



Universidad del Azuay

Departamento de Posgrados

**Maestría en Salud Ocupacional y Seguridad
en el Trabajo Versión III**

**“ALTERACIONES PRODUCIDAS POR
RADIACIONES IONIZANTES EN LAS
CÉLULAS SANGUÍNEAS EN EL PERSONAL
DE MEDIMAGEN, CUENCA 2018”**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de
Magister en Salud Ocupacional y Seguridad en el Trabajo.**

Autor:

Md. Bustamante Toledo Juan Carlos.

Director:

Dr. García Alvear Jorge Luis. MSc.

Cuenca – Ecuador

2019

DEDICATORIA

Para mi pequeño Juan Sebastián con todo mi amor.

AGRADECIMIENTO

A mi señor Jesús por siempre guiarme y darme las fuerzas para seguir adelante.

A Glenda, Germania, Acebes, Estefanía, David y Nicolás por ser mi sostén y brindarme su cariño y consejos en todo momento.

A mi director de tesis por su gran colaboración, enseñanzas y apoyo en la realización de este trabajo.

A Medimagen y sobre todo al Sr. Carlitos Jerves por brindarme su amistad, confianza y la oportunidad de realizar este trabajo.

A Betty, Gabriela, Johanna y Carlitos por su gran ayuda en la parte de laboratorio.

RESUMEN

En medicina actualmente las radiaciones ionizantes son utilizadas como una herramienta para el diagnóstico precoz y tratamientos oportunos de varias patologías, sin embargo, este tipo de energía también afecta al personal que la utilizan y al que se encuentra alrededor produciendo alteraciones del ADN de las células de la médula ósea y traduciéndose en patologías hematológicas leves hasta alteraciones graves como es el cáncer.

Objetivo. determinar las alteraciones que producen las radiaciones ionizantes en las células sanguíneas en el personal de Medimagen.

Material y métodos. Estudio cuantitativo, descriptivo que se realizó en 40 trabajadores del Centro de Diagnóstico Medimagen de la ciudad de Cuenca en el año 2018.

Los resultados se muestran mediante medidas de tendencia central y dispersión; el comportamiento de los datos resultó normal en la mayoría de las variables según la prueba de normalidad Kolmogorov Smirnov ($p > 0.05$) por lo que se emplearon pruebas paramétricas; la prueba de comparación de medias para dos grupos T-Student y el coeficiente de correlación r de Pearson; las decisiones fueron tomadas con una significancia del 5% ($p < 0.05$).

Resultados. Se determinó que los valores hematológicos y de reticulocitos se encuentran dentro de parámetros normales para todo el personal en estudio.

Se obtuvo valores elevados de eritrocitos, hemoglobina, hematocrito y plaquetas en los hombres en relación con las mujeres y una disminución de las plaquetas mientras la edad del trabajador aumenta, siendo posiblemente variaciones fisiológicas, sin embargo, nos deja la puerta abierta para futuras investigaciones.

Palabras clave: biometría hemática, células sanguíneas, radiaciones ionizantes, reticulocitos.

ABSTRACT

In medicine, ionizing radiation is currently used as a tool for early diagnosis and for timely treatment of various pathologies. However, this type of energy also affects the personnel who use it and those who are around producing alterations of the DNA of the cells of the bone marrow, turning into mild hematological pathologies and serious alterations such as cancer.

Objective. To determine the alterations produced by ionizing radiation in blood cells in Medimagen personnel.

Materials and methods. The study was quantitative and descriptive, which was carried out in 40 workers at Medimagen Diagnostic Center, Cuenca in 2018.

The results are shown by measures of central tendency and dispersion. The behavior of the data was normal in most of the variables according to the Kolmogorov Smirnov normality test ($p > 0.05$). For this, parametric tests, the T-Student mean comparison test for two groups and Pearson's r correlation coefficient were used. Decisions were made with a significance of 5% ($p < 0.05$).

Results. It was determined that the hematological and reticulocyte values are within normal parameters for all personnel under study.

High values of erythrocytes, hemoglobin, hematocrit and platelets were obtained in men in relation to women and a decrease in platelets while the age of the worker increased, possibly being physiological variations. However, it leaves the door open for future research.

Keywords: blood count, blood cells, ionizing radiation, reticulocytes.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
RESUMEN	4
INDICE DE CONTENIDO	5
INDICE DE TABLAS, FIGURAS Y ANEXOS	6
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN	7
EFECTOS BIOLÓGICOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES	9
OBJETIVO GENERAL	11
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
CAPITULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS	13
CRITERIOS DE INCLUSIÓN	13
CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	13
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	13
FASE PREANALÍTICA	14
TOMA DE MUESTRA	14
FASE ANALÍTICA	14
FASE POSTANALÍTICA	15
PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	15
CAPITULO 3: RESULTADOS	16
CAPITULO 4: DISCUSIÓN	23
CONCLUSIONES	24
RECOMENDACIONES	25
BIBLIOGRAFIA	27

ANEXOS	30
--------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. MEDIDAS DE LAS RADIACIONES.....	8
TABLA 2. PERSONAL DE MEDIMAGEN, SEGÚN CARACTERÍSTICAS ESTUDIADAS	16
TABLA 3. PERSONAL DE MEDIMAGEN, SEGÚN VALORES DE FORMULA LEUCOCITARIA Y PORCENTAJE DE RETICULOCITOS.....	17
TABLA 4. PERSONAL DE MEDIMAGEN, SEGÚN FORMULA LEUCOCITARIA, PORCENTAJE DE RETICULOCITOS, SEXO Y ETAPA ETARIA.	18
TABLA 5. PERSONAL DE MEDIMAGEN, SEGÚN FORMULA LEUCOCITARIA, PORCENTAJE DE RETICULOCITOS, ÁREA DE TRABAJO, EXPOSICIÓN A RADIACIONES IONIZANTES Y USO DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA.	19
TABLA 6. PERSONAL DE MEDIMAGEN, SEGÚN FORMULA LEUCOCITARIA, PORCENTAJE DE RETICULOCITOS, EDAD, TIEMPO DE EXPOSICIÓN Y DOSIMETRÍAS.	20

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PERSONAL DE MEDIMAGEN, SEGÚN RIESGO LABORAL POR RADIACIONES IONIZANTES.	22
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE VARIABLES CORRESPONDIENTES AL PERSONAL DE MEDIMAGEN.	30
ANEXO 2. OFICIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO EN MEDIMAGEN	31

CAPITULO 1. INTRODUCCION

En los últimos años ha existido un gran avance en las tecnologías médicas lo que a su vez ha ocasionado el incremento de las técnicas que utilizan radiaciones, ya sea para el diagnóstico, terapéutica y la investigación. El empleo de las radiaciones ionizantes en el área de la salud ha sido permanente desde que Röntgen en 1895 descubriera los rayos X. En el año de 1896 se observó que el uranio producía de manera espontánea radiaciones de tipo ionizante, en el año de 1898 se evidencio que el Torio de igual manera que el uranio emitía radiaciones ionizantes descubrimiento realizado por Pierre y Marie Curie, lo cual fue el cimiento para el descubrimiento del Radio y la radiactividad. (Calama Luis. 2008)

Los Rayos-X, al igual que las ondas de radio, las ondas de microondas, los rayos infrarrojos, la luz visible, los rayos ultravioletas y los rayos gamma, son radiaciones de naturaleza electromagnética. En dependencia del efecto que provocan sobre las moléculas se clasifican como radiaciones ionizantes, debido a que al interactuar con la materia producen la ionización de los átomos de la misma, es decir, origina partículas con carga con una alta reactividad. (Als-Nielsen 2011)

Es indudable que el uso de las radiaciones en la actualidad con fines médicos ha constituido un gran beneficio para la humanidad, sin embargo, es indispensable que el personal que está en contacto permanente de forma directa e indirecta con este tipo de agente físico conozcan los riesgos a los que están sometidos, debido a que este tipo de energía al atravesar los tejidos causa alteraciones biológicas. (Cueva Ronald 2008).

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) establece las normas en seguridad radiológica, define la utilización de cantidades y de las unidades empleadas. Se define a la exposición como la cantidad de cargas creadas por unidad de masa del

medio atravesado y su unidad tradicional era el Röentgen (R); la unidad el Sistema Internacional es el Columbio/Kg.

Dosis absorbida de una región específica se obtiene dividiendo la energía producida por la radiación por la unidad de masa, se mide en Julio/Kilogramo y es conocida como: Gray (Gy).

Dosis equivalente se obtiene como resultado de la dosis absorbida promediada para un órgano o tejido y se la pondera respecto a la cualidad de la radiación expuesta.

Dosis efectiva resulta de la suma de las dosis equivalentes ponderadas en todos los órganos y tejidos. En seguridad radiológica se la utiliza como una magnitud, por lo que su uso no es el indicado para medir en grandes cantidades la dosis absorbida suministrada en un corto período de tiempo. (INSHT 2012. PAG 4)

Tabla 1. Medidas de las Radiaciones.

Dosis Absorbida (D)	Energía depositada	Energía absorbida por unidad de masa, Julio/Kilogramo; Gray
Dosis Equivalente (H)	Efecto Biológico	Dosis absorbida ponderada por el factor de ponderación de radiación, Julio/Kilogramo, Sievert (Sv)
Dosis Efectiva (E)	Riesgo	Dosis equivalente ponderada por el factor de ponderación del tejido u órgano ; Sievert (Sv)

Fuente: Knave, B. INSHT 2012. PAG 4

Elaboración: El Autor

Se considera como personal ocupacionalmente expuesto a radiaciones ionizantes a los individuos que en su área de trabajo tienen riesgo de exponerse a dosis límites anuales mayores que las del público en general, por lo que los médicos radiólogos, técnicos

de radiología, bioquímicos y auxiliares del trabajo pueden ser considerados como personal ocupacionalmente expuestos a estas radiaciones, en los cuales la protección es la mejor forma de prevención. (Lauren Cala 2014)

Para exposición ocupacional en situaciones de exposición planificada, la Comisión Internacional de Protección Radiológica continúa recomendando que el límite anual de la dosis efectiva es de 20 mSv, promediada en períodos de 5 años es decir 100 mSv en 5 años, con la condición de que la dosis efectiva no exceda de 50 mSv en algún año. (Recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica *ICRP 2007*)

Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. En radioprotección, los efectos biológicos producidos por radiaciones ionizantes han sido clasificados en efectos estocásticos y efectos determinísticos. Los efectos estocásticos son eventos probabilísticos, no poseen umbral, y a una mayor dosis de radiaciones ionizantes aumenta la posibilidad de que ocurran. Se los considera como graves y fatales. Pueden producir cáncer o teratogénesis debido al daño en el ADN que causan.

Cuando los efectos dependen de la dosis y tienen un umbral, se los conoce como determinísticos. Si no se sobrepasan los valores límites existe menor probabilidad de que los efectos determinísticos aparezcan.

Dentro de los daños biológicos ocasionados por las radiaciones ionizantes, las alteraciones hematológicas son producidas por afecciones del sistema hematopoyético el cual está conformado por la médula ósea, la sangre y el tejido linfático, causando leucopenia y linfopenia en la circulación periférica. Cuando la lesión células precursoras es letal esta se manifiesta con la depleción de células sanguíneas maduras circulantes.

Los linfocitos a una dosis de 2 a 3 Sv, irradiada en poco tiempo a todo el cuerpo pueden destruir un número suficiente de ellos para que se presente como una linfopenia y la inmunidad se deteriore en poco tiempo (UNSCEAR 1988). Las radiaciones ionizantes al lesionar las células hematopoyéticas van a producir además

granulocitopenia y trombocitopenia en un tiempo de tres a cinco semanas. (INSHT 2012. *PAG 7*)

Un estudio realizado en los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes de los Hospitales de tercer nivel de la ciudad de Sucre en Bolivia, refiere que el 76% de los mismos presento valores bajos de leucocitos y el 56% valores bajos de linfocitos, reflejando además disminución en los valores de eritrocitos, hemoglobina, hematocrito y reticulocitos, encontrando relación entre el área de trabajo, tiempo de exposición y protección radiológica. (Chávez, 2011)

Los exámenes de laboratorio de primera línea que resultan útiles para la medición de los daños hematológicos mencionados son: el hemograma; que nos permite cuantificar la concentración de las células que circulan sanguíneas que son los eritrocitos, leucocitos, plaquetas, además la concentración de la hemoglobina, el hematocrito e índices eritrocitarios. También nos la medición del porcentaje de reticulocitos que mide la cantidad de eritrocitos inmaduros circulantes en sangre periférica (Fadori Arnaldo 2017)

Partiendo entre la relación que existe entre patologías hematológicas y las radiaciones ionizantes, las pruebas de laboratorio antes mencionadas nos permiten realizar un monitoreo y de esta manera poder identificar en la población estudiada si existen alteraciones hematológicas precoces, con la finalidad de disponer de mayores elementos que justifiquen la implementación de un sistema de vigilancia mediante el cual podamos establecer de manera periódica controles al personal expuesto a radiaciones ionizantes y de esta manera prevenir de manera temprana efectos dañinos. (Chávez, 2011)

La presente investigación surge a partir de la carencia de suficiente evidencia científica en nuestro país, que establezca la asociación entre alteraciones hematológicas y la exposición a radiaciones ionizantes en el personal de salud

expuesto ocupacionalmente. En el Ecuador actualmente son escasos los estudios sobre los efectos hematológicos causados por la exposición a las radiaciones ionizantes, convirtiéndose en un importante problema de salud pública debido a que la exposición constante puede ocasionar enfermedades ocupacionales radioinducidas que no son detectadas a tiempo.

Cabe mencionar que en nuestro país existe una serie de regulaciones que defienden el derecho a la salud y a un ambiente de trabajo seguro que obligan a los empresarios a garantizar a los trabajadores adecuadas jornadas laborales y un ambiente laboral propicio, la Subsecretaria de Control y Aplicaciones Nucleares (SCAN) son los encargados del control de la dosimetría física al profesional, a pesar de contar con dichas regulaciones es indispensable la realización de estudios que demuestren cuales son las alteraciones biológicas que pueden ser causadas por las radiaciones ionizantes, basandonos en la realización de exámenes de laboratorio que detecten tempranamente las alteraciones hematológicas.

El presente estudio pretende determinar qué variaciones presentará el hemograma y el porcentaje de reticulocitos del personal de salud expuestos de manera directa e indirectamente a radiaciones ionizantes que labora en el Centro de Diagnóstico Medimagen.

1.2 Objetivo general.

- Determinar las alteraciones que producen las radiaciones ionizantes en las células sanguíneas en el personal que se encuentra expuesto de manera directa e indirecta en Medimagen, Cuenca 2018.

1.3 Objetivos específicos:

- Determinar el número de eritrocitos, leucocitos, plaquetas, fórmula leucocitaria, hematocrito, hemoglobina y el porcentaje de reticulocitos.
- Relacionar los valores obtenidos del hemograma según sexo y etapa etaria.
- Relacionar los valores obtenidos en el hemograma con el área de trabajo, tiempo de exposición a las radiaciones ionizantes, la utilización de protección radiológica.
- Relacionar los valores obtenidos en el hemograma con los valores de dosimetrías.
- Determinar el riesgo laboral de las radiaciones ionizantes.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio fue de tipo cuantitativo descriptivo, se realizó en el centro de diagnóstico Medimagen, empresa dedicada a la realización de estudios imagenológicos, exámenes de laboratorio, medicina general y medicina ocupacional.

2.1 Criterios de inclusión. Fueron incluidos en el presente estudio todo el personal del Centro de Diagnóstico, que han laborado con exposición a radiaciones ionizantes por lo menos durante 1 año.

2.2 Criterios de exclusión. Personal con alteraciones hematológicas previas.

Personal que por su voluntad no deseó participar del estudio.

2.3 Técnicas e instrumentos de medición. Se realizó una historia médica general y ocupacional al personal del centro de diagnóstico, para determinar si se encuentran sometidos a las radiaciones ionizantes, además de la valoración médica en busca de signos y síntomas sugestivos de alteraciones hematológicas.

Historia médica general: donde se obtuvieron datos de filiación, antecedentes patológicos personales, quirúrgicos, antecedentes patológicos familiares, hábitos, y un examen físico general en busca de hallazgos de patologías hematológicas.

Historia médica ocupacional: donde se determinó el nivel de riesgo al que se encuentra sometido el personal de Medimagen.

Realización de Biometría Hemática Completa y Conteo de Reticulocitos a todo el personal que labora en la empresa, se dividió en grupos de personal expuesto directa e indirectamente a radiaciones ionizantes y se determinó si existieron alteraciones hematológicas.

2.4 Fase preanalítica. Se procedió a dar las instrucciones al personal del estudio previo a la toma de muestra que consto de los siguientes puntos:

- Firma del consentimiento informado
- Realización de un cuestionario por el personal de Medimagen que participa en el estudio
- Información acerca de la técnica de extracción de sangre.

2.5 Toma de muestra.

- El personal asistió en ayuno de 8 horas mínimo.
- Mediante venopunción se obtuvo un volumen de 3 ml de sangre en un tubo vacutainer, el mismo contendrá anticoagulante EDTA que mantiene en mejor condición la muestra por aproximadamente 4 horas.
- Se realizó la identificación y rotulación de las muestras, para su posterior análisis.
- Las muestras fueron procesadas inmediatamente luego de su toma.

2.6 Fase analítica. Esta fase contemplo:

- Realización de hemograma.
- Contaje de eritrocitos.
- Determinación de hemoglobina.
- Determinación de hematocrito.
- Determinación de índices eritrocitarios.
- Recuento de leucocitos.
- Recuento de plaquetas.

- Recuento de reticulocitos.
- Se solicitó datos obtenidos de las dosimetrías bimensuales realizados por la SCAN, en Medimagen durante el año 2018.

2.7 Fase postanalítica.

- Se ingresó los valores obtenidos de los exámenes de laboratorio en una base de datos.
- Análisis estadístico correspondiente.
- Interpretación de los resultados.
- Elaboración de informe.
- Entrega del documento.

2.8 Plan de procesamiento y análisis

Los resultados de la investigación se muestran mediante medidas de tendencia central y dispersión; el comportamiento de los datos resultó normal en la mayoría de las variables según la prueba de normalidad Kolmogorov Smirnov ($p > 0.05$) por lo que se emplearon pruebas paramétricas; la prueba de comparación de medias para dos grupos T-Student y el coeficiente de correlación r de Pearson; el procesamiento de datos se lo realizó con apoyo del programa estadístico SPSS 25 y la edición de tablas y gráficos en Excel 2016; las decisiones fueron tomadas con una significancia del 5% ($p < 0.05$).

CAPÍTULO 3: RESULTADOS

El estudio fue realizado con 40 personas, trabajadores expuesto directa o indirectamente a radiaciones ionizante del centro Medimagen, fueron 24 mujeres (60%) y 16 hombres (40%) de entre 20 y 67 años con una edad media de 39.33 (DE=12.3); los participantes eran adultos jóvenes y tardíos salvo un adulto mayor; prácticamente la mitad del personal tenía exposición directa en su área de trabajo y 23 (57.5%) tenía un cargo con exposición directa. Detalles en la tabla 2.

El tiempo de exposición continua medido en años de labores en el centro, oscilaba entre 1 y 10 con una media de 4.5años (DE = 2.75); además el 87.5% (n=35) no contaban con protección radiológica; se tomaron en cuenta 4 dosimetrías en el área de imagenología con los valores de 1.47; 1.67; 1.81 y 1.91 y una media de 1.72 mSv (DE=0.19). Encontrándose en todos los casos dentro del límite de dosis efectiva (20mSv), utilizada para la suma de las dosis efectivas de relevancia procedentes de exposiciones externas en el periodo de tiempo especificado de 5 años como indica la normativa a nivel mundial en la exposición a radiaciones ionizantes.

Tabla 2. Personal de MEDIMAGEN, según características estudiadas. Cuenca. 2019

Característica	n = 40	%	
Sexo	Mujeres	24	60
	Hombres	16	40
Etapa etaria	Adulto Joven (de 20 a 39 años)	22	55
	Adulto Medio (de 40 a 64 años)	17	42,5
	Adulto Mayor (mayor a 65 años)	1	2,5
Área de trabajo	Con exposición indirecta a RI	22	55

	Con exposición directa a RI	18	45
Cargo en la empresa	Con exposición indirecta a RI	23	57,5
	Con exposición directa a RI	17	42,5

Fuente: Base de datos.

Elaboración: El Autor

Tabla 3. Personal de MEDIMAGEN, según valores de fórmula leucocitaria y porcentaje de reticulocitos. Cuenca. 2019

Fórmula Leucocitaria y reticulocitos	Límites referenciales*	Media referencial	Límites en pacientes	Todos (n=40)	
				Media	DE
Leucocitos (x10 ⁹ /L)	4,5-11,5	7,5	4,3-10,8	7,1	1,4
Neutrófilos (%)	55-70	62,5	40,8-71,5	54,3	6,4
Linfocitos (%)	17-45	31	19,7-49,9	34,2	5,4
Monocitos (%)	2-8	5	5,0-11,4	8,0	1,7
Eosinófilos (%)	1-4	2,5	0,5-11,0	3,1	2,6
Basófilos (%)	0,2-1,2	0,7	0,0-1,0	0,3	0,2
Eritrocitos (x10 ¹² /L)	3,8-5,8	4,8	3,2-6,0	5,0	0,6
Hemoglobina (g/dl)	12-16	14	11,5-18,9	15,3	1,6
Hematocrito (%)	37.0-47.0	42.0	30.0-50.0	44.0	4.0
Plaquetas (x10 ⁹ /L)	150-450	350	149-414	268,8	58,2
Porcentaje reticulocitos (%)	0.1-1.5**	0.8	0.20-1,7	0.985	0,04

* Valores tomados del Sistema Internacional de Unidades.

** Valores tomados de las hojas de reactivos y referencias del laboratorio clínico de Medimagen.

Fuente: Base de datos.

Elaboración: El Autor

La tabla 3 muestra que los valores hematológicos medios del personal, se encuentran dentro de los límites que marcan condiciones de normalidad en estado de salud. La dispersión de datos en todos los indicadores revela un comportamiento homogéneo a excepción de los Eosinófilos y Basófilos con coeficientes de variación por encima del 60% lo que enseña un comportamiento altamente disperso.

Tabla 4. Personal de MEDIMAGEN, según fórmula leucocitaria, porcentaje de reticulocitos, sexo y etapa etaria. Cuenca. 2019

Formula leucocitaria y reticulocitos	Sexo				p	Etapa etaria				p
	Mujeres (n=24)		Hombres (n=16)			Adulto joven (n=22)		Adulto medio (n=17)		
	M	DE	M	DE		M	DE	M	DE	
Leucocitos (x10 ⁹ /L)	7,1	1,4	7,1	1,4	0,952	7,4	1,3	6,7	1,4	0,148
Neutrófilos (%)	55,5	6,6	52,5	5,7	0,144	54,3	5,5	54,4	7,7	0,963
Linfocitos (%)	33,2	6,0	35,7	4,2	0,160	34,0	3,8	34,6	7,3	0,732
Monocitos (%)	7,7	1,6	8,4	1,8	0,212	7,8	1,6	7,9	1,6	0,874
Eosinófilos (%)	3,3	2,7	3,0	2,4	0,717	3,5	3,1	2,6	1,8	0,263
Basófilos (%)	0,3	0,2	0,5	0,3	0,014	0,3	0,2	0,4	0,2	0,189
Eritrocitos (x10 ¹² /L)	4,7	0,5	5,5	0,3	0,000*	5,0	0,5	4,9	0,7	0,551
Hemoglobina (g/L)	14,3	1,1	16,8	1,1	0,000*	15,3	1,4	15,0	1,8	0,625
Hematocrito (L/L)	0,4	0,0	0,5	0,0	0,000*	0,4	0,0	0,4	0,0	0,443

Plaquetas (x10 ⁹ /L)	286,8	55,4	241,8	53,0	0,015*	288,9	53,1	249,9	52,2	0,028*
Porcentaje reticulocitos (%)	0,95	0,31	1,02	4,4	0,617	1,00	4,0	0,94	0,32	0,61

* *Diferencia significativa (p < 0.05)*

** *Se excluyó al único adulto mayor del estudio por su limitación de cantidad para la comparación.*

Fuente: Base de datos.

Elaboración: El Autor

La comparación hematológica según el sexo de los participantes reveló que los hombres tenían valores significativamente superiores que las mujeres en: eritrocitos, hemoglobina, hematocrito y plaquetas ($p < 0.05$); por otra parte, según la etapa etaria del personal se encontró que los adultos jóvenes tenían $39 \times 10^9/L$ más plaquetas que los adultos medios, representando una cantidad significativamente superior ($p < 0.05$).

Tabla 5. Personal de MEDIMAGEN, según fórmula leucocitaria, porcentaje de reticulocitos, área de trabajo, exposición a radiaciones ionizantes y uso de protección radiológica. Cuenca. 2019

Formula leucocitaria y reticulocitos	Área de trabajo				p	Protección radiológica*			
	Con exposición indirecta a RI (n=22)		Con exposición directa a RI (n=18)			Sin protección (n=35)		Con protección (n=5)	
	M	DE	M	DE		M	DE	M	DE
Leucocitos (x10 ⁹ /L)	6,8	0,9	7,4	1,7	0,145	7	1,3	7,3	1,9
Neutrófilos (%)	54,3	6,3	54,4	6,6	0,979	54,5	6,1	53,3	8,9
Linfocitos (%)	33,4	5,4	35,2	5,5	0,297	34	5,3	36	6,4

Monocitos (%)	8,4	1,6	7,5	1,7	0,095	8	1,6	7,5	2,3
Eosinófilos (%)	3,6	2,5	2,6	2,6	0,259	3,2	2,7	2,8	2
Basófilos (%)	0,4	0,2	0,3	0,2	0,519	0,3	0,2	0,4	0,4
Eritrocitos (x10 ¹² /L)	5	0,5	5	0,7	0,716	5	0,6	5,2	0,8
Hemoglobina (g/L)	15,3	1,6	15,3	1,8	0,979	15,2	1,6	15,9	1,9
Hematocrito (L/L)	0,4	0	0,4	0	0,878	0,4	0	0,5	0,1
Plaquetas (x10 ⁹ /L)	271,3	67,8	265,8	45,5	0,773	269	57,9	267,4	67,1
Porcentaje reticulocitos (%)	1.00	0.36	0.96	0.38	0,681	0.98	0.37	1.04	0.34

* No fue posible realizar una comparación estadística debido a la diferencia de tamaños de grupos.

Fuente: Base de datos.

Elaboración: El Autor

Las medias obtenidas de los valores hematológicos en el personal según área de trabajo y protección radiológica se encontraron dentro de los valores referenciales de laboratorio sin evidenciarse diferencias significativas ($p > 0.05$); a pesar de estos resultados es importante mencionar que los reticulocitos en las personas con exposición directa a RI y con protección radiológica tenían valores más elevados.

Tabla 6. Personal de MEDIMAGEN, según fórmula leucocitaria, porcentaje de reticulocitos, edad, tiempo de exposición y dosimetrías. Cuenca. 2019

		Edad	Tiempo exposición en años	Dosimetrías
Leucocitos	r**	-0,176	-0,215	-0,550

	P**	0,277	0,182	0,450
Neutrófilos	r	-0,162	-0,183	-0,662
	p	0,317	0,259	0,338
Linfocitos	r	0,153	0,224	0,469
	p	0,347	0,165	0,531
Monocitos	r	0,273	0,087	0,846
	p	0,088	0,594	0,154
Eosinófilos	r	-0,122	-0,113	0,406
	p	0,453	0,486	0,594
Basófilos	r	0,265	0,427*	0,146
	p	0,098	0,006	0,854
Eritrocitos	r	0,059	-0,109	0,628
	p	0,719	0,503	0,372
Hemoglobina	r	0,172	0,048	0,811
	p	0,288	0,769	0,189
Hematocrito	r	0,104	-0,027	0,739
	p	0,522	0,870	0,261
Plaquetas	r	-0,494	-0,332	-0,491
	p	0,001***	0,036***	0,509
Porcentaje de reticulocitos	r	0,037	0,003	-0,638
	p	0,820	0,984	0,362

*Coeficiente de regresión

**Probabilidad de ocurrencia al azar

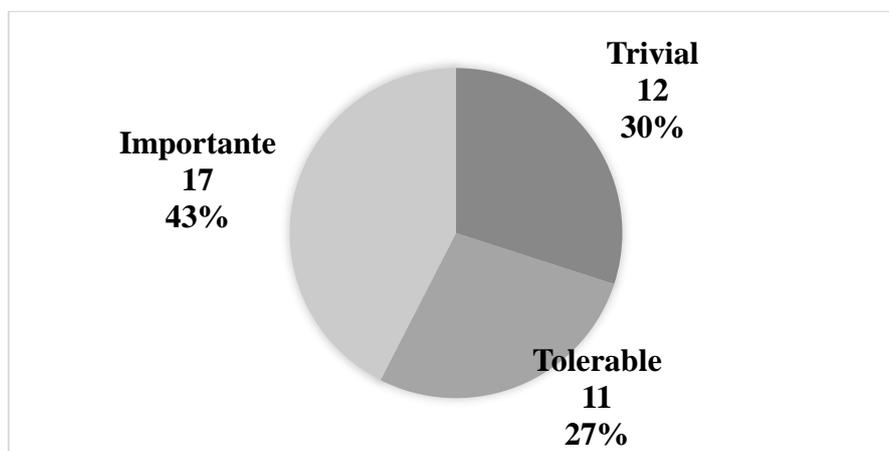
*** Relación significativa

Fuente: Base de datos.

Elaboración: El Autor

Los resultados revelaron una relación positiva con intensidad moderada entre los basófilos presentes y la exposición en años ($r = 0.427$; $p = 0.006$); a mayor tiempo de exposición mayor presencia de basófilos; por otra parte, se encontró que la cantidad de plaquetas estaban inversamente relacionadas en una intensidad moderada con la edad de los participantes y el tiempo de exposición en años; es decir, a mayor edad y tiempo de exposición en años menos cantidad de plaquetas.

Figura 1. Personal de MEDIMAGEN, según riesgo laboral por radiaciones ionizantes. Cuenca. 2019.



Fuente: Matriz de riesgos.

Elaboración: El Autor.

La estimación de riesgo laboral mostró que la proporción de trabajadores estaban dividida prácticamente en tercios, en el anexo 1 se puede visualizar la matriz empleada en la figura 1.

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN

Las radiaciones ionizantes producen diferentes alteraciones en el organismo, en el caso del sistema hematopoyético el principal efecto es el daño de las células madres sanguíneas, que se reflejan con la disminución de las células sanguíneas periféricas circulantes, sobre todo las de la serie blanca, este efecto depende del tipo de radiación al que se encuentra sometido el personal, tiempo de exposición, utilización de equipos de protección y los tejidos que son sometidos a la radiación ionizante.

La detección de signos y síntomas diagnosticado precozmente, más un adecuado programa de vigilancia de la salud facilita una adecuada intervención para prevenir enfermedades ocupacionales secundaria a las radiaciones ionizantes.

En el estudio realizado en Bolivia al personal hospitalario con exposición a radiaciones ionizantes se obtuvo como resultado que la fórmula leucocitaria en un 56% del personal presentaron valores bajos en el recuento de linfocitos, obteniéndose como valor mínimo 20% con un promedio de 26.58% del total y una desviación estándar de ± 5.047 , estos valores presentaron en un 100% del personal que trabaja en el área de mamografía y en aquellos que llevan trabajando expuestos a radiaciones ionizantes de 26 a 31 años y en el personal que utiliza protección radiológica (Chávez, 2011).

En el estudio realizado en Medimagen, muestra que los valores hematológicos medios del personal, se encuentran dentro de los límites que marcan condiciones de normalidad en estado de salud. A excepción de los basófilos y neutrófilos que presentan un coeficiente de dispersión de mayor de 60%, el resto de la fórmula leucocitaria incluido los linfocitos están dentro de parámetros normales e debe tomar en cuenta que el tiempo de exposición a radiaciones ionizantes del personal de Bolivia es mayor que el del personal de Medimagen por lo que podemos relacionar que a mayor tiempo de exposición a radiaciones ionizantes existe mayor riesgo de presentar alteraciones hematológicas.

El mismo estudio citado anteriormente, solo el 6% del total del personal presentó bajos niveles de glóbulos rojos y un 2% valores altos de eritrocitos, porcentaje de hemoglobina y el hematocrito (Chávez, 2011).

Un estudio realizado en el hospital de especialidades de la ciudad de Veracruz, México se evidencio una correlación negativa, pero no significativa entre los valores de eritrocitos y hemoglobina en relación a la exposición a radiaciones ionizantes. (Hernández, 2008)

En el estudio realizado al personal de Medimagen se obtuvo como resultado que los valores de eritrocitos, hemoglobina y hematocrito se encontraron dentro de parámetros normales, además se reveló que los hombres tenían valores significativamente superiores que las mujeres de eritrocitos, hemoglobina y hematocrito ($p < 0.05$), este aumento puede ser debido a diferencias fisiológicas entre hombres y mujeres, no indicando se patológicos.

En cuanto a los reticulocitos en el personal de Medimagen se encontraron dentro de valores normales a excepción de dos trabajadores con valores por arriba del límite superior de 1,5%, como antecedentes patológicos personales presentaban hipertensión arterial uno y el otro trabajador hipotiroidismo, ningún participante del estudio presento valores por debajo de los límites normales como se encontró en el estudio de Chávez, donde se obtuvo como resultado que un 14 % presentan valores bajos es decir una médula arregenerativa, con un valor de $p > 0.0017$ que es significativo. (Chávez, 2011)

En cuanto al valor de plaquetas del presente estudio se encontró que a mayor edad y tiempo de exposición a radiaciones ionizantes la cantidad de las mismas disminuye, de igual manera se observó esto en el estudio de Hernández, 2008, no se presentó ninguna alteración plaquetaria en el estudio de Chávez, 2011.

Conclusiones.

El personal de Medimagen con exposición directa e indirecta a radiaciones ionizantes presento variaciones dentro del hemograma y porcentaje de reticulocitos, sin embargo,

estas variaciones no son una causa específica de la exposición a las mismas, pueden ser debidas a factores fisiológicos o a patologías previas del personal.

En cuanto a la relación de hemograma y porcentaje de reticulocitos con el sexo de los participantes reveló que los hombres tenían valores significativamente superiores que las mujeres en: eritrocitos, hemoglobina, hematocrito y plaquetas ($p < 0.05$). Además, se encontró que los adultos jóvenes tenían $39 \times 10^9/L$ más plaquetas que los adultos medios, representando una cantidad significativamente superior ($p < 0.05$).

No existe relación significativa entre los valores obtenidos del hemograma y porcentaje de reticulocitos con las dosimetrías, cabe recalcar que los valores dosimétricos se encuentran dentro de los parámetros normales.

Las medias obtenidas de los valores hematológicos y reticulocitos en el personal según área de trabajo y protección radiológica se encontraron dentro de los valores referenciales de laboratorio sin evidenciarse diferencias significativas ($p > 0.05$). Sin embargo, se encontró relación que los reticulocitos en las personas con exposición directa a RI y con protección radiológica tenían valores más elevados.

Recomendaciones.

Se debe implementar medidas de prevención y control al personal que se encuentra expuesto a radiaciones ionizantes, para diagnosticar precozmente enfermedades ocupacionales secundarias a las mismas.

Se debe cumplir con el reglamento del manejo de radiaciones ionizantes, realizar inspecciones periódicas y dar mantenimiento preventivo y correctivo a los diferentes equipos.

Se debe concientizar al personal sobre el uso adecuado de la protección radiológica, tiempos máximos de exposición permitidos y capacitar frecuentemente sobre los riesgos a la exposición.

Se recomienda realizar pruebas con mayor especificidad al personal directamente expuesto a las radiaciones para mayor confiabilidad de un adecuado diagnóstico.

BIBLIOGRAFÍA

1. CALAMA RODRÍGUEZ, LUIS. 2008 "Radiaciones ionizantes: riesgos y protección." Chile. (en línea).
https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Calama+Rodr%C3%ADguez%2C+Luis.+%22Radiaciones+ionizantes%3A+riesgos+y+protecci%C3%B3n.%22+Chile+%282008%29&btnG=

2. CALA, VALERIA LAUREN CHAVEZ. 2014. "Variaciones del hemograma en personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, Sucre 2011." *Tópicos Selectos de Química*. ECORFAN. (en línea).
https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Cala%2C+Valeria+Lauren+Chavez.+%22Variaciones+del+hemograma+en+personal+de+salud+expuesto+a+radiaciones+ionizantes%2C+en+los+hospitales+de+tercer+nivel%2C+Sucre+2011&btnG=

3. FORADORI, ARNALDO. 2017. "IV Los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes." *ARS MEDICA Revista de Ciencias Médicas* 19.1: 33-39. (en línea).
https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Foradori%2C+Arnaldo.+%22IV+Los+efectos+biol%C3%B3gicos+de+las+radiaciones+ionizantes.%22+&btnG=

4. CUEVA VITERI, RONALD EFRÉN. 2008. *Vigilancia médica en trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes*. BS tesis. Quito: USFQ. (en línea).
https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Cueva+Viteri%2C+Ronald+Efr%C3%A9n.+Vigilancia+m%C3%A9dica+en+trabajadores+expuestos+a+radiaciones+ionizantes.+BS+tesis.+Quito%3A+USFQ%2C+2008%2C+2008.&btnG=

5. ALS-NIELSEN J, MCMORROW D. 2011. Early history and x-ray tube. En: Elements of Modern X-ray Physics. Second Edition. United Kingdom: John Wiley and Sons Ltd. (en línea)
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rlqlboWITRMC&oi=fnd&pg=PA29&dq=Als-Nielsen+J,+McMorrow+D.+Early+history+and+x-ray+tube.++En:+Elements+of++Modern+X-ray+Physics.+Second++Edition.+United+Kingdom:+John+Wiley+and+Sons+Ltd.+2011.+++&ots=P4A9Wzpj9i&sig=PImPPv-qg6AfLftXu9Ot2RLfFWY#v=onepage&q&f=false>
6. KNAVE, B. (2012). *Capítulo 48 Radiaciones no ionizantes*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). En línea
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/48.pdf>
7. RECOMENDACIONES, L. (2007). DE LA COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA. *Traducción oficial al español de la Publicación ICRP*, (103) en línea
http://www.icrp.org/docs/P103_Spanish.pdf
8. UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION. (1988). UNSCEAR, 1988. *Sources, effects and risks of ionizing radiation*. United Nations, New York.
9. CASCÓN, A. (2009). Riesgos asociados con las radiaciones ionizantes. *Revista argentina de cardiología*, 77(2), 123-128. En línea
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-37482009000200010
10. HERNÁNDEZ, S., & RUTH, Y. (2008). Tiempo de exposición y los cambios en la biometría hemática en personal ocupacionalmente expuesto a radiación ionizante en el Hospital de Especialidades No. 14. En línea

<https://core.ac.uk/download/pdf/33659019.pdf>

11. BALCELLS A. (2006). La clínica y el laboratorio. Barcelona, Masson, S.A.

20ª ed. En línea.

<http://sabe618093a56776c.jimcontent.com/download/version/1398486605/module/8795340769/name/Balcells.%20La%20Cl%C3%ADnica%20y%20el%20Laboratorio.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de variables correspondientes al personal de Medimagen, Cuenca.

2019

SEXO	EDAD	AREA DE TRABAJO	CARGO EN LA EMPRESA	(EXPOSICION EN AÑOS)	PROTECCION RADIOLOGICA	DOSIMETRIAS	ESTIMACION DE RIESGO LABORAL
M	56	IMAGENOLOGIA	TECNOLOGO RADIOLOGO	10	SI		IMPORTANTE
M	38	IMAGENOLOGIA	IMAGENOLOGO	5	NO		IMPORTANTE
F	30	MEDICINA GENERAL	SECRETARIA	8	NO		TOLERABLE
M	40	IMAGENOLOGIA	IMAGENOLOGO	3	NO		IMPORTANTE
M	52	GERENCIA	GERENTE	10	NO		TOLERABLE
F	30	MEDICINA OCUPACIONAL	SECRETARIA	8	NO		TOLERABLE
M	30	MEDICINA OCUPACIONAL	MEDICO OCUPACIONAL	2	NO		TOLERABLE
F	45	ADMINISTRACION	AUXILIAR ADMINISTRATIVA	8	NO		TRIVIAL
F	28	IMAGENOLOGIA	TECNOLOGO RADIOLOGO	4	SI		IMPORTANTE
M	53	ADMINISTRACION	AUXILIAR ADMINISTRATIVA	2	NO		TRIVIAL
M	48	IMAGENOLOGIA	IMAGENOLOGO	5	NO		IMPORTANTE
F	47	IMAGENOLOGIA	LIC. IMAGENOLOGIA	4	NO		IMPORTANTE
F	64	IMAGENOLOGIA	IMAGENOLOGO	5	NO		IMPORTANTE
M	34	IMAGENOLOGIA	IMAGENOLOGO	1	NO		IMPORTANTE
F	25	IMAGENOLOGIA	AUXILIAR SERVICIOS	1	NO		TOLERABLE
F	29	IMAGENOLOGIA	TECNOLOGO RADIOLOGO	1	SI		IMPORTANTE
M	54	IMAGENOLOGIA	TECNOLOGO RADIOLOGO	2	SI		IMPORTANTE
F	30	MEDICINA OCUPACIONAL	AUXILIAR SERVICIOS	4	NO		TOLERABLE
F	40	IMAGENOLOGIA	IMAGENOLOGO	3	NO		IMPORTANTE
M	33	IMAGENOLOGIA DENTAL	IMAGENOLOGO	2	NO		IMPORTANTE
M	36	IMAGENOLOGIA	TECNOLOGO RADIOLOGO	8	SI		IMPORTANTE
M	47	MEJORAMIENTO CONTINUO	MEJORAMIENTO CONTINUO	5	NO		TRIVIAL
F	23	MEDICINA OCUPACIONAL	AUXILIAR ADMINISTRATIVA	4	NO		TRIVIAL
F	29	IMAGENOLOGIA	LIC. IMAGENOLOGIA	3	NO		IMPORTANTE
F	34	MEDICINA OCUPACIONAL	FONOAUDILOGA	5	NO		TRIVIAL
F	40	GESTORA DE CALIDAD	GESTORA	1	NO		TRIVIAL
F	30	RESPONSABLE DE LABORATORIO	LIDER LABORATORIO	4	NO		TOLERABLE
F	30	LABORATORIO CLINICO	BIOQUIMICO	3	NO		TOLERABLE
M	28	LABORATORIO CLINICO	BIOQUIMICO	2	NO		TOLERABLE
F	30	LABORATORIO CLINICO	BIOQUIMICO	3	NO		TOLERABLE
F	48	LABORATORIO CLINICO	AUXILIAR ADMINISTRATIVA	3	NO		TOLERABLE
F	43	MEDICINA GENERAL	AUXILIAR SERVICIOS	8	NO		TRIVIAL
F	32	MEDICINA GENERAL	MEDICO GENERAL	1	NO		TRIVIAL
F	20	MEDICINA GENERAL	AUXILIAR SERVICIOS	2	NO		TRIVIAL
M	67	DIRECTOR MEDICO	MEDICO GENERAL	8	NO		TRIVIAL
F	36	IMAGENOLOGIA	IMAGENOLOGO	3	NO		IMPORTANTE
F	58	IMAGENOLOGIA	IMAGENOLOGO	10	NO		IMPORTANTE
M	53	IMAGENOLOGIA	IMAGENOLOGO	5	NO		IMPORTANTE
M	60	MEDICINA GENERAL	MEDICO GENERAL	8	NO		TRIVIAL
F	23	MEDICINA GENERAL	AUXILIAR SERVICIOS	5	NO		TRIVIAL

Fuente: Base de datos.

Elaboración: El Autor

Anexo 2. Oficio de autorización para la realización del estudio en Medimagen.

Cuenca, 05 de Noviembre de 2018

Sr. Carlos Jerves Jerves.
Gerente General de "Medimagen"
Ciudad

De mi consideración:

Por medio de la presente le extendiendo un cordial saludo a su persona y deseándole éxito en sus funciones, me permito solicitarle me autorice a tomar las muestras de sangre a todo el personal que labora dentro de la institución para la realización del estudio de investigación para la obtención de mi título de Magíster en Salud y Seguridad en el Trabajo.

Por la favorable acogida le agradezco de antemano.

Atentamente,


Md. Juan Bustamante
POSTGRADISTA SALUD OCUPACIONAL
Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO
Reg. MSP - 0104124631


Juan Bustamante Toledo.
Médico de Medimagen.


05/11/2018