



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
CARRERA DE MEDICINA**

**TEMA:
“LESIONES TIROIDEAS ASOCIADA A LA EXPOSICIÓN DE
RADIACIÓN IONIZANTE EN EL PERSONAL DE SALUD”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PARA
OPTAR POR EL GRADO DE MÉDICO**

**AUTOR:
ROSERO LÓPEZ JORDAN DANIEL**

**TUTOR:
DR. YEE GUIN JORGE ALBERTO**

**GUAYAQUIL – ECUADOR
OCTUBRE 2020**



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
CARRERA DE MEDICINA**

**TEMA:
“LESIONES TIROIDEAS ASOCIADA A LA EXPOSICIÓN DE
RADIACIÓN IONIZANTE EN EL PERSONAL DE SALUD”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PARA
OPTAR POR EL GRADO DE MÉDICO**

**AUTOR:
ROSERO LÓPEZ JORDAN DANIEL**

**TUTOR:
DR. YEE GUIN JORGE ALBERTO**

**GUAYAQUIL – ECUADOR
OCTUBRE 2020**



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	“LESIONES TIROIDEAS ASOCIADA A LA EXPOSICIÓN DE RADIACIÓN IONIZANTE EN EL PERSONAL DE SALUD”		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	ROSETO LÓPEZ JORDAN DANIEL		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Tutor: Dr. Yee Guin Jorge Alberto Revisor: Dra. Viteri Mora Aura Mercedes		
INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL		
UNIDAD/FACULTAD:	FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:	MEDICINA		
GRADO OBTENIDO:	MÉDICO		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	OCTUBRE DE 2020	No. DE PÁGINAS:	76
ÁREAS TEMÁTICAS:	NEOPLASIAS - ENDOCRINOLOGÍA		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Palabras clave: personal ocupacionalmente expuesto, radiación ionizante, nódulo tiroideo, hipotiroidismo subclínico, hipotiroidismo clínico / Key words: occupationally exposed personnel, ionizing radiation, thyroid nodule, subclinical hypothyroidism, clinical hypothyroidism.		
RESUMEN/ABSTRACT. RESUMEN: El personal de salud que trabaja en áreas con equipos generadores de radiación ionizante tiene mayor exposición a radiación que la población general, lo que puede aumentar el riesgo de lesiones tiroideas. Estudios realizados en diversos países han demostrado mayor prevalencia de enfermedades tiroideas como hipotiroidismo clínico, hipotiroidismo subclínico, nódulo tiroideo y cáncer de tiroides en el personal de salud. Este estudio evaluó el riesgo de lesiones tiroideas en el personal de salud ocupacionalmente expuesto (POE) a radiación ionizante. Para esto se realizó un estudio de enfoque cuantitativo, alcance observacional retrospectivo, de diseño transversal. Luego de excluir al personal con enfermedad tiroidea fuera del periodo 2015-2019 y a menores de 26 años, se consideró al POE y al personal no expuesto mediante la comparación de edades en una proporción 1:2, respectivamente. Los datos fueron obtenidos de los informes en las historias clínicas institucionales del Hospital Teodoro Maldonado Carbo. El POE constó de 127 trabajadores del informe de dosimetría personal termoluminiscente, y el grupo no expuesto de 254 trabajadores de otras áreas del hospital. El POE tuvo mayor riesgo de sufrir lesiones tiroideas que el personal de salud no expuesto (odds ratio (OR): 2,144; intervalo de confianza (IC) del 95%: 1,035–4,443), siendo las lesiones más frecuentes: nódulo tiroideo (31,3%; OR: 3,3479; IC 95%:1,0723–10,4526); hipotiroidismo subclínico (25%); hipotiroidismo clínico (18,8%). Los resultados obtenidos evidencian que el personal de salud que labora en áreas expuesta a radiación ionizante tiene mayor riesgo de lesiones tiroideas que el personal de salud no expuesto.			
ADJUNTO PDF:	SI X	NO	
CONTACTO CON AUTOR:	Teléfono: 0983051559	E-mail: droserolopez@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL Teléfono: 042288126 E-mail: www.ug.edu.ec		



**FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
ESCUELA/CARRERA DE MEDICINA
UNIDAD DE TITULACIÓN**

**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL
USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS**

Yo, **ROSERO LÓPEZ JORDAN DANIEL** con C.I. **0952632255**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es: **“LESIONES TIROIDEAS ASOCIADA A LA EXPOSICIÓN DE RADIACIÓN IONIZANTE EN EL PERSONAL DE SALUD”**, son de mi absoluta propiedad y responsabilidad y según el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizo el uso de una licencia gratuita intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la presente obra con fines no académicos, en favor de la Universidad de Guayaquil, para que haga uso del mismo, como fuera pertinente

ROSERO LÓPEZ JORDAN DANIEL
C.I. 0952632255

*CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN (Registro Oficial n. 899 - Dic./2016) Artículo 114.- De los titulares de derechos de obras creadas en las instituciones de educación superior y centros educativos.- En el caso de las obras creadas en centros educativos, universidades, escuelas politécnicas, institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de artes y los conservatorios superiores, e institutos públicos de investigación como resultado de su actividad académica o de investigación tales como trabajos de titulación, proyectos de investigación o innovación, artículos académicos, u otros análogos, sin perjuicio de que pueda existir relación de dependencia, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponderá a los autores. Sin embargo, el establecimiento tendrá una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra con fines académicos.



Universidad de Guayaquil

**FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
CARRERA DE MEDICINA
UNIDAD DE TITULACIÓN**



Urkund Analysis Result

Analysed Document: URKUND TESIS ROSERO.docx (D80417004)
Submitted: 10/1/2020 4:24:00 PM
Submitted By: jorge.yeeg@ug.edu.ec
Significance: 5 %

Sources included in the report:

ARTICULO ORIGINAL.docx (D54518570)
2020-08-20-AAMAYA-IMAGENOLOGIA..docx (D77996731)
2. Art. Ingycompe.doc (D58909852)
TESIS REVISADA URKUND Dra. Guerrero Tapia.docx (D16078771)
https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7790/-Radiation_Effects_and_sources-2016Radiation_-_Effects_and_Sources_SP.pdg.pdf.pdf?sequence=7&isAllowed=y25.
<https://tecnicaradiologica-ecp.jimdofree.com/app/download/5995317462/Curso+de+PR+para+dirigir+instalaciones+de+Rayos+X.pdf?t=1511353921>



Universidad de Guayaquil

ANEXO VII

FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
CARRERA DE MEDICINA
UNIDAD DE TITULACIÓN

CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado JORGE ALBERTO YEE GUIN, tutor del trabajo de titulación, certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por ROSELO LOPEZ JORDAN DANIEL, C.C.: 0952632255, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de MEDICO.

Se informa que el trabajo de titulación: "LESIONES TIROIDEAS ASOCIADAS A LA EXPOSICION DE RADIACION IONIZANTE EN EL PERSONAL DE SALUD", ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio URKUND quedando el 5 % de coincidencia.

[illegible]

<https://secure.urkund.com/old/view/76941360-789358-889141#Dcc7DsJADATQu2w9QvZ4vJ9cBVGgCNAWpEkZ5e7J695R/ntZngYnPOAdDDBCBjbw7kAYwhGEBVCUuQ4NJJIvIH3+tvmd63tbP2Wxh6nVQXPVTmVj6LwA>

LEE RUTH

DR. JORGE ALBERTO YEE GUIN
TUTOR



**FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
ESCUELA/CARRERA DE MEDICINA
UNIDAD DE TITULACIÓN**

INFORME DEL DOCENTE REVISOR

Guayaquil, 12 de octubre de 2020 Señor Doctor
Byron Orlando López Silva
DIRECTOR (A) DE LA CARRERA DE MEDICINA FACULTAD DE CIENCIAS
MÉDICAS UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Ciudad. –

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación

“LESIONES TIROIDEAS ASOCIADA A LA EXPOSICIÓN DE RADIACIÓN IONIZANTE EN EL PERSONAL DE SALUD”, del estudiante **ROSE RO LÓPEZ JORDAN DANIEL**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 14 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 5 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

DRA. AURA MERCEDES VITERI MORA
C.I.: 0904238235



Universidad de Guayaquil
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA/CARRERA DE MEDICINA
UNIDAD DE TITULACIÓN

Guayaquil, 25 de septiembre del 2020.

Dr. Byron López Silva, MSc.
DIRECTOR (E) DE LA CARRERA DE MEDICINA
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Ciudad.-

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **“LESIONES TIROIDEAS ASOCIADA A LA EXPOSICIÓN DE RADIACIÓN IONIZANTE EN EL PERSONAL DE SALUD”**, del estudiante **ROSERO LÓPEZ JORDAN DANIEL C.I. 0952632255**, indicando ha (n) cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el estudiante **ROSERO LÓPEZ JORDAN DANIEL C.I. 0952632255** está (n) apto (s) para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,

DR. YEE GUIN JORGE ALBERTO.
No. C.I. 1305847814.

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado:

A Dios, porque fue Él quien labró el camino para llegar al final de mi carrera universitaria.

A mis padres, quienes con su amor y sacrificio son los autores de los logros en mi vida.

A mis abuelos, porque sé lo mucho que significa para ellos este logro.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida y por la bella familia que me dio.

Gracias a mis padres: Juan Carlos Rosero y Betsy López por su amor, sus consejos y sus esfuerzos que me permitieron llegar hasta este punto.

A Elizabeth por su apoyo incondicional durante toda la carrera.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	4
1. EL PROBLEMA	4
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.4 DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	7
1.5 PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
OBJETIVO GENERAL.....	8
OBJETIVO ESPECÍFICO.	8
CAPÍTULO II.....	9
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1 ANTECEDENTES.....	9
2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	11
2.3 MARCO CONCEPTUAL	23
2.4 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	26
2.5 HIPÓTESIS	29
2.6 VARIABLES.....	29

2.7 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	30
CAPÍTULO III.....	31
3. MARCO METODOLÓGICO	31
3.1 METODOLOGÍA.....	31
3.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO	32
3.3 UNIVERSO Y MUESTRA	32
3.3.1 Universo	32
3.3.2 Muestra	33
3.3.3 Criterios de inclusión y exclusión.....	33
3.4 VIABILIDAD	34
3.5 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	34
3.6 RECURSOS HUMANOS Y FÍSICOS.....	35
3.6.1 Recursos humanos.....	35
3.6.2 Recursos físicos	35
3.7 INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN O RECOLECCIÓN DE LA DATA.....	36
3.8 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .	37
3.9 CONSIDERACIONES BIOÉTICAS	37
3.10 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	38
3.11 PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO:	38
CAPÍTULO IV	39

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1 RESULTADOS	39
4.2 DISCUSIÓN.....	49
CAPÍTULO V	50
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
5.1 CONCLUSIONES	50
5.2 RECOMENDACIONES.....	50
BIBLIOGRAFÍA.....	52
ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Unidades relacionadas a la seguridad de la radiación..	14
Tabla 2. Comparación entre dosis efectiva emitida durante estudios de imágenes y exposición natural a radiación ionizante.	15
Tabla 3. Nivel de riesgo de cáncer por estudio de imagen.	16
Tabla 4. Frecuencia estimada de daño en el ADN en células de mamíferos, causado por exposición a radiación de tipo rayos X o rayos gamma.	18
Tabla 5. Resumen de las consecuencias, dosis y causas de los principales efectos deterministas.	18
Tabla 6. Criterios ALARA.	20
Tabla 7. Comparación entre grupos PSE y PSNE en subgrupos de edades y sexo.	39
Tabla 8. Medidas de tendencia central de edades	39
Tabla 9. Tabla cruzada para exposición radiación ionizante y lesiones tiroideas.	41
Tabla 10. Comparación del riesgo de lesiones tiroideas entre el Personal de Salud Expuesto (PSE) y el Personal de Salud No Expuesto (PSNE).	42
Tabla 11. Comparación de tipo de lesión tiroidea entre PSE y PSNE.	43
Tabla 12. Análisis de dosis anual acumulada en el periodo 2019	45
Tabla 13. Comparación de lesiones tiroideas por ocupación.	45
Tabla 14. Comparación del PSE por áreas de trabajo.	47

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Gráfico de barras de trabajadores de la salud expuestos y no expuestos separadas por subgrupo de edad.	40
Gráfico 2. Frecuencia y porcentaje por sexo entre grupo expuesto y no expuesto.....	41
Gráfico 3. Lesiones tiroideas en el PSE.....	44
Gráfico 4. Lesiones tiroideas en el PSNE.	44
Gráfico 5. Gráfico de barras de las lesiones tiroideas de acuerdo con la ocupación.	46
Gráfico 6. Lesiones tiroideas reportadas por áreas de exposición..	48



**FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
ESCUELA DE MEDICINA
UNIDAD DE TITULACIÓN**

**“LESIONES TIROIDEAS ASOCIADA A LA EXPOSICIÓN DE RADIACIÓN
IONIZANTE EN EL PERSONAL DE SALUD”**

**AUTOR: ROSERO LÓPEZ JORDAN DANIEL
TUTOR: DR. YEE GUIN JORGE ALBERTO**

RESUMEN

El personal de salud que trabaja en áreas con equipos generadores de radiación ionizante tiene mayor exposición a radiación que la población general, lo que puede aumentar el riesgo de lesiones tiroideas. Estudios realizados en diversos países han demostrado mayor prevalencia de enfermedades tiroideas como hipotiroidismo clínico, hipotiroidismo subclínico, nódulo tiroideo y cáncer de tiroides en el personal de salud.

Este estudio evaluó el riesgo de lesiones tiroideas en el personal de salud ocupacionalmente expuesto (POE) a radiación ionizante. Para esto se realizó un estudio de enfoque cuantitativo, alcance observacional retrospectivo, de diseño transversal. Luego de excluir al personal con enfermedad tiroidea fuera del periodo 2015-2019 y a menores de 26 años, se consideró al POE y al personal no expuesto mediante la comparación de edades en una proporción 1:2, respectivamente. Los datos fueron obtenidos de los informes en las historias clínicas institucionales del Hospital Teodoro Maldonado Carbo.

El POE constó de 127 trabajadores del informe de dosimetría personal termoluminiscente, y el grupo no expuesto de 254 trabajadores de otras áreas del hospital. El POE tuvo mayor riesgo de sufrir lesiones tiroideas que el personal de salud no expuesto (odds ratio (OR): 2,144; intervalo de confianza (IC) del 95%: 1,035–4,443), siendo las lesiones más frecuentes: nódulo tiroideo (31,3%; OR: 3,3479; IC 95%:1,0723–10,4526); hipotiroidismo subclínico (25%); hipotiroidismo clínico (18,8%). Los resultados obtenidos evidencian que el personal de salud que labora en áreas expuesta a radiación ionizante tiene mayor riesgo de lesiones tiroideas que el personal de salud no expuesto.

Palabras clave: personal ocupacionalmente expuesto, radiación ionizante, nódulo tiroideo, hipotiroidismo subclínico, hipotiroidismo clínico.



**FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
ESCUELA DE MEDICINA
UNIDAD DE TITULACIÓN**

**“THYROID INJURIES ASSOCIATED WITH IONIZING RADIATION
EXPOSURE IN HEALTH PERSONNEL”**

AUTOR: ROSERO LÓPEZ JORDAN DANIEL

TUTOR: DR. YEE GUIN JORGE ALBERTO

ABSTRACT

Health personnel working in areas with ionizing radiation generating equipment have greater radiation exposure than the general population, which can increase the risk of thyroid injury. Studies carried out in various countries have shown a higher prevalence of thyroid diseases such as clinical hypothyroidism, subclinical hypothyroidism, thyroid nodule, and thyroid cancer in health personnel.

This study evaluated the risk of thyroid injuries in health personnel occupationally exposed (POE) to ionizing radiation. For this, a study with a quantitative approach, retrospective observational scope, of cross-sectional design was carried out.

After excluding personnel with thyroid disease outside the 2015-2019 period and those under 26 years of age, the POE and unexposed personnel were considered by comparing ages in a 1: 2 ratio, respectively. The data were obtained from the reports in the institutional medical records of the Teodoro Maldonado Carbo Hospital.

The POE consisted of 127 workers from the thermoluminescent personal dosimetry report, and the unexposed group of 254 workers from other areas of the hospital. The POE had a higher risk of suffering thyroid lesions than the unexposed health personnel (odds ratio (OR): 2.144; 95% confidence interval (CI): 1.035-4.443), the most frequent lesions being: thyroid nodule (31 , 3%; OR: 3.3479; 95% CI: 1.0723-10.4526); subclinical hypothyroidism (25%); clinical hypothyroidism (18.8%).

The results obtained show that health personnel who work in areas exposed to ionizing radiation have a greater risk of thyroid lesions than unexposed health personnel.

Key words: occupationally exposed personnel, ionizing radiation, thyroid nodule, subclinical hypothyroidism, clinical hypothyroidism.

INTRODUCCIÓN

El empleo de la radiación ionizante en el campo de la medicina ha permitido el avance en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Sin embargo, las mismas propiedades que producen su beneficio también generan riesgos para la salud. Dentro de los trabajadores de la salud, aquellos que laboran en áreas que usan equipos que generan radiación ionizante son los que mayor riesgo tienen de sufrir lesiones por esta causa.

La radiación ionizante es una forma de energía que incluye partículas y rayos capaces de ionizar la materia generando el desplazamiento de electrones. Esta energía proviene de material radioactivo y se encuentra presente en la naturaleza y todos los seres vivos están expuestos a ella. La mayor parte se produce naturalmente, aunque también puede ser producida de manera artificial, como por ejemplo los rayos X.

En el campo de la medicina, la radiación ionizante es empleada para el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades. La radiación ionizante es capaz de atravesar la materia pudiendo generar imágenes de las estructuras internas del cuerpo. También es utilizada para el tratamiento de enfermedades por su capacidad de destruir células tumorales a dosis altas.

Varias especialidades médicas aprovechan la radiación ionizante con diversos fines. En radiodiagnóstico se utilizan los rayos X, que son un tipo de radiación ionizante, para obtener imágenes del interior del organismo a través de equipos de rayos X, así como también en tomografía computarizada, densitometría y fluoroscopia. La radioterapia es empleada por la oncología para la destrucción de células cancerosas, ya sea de forma externa o interna. Por otra parte, la medicina nuclear emplea otras formas de radiación ionizante como los rayos gamma y radiosondas, moléculas pequeñas marcadas con material radiactivo, para obtener información funcional y molecular de órganos del cuerpo.

A pesar de todos sus beneficios, la exposición a radiación ionizante también puede conllevar un riesgo para la salud. La radiación ionizante es

capaz de generar el desplazamiento de electrones, produciendo así la ionización de moléculas y la formación de radicales libres en el interior de la célula. Las moléculas ionizadas y los radicales libres pueden alterar el funcionamiento celular o la estructura del ADN pudiendo causar enfermedades.

Los efectos de la salud producidos por la exposición a la radiación ionizante sobre el cuerpo humano dependen de la dosis absorbida y pueden ser de dos tipos: tempranos o tardíos. Los efectos tempranos, generalmente se observan en síndromes clínicos agudos en individuos expuestos a dosis elevadas de radiación; mientras que los efectos tardíos, como es el caso del cáncer, se producen luego de mucho tiempo posterior a la exposición y requieren de estudios epidemiológicos a través de la observación del incremento de ocurrencia de una patología en una población determinada que haya estado expuesta.

Los efectos que se producen en los tejidos y órganos dependen de la sensibilidad de estos a la radiación ionizante y del momento del ciclo celular en que se produce la exposición, por lo que las células con mayor sensibilidad son aquellas que se encuentran en constante división y que son poco diferenciadas. Los órganos con mayor riesgo son la médula ósea, el intestino y las gónadas.

La población general se encuentra expuesta a dosis bajas de radiación ionizante natural que suelen ser inofensivas. Incluso, aunque algunos estudios de imágenes pueden exponer a dosis adicionales de radiación anual, su baja frecuencia hace que sea muy poco probable adquirir una enfermedad por esta causa. En contraparte, las personas que trabajan en el área de la salud y que, durante su labor diaria emplean equipos diagnósticos y/o terapéuticos que emiten radiación ionizante tienen una exposición mayor que la población general.

Existen diversas medidas que reducen y controlan la exposición laboral a la radiación ionizante. El estado ecuatoriano establece en la Constitución una dosis máxima que puede recibir una persona expuesta a radiación ionizante en su trabajo. De la misma manera, las instituciones que emplean radiación

cuentan con protocolos y trajes de protección para reducir los riesgos por la exposición en el personal.

Pese a las medidas de protección contra la radiación ionizante, existen circunstancias que ponen en riesgo al personal de salud. No cumplir correctamente los protocolos de seguridad, equipos no modernizados, y la realización de estudios superfluos incrementan innecesariamente la exposición.

La glándula tiroides es uno de los órganos que se ve afectado por la radiación ionizante. Su localización y consistencia hacen de esta glándula un órgano vulnerable a la radiación ionizante. Además, por su importante función como órgano productor de hormonas regularizadoras del metabolismo y por la accesibilidad a sus estudios de laboratorio, vuelven a este órgano un objeto de interés para establecer los efectos de la radiación a dosis bajas y a largo plazo.

Por todo lo antes mencionado, este trabajo de titulación investiga las posibles lesiones sobre uno de los órganos expuestos a la radiación ionizante en los profesionales de la salud cuya área de trabajo incrementa el riesgo. El objeto de estudio serán las lesiones tiroideas más frecuentes en el personal de salud expuesto a radiación ionizante.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las enfermedades tiroideas son comunes en la población mundial, aunque su prevalencia varía de acuerdo con el área geográfica. Las alteraciones tiroideas como los nódulos son más prevalentes en áreas con déficit de yodo, mientras que las enfermedades autoinmunes son más frecuentes en áreas repletas de yodo (1). No obstante, existen muchos más factores externos que inciden en el surgimiento de estas alteraciones, como es la radiación ionizante. Estas disfunciones son fáciles de identificar y tratar, sin embargo, de no ser diagnosticadas y tratadas a tiempo pueden generar consecuencias profundas en las personas y en una población en particular.

Debido a la variabilidad del yodo en la dieta, es difícil generalizar prevalencias de las alteraciones tiroideas a nivel mundial. Según la Asociación Americana de Tiroides el 12% de la población de Estados Unidos padecerá de una condición tiroidea a lo largo de su vida y hasta el 60% de ellos desconocerán de la existencia de esta. Las mujeres tienen de 5 a 8 veces mayor probabilidad de desarrollar alteraciones tiroideas que los hombres (2).

A nivel global se estima que la prevalencia de hipertiroidismo es de 1-2% en mujeres y del 0.1-0.2% en hombres, siendo sus principales causas la enfermedad de Graves y el bocio multinodular tóxico (1). Por otro lado, el hipotiroidismo clínico tiene una incidencia de 0.3%, mientras que el hipotiroidismo subclínico se presente en 4.3% de las personas. La incidencia de hipotiroidismo es mayor en mujeres y ancianos (3). El bocio puede llegar a alcanzar hasta el 80% de prevalencia en poblaciones con déficit de yodo, principalmente en zonas montañosas del Sureste de Asia, América del Sur, África Central (1).

Estudios epidemiológicos indican que hasta el 1% de hombres y el 5% de

mujeres tienen nódulos tiroideos detectados clínicamente, siendo más prevalente en poblaciones con déficit de yodo (1). El cáncer de tiroides, por su parte, es la neoplasia endocrina más frecuente y la principal causa de muertes por tumores endocrinos. Su incidencia es de entre 2 y 20 casos por cada 100.000 habitantes, siendo la exposición a radiación ionizante el factor de riesgo más importante (4).

Se estima que en el Ecuador el hipotiroidismo tiene una tasa de incidencia del 5 al 8%, con mayor prevalencia en mujeres que en hombres (5). Un estudio realizado en Quito, durante el año 2019 en pacientes pediátricos, indica que existe 3.3% de hipotiroidismo subclínico en esta población (6). En tanto que, el cáncer de tiroides, según la guía para el manejo de nódulos y cáncer de tiroides publicada en el 2019 por el Ministerio de Salud Pública (MSP), es el segundo cáncer más frecuente en mujeres ecuatorianas con una tasa de incidencia de 23,5 por cada 100.000 habitantes. Las tasas más altas se encuentran en la región Andina principalmente Quito, Loja y Cuenca (7).

El incremento del empleo de la radiación ionizante en pruebas de estudio y tratamiento expone más al personal de salud que labora en las áreas que hacen uso de esta. Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) cada año se realizan más de 3.600 millones de pruebas diagnósticas radiológicas en el mundo, 37 millones de pruebas de medicina nuclear y 7,5 millones de tratamientos con radioterapia. El 98% de la dosis de radiación proveniente de fuentes artificiales que recibe la población general se deben a fines médicos, representando el 20% de la exposición total (8).

El riesgo de lesiones tisulares por radiación es mínimo en la población general por su exposición infrecuente. Sin embargo, en el caso de los médicos, licenciadas en enfermería y, tecnólogos y licenciados en imágenes, se exponen constantemente a bajos niveles de radiación, incrementa el riesgo de alteraciones anatómicas o funcionales (9). Y, aunque no causan efectos inmediatos en la salud, pueden incrementar el riesgo de hipofunción de órganos e incluso cáncer a lo largo de la vida. El riesgo de enfermedades, como el cáncer, aumenta directamente con la dosis recibida: a mayor dosis, mayor riesgo (10).

Los órganos más susceptibles de sufrir efectos estocásticos son la glándula tiroides, las glándulas salivares y el cerebro por el riesgo radiológico de acuerdo a un estudio publicado por la Sociedad Colombiana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular sobre los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes en Cardiología intervencionista (11).

Por esta razón es necesario investigar los posibles efectos patogénicos de la radiación a dosis bajas en trabajadores de la salud que laboran en servicios expuestos a radiación ionizante. El presente trabajo de titulación estudia las lesiones tiroideas en el personal de salud de los servicios expuestos a radiación ionizante en el Hospital de Especialidades Teodoro Maldonado Carbo (HETMC).

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Los trabajadores de la salud que laboran en áreas con exposición a radiación ionizante tienen riesgo de sufrir lesiones tiroideas en comparación con el personal no expuesto.

¿Cuál es el riesgo de sufrir lesiones tiroides del personal de salud expuesto a radiación ionizante?

1.3 JUSTIFICACIÓN

En este trabajo de tesis se planea investigar las lesiones asociadas con la exposición a dosis bajas de radiación ionizante en la glándula tiroides en el personal de salud expuesto. Debido a que diversos estudios demuestran que existe mayor riesgo de alteraciones tanto en la secreción hormonal de la tiroides, así como también de cambios estructurales como nódulos tiroideos en esta población de riesgo, justifican la realización de este estudio.

En el Ecuador se llevó a cabo un estudio en el Hospital General de Ambato en el año 2016 donde se estudió la relación entre la dosis de radiación ionizante y la prevalencia de cáncer de tiroides. Este estudio concluyó que no existía asociación entre el cáncer de tiroides y la exposición a radiación ionizante pese a la mayor prevalencia de cáncer de tiroides en esta población. Además,

durante este estudio se observó que no se cumplían las normas establecidas durante las actividades de imagenología. Sin embargo, a diferencia del estudio citado, el presente estudio no sólo estudia el cáncer de tiroides sino también otras alteraciones tiroideas y enfatiza que dosis por debajo del límite permitido pueden asociarse a estos cambios (12).

En nuestro país la falta de cumplimiento de protocolos, equipos desactualizados y el hecho que el personal pueda laborar en más de un establecimiento, incrementan la exposición de radiación ionizante en el personal de salud (12).

El presente estudio pretende establecer cuál es la probabilidad local del personal de salud expuesto a radiación ionizante de que puedan sufrir lesiones tiroideas. De esta manera, tomar medidas precoces para reducir el riesgo de complicaciones a largo plazo como el cáncer de tiroides.

1.4 DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

Con base a las prioridades de investigación del Ministerio de Salud Pública se establece que:

Naturaleza: Descriptiva.

Línea de investigación: Salud humana, animal y del ambiente.

Sublínea de investigación: Biomedicina y epidemiología.

Área: Neoplasias. **Área específica:** Endócrinas.

Campo: Salud ocupacional. **Campo específico:** Radiaciones ionizantes.

Lugar: Hospital de Especialidades Teodoro Maldonado Carbo.

Periodo: 2015 – 2019

1.5 PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN

¿Existen diferencias en la prevalencia de enfermedades tiroideas entre los trabajadores de la salud que laboran en áreas expuestas a radiación ionizante en comparación con los que no lo están?

¿Existe mayor probabilidad de lesiones tiroideas en trabajadores de la salud expuestos a radiación ionizante versus los que no tienen exposición?

¿Cuáles son las lesiones tiroideas más frecuentes en los trabajadores de la salud expuestos a radiación ionizante?

1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL.

Determinar la asociación entre las lesiones tiroideas del personal de salud expuesto y la radiación ionizante a dosis bajas del Hospital Teodoro Maldonado Carbo durante el periodo 2015-2019.

OBJETIVO ESPECÍFICO.

Identificar la prevalencia de lesiones tiroideas presentes en médicos, personal de enfermería, tecnólogos y licenciados en imágenes expuestos a radiación ionizante entre el periodo 2015 al 2019.

Comparar la prevalencia de enfermedades tiroideas entre el personal expuesto y el personal no expuesto de salud a radiación ionizante en el periodo 2015 al 2019.

Establecer la frecuencia de las lesiones tiroideas presentes en el personal de salud expuesto a radiación ionizante.

Analizar las lesiones tiroideas por área de trabajo en el subgrupo de personal expuesto.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

El personal de salud que trabaja en áreas con equipos que generan radiación ionizante tiene mayor exposición a radiación que aquellas personas que no trabajan en estas áreas. Esta mayor exposición, a pesar de ser a dosis inferiores a los límites establecidos como peligrosos por instituciones reguladoras, puede llegar a ser riesgosa para órganos sensibles, como es el caso de la glándula tiroides. Las alteraciones que pueden ocurrir pueden ser de atrofia, de hipofunción, pueden surgir nódulos tiroideos y en el peor de los escenarios, el cáncer de tiroides. A continuación, se realiza una revisión bibliográfica que respaldan estas afirmaciones.

2.1 ANTECEDENTES

La lesión tiroidea producida por la radiación ionizante más estudiada y relacionada directamente a esta, es el cáncer de tiroides, siendo incluso, reconocido como el único factor de riesgo exógeno para este. La principal evidencia proviene de estudios de exposición infantil, incluidos supervivientes de la bomba atómica. Datos recogidos luego del accidente nuclear en Chernóbil (Ucrania, 1986) indican que la incidencia de carcinoma papilar es superior (60-100 veces) en personas expuestas a dosis elevadas de isótopos radiactivos del yodo, y en especial si la exposición ocurre antes de los 10 años (13) (14).

Sin embargo, dosis bajas de radiación pueden incrementar potencialmente riesgo de peligros para la salud, en particular para los trabajadores de expuestos crónicamente o con una protección inadecuada (15). De acuerdo a un estudio publicado por la Universidad de Oxford en el año 2016, los médicos tienen un riesgo significativamente mayor de enfermedades tiroideas que la población general incluidos: el cáncer de tiroides, hipotiroidismo y tiroiditis (16). Estudios realizados en el año 2018 por Tu et al (9), indican que la exposición a largo plazo a dosis bajas de radiación ionizante podría inducir el daño tiroideo de la población médica.

El estudio realizado por Aschebrook-Kiloy et al, donde se analiza la relación entre cáncer de tiroides y la exposición laboral a radiaciones ionizantes, indica un incremento del riesgo de cáncer de tiroides que va desde 1,5 a 3,3 en la población con interacción directa de rayos X por su ocupación. En este artículo se analizaron estudios realizados en China, Estados Unidos, Canadá, Dinamarca, Finlandia, Islandia, Noruega, Suecia e Israel. Considerándose: la Razón de Incidencia Proporcional (PIR), el Índice de Confianza (CI), Razón de Probabilidades (OR) y el Riesgo Relativo (RR); se observó un mayor riesgo en los trabajadores de la salud incluidos tecnólogos radiológicos (RR = 1,85 IC del 95%: 1,02-3,35), médicos operadores de rayos X, enfermeras y auxiliares de enfermería (RR = 1,22; IC del 95%: 1,01-1,47), trabajadores de laboratorios con material radioactivo, dentistas y asistentes dentales (OR = 13,1 IC del 95%: 2,1-289) (17).

Un estudio de cohorte retrospectivo llevado en Los Ángeles, Estados Unidos, por Haselkorn et al. Se observaron mayores tasas de incidencia proporcional de cáncer de tiroides. Este estudio fue llevado en dentistas (PIR = 388,4; IC del 95%: 200,5-678,5), médicos (hombres: PIR = 240,6; IC del 95%: 166,6-336,2; mujeres: PIR = 164,6; 95% CI: 85,0-287,6) y técnicos radiológicos (PIR = 425,8; 95% CI: 137,2-993,6) (18). Otro estudio, esta vez realizado en Corea del Sur, reveló una incidencia significativamente mayor de cáncer de tiroides en relación con las tasas nacionales tanto para hombres (SIR 1,72, IC 95% 1,53-1,91) como para mujeres (SIR 1,18, IC 95% 1,08-1,28). Sin embargo, no proporcionó evidencia de una relación dosis respuesta con respecto a la dosis acumulada sobre la glándula tiroides (19).

Otras investigaciones en tecnólogos de radiología no han demostrado asociación entre exposición prolongada a radiación ionizante y cáncer de tiroides (20). No obstante, estudios en tecnólogos que presentaron cáncer de tiroides se encontró que fue más frecuente en aquellos con índice de masa corporal alto, sexo femenino, con historia de terapia con rayos X de cabeza y cuello, quienes acompañaron a pacientes durante procedimientos en más de 50 ocasiones (47% de riesgo adicional sobre el riesgo basal) y en aquellos que

se practicaban rayos X en sí mismos (46% más riesgo de cáncer sobre el riesgo basal) (21).

Aunque no solo el cáncer de tiroides se ha relacionado con la radiación ionizante. Entre las alteraciones funcionales de la tiroides en el personal expuesto a la radiación se encuentran que los niveles de hormona estimulante de la tiroides (TSH) son mayores, especialmente en hombres, mientras que los niveles de tetrayodotironina (T4) son inferiores a los valores normales, tanto en hombres como en mujeres (22).

A nivel mundial, Ecuador es uno de los países con mayor tasa de incidencia de cáncer de tiroides (23), ocupando el primer lugar entre las mujeres de América Latina (24). Los problemas de tiroides son significativamente más comunes en mujeres. Nueve de cada diez ecuatorianos que sufren de trastornos tiroideos son mujeres, siendo además, las mujeres 5 veces más probables de sufrir cáncer de tiroides que los hombres (24). Según datos del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC), el carcinoma de tiroides afecta a 54.809 personas en el país, de las cuales 67.1% (36.804) son mujeres (25). En el Ecuador, el cáncer de tiroides es el tercero que más afecta a las mujeres, luego del cáncer de mama y cuello uterino. Además, se ha observado un incremento de la mortalidad en mujeres ecuatorianas.

Un estudio llevado a cabo en el Hospital General de Ambato en el año 2016 que investigó la relación entre la dosis de radiación ionizante y el cáncer de tiroides en el personal de salud, no evidenció relación entre estas variables, a pesar de que existe una mayor prevalencia de cáncer de tiroides en la población expuesta (12).

2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

RADIACIÓN Y SUS EFECTOS EN EL SER HUMANO

La radiación es la propagación de la energía en forma de partícula u ondas electromagnéticas a través de un material o del vacío. Las radiaciones

interaccionan con la materia, por lo tanto, todos los cuerpos emiten y absorben radiaciones.

La radiación puede ser ionizante o no ionizante. La radiación es ionizante cuando la energía es capaz de producir ionización en el medio que atraviesa. En cambio, la radiación no ionizante es aquella en que la onda o partícula no tiene la energía suficiente capaz de ionizar la materia. Para este trabajo de tesis solo se analizará la radiación ionizante.

Radiación ionizante

La radiación ionizante es un tipo de energía capaz de ionizar la materia y es transportada a través de distintos tipos de partículas y rayos emitidos por material radioactivo. Puede adoptar la forma de partículas que incluyen las partículas alfa, beta y neutrones o de ondas, como las ondas electromagnéticas rayos x y rayos gama (26). Estas partículas y rayos tienen distinto poder de penetración, por lo cual, causan distintos efectos sobre la materia viva.

Las partículas alfa están constituidas por dos protones cargados positivamente y dos neutrones, por lo que, de todos los tipos de radiación, son las que mayor carga tienen. Esta mayor carga provoca que interaccionen en mayor medida con los átomos circundantes, y esta interacción a su vez, disminuye rápidamente la energía de la partícula reduciendo el poder de penetración. Las partículas beta están constituidas por electrones con carga negativa, llevan menor carga y, por ello, tienen mayor poder de penetración llegando a atravesar uno o dos centímetros de tejido vivo (27).

A diferencia de las partículas alfa y beta, los rayos gamma y rayos X son muy penetrantes y pueden atravesar materiales menos densos que una gruesa plancha de acero. Los neutrones son partículas con carga neutra y tienen un elevado poder de penetración. Los neutrones se encuentran de forma natural como parte de la radiación cósmica, o artificialmente al ser emitidos por un núcleo inestable producto de fusión nuclear (27). Estos rayos y partículas tienen la capacidad de desplazar electrones de moléculas con las que

interactúan como las del agua e incluso los ácidos nucleicos en el interior de las células. A este desplazamiento se lo llama ionización

La radiación ionizante se encuentra presente en la naturaleza y todas las especies viven en presencia de ella. Sin embargo, los seres humanos expuestos a dosis pequeñas pueden no presentar efectos inmediatamente, pero las dosis bajas por tiempo prolongado pueden causar daños.

Fuentes de radiación ionizante para usos médicos

Existen distintas fuentes artificiales de radiación ionizante. La mayor parte de estas fuentes artificiales de radiación se emplean con fines médicos, representando el 98% de todas las fuentes artificiales y luego de las fuentes naturales, es el segundo mayor contribuyente a la exposición de la población. Estas fuentes incluyen los aparatos de rayos X y las sustancias radioactivas empleadas para el diagnóstico y tratamientos de enfermedades (28).

La radiación ionizante con fines diagnósticos se emplea en aparatos de rayos X (fijos, móviles, arcos de quirófano, tomografía computarizada), sustancias radioactivas usadas en medicina nuclear “in vivo”, y sustancias radioactivas usadas en el laboratorio “in vitro” (29).

Con fines terapéuticos, la radiación ionizante se utiliza en aceleradores lineales de electrones o máquinas de telecobaltoterapia, usadas en el tratamiento del cáncer y otras enfermedades (teleterapia), fuentes radiactivas encapsuladas en pequeños contenedores que se inserta en el interior del paciente oncológico (braquiterapia) durante largos periodos de tiempo (implantes), o durante varias sesiones de corta duración (braquiterapia de alta tasa de dosis), y sustancias radiactivas administradas a los pacientes (29).

Los equipos de imágenes como radiógrafos y tomógrafos emplean rayos X para la obtención de imágenes. Los rayos X son una forma de radiación ionizante, no visible de longitud de onda corta de 0.1 a 10 nanómetros, energía alta, pero que, a diferencia de la luz, los rayos X penetran el cuerpo, lo que permite producir imágenes de las estructuras internas del organismo (30).

La dosis de radiación recibida, también llamada dosis efectiva, se mide en unidades millisievert (mSv), aunque también existen otras unidades como son el rad, el rem, el roentgen, el sievert y el gray (30). En la siguiente tabla, se describen las equivalencias de estas unidades.

Tabla 1. Unidades relacionadas a la seguridad de la radiación.

Unidades relacionadas a la radiación
Dosis absorbida:
SI unidades: 1 gray (Gy) = 1000 mGy
Unidades antiguas: 1 rad = 10 mGy
Dosis efectiva:
SI unidades: 1 sievert (Sv) = 1000 rem; 1 rem = 10 mSv
Unidades antiguas: 1 rad = 1 rem (para rayos X)

Fuente: tomado de Exposing the Thyroid to Radiation: A Review of Its Current Extent, Risks, and Implications. Sinnott B, Ron E.

Cada tejido y órgano del organismo tiene una sensibilidad diferente a la radiación, por lo que el riesgo relacionado con la radiación varía en cada uno de ellos. El término dosis efectiva hace referencia a la dosis promedio en todo el organismo. La dosis efectiva considera la sensibilidad relativa de diversos órganos y tejido expuestos. Además, permite cuantificar el riesgo y compararlo con otras fuentes de exposición.

Estudios realizados en Estados Unidos indican que la persona promedio, que no se encuentra expuesta laboralmente, recibe una dosis efectiva de aproximadamente 3 mSv por año proveniente de radiación existente de materiales de la naturaleza y radiación cósmica del espacio exterior. En España se estima que la población promedio recibe un total de 3,7 mSv al año (consejo de seguridad nuclear en España). Siendo la principal fuente de radiación en los hogares el gas radón, produciendo alrededor de 2mSv por año (30).

Sin embargo, las personas se exponen a dosis adicionales de radiación ionizante artificial con fines diagnósticos y terapéuticos por el empleo de equipos que emiten radiación como son los equipos de radiografía y tomografía que incrementan las dosis de radiación anual. Estudios indican que

el empleo de estudios diagnósticos como tomografías computarizadas (Odds Ratios (OR) = 1,52) o radiografías dentales (OR = 1,69) incrementan el riesgo de cáncer de tiroides. Así como también la exposición de cabeza y cuello (OR = 1,31) y tórax (OR = 1,71) (31). Las dosis de radiación recibida en los pacientes durante los exámenes imagenológicos se enlistan en la siguiente tabla.

Tabla 2. Comparación entre dosis efectiva emitida durante estudios de imágenes y exposición natural a radiación ionizante.

Procedimiento	Dosis aproximada de radiación efectiva	Comparable con la radiación natural de fondo durante:	Riesgo adicional de por vida de cáncer fatal debido al examen:
Región abdominal			
Tomografía axial computarizada (TAC) de abdomen y pelvis	10 mSv	3 años	Bajo
TAC abdomen y pelvis, repetido con y sin material de contraste	20 mSv	7 años	Moderado
TAC colonografía	10 mSv	3 años	Bajo
Pielograma intravenosos (PIV)	3 mSv	1 año	Bajo
Radiografía (rayos x) tracto digestivo superior	6 mSv	2 años	Bajo
Radiografía (Rayos x) Tracto digestivo inferior	8 mSv	3 años	Bajo
Huesos:			
Radiografía (rayos x) columna	1.5 mSV	6 meses	Muy bajo
Radiografía (rayos x) extremidades	0.001 mSv	3 horas	Insignificante
Sistema nervioso central			
TAC cabeza	2 mSv	8 meses	Muy bajo
TAC cabeza, repetido con y sin material de contraste	4 mSv	16 meses	Bajo
TAC columna	6 mSv	2 años	Bajo

Tórax			
TAC tórax	7 mSv	2 años	Bajo
TAC de tórax dosis baja	1.5 mSv	6 meses	Muy bajo
Radiografía (rayos x) tórax	0.1 mSv	6 meses	Muy bajo
Dental			
Rayos x intraorales	0.005 mSv	1 día	Insignificante
Corazón			
Angiografía coronaria por TAC	12 mSv	4 años	Bajo
TAC cardíaco para cuantificar calcio	3 mSv	1 año	Bajo
Exámenes en hombres			
Densitometría ósea (DXA)	0.001 mSv	3 horas	Insignificante
Exámenes en mujeres			
Densitometría ósea (DXA)	0.001 mSv	3 horas	Insignificante
Mamografía	0.4 mSv	7 semanas	Muy bajo

Fuente: Radiological Society of North America. Dosis de radiación en exámenes de rayos X y TAC.

Nota: Las dosis efectivas son valores típicos para un adulto de tamaño promedio.

Nota de pacientes pediátricos: Los pacientes pediátricos varían en tamaño. Las dosis administradas a pacientes pediátricos variarán significativamente de las que se administran a adultos.

Tabla 3. Nivel de riesgo de cáncer por estudio de imagen.

Nivel de riesgo	Riesgo adicional aproximado de cáncer fatal por el examen para un adulto
Insignificante	Menos de 1 en 1.000.000
Mínimo	1 en 1.000.000 a 1 en 100.000
Muy bajo	1 en 100.000 a 1 en 10.000
Bajo	1 en 10.000 a 1 en 1.000
Moderado	1 en 1.000 a 1 en 500

Fuente: Radiological Society of North America. Dosis de radiación en exámenes de rayos X y TAC.

Medición de las radiaciones ionizantes

El ser humano no es capaz de percibir la radiación ionizante, es por esto por lo que se requiere de instrumentos especiales para medir el nivel de

exposición. Para la medición de radiación ionizantes existen aparatos que se basan en los fenómenos de interacción de la radiación con la materia. Los instrumentos de medida se clasifican como detectores de radiación y los dosímetros.

Los detectores de radiación son instrumentos portátiles de lectura directa que indican la tasa de radiación en dosis por unidad de tiempo. Estos se utilizan para la medida de radioactividad ambiental o de contaminación radioactiva. Para la medición se basan en fenómenos de ionización de gases, excitación por luminiscencia o detectores semiconductores (32).

Por otro lado, los dosímetros son medidores de radiación diseñados para medir dosis de radiación acumulada en un periodo de tiempo y son usados por el personal para medir la dosis de radiación a la que se exponen y también para aquellas personas que laboran en zonas de riesgo de irradiación. De acuerdo con su funcionamiento pueden ser: de cámara de ionización, de película fotográfica o de termoluminiscencia. Su principal función es permitir leer la dosis recibida y acumulada por un periodo de tiempo largo (32).

Efectos sobre los seres humanos

Es conocido que la radiación puede generar efectos a nivel celular que pueden llegar a producir la muerte o su alteración a través del daño del ácido desoxirribonucleico (ADN) en los cromosomas. Si el número de células dañadas es alto, podría ocasionar la disfunción de un órgano e incluso la muerte (27).

En el mecanismo de la lesión celular influye la trayectoria de la radiación. Las trayectorias de radiación pueden depositar energía de manera directa sobre el ADN (efecto directo) o pueden ionizar otras moléculas de la célula, en especial las moléculas de agua, para formar radicales libres que pueden dañar el ADN (efecto indirecto). Evidencias obtenidas mediante la introducción de captadores de radicales libres en la célula, sugieren que alrededor del 35% es exclusivamente directo y el 65% tiene un componente indirecto, para

radiaciones de baja transferencia lineal de energía (rayos X o rayos gamma) (Consejo de Seguridad Nuclear España , 2013).

Existen diversas lesiones en el ADN producto de la exposición a radiación tipo rayos X o rayos gamma que se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 4. Frecuencia estimada de daño en el ADN en células de mamíferos, causado por exposición a radiación de tipo rayos X o rayos gamma.

Tipo de daño	Frecuencia (número de defectos por células por Gy)
Roturas de cadena sencilla	1.000
Daño en bases	500
Roturas de doble cadena	40
Entrecruzamiento ADN proteína	150

Fuente: Consejo de Seguridad Nuclear de España.

Clasificación de los efectos biológicos radioinducidos

Los efectos biológicos de acuerdo con la naturaleza del daño provocado por la radiación se clasifican en estocásticos y deterministas.

Efecto determinista. - Se denomina efecto determinista a la muerte de un número de células suficientemente elevado de un órgano o tejido capaz de producir la pérdida de la función del órgano como consecuencia de la irradiación. Estos efectos ocurren luego de la exposición a dosis relativamente altas, manifestándose a medio-corto plazo. Para describir los efectos deterministas se utiliza la magnitud dosimétrica dosis absorbida, que es la energía absorbida por unidad de masa, cuya unidad recibe el nombre de Gray (Gy) (Consejo de Seguridad Nuclear España , 2013). En la siguiente tabla se enlistan los principales efectos deterministas sobre ciertos órganos.

Tabla 5. Resumen de las consecuencias, dosis y causas de los principales efectos deterministas.

Tejido	Efecto	Periodo de latencia aproximado	Umbral aproximado (Gy)	Dosis que producen efectos adversos	Causa
Sistema hematopoyético	Infecciones Hemorragias	2 semanas	0,5	2,0	Leucopenia Plaquetopenia

o					
Sistema inmune	Inmunosupresión Infección sistémica	Algunas horas	0,1	1,0	Linfopenia
Sistema gastrointestinal	Deshidratación Desnutrición	1 semana	2,0	5,0	Lesión del epitelio intestinal
Piel	Descamación	3 semanas	3,0	10,0	Daño en la capa basal
Testículo	Esterilidad	2 meses	0,2	3,0	Aspermia celular
Ovario	Esterilidad	< 1 mes	0,5	3,0	Muerte interfásica del oocito
Pulmón	Neumonía	3 meses	8,0	10,0	Fallos en la barrera alveolar
Cristalino	Cataratas	>1 año	0,2	5,0	Fallos en la maduración
Tiroides	Deficiencias metabólicas	< 1 año	5,0	10,0	Hipotiroidismo
Sistema nervioso central	Encefalopatías y mielopatías	Muy variable según dosis	15,0	30,0	Desmielinización y daño vascular

Fuente: Consejo de Seguridad Nuclear de España

Efecto estocástico. - Los efectos estocásticos son aquellos en los que la célula no muere por la irradiación, sino que sufre una modificación en la molécula de ADN. Estos efectos se producen como consecuencia de exposiciones a dosis bajas de radiación y la probabilidad de que ocurran aumenta al incrementar la dosis de radiación recibida. No existe dosis umbral para los efectos estocásticos, ya que incluso a dosis muy bajas de radiación existe una probabilidad, aunque sea muy baja, de que la célula sea modificada (Consejo de Seguridad Nuclear España , 2013).

Desarrollo de cáncer. Efectos estocásticos somáticos

Desde su descubrimiento en el año de 1895, no se tardó mucho en reconocer el potencial carcinogénico de los rayos X. En 1902, fue descrito el primer cáncer inducido por radiación, mismo que se caracterizó por un área ulcerada en la piel. Fueron los pioneros en la ciencia de la radiación quienes sufrieron los efectos temidos de la radiación. Wilhelm Conrad Roentgen, descubridor de los rayos X murió de cáncer de intestino en 1923. También Maire Curie, investigadora del fenómeno de la radioactividad, falleció de leucemia, probablemente inducida por la radiación en el año 1934 (27).

Por lo antes mencionado, se puede afirmar que la radiación puede llegar a causar cáncer. Esto se debe a que, al afectar el ADN sin destruir la célula produce la llamada mutación celular que, de permanecer en las divisiones celulares subsecuentes, podría derivar en cáncer (PNUMA, 2016). Existen cánceres que aparecen a los pocos años de la exposición a la radiación como el cáncer de tiroides, el óseo y la leucemia, mientras que los otros tipos de cáncer no suelen manifestarse hasta pasada una década luego de la exposición.

Estudios realizados por United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) calcularon que la probabilidad adicional de morir por un cáncer causado por una exposición radiológica superior a 100 mSv es de aproximadamente 3 a 5 por ciento por sievert.

Medidas de protección radiológica

Existen diversas situaciones que exponen de manera innecesaria al personal de salud a la radiación entre ellos encontramos: no seguir correctamente los protocolos de seguridad establecidos en las instituciones en que laboran, equipos no modernizados que emiten mayor cantidad de radiación, pruebas solicitadas innecesariamente como tomografías computarizadas. La finalidad principal de la protección radiológica es dar un nivel apropiado de protección para el ser humano y el medio ambiente, sin limitar indebidamente las prácticas beneficiosas que dan lugar a la exposición de radiación ionizante. Con respecto a la protección radiológica la legislación Europea utiliza el principio ALARA que expresa “Tan bajo como sea razonablemente posible” por sus siglas en inglés (33).

Tabla 6. Criterios ALARA.

Aplicación	Ocupacional	Público
Dosis efectiva	100 mSv en un periodo de 5 años oficiales, no superando 50 mSv en un año	1 mSv/año oficial
Dosis equivalente anual en: Cristalino Piel Manos y pies	150 mSv 500 mSv 500 mSv	15 mSv 50 mSv ----

Fuente: Consejo de Seguridad Nuclear de España.

La cantidad de radiación a la que el personal de salud se expone depende de tres factores: recorrido entre la ubicación del individuo y la fuente, es decir la distancia; material interpuesto, el blindaje; y tiempo de exposición a la radiación (33).

Distancia: el incremento de la distancia entre la fuente de radiación ionizante y el operador disminuye en la misma proporción en que aumenta el cuadrado de la distancia.

Tiempo: se reduce la dosis de radiación al disminuir el tiempo de exposición. En aquellas situaciones en las que el personal debe permanecer en áreas con radiación, se deben planificar con antelación sus tareas como es el caso de personal de enfermería que ingresa a habitaciones para cuidados de pacientes tratados mediante terapias con sustancias radiactivas (29).

Blindaje: es un material absorbente que se interpone entre el operador y la fuente de radiación. Entre más grueso sea, menor radiación atravesará al otro lado de este. Para atenuar los rayos X y la radiación gamma se utilizan el plomo y el hormigón. Las salas de rayos X generalmente están forradas de plomo o construidas con ladrillos de material absorbente como la barita. Para la protección corporal al interior de una sala donde se emplean rayos X, se utilizan delantales, protectores tiroideos y guantes plomados (29).

En caso de procedimientos que empleen fluoroscopia las sugerencias básicas de protección incluyen:

- El fluoroscopio debe encontrarse lo más próximo al paciente a una distancia menor de 30 cm, en habitaciones con protección de paredes de plomo o cemento.
- Mandil de plomo de 0.25 mm de espesor. Estos protectores absorben entre 90 y 95% de los rayos.
- Protector para tiroides de 0.5 mm de espesor.

- Gafas a base de plomo con espesor de 0.35 mm con cristales transparentes, con protección frontal y lateral.
- Guantes de wolframio o plomo, de espesor menor de 0.25 mm. Se recomienda el empleo de un dosímetro de anillo, para vigilar la radiación recibida (34).

Lesiones tiroideas producidas por la radiación ionizante

La tiroides es una glándula endocrina y consiste en dos lóbulos unidos por un istmo delante de la tráquea y debajo de la laringe. La glándula tiroides secreta las hormonas tiroideas triyodotironina (T3) y tetrayodotironina (T4), las cuales influyen el índice metabólico basal, síntesis de proteínas y tiene un amplio rango de otros efectos incluyendo el desarrollo. Las hormonas tiroideas T3 y T4 se sintetizan a partir de yodo y tirosina en las células foliculares. La glándula tiroides también produce la hormona calcitonina, la cual cumple un rol en la homeostasis del calcio.

Varias anomalías de la tiroides pueden ser causadas por la exposición a la radiación. El riesgo de hipotiroidismo, probablemente como consecuencia de la muerte celular, aumenta con la dosis de radiación. Diversos estudios han indicado que dosis bajas de radiación a la tiroides podrían estar asociadas con una mayor prevalencia de anticuerpos antitiroideos, pero estas asociaciones siguen siendo controvertidas (35). En un estudio realizado por Schneider (36) en el que se dio seguimiento a personas irradiadas se encontró que los sujetos expuestos a radiación con niveles elevados de tiroglobulina y con un examen clínico normal tienen un mayor riesgo de desarrollar nódulos tiroideos. Ya que las neoplasias de tiroides se presentan muchas veces como nódulos tiroideos, estos son de interés para nuestro estudio (37).

El carcinoma papilar de tiroides es la forma más frecuente de carcinoma de tiroides que se diagnostica después de la exposición a la radiación. Las radiaciones ionizantes inducen daño al ADN, ya sea directamente o generando especies reactivas de oxígeno (ROS). Los radicales libres son especies químicas con un único electrón no apareado en una órbita externa lo que los

vuelve muy inestables y capaces de reaccionar fácilmente con sustancias químicas orgánicas e inorgánicas.

En el interior de la célula afectan con avidez los ácidos nucleicos y también lípidos y proteínas celulares. Los radicales libres no solo lesionan los compuestos químicos intracelulares, sino que además son capaces de generar reacciones autocatalíticas, esto quiere decir, que las moléculas que reaccionan con radicales libres se convierten a su vez, en radicales libres generando una cadena de daño. El tejido tiroideo contiene una gran cantidad de NADPH oxidasas, que son enzimas especializadas generadoras de ROS que se conocen como NOX/DUOX. La exposición a la radiación aumenta la expresión de DUOX1, lo que lleva a una producción importante de ROS en la glándula tiroidea después de la exposición a la radiación, y esto puede explicar su alta sensibilidad a la radiación. Este daño en el ADN incluye roturas de una o dos hebras que darán lugar a deleciones y reordenamientos cromosómicos (35).

En el carcinoma papilar de tiroides que ocurre después de la exposición a la radiación, con frecuencia se observan reordenamientos intracromosómicos. Los reordenamientos de RET / PTC consisten en la fusión del dominio de tirosina quinasa de RET con el dominio terminal NH₂ de otro gen que se expresa de forma ubicua, lo que da como resultado la expresión constitutiva del transcrito. Es así que se considera que en el carcinoma papilar de tiroides producido por radiación, los reordenamientos de genes se encuentran con frecuencia, mientras que las mutaciones puntuales son poco frecuentes (35).

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Radiación ionizante. La radiación ionizante es un tipo de energía que viaja en forma de partículas (alfa y beta) o rayos (X y gamma) y es capaz de remover electrones de los átomos, proceso llamado ionización (38).

Rayos X. Es un tipo de radiación ionizante, invisible, capaz de atravesar cuerpos opacos. Su origen es extranuclear, producidos fundamentalmente producidos por desaceleración de electrones. Son empleados en medicina para la obtención de imágenes de estructuras internas del cuerpo.

Rayos Gamma. Es un tipo radiación ionizante capaz de penetrar la materia. Son radiaciones de origen nuclear que se producen por la desexcitación de un nucleón de un nivel excitado a otro de menor energía y en la desintegración de isótopos radiactivos. En medicina, se emplean para esterilización de equipo médico. También se emplean en procedimientos terapéuticos como la cirugía gamma-knife.

Efectos deterministas. Son consecuencia de exposiciones a elevadas dosis de radiación produciendo daño a un número significativo de células. Su aparición es inmediata o luego de un periodo corto de tiempo. Para describirlos se emplea la magnitud dosimétrica dosis absorbida (39).

Efectos estocásticos. Son aquellos que no dependen de la dosis de radiación, sino del tipo de radiación, la localización de las células potencialmente malignas y las características del individuo. En este tipo de efectos no existe muerte celular sino que existen modificaciones en el ADN celular (39). La magnitud empleada para su medición es la dosis efectiva.

Dosis absorbida. Es una magnitud que cuantifica la cantidad de energía absorbida por unidad de masa de un material. Su unidad es el Gray (Gy) que es igual a Joules/Kg (32).

Dosis efectiva. Cuantifica la radiación ionizante en términos de la posibilidad de causar daño. La unidad empleada es el sievert (Sv), que considera tanto el tipo de radiación como la sensibilidad de los tejidos y órganos (40).

Glándula tiroides. La tiroides es una glándula del aparato endocrino que se encarga de producir las hormonas triyodotironina (T3) y tetrayodotironina (T4), que controlan el metabolismo corporal. Para la producción de las hormonas T3 y T4 es necesario el ion yodo. Su funcionamiento está regulado por la hormona estimulante de la tiroides (TSH, por sus siglas en inglés *Thyroid Stimulating Hormone*) que se produce en la hipófisis, mediante un mecanismo feedback.

Hipotiroidismo. El hipotiroidismo es un estado clínico que se produce cuando disminuye la producción de hormonas tiroideas. Puede ser primario en caso de que el problema radique en la tiroides, o secundario si la afectación se halla en la hipófisis. Las principales causas son: autoinmune, deficiencia de yodo, posttiroidectomía, efecto adverso de medicamentos, postyodo radiactivo, congénito. Sus síntomas pueden ser: fatiga, constipación, intolerancia al frío, edema sin fovea, alteración del ciclo menstrual, bradicardia, depresión, alteración de la memoria, sequedad de piel y afectación de anexos como uñas y cabellos quebradizos. Para su diagnóstico se requiere valorar los niveles séricos de TSH que puede ser alta (hipotiroidismo primario) o baja (hipotiroidismo secundario), y T4 o T4 libre (FT4) bajos. El tratamiento requiere la administración de levotiroxina (3) .

Hipotiroidismo subclínico. Se define como hipotiroidismo subclínico a niveles de TSH elevados, con concentración sérica de FT4 normal. Pueden existir cambios similares a los del hipotiroidismo clínico, sin embargo, estos son leves o asintomáticos (3).

Hipertiroidismo. Es la condición clínica producida por un exceso de hormonas tiroideas. Es primario si la alteración se produce en la glándula tiroides y secundaria si el problema se encuentra en la hipófisis, aunque es extremadamente raro. Las causas más frecuentes son: autoinmunes (Graves), fases iniciales de tiroiditis, medicamentos. Su clínica es variada y puede aparecer: taquicardia, intolerancia al calor, exoftalmos, hipertermia, diarrea, hipertensión arterial. Para su diagnóstico se requieren niveles de TSH bajos y niveles de FT4 elevados. Para su tratamiento se puede emplear propiltiouracilo, tiamazol (3).

Nódulo tiroideo. Se define nódulo tiroideo la lesión intratiroidea, asintomática, imagenológicamente distinta del parénquima que le rodea, debido al crecimiento anormal de células tiroideas que puede ser benignas o malignas, siendo benigno en la mayoría de los casos. Los factores predisponentes son: deficiencia de yodo, el efecto de la hormona estimulante de la tiroides, tabaquismo, embarazo, multiparidad, historia de exposición a radiación ionizante de cabeza y cuello (7).

Cáncer de tiroides. Es la neoplasia más frecuente del aparato endocrino. Existen 4 tipos: papilar, folicular, medular y anaplásico. El factor de riesgo más importante es la exposición de la glándula tiroides a la radiación. Menos de 1 de cada 10 nódulos resultan ser cáncer de tiroides. El tratamiento requiere de tiroidectomía y la administración de levotiroxina para suprimir la TSH y evitar el crecimiento de células tiroideas (41).

2.4 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

La constitución del Ecuador establece un reglamento cuyo objeto es proteger de los efectos nocivos de la radiación a las personas que trabajan con dichas radiaciones y a la población en general.

El reglamento vigente de la Constitución Ecuatoriana fue establecido en el año de 1979 por la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica, expedida por Decreto Supremo N° 3306, publicado en el Registro Oficial N° 798. Este manifiesta en el artículo 10, que esta entidad se obliga a reglamentar la producción, adquisición, transporte, importación, exportación, utilización y manejo de elementos radioactivos; así como de los radioisótopos artificiales importados o producidos en el país y de las máquinas generadoras de radiaciones ionizantes.

En el artículo 1 se establece que la dosis máxima permitida para personas ocupacionalmente expuestas es:

Cuerpo entero, gónadas, médula ósea: 5 rem/año; 3 rem/trimestre

Hueso, piel de todo el cuerpo, tiroides: 30 rem/año, 15 rem/trimestre

Manos, antebrazos, pies, tobillos: 75 rem/año; 40 rem/trimestre

Todos los otros órganos: 15 rem/año; 8 rem/trimestre

Para el personal femenino en edad reproductiva se establece que no puede recibir más de 1.25 rem/trimestre, y aquellas mujeres embarazadas no podrán recibir más de 1 rem durante el periodo de embarazo.

Estas dosis mencionadas no comprenden las dosis producidas del fondo natural de radiación ni las que pueden recibir una persona por cuestión de exámenes o tratamientos médicos que empleen radiaciones ionizantes.

Para la población general, la dosis de radiación máxima que pueden recibir no puede exceder el 10% especificados en el artículo 1, mencionado en párrafos anteriores. No así para la tiroides de personas menores de 16 años, cuya dosis no debe exceder 150 rem/año.

Para vigilar y controlar los niveles de radiación recibida por el personal, el artículo 5 establece que *“Todo licenciataria está obligado a usar detectores de dosimetría personal adecuados, como dosímetros de bolsillo, dosímetros de película o dosímetros termoluminiscentes”* (42). La portación de estos dosímetros es obligatoria dentro de un área restringida.

De las instalaciones radiográficas de diagnóstico médico se establece que:

“a) Cada tubo de Rayos X deberá estar encerrado en una cubierta tal, que la exposición proveniente de fuga de radiación medida a una distancia de 1 metro del foco no exceda de 100 mR en una hora;

b) Deberá proveerse de diafragmas, conos o colimadores ajustables capaces de restringir el haz útil de radiación al área de interés clínico;

c) La filtración mínima total permanente en el haz útil deberá ser determinada para el máximo voltaje especificado en el tubo. La filtración total permanente deberá ser equivalente a no menos que 2 mm voltajes hasta 100 kv inclusive, y 3 mm Al a voltajes sobre 100 kV,

Excepciones. A voltajes de operación bajo 50 kV (por ej. mamografía) se permite una filtración total permanente menor.

La filtración total permanente en el haz útil deberá ser indicada en la cubierta del tubo.

d) Si el filtro de la máquina no está accesible para ser examinado o se desconoce la filtración total, puede considerarse que los requisitos de la letra anterior se han cumplido si la capa hemirreductora no es menor de valores que constan en la siguiente tabla:

VOLTAJE DE OPERACIÓN - CAPA HEMIRREDUCTORA KVP (mm DE Al)

Menor de 50 - 0,6

Menor de 70 - 1,6

Menor de 90 - 2,6

Menor de 100 - 2,8

Menor de 110 - 3,0

Menor de 120 - 3,3

e) En caso de que el equipo sea móvil, para radiografía destinada a diagnóstico, la distancia foco piel no debe ser menor de treinta centímetros, y el operador se colocará a una distancia mínima de dos metros con relación al paciente; y,

f) Algunos procedimientos radiográficos especiales, por ej. mamografía, requieren radiación débil”.

Tales procedimientos deberán ser llevados a cabo en equipo especial y no en equipo de Rayos X standard diseñado para potenciales mayores. Bajo ninguna circunstancia deberá ser la filtración total permanente menor de 0.5 mm Al. Cuando un tubo de Rayos X especial con filtro de molibdeno es usado para mamografía, un filtro de molibdeno de por lo menos 0.33 mm es preferible en algunos casos y puede ser usado en lugar de filtración de aluminio

Art. 79.- Blindaje. - Las características del blindaje serán las siguientes:

“a) Las paredes, piso y techo hacia los cuales pudiere apuntarse el haz útil de radiación deberán tener barreras primarias.

Las barreras primarias de las paredes tendrán una altura mínima de dos metros sobre el nivel del piso; y,

b) Se preverán barreras secundarias en todas aquellas paredes, piso, techo que, por restricciones en la orientación útil de radiación, no pueden ser afectados directamente por dicho haz.”(42)

2.5 HIPÓTESIS

H0: No existe riesgo de lesiones tiroideas asociada a la exposición a dosis bajas de radiación ionizante en personal de salud expuesto.

H1: Existe riesgo de lesiones tiroideas asociada a la exposición a dosis bajas de radiación ionizante en personal de salud expuesto

2.6 VARIABLES

2.6.1 Independiente:

Exposición a radiación ionizante

2.6.2 Dependiente:

Prevalencia de lesiones tiroideas en el personal de salud expuesto.

2.6.3 Variable interviniente:

Edad

Sexo

2.7 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES					
VARIABLES	DEFINICION	INDICADOR	ESCALA VALORATIVA	TIPO	FUENTE
Independiente: Exposición a radiación ionizante	La radiación ionizante es una energía que es capaz de alterar los electrones en los átomos alterando así la materia, y en el ser humano, puede generar alteraciones en la estructura del ADN	uso de dosímetro	Sí	Cuantitativa categórica nominal	Informe de dosimetría personal termoluminiscente. HTMC
			No	Cuantitativa categórica nominal	Informe de dosimetría personal termoluminiscente. HTMC
Dependiente: Lesiones tiroideas	La radiación ionizante puede alterar la estructura (nódulos tiroideos, cáncer) y funcionalidad de la glándula tiroidea (hipotiroidismo o hipertiroidismo).	Exámenes de laboratorio	TSH: 1. < 0,4 mUI/L (Hipertiroidismo) 2. 0,4 - 4 mUI/L (Rango normal) 3. > 4 mUI/L (Hipotiroidismo)	Cuantitativa categórica	HCI
			T4: 1. < 4,5 mcg/100 mL (Bajo) 2. 4,5 - 12,5 mcg/100 ml (Normal) 3. > 12,5 mcg/100 ml (Alto)	Cuantitativa categórica nominal	HCI
		Ecografía tiroidea	Hallazgos: normales o anormales (nódulo tiroideo)	Cuantitativa categórica nominal	HCI
		Punción Aspiración con Aguja Fina/Biopsia	1. benigna 2. maligna	Cuantitativa categórica dicotómica	HCI
Intervinientes:	Sexo: Conjunto de los individuos que comparten esta misma condición orgánica	Número de personas según sexo	1. femenino 2. masculino	Cuantitativa. Categórica dicotómica	HCI
	Edad: Tiempo que ha vivido una persona u otro ser vivo contando desde su nacimiento.	Años cumplidos	=< de 34 años 35-65 años => 66 años	Cuantitativa, continua y categórica nominal	HCI

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 METODOLOGÍA

El estudio realizado tiene enfoque investigativo cuantitativo, de alcance observacional retrospectivo, de diseño transversal:

Para establecer el riesgo de lesiones tiroides por la exposición a dosis bajas de radiación ionizante se requirió de análisis estadísticos que puedan negar o afirmar esta conjetura para ello se consideró necesario un enfoque cuantitativo. Los datos fueron recolectados de las historias clínicas institucionales del Hospital de Especialidades Teodoro Maldonado Carbo (HETMC) que constan en el sistema AS-400.

Se incluyó al personal que constaba en el informe de dosimetría termoluminiscente y la lista general del personal del HETMC del año 2019. El estudio identificó aquellos que tuvieron alguno de los siguientes diagnósticos: hipotiroidismo clínico, hipotiroidismo subclínico, hipertiroidismo, nódulo tiroideo y cáncer de tiroides durante el periodo 2015 al 2019. Estos diagnósticos fueron seleccionados por ser las patologías más comunes de la tiroides (16). Fueron excluidas las personas que presentaron enfermedades tiroideas antes del año 2015. Por lo antes mencionado, se considera que el estudio tiene un alcance observacional y es de tipo retrospectivo.

Se aplicó un diseño transversal para poder establecer la prevalencia de las lesiones tiroideas en el personal de salud. Los datos fueron recolectados del año 2019. El personal de salud fue dividido en dos grupos: un grupo expuesto y otro grupo no expuesto en relación 1:2, respectivamente. El grupo expuesto constaba de personal con dosímetro y cuya ocupación implica una exposición rutinaria y regular a la radiación. En el grupo de control no expuesto se consideraron a trabajadores con que carecen de dosímetro y que trabajaban en áreas distintas al personal expuesto.

Ambos grupos fueron equiparados en edad para tener la mayor similitud posible y los hallazgos no sean consecuencia de la mayor prevalencia de estas enfermedades con la edad. La edad se dividió en tres subgrupos: <35, 35-65 y >65 años. Se utilizó 35 años como punto de corte para la edad porque es el pico de la función biológica y el rendimiento físico (43). No se incluyó al personal con edad inferior de 26 años por considerarse que el tiempo de trabajo es poco para presentar efectos estocásticos y no reflejar la influencia de la exposición a la radiación.

Además, se analizaron estadísticamente los niveles de dosis anual acumulada en el informe del año 2019 para estimar los niveles de radiación a los que se encuentra expuesto el personal.

3.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO

El estudio fue realizado en el Hospital de Especialidades Teodoro Maldonado Carbo de la ciudad de Guayaquil, parroquia Ximena, Zona 8, de la provincia de Guayas, Ecuador.

El HETMC es un hospital perteneciente al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), de Tercer Nivel en el Esquema de Atención y representa un centro de referencia a nivel zonal y provincial, al contar con especialidades médicas, para pacientes asociados a la Red Pública Integral de Salud. (RPIS).

El hospital cuenta con una cartera de servicios que suman 69 que permiten asegurar la atención de salud de forma ambulatoria y/u hospitalaria en especialidades clínicas, quirúrgicas, cuidado materno infantil, medicina crítica, trasplantes, auxiliares del diagnóstico y/o tratamiento y de enfermería.

3.3 UNIVERSO Y MUESTRA

3.3.1 Universo

El universo está conformado por 2030 trabajadores del área de la salud incluidos médicos, personal de enfermería, tecnólogos y licenciados en

imágenes del Hospital de Especialidades del Teodoro Maldonado Carbo del año 2019.

3.3.2 Muestra

En el grupo expuesto constaban 153 trabajadores que contaban con dosímetro en el informe de dosimetría del año 2019. De ellos fueron incluidos 127 trabajadores que contaban con una historia clínica completa que incluya al menos un reporte de TSH y FT4 en sistema durante el periodo 2015-2019.

Para el grupo no expuesto fueron considerados 254 trabajadores de áreas distintas al grupo expuesto.

3.3.3 Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión

Grupo expuesto

- Trabajadores del hospital que cuenten con dosímetro.
- Trabajadores expuestos a radiación que cuentan en su historial clínico con al menos un reporte de TSH y FT4 en sistema AS400.

Grupo no expuesto

- Trabajadores de la salud del personal del HETMC

Criterios de exclusión

- Trabajadores de la salud que cuenten con diagnóstico de enfermedad tiroidea previo al 1 de enero del año 2015.
- Trabajadores del hospital que hayan tenido exposición adicional de radiación ionizante como radioterapia.
- Personal de salud con edad inferior de 26 años por considerarse que el tiempo de exposición no refleja la influencia de la radiación ionizante.

3.4 VIABILIDAD

El presente trabajo de titulación cuenta con la aceptación del tema por parte de la Comisión de Titulación de la Universidad de Guayaquil, y con los permisos necesarios por parte de Coordinación General de Investigación y del Departamento de Estadística del Hospital de Especialidades Teodoro Maldonado Carbo. No requiere consentimiento informado por parte de los pacientes ya que la recolección de los datos es de fuente indirecta (Historia clínica en sistema)

3.5 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

La variable dependiente del estudio fue la exposición a radiación ionizante, considerándose como indicador el uso de dosímetro termoluminiscente. Mientras que al grupo no expuesto se consideró a personal de salud que labora en áreas distintas y que no constan en el informe de dosimetría.

Las lesiones funcionales estudiadas se basaron en el análisis de los niveles séricos de TSH por el método de quimioluminiscencia disponible en el hospital, considerándose niveles: “normales” los valores entre 0,4 – 4 mUI/mL; “bajos”, < 0,4; “altos”, >4 mUI/L. Para hipotiroidismo subclínico se consideraron valores entre 4 – 10 mUI/mL con valores de FT4 en rangos normales y sin clínica manifiesta. Asimismo, los niveles de FT4 fueron clasificados como: “normales”, 0,89 – 1,76 ng/dL; “bajos”, < 0,89 ng/dL; “altos”, > 1,76 ng/dL.

Para las lesiones anatómicas se consideraron los resultados de ecografía de la glándula tiroides en aquellos que constaban con dicho estudio en su historia clínica. En el caso de la presencia de un nódulo tiroideo se hallaba en sistema su valoración en la escala TI-RADS, misma que valora criterios de malignidad ecográficos como son: hipoecogenicidad, microcalcificaciones, nódulo parcialmente quístico con localización excéntrica del componente líquido y lobulación del componente sólido, bordes irregulares, invasión del parénquima tiroideo perinodular, vascularización intranodal, configuración taller than wide (más alto que ancho) valiendo cada uno de ellos un punto los cuales se suman para obtener un total de puntuación. Si a esto se detectan ganglios

linfáticos cervicales sospechosos se añade otro punto a la escala. Bajo estos criterios se clasifican en de 6 grados divididos de la siguiente manera: grados II y III “lesión benigna”, grado IV “lesión incierta”, grado V y VI “malignos”. Para fines de este estudio se consideró el resultado como normal o anormal (presencia de nódulo tiroideo).

Los resultados obtenidos de la punción y aspiración con aguja fina de nódulos tiroideos con sospecha de malignidad constaban reportados con la clasificación de Bethesda, misma que estima el riesgo de malignidad y cuenta con 6 grados: grado I, 1-4%; grado II, 0-3%, grado III, 5-15%; grado IV, 15-30%; grado V, 60-75%; grado VI, 97-99%. Se decidió categorizarlos para el estudio como: “riesgo bajo”, grados I y II; “riesgo moderado”, grado III y IV; “riesgo alto”, V y VI. En el caso de los resultados de las biopsias, se catalogan como benignas o malignas. Con base a estos datos mencionados en párrafos anteriores se valoró el diagnóstico de cáncer de tiroides.

3.6 RECURSOS HUMANOS Y FÍSICOS

3.6.1 Recursos humanos

-Investigador

-Docente Tutor y Revisor del trabajo de titulación.

-Médicos Tratantes en Endocrinología, Medicina del Personal, Tecnólogos en imágenes del Hospital de Especialidades Teodoro Maldonado Carbo

3.6.2 Recursos físicos

- Computadora

- Impresora

- Hojas Papel Bond Tamaño A4, 75g

- Textos de Endocrinología

- Textos de Radiología
- Programa “IBM SPSS Statistics

3.7 INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN O RECOLECCIÓN DE LA DATA

Para el presente trabajo de titulación se utilizó la ficha de recolección de datos diseñada por el investigador en donde registró, con base a las historias clínicas del personal de salud, información sobre edad, sexo, niveles séricos de TSH, T4 y T4 libre, resultados de ecografía de glándula tiroides, asimismo el resultado de la punción aspiración con aguja fina y de biopsia.

Los diagnósticos considerados para este estudio fueron:

C73 Tumor maligno de la glándula tiroides

D073 Carcinoma in situ de la glándula tiroides y de otras glándulas endócrinas

D34 Tumor benigno de la glándula tiroides

D440 Tumor de comportamiento incierto de o desconocido de la glándula tiroides

E034 Atrofia de la tiroides (adquirida)

E078 Otros trastornos especificados de la glándula tiroides

E079 Trastorno de la glándula tiroides, no especificado

R946 Resultados anormales en estudios funcionales de la tiroides

Mismos datos, son recolectados por el investigador mediante una hoja de recolección de datos en Microsoft Excel 2016 y registrados en el programa “IBM SPSS Statistics” para analizar la relación entre las diferentes variables y determinar la prevalencia de lesiones anatómicas como funcionales de la glándula tiroides tanto en el grupo expuesto como en el no expuesto.

3.8 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Las diferencias en las características basales de edad entre los dos subgrupos se evaluaron mediante inferencias estadísticas y la prueba de χ^2 de Pearson para variables dicotómicas. Se empleó el programa SPSS de IBM para todos los análisis. El nivel de significancia se fijó en 0,05 (dos colas).

Se realizó análisis del personal expuesto ocupacionalmente por subgrupos de acuerdo con el área en la que laboran conforme se encuentra en el registro del personal, divididas de la siguiente forma: imágenes, cardiología (hemodinamia), traumatología, radioterapia, quirófano central y otros. En el quirófano central en las que se realizan intervenciones de neurocirugía, urología, cirugía vascular. Las lesiones tiroideas ocurridas también se compararon entre médicos.

3.9 CONSIDERACIONES BIOÉTICAS

Este trabajo de investigación, al ser un estudio retrospectivo y en cumplimiento de los principios de Bioética: autonomía, beneficencia, confidencialidad y justicia; se respeta la confidencialidad de las pacientes al no exponer datos personales de ellas y solo tomando en cuenta los datos enlistados en la encuesta personal realizada, se beneficiarán los trabajadores de la salud expuestos a radiación ionizante en un futuro con los resultados de esta investigación.

3.10 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

OBJETIVO	ACTIVIDAD	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
1	-Elaboración de anteproyecto -Solicitud dirigida al Ing. Carlos Boderó, Coordinador General de investigación del HTMC -Diseño de instrumento de recolección de datos					
2	-Elaboración de marco teórico. -Elaboración de la data.					
3	-Análisis de la información obtenida.					
4	-Resultados del trabajo de titulación.					
5	-Elaboración de las conclusiones y recomendaciones del trabajo de titulación.					
6	-Presentación y sustentación del trabajo de titulación.					

3.11 PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO:

El proceso investigativo será realizado mediante el empleo de:

- Recursos informáticos como: Microsoft office 2016, Google académico, IBM- SPSS, Sciencedirect, NCBI, Elsevier.

- Recursos de oficina como: computadoras portátiles y de escritorio, hojas papel bond A4, impresora, clics, grapas.

- El financiamiento y presupuesto será responsabilidad asumida por el autor del trabajo de investigación:

Jordan Daniel Rosero López

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

El personal de salud expuesto (PSE) constó de 153 trabajadores de los cuales 127 cumplían los criterios de inclusión, y en el grupo no expuesto de 1873 trabajadores de la salud se seleccionaron 254 trabajadores que cumplían los criterios de inclusión para la relación 1:2 de manera aleatoria, mediante tablas de aleatoriedad. Los grupos fueron equiparados en edades para que los hallazgos no se vean alterados por la mayor prevalencia de enfermedades tiroideas con la edad. Las características basales de ambos grupos se encuentran en la tabla 8.

Tabla 7. Comparación entre grupos PSE y PSNE en subgrupos de edades y sexo.

Tabla de comparación entre grupo expuesto y grupo control					
			Exposición a radiación ionizante		Total
			Expuesto	No expuesto	
			44,3 ± 9,2	44,01 ± 9.7	
Edad agrupada	Menores de 35 años	Recuento	20 (15,7%)	47 (18,5%)	67 (17,6%)
	Entre 35 a 65 años	Recuento	106 (83,5%)	204 (80,3%)	310 (81,4%)
	Mayores de 65 años	Recuento	1 (0,8%)	3 (1,2%)	4 (1%)
Total			127 (100%)	254 (100%)	381 (100%)
Sexo	Hombre	Recuento	67 (52,8%)	88 (34,6%)	155 (40,7%)
	Mujer	Recuento	60 (47,2%)	166 (65,4%)	226 (59,3%)
Total		Recuento	127 (100%)	254 (100%)	381 (100%)

Elaborado por autor. Fuente: Historia clínica institucional.

Tabla 8. Medidas de tendencia

central de edades

Estadísticos			
EDAD		PSE	PSNE
N	Válido	127	254
	Perdidos	0	0
Media		44,30	44,01
Mediana		44,00	43,00
Moda		37	40
Desv. Desviación		9,209	9,767
Varianza		84,799	95,395

Elaborado por autor. Fuente: Historia clínica institucional

La edad media para ambos grupos es de 44 años con una desviación estándar de ± 9 . El grupo con mayor recuento de participantes es de 35 a 65 años en ambos grupos con una porcentaje del 80% aproximadamente. El rango de edad con menor proporción en el estudio fue el de mayores de 65 años, este porcentaje es bajo a causa de la jubilación en este grupo etario. En el grupo expuesto el porcentaje de hombres fue mayor (52,8%), mientras que las mujeres fueron más numerosas en el grupo no expuesto (65,4%).

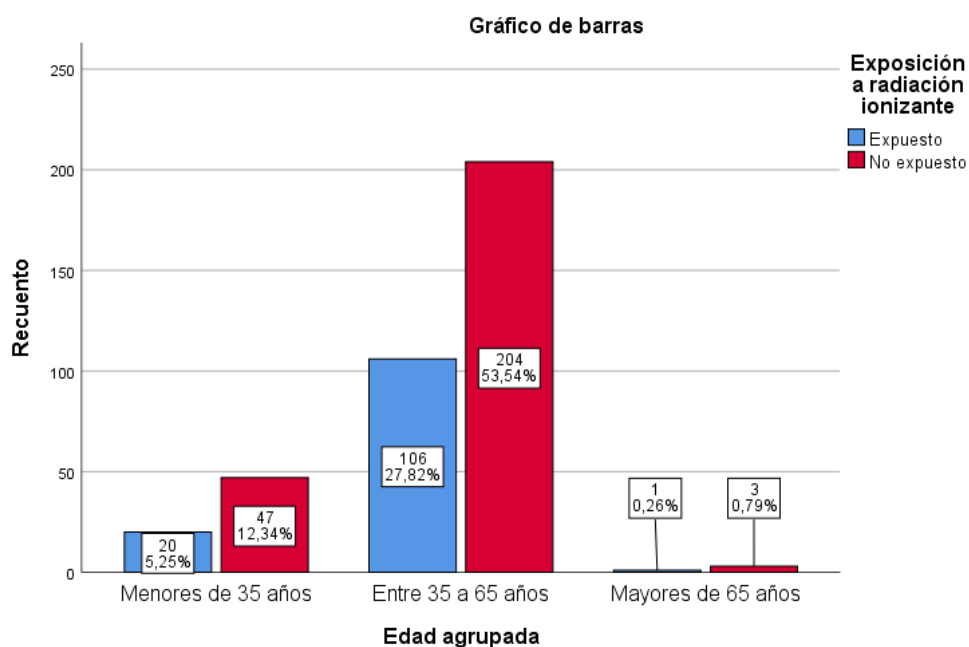


Gráfico 1. Gráfico de barras de trabajadores de la salud expuestos y no expuestos separadas por subgrupo de edad. Elaborado por autor.

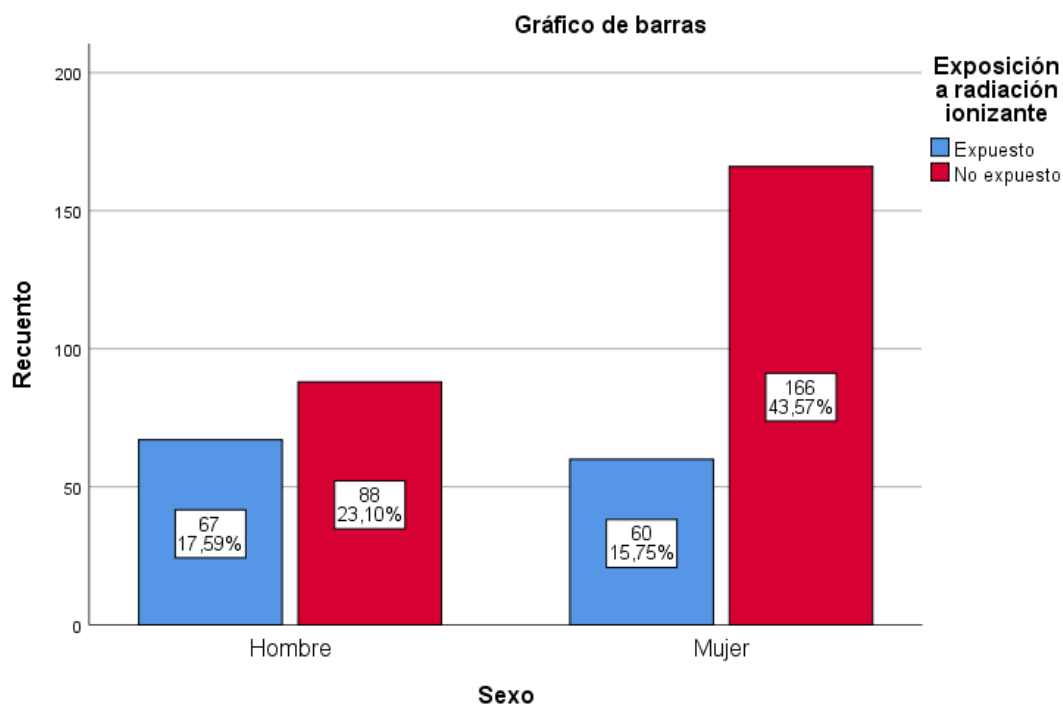


Gráfico 2. Frecuencia y porcentaje por sexo entre grupo expuesto y no expuesto. Elaborado por autor

Tabla 9. Tabla cruzada para exposición radiación ionizante y lesiones tiroideas.

Tabla cruzada Exposición a radiación ionizante*Lesión tiroidea					
			Lesión tiroidea		Total
			Sí	No	
Exposición a radiación ionizante	Expuesto	Recuento	16	111	127
		%	12,6%	87,4%	100,0%
	No expuesto	Recuento	16	238	254
		%	6,3%	93,7%	100,0%
Total		Recuento	32	349	381
		%	8,4%	91,6%	100,0%

Elaborado por autor. Fuente: Historia clínica institucional.

Análisis: El 12,6% (n=16) del personal de salud expuesto presentó lesión tiroidea, el doble del porcentaje presentado en el grupo no expuesto, que fue del 6,3% (n=16).

Tabla 10. Comparación del riesgo de lesiones tiroideas entre el Personal de Salud Expuesto (PSE) y el Personal de Salud No Expuesto (PSNE).

Comparación del riesgo de lesiones tiroideas entre PSE y PSNE.						
Análisis		Número		OR	(95% IC)	P valor
		Lesión tiroidea				
Análisis general		Sí	No			
	PSE	16	111	2,144	1,035-4,443	0,0402
	PSNE	16	238			
Análisis estadificado						
Subgrupo de edad						
<35 años						
	PSE	0	20	0,7561	0,029-19,356	0,8658
	PSNE	1	46			
35 a 65 años						
	PSE	16	90	2,24	1,0604-4,7317	0,0345
	PSNE	15	189			
Mayores de 65 años						
	PSE	0	1	2,3333	0,0298-182,9241	0,7034
	PSNE	0	3			
Sexo						
Hombres						
	PSE	1	66	3,9925	0,1601-99,5685	0,3989
	PSNE	0	88			
Mujeres						
	PSE	15	45	3,125	1,4336-6,8118	0,0042
	PSNE	16	150			

Elaborado por autor. Fuente: Historia Clínica institucional.

Análisis: El personal de salud expuesto a radiación ionizante presentó un riesgo significativamente mayor que el personal de salud no expuesto (Odds ratio (OR): 2,144; Intervalo de Confianza (IC) 95%: 1,035 – 4,443). El análisis por subgrupo de edad muestra que el PSE tiene mayor riesgo de sufrir de lesiones tiroideas entre los 35 y los 65 años (OR: 2,2400; IC: 1,0604 – 4,7317; P: 0,0345). Las mujeres presentaron mayor riesgo de lesiones tiroideas que los hombres (OR: 3,1250; IC:1,4336 – 6,8118; P: 0,0345).

Tabla 11. Comparación de tipo de lesión tiroidea entre PSE y PSNE.

Tipo de enfermedad tiroidea por grupo							
		PSE			PSNE		
		n	%	% válido	n	%	% válido
Válido	Hipotiroidismo clínico	3	2,4	18,8	6	2,4	37,5
	Hipotiroidismo subclínico	4	3,1	25,0	5	2,0	31,3
	Nódulo tiroideo	5	3,9	31,3	4	1,6	25,0
	Hipotiroidismo y nódulo t	3	2,4	18,8	1	0,4	6,3
	Hipertiroidismo	1	0,8	6,3			
	Total	16	12,6	100,0	16	6,3	100,0
Perdidos	Sistema	111	87,4		238	93,7	
Total		127	100,0		254	100,0	

Elaborado por autor. Fuente: Historia clínica institucional.

La lesión tiroidea aislada más frecuente en el grupo expuesto fue el nódulo tiroideo (n=5; 31,3% de las lesiones), la segunda lesión más frecuente es el hipotiroidismo subclínico (n=4; 25% de las lesiones tiroideas). 3 personas presentaron hipotiroidismo y nódulo tiroideo (18,8%). En el grupo no expuesto, el hipotiroidismo clínico fue el hallazgo más frecuente (n=6; 37,5% de las lesiones), seguido del hipotiroidismo subclínico (n=5; 31,3%) y nódulo tiroideo (n=4; 25%). Solo hubo un caso de hipertiroidismo en el estudio y se halló en el grupo expuesto. Durante el estudio no se encontraron casos de cáncer de tiroides. Los nódulos tiroideos tuvieron grado II en la escala de TIRADS por lo que no requirieron punción.

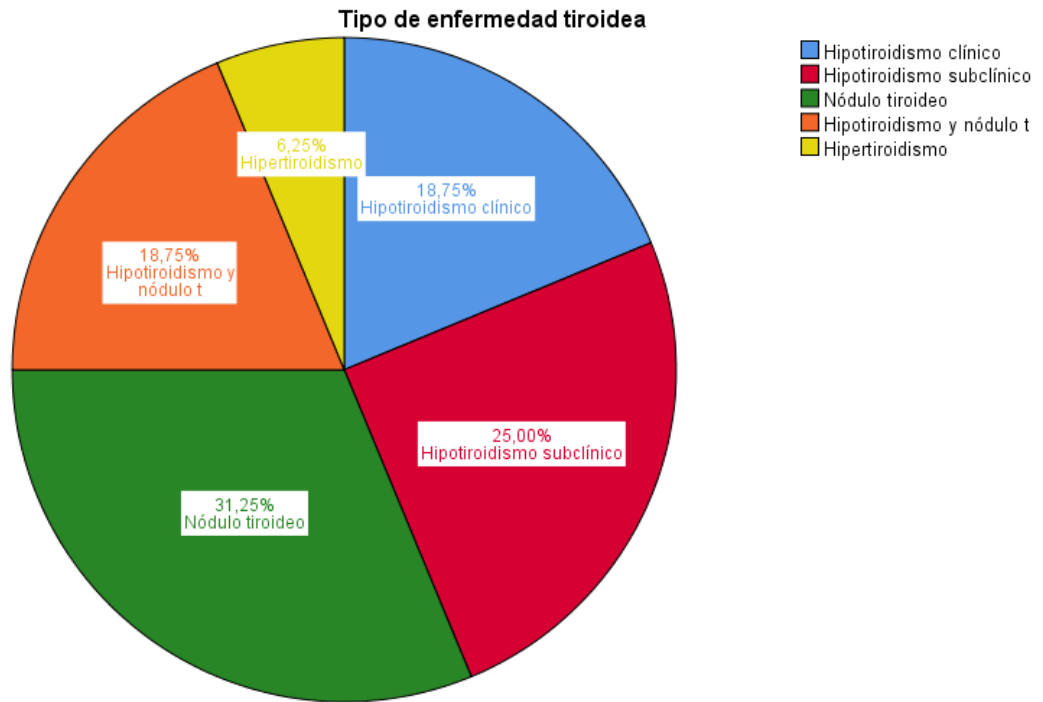


Gráfico 3. Lesiones tiroideas en el PSE. Elaborado por autor. Fuente: Historia clínica institucional.

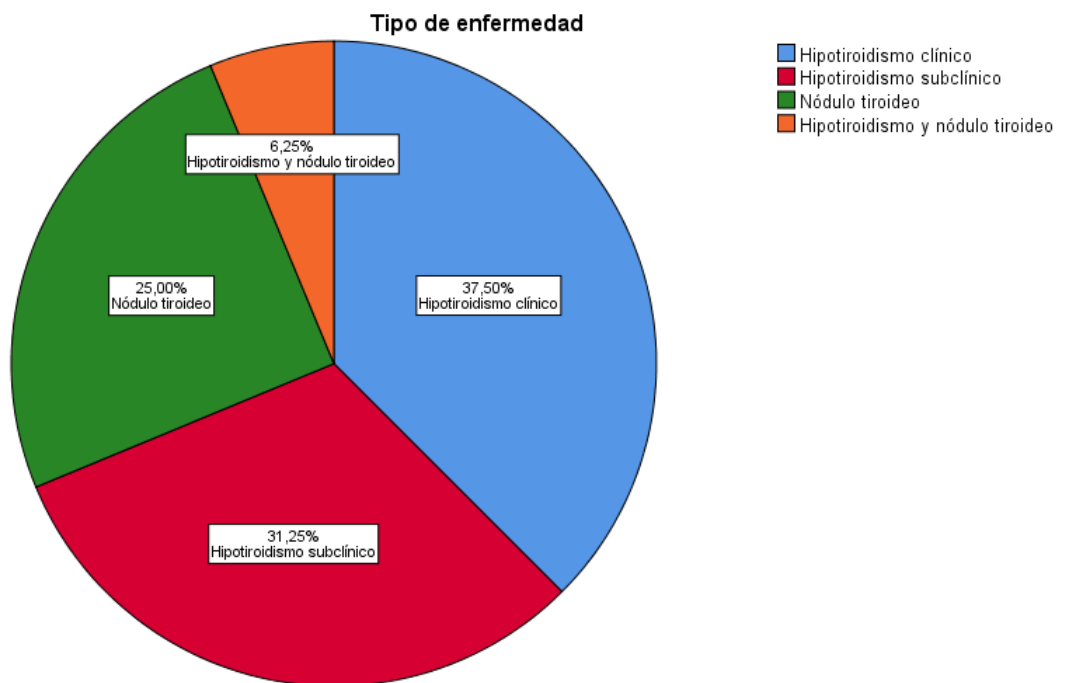


Gráfico 4. Lesiones tiroideas en el PSNE. Elaborador por autor. Fuente: Historia clínica institucional.

Tabla 12. Análisis de dosis anual acumulada en el periodo 2019

Estadísticos		
Dosis anual acumulada		
N	Válido	127
	Perdidos	0
Media		0,79
Mediana		0,65
Moda		0.59 ^a
Desv. Desviación		1,259
Varianza		1,585
Percentiles	25	0,56
	50	0,65
	75	0,74

Elaborado por autor. Fuente: Informe de dosimetría personal.

Análisis: La media de la dosis anual acumulada es de 0,79 que se encuentra por debajo del límite permitido por la Comisión Internacional de Protección Radiológica ($H_{p10} = 20$ mSv/año y $H_{p0,07} = 500$ mSv/año) para el personal ocupacionalmente expuesto.

Tabla 13. Comparación de lesiones tiroideas por ocupación.

Tabla cruzada Ocupación*¿Enfermedad tiroidea?					
			¿Enfermedad tiroidea?		Total
			No	Sí	
Ocupación	Médico	Recuento	45	3	48
		% dentro de Ocupación	93,8%	6,3%	100,0%
		% dentro de ¿Enfermedad tiroidea?	40,5%	18,8%	37,8%
	Lic Enf	Recuento	13	3	16
		% dentro de Ocupación	81,3%	18,8%	100,0%
		% dentro de ¿Enfermedad tiroidea?	11,7%	18,8%	12,6%
	Aux Enf	Recuento	16	1	17
		% dentro de Ocupación	94,1%	5,9%	100,0%
		% dentro de ¿Enfermedad tiroidea?	14,4%	6,3%	13,4%
	Tecnólogos	Recuento	20	1	21

	Rad	% dentro de Ocupación	95,2%	4,8%	100,0%
		% dentro de ¿Enfermedad tiroidea?	18,0%	6,3%	16,5%
	Lic Rad	Recuento	17	8	25
		% dentro de Ocupación	68,0%	32,0%	100,0%
		% dentro de ¿Enfermedad tiroidea?	15,3%	50,0%	19,7%

Elaborado por autor. Fuente: Historia clínica institucional.

Análisis: Los licenciados de imágenes fue el subgrupo que presentó la mitad de las lesiones tiroideas halladas (n=8; 50%). El 18% de las licenciadas en enfermería que se encuentran expuestas a radiación ionizante presentaron alteraciones (n=3; 18,8%).

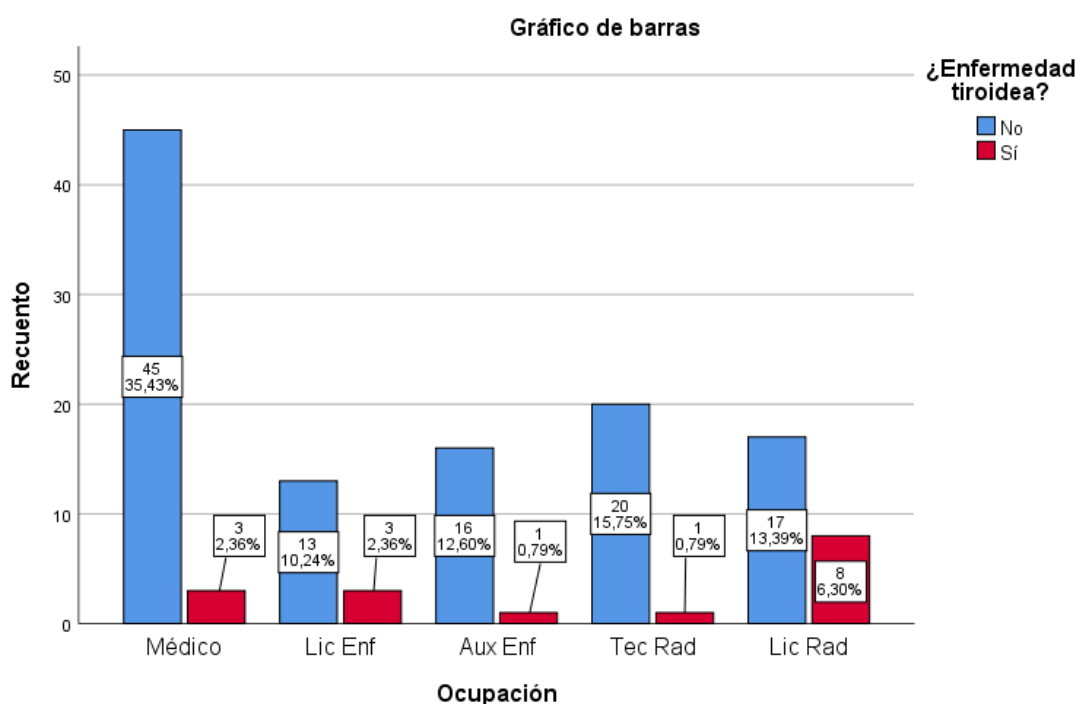


Gráfico 5. Gráfico de barras de las lesiones tiroideas de acuerdo con la ocupación. Elaborado por autor.

Tabla 14. Comparación del PSE por áreas de trabajo.

Tabla cruzada Área de exposición*¿Enfermedad tiroidea?					
			¿Enfermedad tiroidea?		Total
			No	Sí	
Área de exposición	Dep Imag	Recuento	28	5	33
		% dentro de Área de exposición	84,8%	15,2%	100,0%
		% dentro de ¿Enfermedad tiroidea?	25,2%	31,3%	26,0%
	Traumatología	Recuento	34	2	36
		% dentro de Área de exposición	94,4%	5,6%	100,0%
		% dentro de ¿Enfermedad tiroidea?	30,6%	12,5%	28,3%
	Cardiología	Recuento	8	2	10
		% dentro de Área de exposición	80,0%	20,0%	100,0%
		% dentro de ¿Enfermedad tiroidea?	7,2%	12,5%	7,9%
	Cir Vasc	Recuento	5	0	5
		% dentro de Área de exposición	100,0%	0,0%	100,0%
		% dentro de ¿Enfermedad tiroidea?	4,5%	0,0%	3,9%
	Quirófano	Recuento	12	1	13
		% dentro de Área de exposición	92,3%	7,7%	100,0%
		% dentro de ¿Enfermedad tiroidea?	10,8%	6,3%	10,2%
	RT	Recuento	10	2	12
		% dentro de Área de exposición	83,3%	16,7%	100,0%
		% dentro de ¿Enfermedad tiroidea?	9,0%	12,5%	9,4%
	Otros	Recuento	14	4	18

Total		% dentro de Área de exposición	77,8%	22,2%	100,0%
		% dentro de ¿Enfermedad tiroidea?	12,6%	25,0%	14,2%
		Recuento	111	16	127
		% dentro de Área de exposición	87,4%	12,6%	100,0%
		% dentro de ¿Enfermedad tiroidea?	100,0%	100,0%	100,0%

Elaborador por autor. Fuente: Historia clínica institucional.

Análisis: El 31,3% del personal expuesto a radiación ionizante pertenece al área del departamento de imágenes. Dentro del subgrupo otros (25%) se englobaron las áreas urología, neurocirugía, y otras no especificadas. Las áreas de traumatología, cardiología y radioterapia con 12,5%. El 20% de los cardiólogos que cuentan con dosímetro presentaron alteraciones tiroideas.

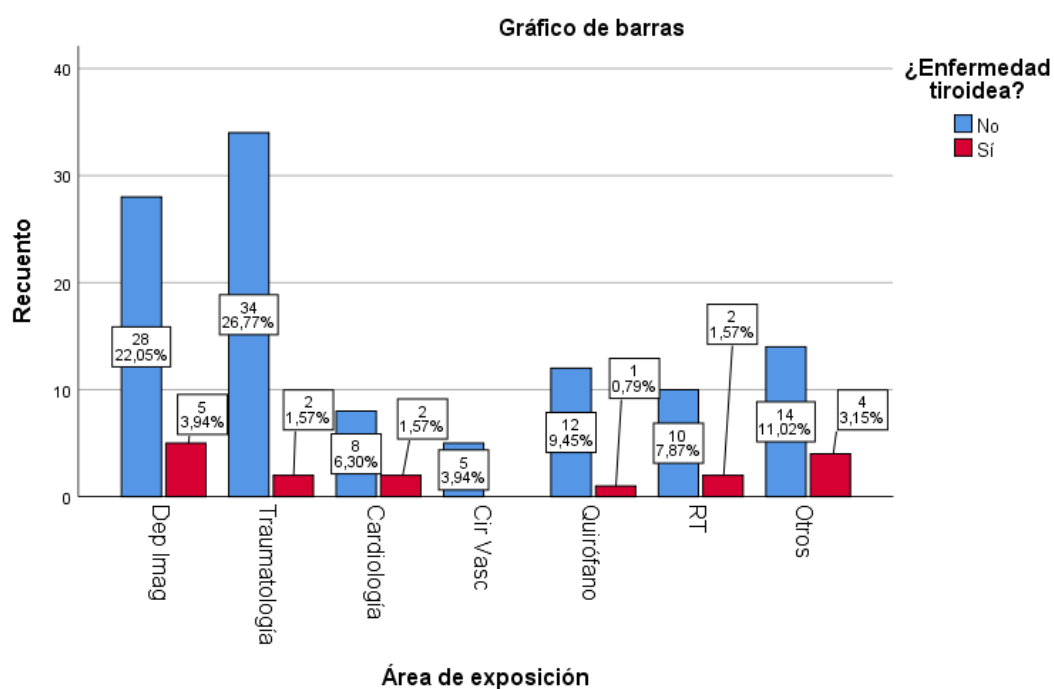


Gráfico 6. Lesiones tiroideas reportadas por áreas de exposición. Elaborado por autor.
Fuente: Historia clínica institucional.

4.2 DISCUSIÓN

En el presente estudio el personal de salud expuesto que presentó lesiones tiroideas se diagnosticó entre los 35 y 65 años y en mujeres, en similitud con estudio cohorte realizado por Won Jin Lee en trabajadores de radiación médica, en el que las mujeres también tuvieron las tasas más altas, sin embargo ocurrieron en un rango de edad más estrecho, entre los 20 y 40 años (19).

Un estudio realizado de autoinmunidad y disfunción tiroidea relacionada con la radiación encontró una fuerte asociación entre radiación a dosis altas y el hipotiroidismo e hipertiroidismo (44). Sin embargo, no pudo negar ni afirmar la asociación entre autoinmunidad y disfunción tiroidea con la radiación a dosis bajas. Este estudio, aunque con una escala mucho menor, evidenció que existe asociación entre lesiones tiroideas y la exposición a radiación ionizante, a pesar de que los niveles de radiación están muy por debajo del límite establecido (media 0.79 mSv/año) de acuerdo con los registros de dosimetría del hospital.

Los nódulos tiroideos fueron los hallazgos más prevalentes en nuestro estudio 31% vs 25%. Este hallazgo también ha sido frecuente en estudios realizados en un hospital de Italia en el que la tasa de nódulos tiroideos fue de 37% vs 30% (45). De las lesiones funcionales el hipotiroidismo subclínico es el hallazgo más frecuente con 3,1% de frecuencia entre los trabajadores expuestos a radiación como se evidenció también en un estudio realizado en un hospital de Madrid, no obstante en este estudio la frecuencia fue el doble que la del presente trabajo de investigación (7,1%) (46).

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

-La prevalencia de lesiones tiroideas es mayor en el personal de salud expuesto a la radiación ionizante en comparación con el personal no expuesto.

-Los licenciados en radiología fueron los profesionales de salud que más desarrollaron lesiones tiroideas entre el personal de salud expuesto.

-Se evidenció que el riesgo de sufrir lesiones tiroideas es mayor en el personal de salud que trabaja en áreas con equipos que generan radiaciones ionizantes.

-Las patologías asintomáticas como los nódulos tiroideos (31%), seguido del hipotiroidismo subclínico (25%), son los hallazgos más frecuentes.

-No se presentaron casos de cáncer de tiroides en este estudio, a pesar de ser la lesión tiroidea más asociada a la exposición de radiación ionizante.

-La prevalencia de enfermedades tiroideas en personal de salud expuesto a radiación ionizante es mayor a la de la población general ecuatoriana (12% vs 6%, respectivamente), aunque el sexo femenino sigue siendo el predominante.

-Las enfermedades tiroideas se presentan a edades más tempranas en el personal de salud expuesto a radiación ionizante que la edad promedio para estas (65 años).

5.2 RECOMENDACIONES

-Se requiere estudios de cohorte que puedan establecer el riesgo relativo y probable causalidad, entre la exposición a radiación ionizante y las lesiones tiroideas.

-Estudios con una muestra mayor podrían permitir generalizar los resultados.

-Se necesitan estudios más profundos acerca de jornada de trabajo, número de empleos, uso de equipo de protección, entre otros, para identificar posibles causas que incrementan el riesgo de lesiones tiroideas en esta población.

-Ya que las lesiones asintomáticas son los hallazgos más frecuentes en esta población necesitan estudios anuales hormonales y ecográficos para su diagnóstico y tratamiento precoz.

-El diagnóstico temprano de hipotiroidismo puede evitar la disminución del rendimiento laboral de este grupo ocupacionalmente expuesto.

-En vista de que las neoplasias tiroideas se presentan como nódulos tiroideos, se necesita llevar vigilancia estrecha de estos por el riesgo de malignización.

BIBLIOGRAFÍA

1. Vanderpump MPJ. Epidemiology of Thyroid Disorders. En: Luster M, Duntas LH, Wartofsky L, editores. The Thyroid and Its Diseases: A Comprehensive Guide for the Clinician [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2019 [citado 15 de septiembre de 2020]. p. 75-85. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-319-72102-6_6
2. General Information/Press Room [Internet]. American Thyroid Association. [citado 15 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.thyroid.org/media-main/press-room/>
3. Williams. Tratado de endocrinología. 13^a Edición [Internet]. Edimeinter. [citado 15 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://edimeinter.com/catalogo/novedad/williams-tratado-endocrinologia-13a-edicion/>
4. Tumores de cabeza y cuello - Tiroides - SEOM: Sociedad Española de Oncología Médica © 2019 [Internet]. [citado 15 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://seom.org/info-sobre-el-cancer/tiroides?showall=1>
5. El hipotiroidismo puede ser manejado por los médicos del primer nivel de atención [Internet]. [citado 17 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.edicionmedica.ec/secciones/profesionales/el-hipotiroidismo-puede-ser-manejado-por-los-medicos-del-primer-nivel-de-atencion-94162>
6. Valla Yautibug NA, Chica Navas YG. Prevalencia y evolución de hipotiroidismo subclínico en pacientes de consulta externa de endocrinopediatría. Hospital Carlos Andrade Marín. Agosto 2018--Agosto 2019. 30 de octubre de 2019 [citado 5 de octubre de 2020]; Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6161>
7. Nódulo tiroideo y cáncer diferenciado de tiroides. Diagnóstico, tratamiento y seguimiento. GPC. [Internet]. [citado 17 de septiembre de 2020]. Disponible en: https://aplicaciones.msp.gob.ec/salud/archivosdigitales/documentosDirecciones/dnn/archivos/AC_00081_2019%20NOV%2028..pdf
8. Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección [Internet]. [citado 11 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures>
9. Tu L, Wang SL, Dong Q, Song HY, Li XT, Tan CP, et al. [Effect of low-dose ionizing radiation exposure on thyroid function in a medical occupational population]. Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi Zhonghua Laodong Weisheng Zhiyebing Zazhi Chin J Ind Hyg Occup Dis. 20 de febrero de 2018;36(2):91-4.

10. US EPA O. Radiation Health Effects [Internet]. US EPA. 2014 [citado 16 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.epa.gov/radiation/radiation-health-effects>
11. Puerta-Ortiz JA, Morales-Aramburo J. Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. *Rev Colomb Cardiol*. 1 de marzo de 2020;27:61-71.
12. Monteros S, Mauricio J. El nivel de exposición a radiaciones ionizantes en la prevalencia de cáncer tiroideo del personal del servicio de rayos x y de sus áreas adyacentes, del IESS - Hospital General Ambato. 2016 [citado 4 de octubre de 2020]; Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/24871>
13. Brenner AV, Tronko MD, Hatch M, Bogdanova TI, Oliynik VA, Lubin JH, et al. I-131 dose response for incident thyroid cancers in Ukraine related to the Chernobyl accident. *Environ Health Perspect*. julio de 2011;119(7):933-9.
14. Alicandro G, La Vecchia C. Occupational Exposures and Thyroid Cancer. En: Anttila S, Boffetta P, editores. *Occupational Cancers* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2020 [citado 4 de octubre de 2020]. p. 525-41. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-030-30766-0_30
15. Szumiel I. Ionizing radiation-induced oxidative stress, epigenetic changes and genomic instability: the pivotal role of mitochondria. *Int J Radiat Biol*. enero de 2015;91(1):1-12.
16. Chen T-Y, Hsu C-C, Feng I-J, Wang J-J, Su S-B, Guo H-R, et al. Higher risk for thyroid diseases in physicians than in the general population: a Taiwan nationwide population-based secondary analysis study. *QJM Mon J Assoc Physicians*. 1 de marzo de 2017;110(3):163-8.
17. Aschebrook-Kilfoy B, Ward MH, Valle CTD, Friesen MC. Occupation and Thyroid Cancer. *Occup Environ Med*. mayo de 2014;71(5):366-80.
18. Haselkorn T, Bernstein L, Preston-Martin S, Cozen W, Mack WJ. Descriptive epidemiology of thyroid cancer in Los Angeles County, 1972-1995. *Cancer Causes Control CCC*. febrero de 2000;11(2):163-70.
19. Lee WJ, Preston DL, Cha ES, Ko S, Lim H. Thyroid cancer risks among medical radiation workers in South Korea, 1996–2015. *Environ Health* [Internet]. 11 de marzo de 2019 [citado 9 de agosto de 2020];18. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6413450/>
20. Kitahara CM, Preston DL, Neta G, Little MP, Doody MM, Simon SL, et al. Occupational radiation exposure and thyroid cancer incidence in a cohort of U.S. radiologic technologists, 1983–2013. *Int J Cancer*. 2018;143(9):2145-9.

21. Segura O. Riesgo de desarrollar cáncer de tiroides en radiólogos y tecnólogos de radiología con exposición ocupacional a radiación ionizante. *Revista Médica Sanitas*. 2009;12(2):42-8.
22. Alawneh K, Alshehabat M, Al-Ewaidat H, Raffee L, Forihat D, Khader Y. Asymptomatic Effect of Occupational Radiation Exposure on Thyroid Gland Hormones and Thyroid Gland Ultrasonographic Abnormalities. *J Clin Med* [Internet]. 9 de abril de 2018 [citado 11 de agosto de 2020];7(4). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5920446/>
23. López Gavilanez E, Bautista Litardo N, Navarro Chávez M, Hernández Bonilla M, Segale Bajaan A. Thyroid cancer in Ecuador. *BMC Cancer* [Internet]. 9 de julio de 2020 [citado 10 de agosto de 2020];20. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7346620/>
24. Salazar-Vega J, Ortiz-Prado E, Solis-Pazmino P, Gómez-Barreno L, Simbaña-Rivera K, Henriquez-Trujillo AR, et al. Thyroid Cancer in Ecuador, a 16 years population-based analysis (2001-2016). *BMC Cancer*. 2 de abril de 2019;19(1):294.
25. El Universo. Mitos y verdades sobre el cáncer de tiroides [Internet]. 2019 [citado 10 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.eluniverso.com/larevista/2019/09/24/nota/7533016/mitos-verdades-sobre-cancer-tiroides>
26. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. NTP 614: Radiaciones ionizantes: normas de protección [Internet]. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España; 2009 [citado 11 de agosto de 2020]. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_614.pdf/ef28c36c-66d4-4bc9-a5cb-451c705927a9
27. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Radiación: efectos y fuentes. 2016 [citado 9 de agosto de 2020]; Disponible en: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7790/-Radiation_Effects_and_sources-2016Radiation_-_Effects_and_Sources_SP.pdg.pdf.pdf?sequence=7&isAllowed=y
28. -Radiation_Effects_and_sources-2016Radiation_-_Effects_and_Sources_SP.pdg.pdf.pdf [Internet]. [citado 9 de agosto de 2020]. Disponible en: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7790/-Radiation_Effects_and_sources-2016Radiation_-_Effects_and_Sources_SP.pdg.pdf.pdf?sequence=7&isAllowed=y
29. Gobierno de Aragón. Protección Radiológica para trabajadores de hospital [Internet]. 2012. Disponible en: https://www.aragon.es/documents/20127/674325/Manual_trabajadores_ProtRad.pdf/b96d02f4-2e6f-adc6-a546-454c293ed687

30. Radiological Society of North America. Dosis de radiación en exámenes de rayos X y TAC [Internet]. RadiologyInfo.org; 2013. Disponible en: <https://www.sjd.es/sites/default/files/ckfinder/userfiles/files/Informaci%C3%B3n%20sobre%20radiolog%C3%ADa.pdf>
31. Han MA, Kim JH. Diagnostic X-Ray Exposure and Thyroid Cancer Risk: Systematic Review and Meta-Analysis. *Thyroid Off J Am Thyroid Assoc.* 2018;28(2):220-8.
32. Dosimetría en radiología [Internet]. [citado 18 de septiembre de 2020]. Disponible en: https://www.webcir.org/revistavirtual/articulos/septiembre14/argentina/arg_esp_a.pdf
33. Consejo de Seguridad Nuclear. Protección radiológica [Internet]. 2012 [citado 9 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.csn.es/documents/10182/914805/Protecci%C3%B3n%20radio%20l%C3%B3gica>
34. Torres-Torres M, Mingo-Robinet J, Moreno Barrero M, Rivas Laso JÁ, Burón Álvarez I, González Salvador M. Radioprotección en quirófanos de traumatología: ¿en qué situación estamos? *Rev Esp Cir Ortopédica Traumatol.* septiembre de 2014;58(5):309-13.
35. Iglesias ML, Schmidt A, Ghuzlan AA, Lacroix L, Vathaire F de, Chevillard S, et al. Radiation exposure and thyroid cancer: a review. *Arch Endocrinol Metab.* marzo de 2017;61(2):180-7.
36. Schneider AB, Bekerman C, Leland J, Rosengarten J, Hyun H, Collins B, et al. Thyroid nodules in the follow-up of irradiated individuals: comparison of thyroid ultrasound with scanning and palpation. *J Clin Endocrinol Metab.* diciembre de 1997;82(12):4020-7.
37. Eduardo Vera, Lazo C. Vista de Actualización sobre el cáncer de tiroides | RECIMUNDO. 2018;2(3):16-42.
38. CDC. Ionizing Radiation [Internet]. Centers for Disease Control and Prevention. 2015 [citado 18 de septiembre de 2020]. Disponible en: https://www.cdc.gov/nceh/radiation/ionizing_radiation.html
39. Consejo de Seguridad Nuclear de España. Efectos biológicos de la radiación ionizante. CSN. 2013;29.
40. Ionizing radiation, health effects and protective measures [Internet]. [citado 18 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures>

41. Cáncer De Tiroides [Internet]. American Thyroid Association. [citado 18 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.thyroid.org/cancer-de-tiroides/>
42. Consejo Supremo de Gobierno del Ecuador. Ley de la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica.pdf [Internet]. 1979 [citado 10 de agosto de 2020]. Disponible en: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-11/Documento_ley-CEEA.pdf
43. Lai C-Y, Wu Y-T, Yu S-L, Yu Y-H, Lee S-Y, Liu C-M, et al. Modulated expression of human peripheral blood microRNAs from infancy to adulthood and its role in aging. *Aging Cell*. agosto de 2014;13(4):679-89.
44. Nagayama Y. Radiation-related thyroid autoimmunity and dysfunction. *J Radiat Res (Tokyo)*. abril de 2018;59(Suppl 2):ii98-107.
45. Vimercati L, Lovreglio P, Maria LD, Luisi V, Ferri GM, Cuccaro F, et al. 1577 Prevalence of thyroid diseases in an occupationally radiation exposed group: a cross-sectional study in a university hospital of southern Italy. *Occup Environ Med*. 1 de abril de 2018;75(Suppl 2):A323-4.
46. Luna-Sánchez S, Del Campo MT, Morán JV, Fernández IM, Checa FJS, de la Hoz RE. Thyroid Function in Health Care Workers Exposed to Ionizing Radiation. *Health Phys*. 2019;117(4):403-7.

ANEXOS



Memorando Nro. IESS-HTMC-CGI-2020-0124-FDQ
Guayaquil, 2 de Septiembre de 2020

PARA: JORDAN ROSERO LOPEZ
Estudiante de la Universidad de Guayaquil

De mi consideración:

Por medio de la presente, informo a usted que ha sido resuelto factible su solicitud para que pueda realizar su trabajo de investigación: **"LESIONES TIROIDEAS ASOCIADAS A LA EXPOSICION DE RADIACION IONIZANTE EN EL PERSONAL DE SALUD"** en las Instalaciones del Hospital Dr. Teodoro Maldonado Carbo presentado por Jordan Rosero Lopez, estudiante de la Universidad de Guayaquil, en la carrera de Medicina, una vez que por medio del memorando N° IESS-HTMC-JUTMI-2020-0808-M de fecha 2 de Septiembre del presente, firmado por la Mgs Paola Castillo Pino – Jefe Unidad de Medicina Interna, se recibió el informe favorable de la misma.

Por lo antes expuesto reitero que puede realizar su trabajo de titulación siguiendo las normas y reglamentos del hospital Teodoro Maldonado Carbo.

Particular que comunico para que continúe el proceso pertinente.

Atentamente,

Mgs. Carlos Bodero León
COORDINADOR GENERAL DE INVESTIGACIÓN, ENCARGADO HOSPITAL DE ESPECIALIDADES – TEODORO MALDONADO CARBO

Referencias:
- Solicitud

mm

**Renovar para actuar,
actuar para servir**

www.iess.gob.ec /



@IESSec



IESSecu

IESSec