde se Produzcan, Usen, Manejen, Almacenen o Transporten Fuentes de Radiaciones Ionizantes.
26. Norma Oficial Mexicana NOM-026-NUCL-1999. Vigilancia del Personal Ocupacionalmente Expuesto a Radiaciones Ionizantes.
27. Arias C. F. La regulación de la Protección Radiológica y la Función de las autoridades de Salud. Revista Panamericana de Salud Pública 2006; 20 (2/3): 188-197.
28. Norma Oficial Mexicana NOM-017-STPS-1993. Equipo de Protección Personal - Selección, Uso y Manejo en los Centros de Trabajo.
29. Diccionario de la Lengua Española. Vigésima Segunda Edición.
<http://drae.rae.es/>

30. Asociación Médica Mundial. Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. Principios Éticos para las Investigaciones Médicas en Seres Humanos. Informe Médico 2002; 4 (9): 627-631.
31. Zafra A., et al. Efectos en la Salud por el Desastre de Chernobil. Quince Años Después. Anales de Pediatría 2203; 56 (4): 324-333.
32. Department of Health and Human Services, National Institute of Health (NIH); 2005.
33. <http://www.icnmp.edu.mx/boleradia.html>.
34. Rodríguez M. A., et al. Intervalos de confianza de la formula eritrocitica en habitantes adultos. Hig. Sanid. Ambient 2007; 7: 270-275.
35. Alemán-Mateo H., Pérez F. A. A. Los Indicadores del Estado de Nutrición y el Proceso de Envejecimiento. Nutrición Clínica 2003; 6 (1): 46-52.
36. Terrés S. A., Razo M. D. Fórmula roja: límites de referencia biocronológicos y niveles de decisión clínica en población mexicana. Revista Médica del IMSS 2000; 38 (4): 313-321.
37. <http://www.arrakis.es/~jacoello/radiac.pdf>.
38. Loya Loya M.E., et al. Exposición Acumulada a Radiaciones Ionizantes y Riesgos Potenciales en Estudiantes de Odontología. Universidad Autónoma de Chihuahua. 2006.
39. www.cepis.ops-oms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/repindex/inpri61h.html.
40. Carrasco S. P. Higiene Industrial II: Ruido, Temperaturas Extremas, Radiaciones. Instituto Profesional Diego Portales; 2007.
41. Alarcón T. M. F. Ecografía de la glándula tiroides en personal expuesto a radiación ionizante Hospital Roberto Calderón Gutiérrez febrero 2006: 44.
42. Lyle Ch, C. Radiación Ionizante. En: Manual de Fundamentos de Higiene Industrial. Consejo Interamericano de Seguridad; 1981: 277-315.

15. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Absorción: Transferencia de energía de la radiación ionizante a un material (p. ej.: tejido biológico).

Blindaje: Barrera de material que permite reducir la intensidad de las radiaciones.

Cáncer. Crecimiento exagerado y anormal de células que pierden su función y que son capaces de invadir otros tejidos y reproducirse en ellos.

Desecho radiactivo. Toda sustancia radiactiva que se produce como consecuencia de un uso de la radiación o los radioisótopos y que no es utilizada.

Dispersión: Deflexión de la radiación por interacción con la materia.

Dosimetría: La ciencia y la técnica para determinar la dosis de radiación.

Dosimetría Personal: consiste en medir, persona a persona, la dosis radiación ionizante que se recibe en el lugar de trabajo.

Dosímetro: Instrumento que mide la dosis absorbida.

Dosis: Es la medida de la radiación recibida o "absorbida" por un blanco.

Dosis absorbida. Energía depositada por la radiación ionizante en una unidad de masa en materia irradiada. Se mide en rads.

Efecto determinístico: Es un efecto biológico de la radiación para el cual existe un nivel de dosis umbral que determina con certeza la aparición del efecto, y cuya severidad aumenta con la dosis. Por ejemplo: eritema, depilación, esterilidad, cataratas, cambios en la composición de la sangre.

Efecto estocástico: Es un efecto biológico de carácter probabilístico que ocurre sin un nivel de dosis umbral, cuya probabilidad de manifestarse es proporcional a la dosis y cuya severidad es independiente de la dosis. Ejemplos de estos efectos son la carcinogénesis y las alteraciones genéticas.

Enfermedad de trabajo: Es todo estado patológico derivado de la acción continuada de una causa que tenga su origen o motivo en el trabajo o en el medio en que el trabajador se vea obligado a prestar sus servicios.

Equipo de protección personal: Conjunto de elementos y dispositivos de uso personal, diseñados específicamente para proteger al trabajador contra accidentes y enfermedades que pudieran ser causados con motivo de sus actividades de trabajo.

Exposición: La incidencia de radiación ionizante sobre las personas. La exposición puede ser externa (irradiación por fuentes externas al cuerpo) o interna (irradiación por fuentes ubicadas dentro del cuerpo). También es una magnitud que expresa la ionización producida en una masa específica de aire por radiación X o gamma, la cual puede ser usada como una medida de la radiación a la que un individuo está expuesto.

Exposición crónica: Exposición persistente en el tiempo.

Exposición ocupacional: Exposición recibida en el trabajo como resultado directo de las actividades ocupacionales, ya sean a tiempo completo, parcial o temporal.

Gray (Gy): Unidad de dosis absorbida, igual a 100 rads.

Límite de dosis: El valor de la dosis equivalente o de la dosis efectiva recibida por los individuos que no debe ser excedido, no teniendo en cuenta las dosis resultantes del fondo radiactivo natural y de la exposición sufrida como consecuencia de exámenes y tratamientos médicos.

Milisievert (mSv): La milésima parte de una sievert.

Personal ocupacionalmente expuesto (POE): aquellas personas que, por las circunstancias en que se desarrolla su trabajo, bien sea de modo habitual, bien sea de modo ocasional, están sometidos a un riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes susceptibles de entrañar dosis anuales superiores a un décimo de los límites de dosis anuales fijados para los trabajadores.

Rad. Unidad de dosis absorbida, igual a 100 ergs absorbidos en un gramo de materia irradiada.

Radiación ionizante: Radiación electromagnética o de partículas subatómicas, capaz de producir iones por procesos directos o secundarios al pasar a través de la materia.

Radiación natural. Radiación presente en el ambiente, cuyo origen es independiente de cualquier actividad humana. También se le llama radiación de fondo.

Radiactividad: Un proceso natural y espontáneo por el cual los átomos inestables de un elemento emiten o irradian el exceso de energía de su núcleo y, así, cambian (o decaen) a átomos de un elemento diferente o a un estado de energía menor del mismo elemento.

Radicales libres: Sustancias químicamente inestables que pueden llegar a desestabilizar las células del organismo.

Radiosensibilidad. Respuesta de un sistema biológico a los efectos de la radiación. Se expresa como la magnitud o la rapidez de la respuesta.

Rayos X: Radiación electromagnética de alta energía, invisible y muy penetrante.

Rem: Unidad de equivalente de dosis, igual al producto de la dosis absorbida (en rads) por un factor de efectividad biológica.

Sievert (Sv): Unidad de equivalente de dosis, igual a 100 rems.

Zona controlada: Es la zona donde los trabajadores pueden recibir exposiciones superiores a 3/10 del límite de dosis aplicable, en la cual se requieren medidas de protección y seguridad para controlar las exposiciones normales y prevenir o limitar el alcance de las exposiciones potenciales. Las áreas controladas deberán estar físicamente delimitadas y deberán colocarse señales de advertencia adecuadas en las entradas y en el interior de las mismas.

16. ANEXOS

16.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO

TABLA 1. Relación de trabajadores que se consideraron para participar en el estudio.

TRABAJADORES	NÚMERO	%
ACEPTARON PARTICIPAR EN EL ESTUDIO	79	76.7%
NO ACEPTARON PARTICIPAR EN EL ESTUDIO	17	16.5%
ELIMINADOS	7	6.8%
TOTAL	103	100%

Información junio 2008.

TABLA 2. Relación de trabajadores que aceptaron participar en el estudio de acuerdo al área de trabajo.

ÁREA	NÚMERO	%
RADIOLOGÍA E IMAGEN	36	45.6%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	43	54.4%
TOTAL	79	100%

Información junio 2008.

TABLA 3. Relación por grupos de edad de los trabajadores participantes.

RANGO DE EDAD	NÚMERO	%
20-29 años	2	2.5%
30-39 años	23	29.1%
40-49 años	31	39.2%
50-59 años	21	26.6%
>60 años	2	2.5%
TOTAL	79	100%
MEDIA	44.77	
MEDIANA	46	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	7.99	

Información junio 2008.

TABLA 4. Relación por grupos de edad de los trabajadores participantes en el estudio por áreas de trabajo.

RANGO DE EDAD	RADIOLOGÍA E IMAGEN	%	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	%
20-29 años	2	5.6%	0	0%
30-39 años	5	13.9%	18	41.9%
40-49 años	16	44.4%	15	34.9%
50-59 años	12	33.3%	9	20.9%
>60 años	1	2.8%	1	2.3%
TOTAL	36	100%	43	100%
MEDIA	46.44		43.37	
MEDIANA	47		43	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	8.22		7.61	

Información junio 2008.

TABLA 5. Relación de puestos de trabajo de los participantes en el estudio.

PUESTO DE TRABAJO	NÚMERO	%
TÉCNICOS RADIÓLOGOS	24	30.4%
ADMINISTRATIVOS	5	6.3%
MÉDICOS RADIÓLOGOS	4	5.1%
OMRA	3	3.8%
MÉDICOS DE TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	43	54.4%
TOTAL	79	100%

OMRA Operador de Máquina de Revelado Automático.
Información junio 2008.

TABLA 6. Relación de acuerdo al tiempo de laborar en años de los trabajadores que se incluyeron al estudio.

ANTIGÜEDAD	NÚMERO	%
<8 años	14	17.7 %
9-16 años	25	31.6%
17-24 años	33	41.8 %
>25 años	7	8.9 %
TOTAL	79	100%
MEDIA	15.85	
MEDIANA	17	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	6.95	

Información junio 2008.

TABLA 7. Relación de acuerdo al tiempo de laborar en años de los trabajadores que se incluyeron al estudio por área de trabajo.

ANTIGÜEDAD	RADIOLOGÍA E IMÁGEN	%	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	%
< 8 años	3	8.3%	11	25.6%
9-16 años	6	16.7%	19	44.2%
17-24 años	17	47.2%	11	25.6%
>25 años	10	27.8%	2	4.6%
TOTAL	36	100%	43	100%
MEDIA	19.5		12.91	
MEDIANA	20		13	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	6.45		5.93	

Información junio 2008.

TABLA 8. Relación del uso de equipo de protección personal de los trabajadores incluidos en el estudio.

EPP	NÚMERO	%
NINGUNO	52	65.9%
MANDIL	26	32.9%
GAFAS PROTECTORAS CONTRA RADIACIONES IONIZANTES	1	1.2%
TOTAL	79	100%

Información junio 2008.

TABLA 9. Relación del uso de equipo de protección personal por áreas de trabajo incluidas en el estudio.

EPP	RADIOLOGÍA E IMÁGEN	%	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	%
NINGUNO	12	33.3%	40	93%
MANDIL	24	66.7%	2	4.7%
GAFAS PROTECTORAS	0	0%	1	2.3%
TOTAL	36	100%	43	100%

Información junio 2008.

TABLA 10. Relación de la distancia que guardan de la fuente radiactiva los trabajadores incluidos en el estudio.

DISTANCIA DE LA FUENTE RADIATIVA	NÚMERO	%
<1m	34	43
1-2m	16	20.3
3-4m	22	27.8
>5m	7	8.9
TOTAL	79	100%
MEDIA	3.22	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	1.14	

Información junio 2008.

TABLA 11. Relación de la distancia que guardan de la fuente radiactiva los trabajadores por áreas de trabajo.

DISTANCIA DE LA FUENTE RADIATIVA	RADIOLOGÍA E IMÁGEN	%	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	%
<1m	2	5.6%	32	74.4%
1-2m	8	22.2%	8	18.6%
3-4m	20	55.5%	2	4.7%
>5m	6	16.7%	1	2.3%
TOTAL	36	100%	43	100%
MEDIA	3.41		2.63	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	1.10		1.12	

Información junio 2008.

TABLA 12. Distancia que guarda el personal de radiología e imagen por puesto de trabajo de la fuente radiactiva.

	DISTANCIA DE LA FUENTE RADIATIVA	TOTAL	%
TÉCNICOS RADIOLOGOS	<1m	1	2.8%
	1-2m	8	22.2%
	3-4m	13	36.1%
	>5m	2	5.6%
MÉDICOS RADIÓLOGOS	<1m	1	2.8%
	3-4m	3	8.3%
ADMINISTRATIVOS	3-4m	1	2.8%
	>5m	4	11.1%
OMRA	3-4m	3	8.3%
TOTAL		36	100%

Información junio 2008.

TABLA 13. Distancia que guarda el personal de traumatología y ortopedia de trabajo de la fuente radiactiva.

	DISTANCIA DE LA FUENTE RADIATIVA	TOTAL	%
MÉDICOS DE TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	<1m	32	74.4%
	1-2m	8	18.6%
	3-4m	2	4.7%
	>5m	1	2.3%
TOTAL		43	100%

Información junio 2008.

TABLA 14. Relación del número de exposiciones por semana de los trabajadores incluidos en el estudio.

NÚMERO DE EXPOSICIONES POR SEMANA	NÚMERO	%
1-4 veces	44	55.7%
5-9 veces	20	25.3%
10-14 veces	4	5.1%
>20 veces	11	13.9%
TOTAL	79	100%
MEDIA	6.92	
MEDIANA	4	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	6.04	

Información junio 2008.

TABLA 15. Relación del número de exposiciones por semana de los trabajadores por área.

NÚMERO DE EXPOSICIONES POR SEMANA	RADIOLOGÍA E IMÁGEN	%	TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	%
1-4 veces	22	61.1%	22	51.1%
5-9 veces	3	8.3%	17	39.5%
10-14 veces	2	5.6%	2	4.7%
>20 veces	9	25%	2	4.7%
TOTAL	36	100%	43	100%
MEDIA	8.1		5.9	
MEDIANA	4		4	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	7.62		4.13	

Información junio 2008.

TABLA 16. Relación de presencia de sintomatología en los trabajadores.

SINTOMAS	NÚMERO	%
FATIGA	18	22.8%
ESTREÑIMIENTO	3	3.8%
PIEL SECA	2	2.5%
CAÍDA DE CABELLO	9	11.4%
NINGUNA SINTOMATOLOGÍA	47	59.5%
TOTAL DE TRABAJADORES	79	100%

Información junio 2008.

TABLA 17. Relación del puesto de trabajo con la presencia de sintomatología.

PUESTO DE TRABAJO	FATIGA	%	CAÍDA DE CABELLO	%	ESTREÑIMIENTO	%	PIEL SECA	%
TÉCNICOS RADIOLOGOS	5	27.8%	4	44.4%	2	66.7%	1	50%
PERSONAL ADMINISTRATIVO DEL AREA DE RADIOLOGIA	1	5.5%	2	22.2%	0	0%	1	50%
MEDICOS RADIOLOGOS	1	5.5%	0	0%	0	0%	0	0%
OMRA	1	5.5%	2	22.2%	0	0%	0	0%
MEDICOS DE TRAUMATOLOGIA Y ORTOPEDIA	10	55.6%	1	11.1%	1	33.3%		0%
TOTAL	18	100%	9	100%	3	100%	2	100%

Información junio 2008.

TABLA 18. Relación de edad con la presencia de sintomatología.

RANGO DE EDAD	FATIGA	%	CAÍDA DE CABELLO	%	ESTREÑIMIENTO	%	PIEL SECA	%
20-29 años	0	0 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %
30-39 años	5	27.8%	1	11.1%	0	0%	1	50%
40-49 años	9	50	6	66.7%	2	66.7%	1	50%
50-59 años	4	22.2%	2	22.2%	1	33.3%	0	0 %
TOTAL	18	100%	9	100%	3	100%	2	100%
MEDIA	43.44		45.44		46.6		38	
MEDIANA	43.5		45		43		38	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	7.04		6.58		10.9		38	

Información junio 2008.

TABLA 19. Relación de la antigüedad con la presencia de sintomatología.

ANTIGÜEDAD	FATIGA	%	CAÍDA DE CABELLO	%	ESTREÑIMIENTO	%	PIEL SECA	%
<8 años	2	11.1%	1	11.1%	0	0%	1	50%
9-16 años	8	44.4%	3	33.3%	1	33.3%	0	0%
17-24 años	7	38.9%	3	33.3%	1	33.3%	0	0%
>25 años	1	5.6%	2	22.2%	1	33.3%	1	50%
TOTAL	18	100%	9	100%	3	100%	2	100%
MEDIA	16.05		17.55		22.33		10	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	4.99		7.33		5.5		9.9	

Información junio 2008.

TABLA 20. Relación de número de exposiciones con la presencia de sintomatología.

# DE EXPOSICIONES ES POR SEMANA	FATIGA	%	CAÍDA DE CABELLO	%	ESTRENIMIENTO	%	PIEL SECA	%
1-4	9	50%	5	55.6%	2	66.7%	1	50%
5-9	7	38.9%	1	11.1%	0	0%	0	0%
10-14	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
>20	2	11.1%	3	33.3%	1	33.3%	1	50%
TOTAL	18	100%	9	100%	3	100%	2	100%
MEDIA	6.39		9.7		9.33		12.5	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	5.76		8.81		10.97		13.4	

Información junio 2008.

TABLA 21. Relación de dosis de radiaciones ionizantes en mR en los trabajadores de radiología e imagen que cuentan con dosímetro.

DOSIS EN mR	NÚMERO DE TRABAJADORES	%
15.00-16.9	6	30%
17.00-18.9	8	40%
19.00-20.9	4	20%
21.00-22.9	2	10%
TOTAL	20	100%
MEDIA	18	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	2	

*16 trabajadores no cuentan con reporte de dosimetría.
Información junio 2008.

TABLA 22. Relación de dosis de radiaciones ionizantes registrados en mR de acuerdo a uso de EPP en los trabajadores de radiología e imagen que cuentan con dosímetro.

DOSIS EN mR	USO DE EPP	%
15.00-16.9	6 4	33.3%
17.00-18.9	7 8	38.9%
19.00-20.9	3 4	16.7%
21.00-22.9	2	11.1%
TOTAL	18	100%
MEDIA	18.22	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	1.8	

*16 trabajadores no cuentan con reporte de dosimetría.
Información junio 2008.

TABLA 23. Relación de dosis de radiaciones ionizantes registrados en mR de acuerdo al número de exposiciones por semana en los trabajadores de radiología e imagen.

DOSIS EN mR	NÚMERO DE EXPOSICIONES POR SEMANA							
	1-4	%	5-9	%	10-14	%	>20	%
15.00-16.9	2	22.2%	1	50%	1	50%	2	28.6%
17.00-18.9	7	77.8%	0	0%	0	0%	1	14.3%
19.00-20.9	0	0%	0	0%	1	50%	3	42.8%
21.00-22.9	0	0%	1	50%	0	0%	1	14.3%
TOTAL	9	100%	2	100%	2	100%	7	100%
MEDIA	17.6		19.1		17.5		18.4	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.93		4.7		2.6		1.9	

*16 trabajadores no cuentan con reporte de dosimetría.
Información junio 2008.

TABLA 24. Relación de dosis de radiaciones ionizantes registrados en mR con sintomatología reportada en los trabajadores de radiología e imagen.

DOSIS EN mR	FATIGA	%	CAÍDA DE CABELLO	%
15.00-16.9	3	75%	2	66.7%
17.00-18.9	1	25%	1	33.3%
TOTAL	4	100%	3	100%
MEDIA	16.5		16.7	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.71		1.6	

Información junio 2008.

TABLA 25. Relación de trabajadores que aceptaron toma de muestra sanguínea.

ACEPTARON TOMA DE MUESTRA SANGUÍNEA	NÚMERO	%
SI	64	81%
NO	15	19%
TOTAL	79	100%

Información junio 2008.

TABLA 26. Relación de los participantes que aceptaron toma de muestra sanguínea por área de trabajo.

ACEPTARON TOMA DE MUESTRA SANGUÍNEA	RADIOLOGÍA E IMAGEN	%	TRAUMATOLOGIA Y ORTOPEDIA	%
SI	35	97.2%	29	67.4%
NO	1	2.8%	14	32.6%
TOTAL	36	100%	43	100%

Información junio 2008.

TABLA 27. Relación de valores que se obtuvieron en las Biometrías Hemáticas.

PAPÁMETRO	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
HEMOGLOBINA	12.35	0.93
HEMATOCRITO	37.81	0.56
ERITROCITOS	4.64	0.75
LEUCOCITOS	6.80	0.87
PLAQUETAS	293.28	36.19

Información junio 2008.

TABLA 28. Relación de trabajadores que presentan alguna alteración sanguínea por área de trabajo.

PRESENTARON ALGUNA ALTERACIÓN	NÚMERO	%
RADIOLOGÍA E IMAGEN	14	51.9%
TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	13	48.1%
TOTAL	27	100%

Información junio 2008.

TABLA 29. Relación de trabajadores que presentan alguna alteración sanguínea por puesto de trabajo.

PUESTO DE TRABAJO	NÚMERO	%
TÉCNICOS RADIOLOGOS	9	33.3%
ADMINISTRATIVOS	1	3.7%
MÉDICOS RADIOLOGOS	2	7.4%
OMRA	2	7.4%
MÉDICOS DE TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	13	48.2%
TOTAL	27	100%

Información junio 2008.

16.2 PRUEBA CHI CUADRADA

TABLA 30. número de exposiciones con la presencia o ausencia de sintomatología.

# EXPOSICIONES POR SEMANA	AUSENCIA SINTOMATOLOGÍA	%	PRESENCIA DE SINTOMATOLOGÍA	%
1-4 VECES	27	57.5%	17	53.1%
5-9 VECES	12	25.5%	8	25%
10-14 VECES	4	8.5%	0	0%
>20 VECES	4	8.5%	7	21.9%
TOTAL	47	100%	32	100%
CHI2	p 0.044			

Información junio 2008.

TABLA 31. Antigüedad con la presencia o ausencia de sintomatología.

ANTIGÜEDAD	AUSENCIA SINTOMATOLOGÍA	%	PRESENCIA DE SINTOMATOLOGÍA	%
< 8 años	10	21.3%	4	12.5%
9-16 años	13	27.6%	12	37.5%
17-24 años	21	44.7%	12	37.5%
> 25 años	3	6.4%	4	12.5%
TOTAL	47	100%	32	100%
CHI2	p 0.464			

Información junio 2008

TABLA 32. Relación del puesto de trabajo con la presencia o ausencia de sintomatología.

PUESTO DE TRABAJO	AUSENCIA SINTOMATOLOGÍA	%	PRESENCIA DE SINTOMATOLOGÍA	%
TECNICOS RADIÓLOGOS	12	25.5%	12	37.5%
ADMINISTRATIVOS	1	2.1%	4	12.5%
MEDICOS RADIÓLOGOS	3	6.4%	1	3.1%
OMRA	0	0%	3	9.4%
MÉDICOS DE TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA	31	66%	12	37.5%
TOTAL	47	100%	32	100%
CHI2	p 0.503			

Información junio 2008.

TABLA 33. Comparación de un grupo de trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes con trabajadores no expuestos y la presencia o ausencia de sintomatología.

EXPOSICIÓN A RADIACIONES IONIZANTES	AUSENCIA SINTOMATOLOGÍA	%	PRESENCIA DE SINTOMATOLOGÍA	%
SI	47	39.8%	32	80%
NO	71	60.2%	8	20%
TOTAL	118	100%	40	100%
CHI2	p 0.00005			

Información junio 2008.

16.3 PRUEBA T DE STUDENT

TABLA 34. Relación de presencia o ausencia de sintomatología en relación a la concentración de radiaciones ionizantes.

AUSENCIA DE SINTOMATOLOGÍA	PRESENCIA DE SINTOMATOLOGÍA	mR
	X	17.3
X		18.7
	X	18.6
	X	16.1
	X	15.6
X		17.00
	X	16.2
X		18.9
X		19.6
X		17.8
X		19.00
X		21.00
	X	16.9
X		19.8
	X	17.00
	X	16.00
	X	17.3
X		19.3
	X	15.8
	X	22.4
9	11	TOTAL
	p	2.30734E-21

Información junio 2008.

TABLA 35. Relación de la concentración de radiaciones ionizantes en dosímetros personales en relación a uso o no de EPP.

NO USO DE EPP	USO DE EPP	mR
	X	17.3
	X	18.7
	X	18.6
	X	16.1
	X	15.6
	X	17.00
X		16.2
	X	18.9
	X	19.6
	X	17.8
	X	19.00
	X	21.00
	X	16.9
	X	19.8
	X	17.00
	X	16.00
	X	17.3
	X	19.3
	X	15.8
	X	22.4
	X	TOTAL
	p	1.22184E-22

Información junio 2008.

TABLA 36. Relación de concentración de radiaciones ionizantes en dosímetros personales en relación al número de exposiciones por semana.

#EXPOSICIÓN A RADIACIONES IONIZANTES POR SEMANA		mR
RANGO 1 (1-10)	RANGO 2 (>11)	
X		17.3
X		18.7
X		18.6
	X	16.1
	X	15.6
X		17.00
X		16.2
X		18.9
	X	19.6
X		17.8
	X	19.00
	X	21.00
X		16.9
	X	19.8
	X	17.00
	X	16.00
X		17.3
X		19.3
X		15.8
X		22.4
12	8	TOTAL
p		1.98734E-21

Información junio 2008.

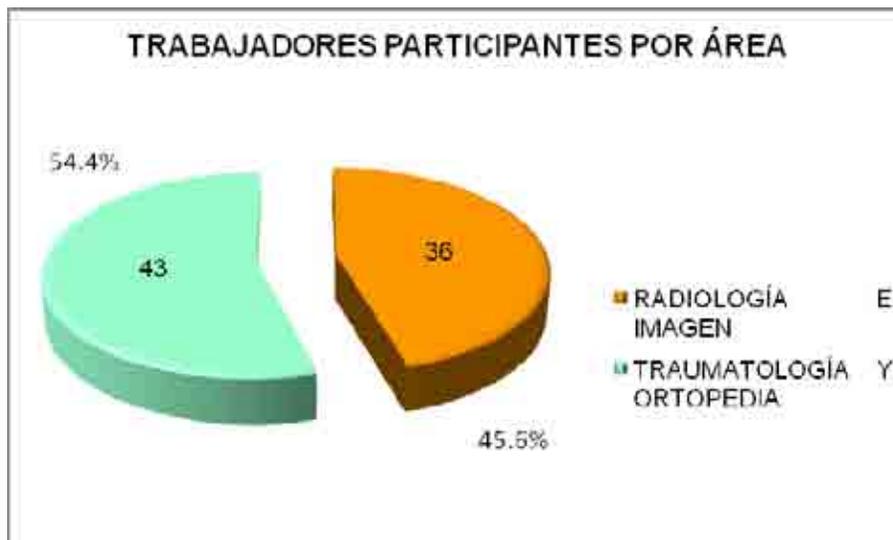
16.4 GRÁFICAS

GRÁFICA 1. Relación de participantes en el estudio.



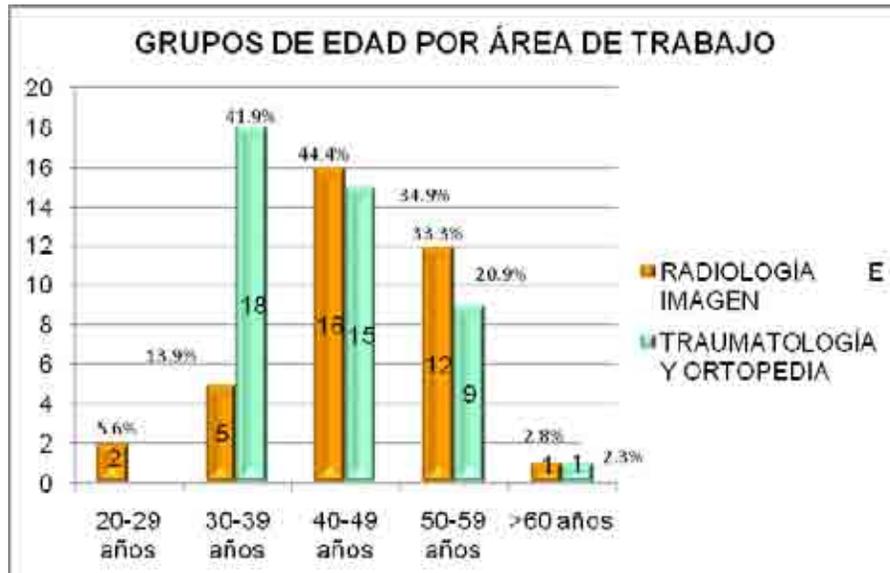
Información junio 2008.

GRÁFICA 2. Relación de trabajadores participante en el estudio por área de trabajo.



Información junio 2008.

GRÁFICA 3. Distribución por grupos de edad y área de trabajo de los participantes.



Información junio 2008.

GRÁFICA 4. Distribución de los trabajadores por puesto de trabajo.



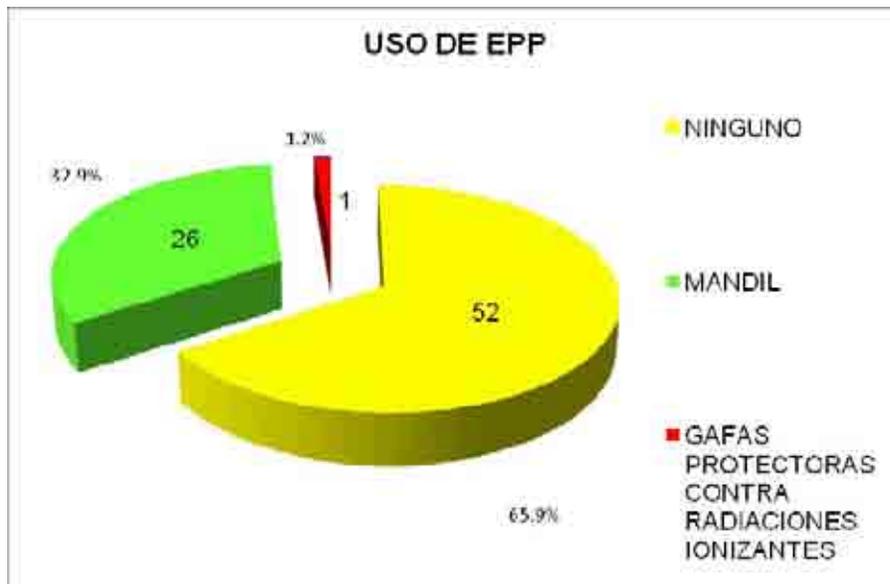
Información junio 2008.

GRÁFICA 5. Distribución de los trabajadores por antigüedad.



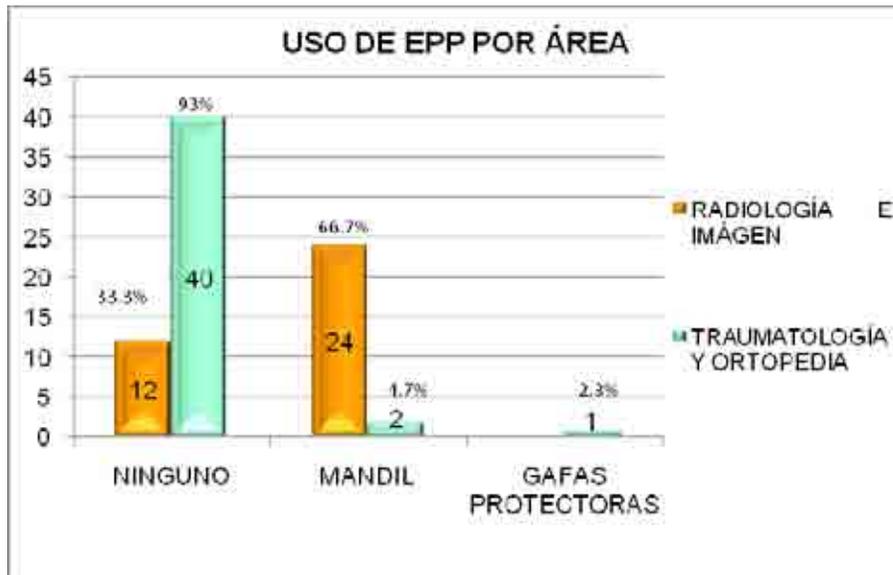
Información junio 2008.

GRÁFICA 6. Distribución de los trabajadores que usan Equipo de Protección Personal (EPP) contra radiaciones ionizantes.



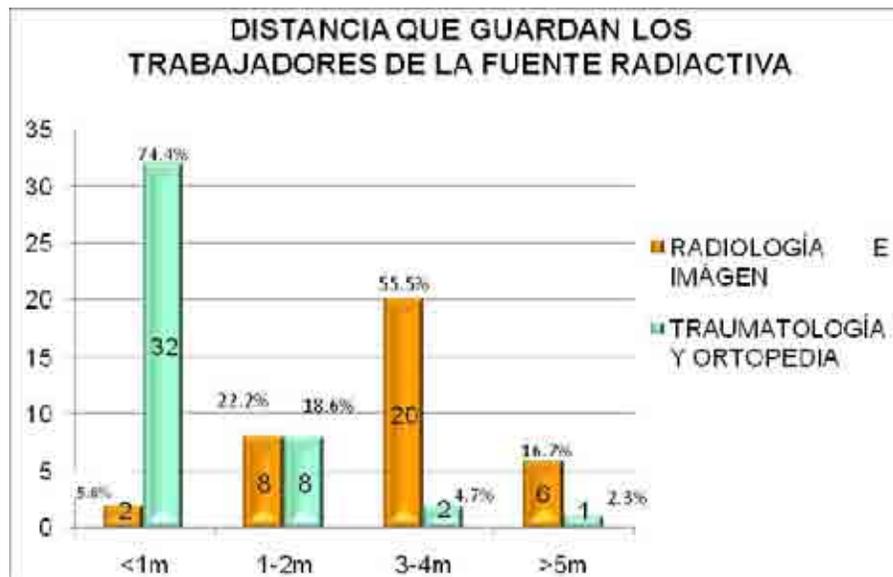
Información junio 2008.

GRÁFICA 7. Distribución del personal que utiliza Equipo de Protección Personal (EPP) por área de trabajo.



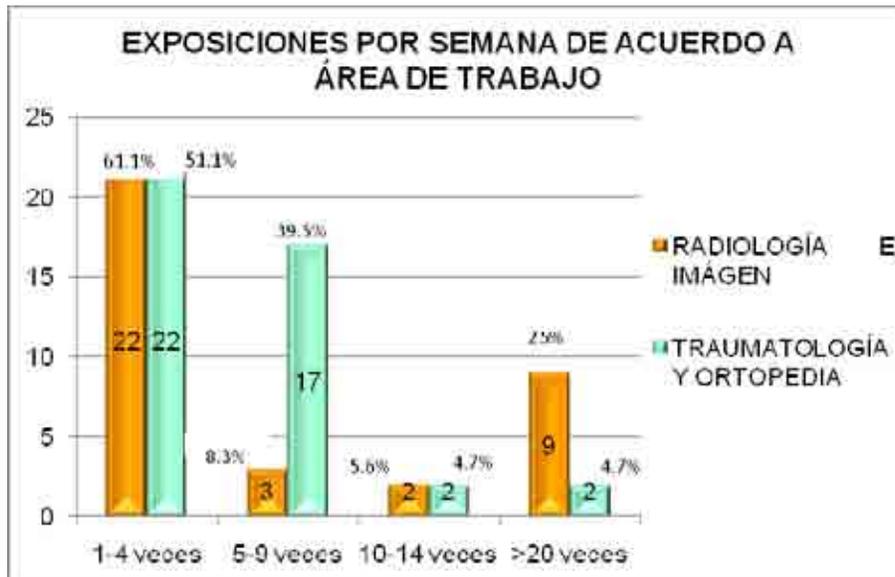
Información junio 2008.

GRÁFICA 8. Relación de la distancia que guardan de la fuente radiactiva durante la toma de rayos X, por área de trabajo.



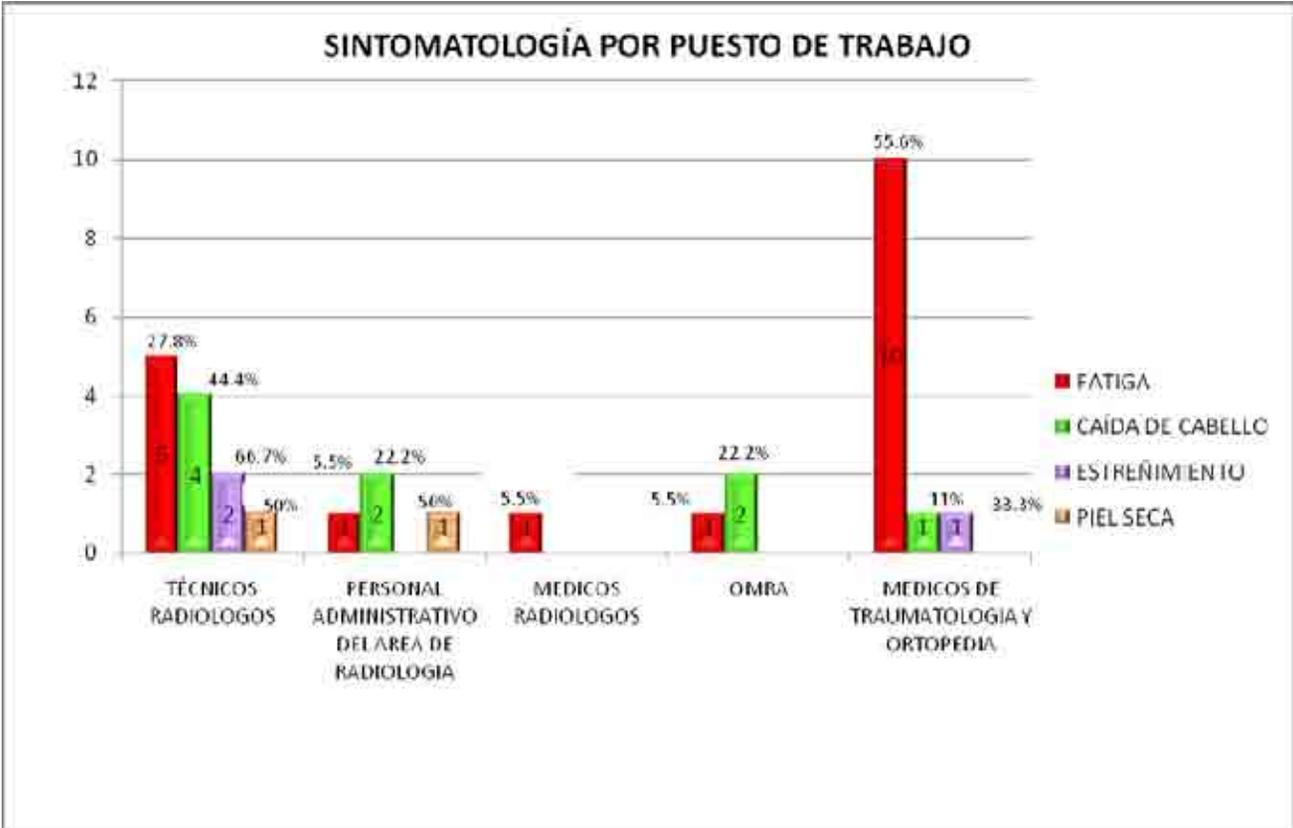
Información junio 2008.

GRÁFICA 9. Distribución de los trabajadores por número de exposiciones a la semana de disparos de rayos X, por área de trabajo.



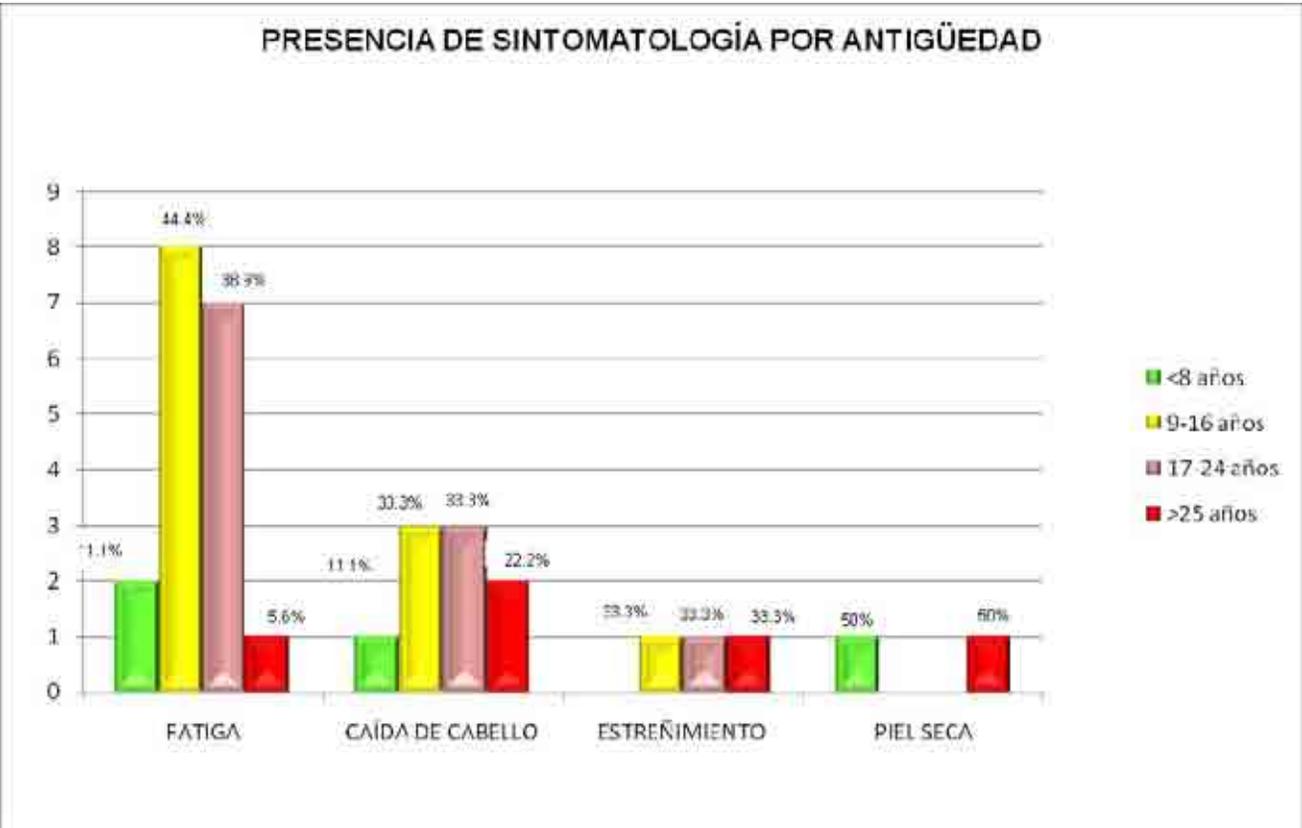
Información junio 2008.

GRÁFICA 10. Distribución del personal que presenta alguna sintomatología por puesto de trabajo.



Información junio 2008.

GRÁFICA 11. Distribución del personal que presenta alguna sintomatología por años de antigüedad.



Información junio 2008.

GRÁFICA 12. Trabajadores que aceptaron la toma de muestra sanguínea.



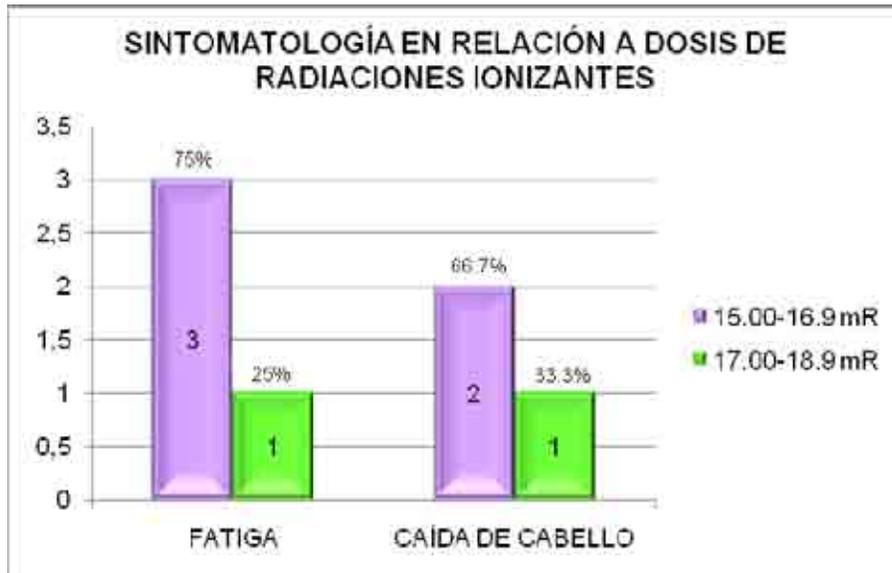
Información junio 2008.

GRÁFICA 13. Distribución de los trabajadores que presentaron alguna alteración en Biometría Hemática.



Información junio 2008.

GRÁFICA 14. Presencia de sintomatología en el personal que cuenta con dosímetro de acuerdo a concentración de radiaciones ionizantes.



Información junio 2008.

16.5 FICHA RECOLECTORA DE DATOS

Folio

Fecha

*La siguiente información será manejada de manera confidencial únicamente para fines de la investigación.

POR FAVOR MARQUE EN LA CELDA QUE CORRESPONDA CON UNA "X"

1 | Nombre | 2 | Sexo | Masculino | Femenino

3 | Edad

4 | Estado Civil
Soltero (a) Casado (a) Divorciado (a) Unión Libre Viudo (a)

5 | Grado de Escolaridad
Analfabeta Primaria Secundaria Bachillerato
Licenciatura Especialidad Subespecialidad

6 | Puesto de Trabajo
Técnico Radiólogo Médico Radiólogo Médico Traumatólogo
OMRA Administrativo

7 | Turno de Trabajo | Matutino Vespertino Nocturno Jornada Acumulada

8 | Antigüedad en el Puesto de Trabajo
Menos de 1 año De 1-3 años De 4-6 años De 7-9 años Más de 10 años

9 | Si es mujer ¿actualmente se encuentra embarazada? | Si No

10 | ¿Trabaja en otro lugar con exposición a Rayos X? | Si No

11 | ¿Qué Equipo de Protección Personal usa contra las Radiaciones cuando labora en el IMSS?
Chaleco Mandil Guantes Cuelleras Lentes
Protectores Gonadales Otro Ninguno

12 | Si es su caso, en el otro lugar donde labora, ¿qué tipo de Protección Personal utiliza contra las Radiaciones?

13	Durante la toma de Rayos X ¿a qué distancia de la fuente radiactiva se ha encontrado en promedio?
A menos de 1m <input type="checkbox"/> De 1-2mts. <input type="checkbox"/> De 3-4mts. <input type="checkbox"/> A más de 5mts. <input type="checkbox"/>	

14	En una semana ¿cuántas veces se expone a la toma de Rayos X?
De 1-4 veces <input type="checkbox"/> De 5-9 veces <input type="checkbox"/> De 10-14 veces <input type="checkbox"/> De 15-19 veces <input type="checkbox"/> Más de 20 veces <input type="checkbox"/>	

15	¿Conoce usted la simbología correspondiente sobre delimitación de zonas por el riesgo de exposición y magnitud de las Radiaciones Ionizantes en su sitio laboral?
Identifico Totalmente <input type="checkbox"/> Identifico parcialmente <input type="checkbox"/> Desconozco Totalmente <input type="checkbox"/>	

16	¿Conoce usted las probables patologías que se relacionan por la exposición a Radiaciones Ionizantes?	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Si la respuesta es Sí, menciónelas:			

17	En caso de pertenecer al área de radiodiagnóstico: ¿siempre al tomar placas está dentro de la mampara?	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Si la respuesta es negativa especifique el motivo:			

18	¿Utiliza dosímetro?	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Pocas veces <input type="checkbox"/>
Si la respuesta es No o Pocas veces especifique el motivo:				

19	Si utiliza dosímetro ¿en qué periodo de tiempo lo entrega a su jefe o supervisor?
Cada mes <input type="checkbox"/> Cada 2 meses <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> ¿Cada cuánto? _____	

20	¿En alguna ocasión ha suspendido sus actividades laborales por cifras por arriba de las permitidas?	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Si su respuesta es afirmativa ¿cuántas veces al año ha ocurrido? Y ¿en qué fecha?			

21	¿Tiene antecedentes familiares de algún tipo de cáncer?	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
¿Cuál?			

22	¿Padece alguna enfermedad?	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Si la respuesta es Si ¿Cuáles? y tiempo de padecerlas:			

23	¿Toma algún medicamento?	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Si la respuesta es Si ¿Cuáles?			

24	¿Acude a algún tipo de valoración médica?	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Si la respuesta es Sí, especifique el motivo y cada cuánto tiempo:			

25	¿Se ha sometido a estudios de laboratorio recientemente?	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Si la respuesta es Sí, especifique el motivo y hace cuánto tiempo:			

26	¿Ha presentado alguno de los siguientes malestares sin causa aparente?		
Fatiga	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
Estreñimiento	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
Piel seca, fría	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
Caída de cabello (pelo fino, seco, debilitado)	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
Disminución de la agudeza visual de manera repentina	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
Pérdida de peso	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
Aumento de peso	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
Sangrados en fechas recientes por nariz, encías, orina, heces	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
Si la respuesta es Si en alguno de los síntomas especifique desde cuándo:			

ÚNICAMENTE PARA SER LLENDO POR EL INVESTIGADOR			
DOSIMETRÍAS OBTENIDAS			
FECHA	CONCENTRACIÓN	FECHA	CONCENTRACIÓN
NOTAS			

