

Variaciones del hemograma en personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, Sucre 2011

Valeria Lauren Chavez Cala

V. Chavez.

Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Facultad de Ciencias Químico Farmacéuticas y Bioquímicas, Calle Dalence Nº 51, Sucre- Bolivia.

M. Ramos, J. Pizarro, M. Mojica, N. Pereira, M Solis (eds). Tópicos Selectos de Química -©ECORFAN-Bolivia. Sucre, Bolivia, 2014.

Abstract

The radiations are consistent physical phenomena in the emission, propagation and absorption of energy by matter. Since the late nineteenth century it is estimated that 90 % of human exposure to artificial sources of radiation is given in the field of medicine and in this field , mainly by conventional and interventional , medical and dental diagnostic radiology .

The objective of this study is to determine the variation of hematocrit in health personnel exposed to ionizing radiation according to external and internal factors in the tertiary hospitals.

The results showed a negative correlation depending on years worked and the concentration of blood cells , meaning that the more years exposed to ionizing radiation fewer blood cells , presenting major changes in the field of mammography and X - ray tomography . The biggest changes in blood cell counts , noting that external factors affect the effects caused by ionizing radiation

10 Introducción

El hombre está expuesto a diversos tipos de radiaciones ionizantes que producen más o menos los mismos efectos, pero que son de origen diferente. La exposición a estas radiaciones puede ser un acto voluntario (baño de sol, examen médico) o involuntario

Las radiaciones ionizantes de origen natural son los rayos ultravioletas del sol, la radiación cósmica y partículas aceleradas en el espacio. La radiación de origen artificial se encuentra en la industria y las de uso médico, como la escintografía, gamma cámara, cámara de positrones, radioterapia de fuentes radiactivas, la radiografía y escáner

La exposición a radiaciones ionizantes, ha sido estudiada ampliamente, siendo un grupo ocupacionalmente expuesto a este riesgo los trabajadores de la salud. Teniendo en cuenta que se define personal expuesto a radiaciones ionizantes como aquellos funcionarios que por su trabajo tienen riesgo de exponerse a dosis límites anuales mayores que el público general, cumpliendo con los siguientes criterios: trabajar próximos a fuentes de Radiaciones Ionizantes en actividad, al ejecutar lo esencial de sus funciones en forma habitual y estar asignados a tareas que implican su permanencia en zonas controladas o supervisadas; los médicos radiólogos, técnicos de radiología, bioquímicos, auxiliares del trabajo pueden ser catalogados como personal ocupacionalmente expuestos a radiaciones ionizantes, en los cuales las medidas de prevención son la mejor forma de protección; la cual es dada por una vigilancia epidemiológica adecuada, dosimetrías personales, exámenes para-clínicos como hemograma y TSH, como parámetros de evaluación y seguimiento del trabajador. Según estimaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica, trabajadores que se exponen a dosis pequeñas y a tasas de dosis de radiación bajas en su lugar de trabajo tienen una probabilidad de 4% de morir de un cáncer radio inducido por cada sievert (Sv) de dosis efectiva recibida.

El efecto hematológico causado por las radiaciones ionizantes es sobre el sistema hematopoyético que está compuesto por la médula ósea, la sangre en circulación y el tejido linfoide. Los tejidos linfoides son los nodos linfáticos, el bazo y el timo. El principal efecto de la radiación en este sistema es el descenso en el número de leucocitos y linfocitos en la circulación periférica.

La lesión letal en las células precursoras origina la depleción de estas células maduras circulantes, tales efectos dependen de la radiosensibilidad de las células y de su capacidad de regeneración, así como de su supervivencia en la sangre

Se han desarrollado sistemas de prueba con el propósito de evaluar los efectos producidos por las radiaciones ionizantes dentro de ellos se encuentra el hemograma, término que fue introducido por V. Schilling en 1931 como forma de expresar el estado global de la sangre a partir de un conjunto de criterio clínico biológico. Un hemograma básico constituye en el recuento celular sanguíneo, que es la medida de la concentración de las células que circulan por la sangre eritrocitos, leucocitos, plaquetas, junto a la concentración de la hemoglobina, el valor del hematocrito y los índices eritrocitarios (volumen corpuscular medio [VCM], hemoglobina corpuscular media [HCM], Y concentración corpuscular media de hemoglobina [CCMH]),

Para tal efecto existen dos métodos de realizar el hemograma, una de ellas es la manual y otra la automática. Los recuentos celulares manuales se realizan mediante un hemocitómetro; otros métodos manuales, como por ejemplo el recuento de plaquetas o leucocitos mediante extensión de sangre teñida, se han empleado y continúan empleándose en algunos casos para realizar comprobaciones de recuentos automatizados.

El método automatizado ha contribuido de manera decisiva al aumento de la rapidez y fiabilidad en el recuento de células sanguíneas. Esto ha sido posible gracias el enorme progreso de los procedimientos de análisis de células en suspensión mediante sistema de flujo continuo. El método tiene algunas limitaciones las cuales están relacionadas con la medición de la concentración de las células sanguíneas circulantes (eritrocitos, leucocitos y plaquetas) que suelen realizarse simultáneamente con la del tamaño (volumen celular). Para ello, los analizadores automáticos utilizan las variaciones que ejercen las células cuando atraviesan un campo electromagnético que son captadas por detectores colocados estratégicamente y son procesados para obtener los correspondientes datos cuantitativos que luego se expresan en tablas, histogramas y citogramas

El hemograma constituye una de las pruebas de laboratorio más solicitadas ya que no solo forman parte del estudio inicial de cualquier paciente, si no que muchas veces resulta del todo imprescindible para el diagnóstico de las hemopatías o el seguimiento evolutivo de las enfermedades en general

10.1 Problema

Definición

En Bolivia existen pocos estudios sobre los efectos causados por las radiaciones ionizantes, convirtiéndose en un problema de salud pública de relevancia, porque principalmente afecta al profesional que trabaja expuesto a radiaciones los cuales pueden llegar a adquirir un cáncer ocupacional radioinducido si no son detectadas a tiempo,

Los efectos de las radiaciones son acumulativos, es decir, cada exposición se suma a los anteriores hasta determinar la dosis total y su efecto sobre el organismo De la misma forma, a medida que aumenta la proporción de la dosis o la dosis total, también aumenta la probabilidad de que se produzcan efectos detectables. La letalidad de la radiación puede clasificarse en tres grandes grupos: hematológicos, gastrointestinal y muscular. Los signos hematológicos están relacionados con cambios en las células de la sangre periférica.

Después de la exposición se reduce la cantidad en la sangre de los glóbulos blancos, glóbulos rojos y plaquetas (trombocitos), como consecuencia de la elevada radiosensibilidad de los precursores hematopoyéticos, dosis moderadas de radiaciones ionizantes pueden provocar una disminución proliferativa de las células, convirtiéndose la médula aplásica.

El Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología son los encargados del control al profesional ocupacionalmente expuesto a radiaciones ionizantes, pero estos se basan en la dosimetría física, el cual presenta muchas limitaciones que no permiten establecer los efectos biológicos en el organismo producidas por las radiaciones ionizantes, siendo necesario un control médico anual para la prevención de la salud del profesional expuesto a radiaciones ionizantes ya que estos son un herramienta fundamental en el diagnóstico de enfermedades por imágenes y en el tratamiento del cáncer.

10.2 Planteamiento

¿Qué variaciones presentará el hemograma del personal de salud expuestos a radiaciones ionizantes, en los hospitales del tercer nivel Sucre 2011?

10.3 Justificación

Partiendo de la fuente de causalidad encontrada en la literatura científica entre patologías del sistema hematopoyético y las radiaciones ionizantes, se pretende realizar un monitoreo a través de pruebas de laboratorio, específicamente mediante la realización del hemograma que consiste en analizar la sangre con la que se medirá en forma global y por porcentajes los tres tipos básicos de células que contiene la sangre: serie eritrocitaria, leucocitaria y plaquetaria; los cuales nos permitirán identificar y clasificar en la población objeto de estudio alteraciones tempranas que si no son detectadas oportunamente podrían conducir a la aparición de cáncer ocupacional, esto con el ánimo de disponer de mayores elementos que soporten y justifiquen la implementación de un sistema de vigilancia epidemiológica para la prevención y protección a la exposición a las radiaciones ionizantes, los cuales se encarguen de realizar controles periódicos que detecten precozmente eventos nocivos de las radiaciones ionizantes en los empleados expuestos del área, pretendiendo aminorar cada vez más el riesgo ocupacional, dado que la radiología y radioterapia, tomografía y medicina nuclear representan una herramienta fundamental en la medicina a nivel diagnóstico y terapéutico y viendo con extrañeza que estos trabajadores incluso no poseen los dispositivos de protección personal contra las radiaciones, que deberían tener obligatoriamente.

La investigación surge a partir de la carencia de suficiente evidencia científica, que establezca la asociación entre la exposición a radiaciones ionizantes. y a la presencia de alteraciones o eventos nocivos en el personal de salud expuesto ocupacionalmente.

El presente trabajo servirá de base para estudios posteriores por ser el primero en realizarse dirigido al personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes en los hospitales de tercer nivel de la ciudad de Sucre, basándose solamente en el campo científico y de ninguna manera se pretende causar susceptibilidad en el profesional de salud.

10.4 Objetivos

Objetivo general

Determinar la variación del hemograma en el personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes según factores externos e internos, en los hospitales de tercer nivel, para indagar la repercusión de las radiaciones sobre las células sanguíneas.

Objetivos específicos

- Realizar el hemograma: mediante el determinación del número de eritrocitos, leucocitos, plaquetas, formula leucocitaria, hematocrito, VSG, hemoglobina, índices eritrocitarios y el recuento de reticulocitos, con el control de calidad respectivo.
- Relacionar los valores del hemograma según factores internos: edad, sexo
- Relacionar los valores del hemograma según factores externos: tiempo trabajado, área de trabajo y protección radiológica.
- Relacionar los valores del hemograma con los valores de los dosímetros del personal de salud.

Hipótesis

Existen variaciones en el hemograma del personal expuesto a radiaciones ionizantes que trabajan en los hospitales de tercer nivel de la ciudad de Sucre.

Marco Contextual

Aspectos generales de Bolivia

Bolivia, denominada actualmente “Estado Plurinacional de Bolivia” constituida el 6 de agosto de 1825 como República unitaria, libre, independiente y soberana, está ubicada en la zona central de América del Sur, Limita al Norte y al Este con la República Federativa de Brasil, al Sudeste con la República del Paraguay, al Sud con la República Argentina, al Sudoeste con la República de Chile y al Oeste con la República del Perú.(43)

A partir del 1538 se fundan sucesivamente las ciudades de : La Plata, hoy Sucre (1538), como centro político y administrativo de la Real Audiencia de Charcas; Potosí (1545), en base a la explotación de la plata del Cerro Rico; La Paz (1548), como activo centro comercial y de intercambio; Santa Cruz (1561) y Trinidad (1686), como barreras al expansionismo portugués y para control de la zona oriental; Cochabamba (1574), como centro recolector y proveedor de productos agrícolas; Tarija (1574), como área de conexión con el Río de la Plata; y Oruro (1600), por el potencial minero de la zona.(43)

Situación de salud en Bolivia

El sistema de salud boliviano se organiza en subsectores: público, seguridad social, privado y la medicina tradicional.

La fragmentación del sistema (sobre todo público y de la seguridad social) y la segmentación (al interior de la seguridad social muchos entes gestores) constituye uno de los problemas más delicados del sistema. Un 27 % de la población boliviana es cubierta por el sistema de seguros de salud de corto plazo (seguridad social), un 30% por el Ministerio de Salud y Deportes (público), un 10% por el subsector privado, existiendo aproximadamente un 30% de la población que no tiene acceso a ningún tipo de servicios de salud, salvo la práctica de la medicina tradicional. La Ley de Participación Popular (1994) que transfirió la infraestructura pública de salud a los Gobiernos Municipales, dejando la gestión del recurso humano en la administración central del Ministerio de Salud y sus entes desconcentrados o Servicios Departamentales de Salud (en el ámbito de las Prefecturas) ha dado paso a la conformación de los Directorios Locales de Salud, entidades de gestión compartida en el ámbito local donde concurren, el representante de la Alcaldía Municipal, el representante del Servicios Departamental de Salud y el representante de la sociedad civil, quienes son responsables de la gestión local de salud en el ámbito municipal(39)

Organización de los servicios de Salud Pública

Los servicios de salud están organizados en Redes de Salud. El sistema de salud consigna cuatro niveles de gestión y tres niveles de atención. Los niveles de gestión responden a las dimensiones: nacional, departamental, municipal y local o del establecimiento de salud. Los niveles de atención están estructurados según la capacidad resolutive de los servicios, el primer nivel de atención se corresponde con la atención ambulatoria, el segundo nivel de atención con los hospitales generales (especialidades básicas) y el tercer nivel de atención con los hospitales de especialidades.

- Tasa bruta de natalidad 27.66%
- Tasa bruta de mortalidad 7.55%
- Tasa de mortalidad infantil 45.60%
- Tasa de fecundidad global por mujer 3.50%
- Número estimado de nacimientos 1.373.636
- Número estimado de defunciones 374.700

Mortalidad: En todo el país el sub registro de mortalidad general alcanza el 63%

La tasa de mortalidad infantil es de 49.09 por mil vivos el 2008. En el 2008 la mortalidad neonatal es de 25 por mil, la pos neonatal 25 por mil y la pos infantil 22 por mil, las causas de muerte 32%, se deben a cuadros de origen infeccioso, principalmente la septicemia, los trastornos relacionados con la duración corta de la gestación y bajo peso al nacer con un 30% y los trastornos respiratorios específicos del periodo perinatal con un 22%. La mortalidad materna es de 390 por 100.000 nacidos vivos el 2008, siendo mayor parte las mujeres del área rural. (39)

Aspectos generales de Chuquisaca

El departamento fue creado por Decreto supremo el 23 de enero de 1826 en la presidencia de Antonio José de Sucre.

La ciudad de Sucre es capital del departamento y además capital del Estado Plurinacional de Bolivia, fundada el 29 de septiembre de 1538, con el nombre de "La Plata", cuenta con una población de 288.299 habitantes. Está a una altura de 2.750 m.s.n.m. y su aniversario es el 25 de mayo en conmemoración del primer grito libertario de 1809.

El departamento de Chuquisaca está ubicado en el sur de estado Plurinacional de Bolivia, limita al norte con los departamentos de Potosí, Cochabamba y Santa Cruz, al sur con el departamento de Tarija; al este con el departamento de Santa Cruz y la República del Paraguay y al oeste con el departamento de Potosí (43)

Según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) la población estimada para el año 2005-2010 en este departamento alcanzó los 601.823 habitantes. La pirámide poblacional muestra patrón expansivo (Base ancha y cima estrecha) que refleja una alta natalidad y alta mortalidad. La estructura poblacional en este departamento muestra un predominio de población joven, donde cerca de la mitad de los habitantes tienen menos de 15 años. (42%) (43)

Situación de salud en Chuquisaca

En este departamento mueren 67 niños antes de cumplir el primer año de vida, por cada mil niños nacidos vivos, cifra superior al promedio nacional (54 por mil). En parto atendido en servicio de salud es bajo se ha mantenido en los últimos años, con una cobertura de 53% en el año 2005. Ello significa que 5 de cada 10 partos no llegan a ser atendidos en establecimientos de salud, lo que conlleva riesgos para la vida de las mujeres y niños/as.(39)

A pesar de las intervenciones realizadas por el Ministerio de Salud para controlar la enfermedad de Chagas, este departamento se mantiene en riesgo, ya que en el 2005 el 4.1% de las viviendas tenía presencia de vinchucas, insecto transmisor de esta enfermedad. De igual manera, este departamento es considerado de mediano riesgo para la Malaria, con un incidencia parasitaria anual en el 2005 de 4.5 x mil (el índice nacional fue de 5.5 por mil)(39)

El departamento de Chuquisaca cuenta con 356 establecimientos de salud correspondientes a tercer, segundo y primer nivel disponibles para la atención a la población. (39)

Hospitales del tercer nivel de la ciudad de Sucre

Hospital Santa Bárbara

Desde hace más de cuatro siglos, el hospital "Santa Bárbara" viene cumpliendo en beneficio de la colectividad, un servicio de salud ininterrumpido, por ello, es considerado como el decano de los servicios médicos en todo el país y sin duda uno de los más antiguos y persistentes en América Latina. Fue fundado en 1544 con dos secciones: una para los españoles y otra para los indígenas, además de un pabellón reservado al clérigo.

En la actualidad el hospital Santa Bárbara es de tercer nivel. Su infraestructura está dividida en pabellones, cuenta con 220 camas y personal de trabajo es de 400 personas, entre médicos, enfermeras, y personal de servicio que brinda atención, a cerca de 26.000 personas, de los cuales un 30 % procede de Sucre, el 29% de las provincias de Chuquisaca, el 14% de la zonas periurbanas de la ciudad el 17% de las provincias de otros departamentos de la República y un 10% de las ciudades del interior del país, ofreciendo casi todas las especialidades exceptuando la especialidad de ginecología. Dentro de los servicios prestados por diagnóstico mediante imágenes cuenta con: Rayos X, Tomografía, Radioterapia, Ecografía, Medicina nuclear, Dosimetría ósea.

Hospital Gineco – obstétrico “Jaime Sánchez Pórcel”

El hospital Gineco - Obstétrico “Jaime Sánchez Pórcel” brinda atención especializada y de alta calidad, oferta servicios con atención de calidad, recursos humanos entrenados y capacitados mediante programas de educación continua asistencia especializada oportuna y disminución de la mortalidad materna y neonatal mediante la aplicación de un plan departamental de radio comunicación y transporte.

El hospital atiende a más de 20.000 pacientes cada año, se considera una institución de tercer nivel acreditada de alta complejidad, Según los datos estadísticos del hospital, por día se produce entre 6 a 10 nacimientos, 3 a 6 abortos, 15 a 20 cirugías y 100 prestaciones o consultas ambulatorias.

Y en cuanto a la atención en el hospital el 95% de las prestaciones son del Seguro Universal Materno Infantil (SUMI), en neonatología más del 100%. Pone a disposición diferente especialidades tal es el caso del servicio de diagnostico por imágenes es decir: rayos X, ecografía y mamografía.

Instituto Gastroenterológico Boliviano Japonés

El Instituto de Gastroenterología "Boliviano - Japonés" de Sucre, fue creado mediante resolución Ministerial del 22 de marzo de 1980, bajo la presidencia de la Sra. Lidia Gueiler Tejada en coordinación con el Embajador Japonés, Eikichi Hayashiya, y la Dra. Aída Claros de Bayá como Ministra de Salud de Bolivia.

Mencionada institución brinda atención a pacientes institucionales, pacientes privado institucionales, pacientes privado interinstitucional, pacientes privado derivado, ya que cuenta con departamentos de las diferentes especialidades como ser: departamento de cirugía, medicina, diagnostico por imágenes e imagenología (tomografía, rayos X, ecografía), laboratorio clínico, patología y enfermería listos para atender las necesidades de la población en general.

Hospital Obrero # 6 (Hospital Jaime Mendoza)

Fue creado el 25 de Mayo de 1976 durante la Presidencia del General Hugo Banzer Suárez, con las atenciones de Cirugía, Medicina Interna y Pediatría, posteriormente se implementaron los servicios de Maternidad, Ginecología y Obstetricia, más tarde Terapia Intensiva, Tomografía Axial Computarizada, Mamografía, rayos X, Traumatología, Emergencias, etc.

Es la Institución más importante dentro del Sistema de Seguridad Social. A la fecha cuenta con un total de 161.000 afiliados entre asegurados y beneficiarios. Es una institución descentralizada de derecho público sin fines de lucro, con personalidad jurídica, autonomía de gestión y patrimonio independiente, encargada de la gestión, aplicación y ejecución del régimen de Seguridad Social a corto plazo (Enfermedad, Maternidad y Riesgos Profesionales).

Otro servicio médico especializado es el POLICLÍNICO SUCRE, que anteriormente brindaba atención a niños menores de 12 años, se otorgaba el nombre en el nombre de Hospital "Materno Infantil"

Antecedentes de exposición a radiaciones ionizantes

En la medicina actual las radiaciones ionizantes se han convertido en una herramienta de trabajo crucial ya que a través de ellas ha facilitado el diagnóstico oportuno y temprano de patologías, a nivel terapéutico ha mejorado la sobrevida y pronóstico de los pacientes. Sin embargo su transferencia de energía puede generar daños en el DNA celular de modo directo en el núcleo o de modo indirecto a través de radicales libres, en la médula ósea y otros órganos, con el riesgo potencial de generar desde alteraciones tempranas reversibles hasta cáncer, al que se expone el personal de salud que trabaja con radiaciones ionizantes.

Se encontraron estudios que documentan ampliamente el efecto de las radiaciones sobre las células sanguíneas podemos citar el artículo " Daño hematológico provocado por la radiación en el personal profesional que trabaja en el servicio de diagnóstico por imágenes del hospital N° 1 de la caja Nacional de Salud, realizado por Riveros Gonzáles, Lourdes; Artieda A., Pedro; Navia Bueno, M. del Pilar; Jiménez F., Vivian. ; demostraron que existe correlación negativa entre la cantidad de leucocitos y el tiempo de exposición a la radiación medido en horas semanales, esto quiere decir que a mayor tiempo de exposición, menor cantidad de leucocitos. Este estudio se realizó con un diseño descriptivo de corte transversal en el. Servicio de Diagnóstico por Imágenes del Hospital Obrero N° 1 Caja Nacional de Salud (La Paz-Bolivia), donde el universo de trabajo fueron Médicos especialistas en Radiología, médicos residentes de Radiología y Técnicos radiólogos.(27)

Igualmente en el artículo " Análisis del programa de vigilancia epidemiológica de trabajadores con exposición a radiaciones ionizantes en una IPS de Colombia" realizado por la Dra. Carmen Munar Casas y la Dra. Yaira Rios Mora mediante un estudio descriptivo retrospectivo longitudinal con una población de 28 trabajadores, los cuales laboran en el departamento de radiología de una IPS de Colombia, demostraron que dentro de los exámenes de laboratorio se presentan alteraciones como ser: leucocitos anormales el 2009 de 17.86%, el 2010 el 14.29%. Eritrocitos anormales el 2009 de 21% y el 2010 el 11% y TSH anormal el 2009 de 36% y el 2010 del 11% (36)

En el artículo "Estudio de los daños del ADN de los técnicos expuestos a rayos X" realizada para optar el grado de maestría en salud ocupacional, seguridad e higiene realizada en México el año 2010 por la alumna Santiago labra Helen, demostrando que las radiaciones dañan el ADN esto detectado por las pruebas del Ensayo Cometa y Micronúcleos en personas expuesta laboralmente (41)

De esta manera se puede apreciar que no existen estudios de esta magnitud en el personal ocupacionalmente expuesto a radiaciones ionizantes en la ciudad de Sucre siendo un dato importante para el resguardo de la salud de nuestros trabajadores en salud.

10.5 Marco Teorico

Sangre

La sangre es un tejido fluido que circula por capilares, venas y arterias de todos los vertebrados, su color rojo característico es debido a la presencia del pigmento hemoglobínico contenido en los eritrocitos.(5)

Es un tipo de tejido conjuntivo especializado, con una matriz coloidal y una constitución compleja.

Tiene una fase sólida (elementos formes, que incluye a los glóbulos blancos, los glóbulos rojos y las plaquetas) y una fase líquida, representada por el plasma sanguíneo. Un adulto normal tiene alrededor de 5 litros de este líquido vital, el cual representa de 7 a 8% del peso corporal total. El plasma constituye casi 55% del volumen sanguíneo mientras que el 45% está compuesto de eritrocitos, 1% de leucocitos y trombocitos. Con frecuencia, las variaciones en estos elementos sanguíneos son el primer signo de enfermedad que se presenta en tejidos corporales. (6)

La sangre cumple varias funciones, las más importantes son: respiratoria, transportando O₂ desde los pulmones a los tejidos y el CO₂ desde los tejidos a los pulmones. Nutritiva, al transportar las sustancias nutritivas para su utilización o reserva. Excretora ya que transporta los residuos del metabolismo celular hasta los excretorios donde se elimina. Inmunitaria debido a que contiene leucocitos, anticuerpos y otras sustancias protectoras. Equilibrio acuoso del organismo porque el agua absorbida o producida pasa continuamente de un compartimiento a otro y luego a los órganos de excreción. Regulación térmica ya sea almacenando calor, distribuyendo o, de acuerdo a las circunstancias, eliminando calor. Correlación humoral, llevando hormonas, enzimas, etc. Que van de una a otra parte del cuerpo. Otras funciones que realiza la sangre son: la regulación de la presión osmótica, regulación del equilibrio ácido/ base, regulación del equilibrio iónico y la regulación de la presión arterial. (5)

Hematopoyesis

La hematopoyesis o hemopoyesis (del gr. αἷμα, -αίμα, 'sangre' y ποίησις, 'creación') es el proceso de formación, desarrollo y maduración de los elementos formes de la sangre (eritrocitos, leucocitos y plaquetas) a partir de un precursor celular común e indiferenciado conocido como célula madre hematopoyética pluripotencial, unidad formadora de clones, hemocitoblasto o stem cell.(44)

Desarrollo hematopoyético

La hematopoyesis comprende la formación, el desarrollo y la especialización de todas las células sanguíneas funcionales. Los sitios de la hematopoyesis cambian varias veces desde el embrión hasta el feto, hasta el adulto. En general se reconocen tres fases: mesoblastica, hepática y medular o mieloide. (18)

Fase mesoblástica o megaloblastia: Fase inicial, en el pedúnculo del tronco y saco vitelino. Ambas estructuras tienen pocos mm. de longitud, ocurre en la 2ª semana embrionaria. Los productos hematopoyéticos medibles en este momento son las hemoglobinas Portland, Gower 1 y Gower 2.(18)

Fase hepática: En la 6ª semana de vida embrionaria, el hígado es sembrado por células madres del Saco Vitelino, grupos de eritroblastos, granulocitos y monocitos aparecen en el hígado fetal. Este permanece como el sitio principal de hematopoyesis durante la vida fetal. Al tercer mes de desarrollo embrionario, el hígado alcanza su pico de actividad en la eritropoyesis y la granulopoyesis. Al final del tercer mes estas células primitivas desaparecieron por completo. Al poco tiempo se observa desarrollo megacariocítico, junto con la actividad esplénica de eritropoyesis, granulopoyesis y linfopoyesis(18)

Fase medular: Alrededor del quinto mes de desarrollo fetal, los islotes dispersos de células mesenquimáticas comienzan a diferenciarse en células sanguíneas de todos los tipos. La producción medular comienza con la osificación y el desarrollo de la médula ósea en el centro del hueso. La clavícula es el primer hueso que muestra actividad hematopoyética medular.

A esto le sigue la osificación rápida del resto del esqueleto con el desarrollo ulterior de una médula activa. La actividad de la médula ósea aumenta, lo que genera una médula roja en extremo hiperplásica. Al cabo del sexto mes la médula se convirtió en el sitio primario de hematopoyesis, Entre los productos medibles en este momento incluyen representantes de las diversas etapas de maduración de todas las líneas celulares, eritropoyéticas (EPO), hemoglobina fetal y formas adultas de hemoglobina.(18)

Tejido hematopoyético adulto

- Médula Ósea

En las primeras etapas de la formación ósea queda un espacio en el centro del hueso, por la reabsorción, primero el cartílago y luego del hueso endostócio, El mesénquima invade el espacio y se convierte en una entidad esperada.(18)

El mesénquima se diferencia en tres tipos celulares que dan lugar al tejido reticular, el tejido adiposo y el tejido hematopoyético. Algunas células reticulares en la médula ósea se localizan en la superficie externa de los senos venosos, con ramificaciones estrechas largas que se extienden hacia el espacio perivascular, para proveer así un sostén para el desarrollo de células hematopoyéticas, macrófagos y mastocitos. Durante la niñez temprana la médula se mantiene exclusivamente roja.

Entre los 5 y 7 años aparece la grasa en los huesos largos, en las áreas antes ocupadas por médula roja. La medula amarilla en sí es una mezcla de grasas y mesenquimáticas indiferenciadas y macrófagos, dispersas en la médula roja. Sirve como órgano de depósito (grasa) y reserva de tejido hematopoyético. En casos de pérdida excesiva de sangre o destrucción de médula ósea roja por químicos o irradiación, las células mesenquimáticas, que retuvieron la posibilidad de transformar y revertir a médula roja, forman parte de la hematopoyesis. Como la hematopoyesis se produce afuera de la médula ósea, se denomina extramedular.(18)

- Medula roja

La organización de la médula roja presenta cordones extravasculares compuestos por todas las líneas en desarrollo, células troncales, células de la adventicia y macrófagos. El área está separada de la luz de los sinuosidades por endotelio y células de adventicia. Las líneas celulares que se desarrollan son territoriales en su lugar de desarrollo. Los eritrocitos se ubican en grupos pequeños contra las superficies externas de los senos vasculares, algunos rodean a los macrófagos cargados de hierro de forma característica. Los megacariocitos se encuentran directamente afuera de las paredes vasculares de los sinuosidades. Esta ubicación facilita la liberación de sus plaquetas hacia la luz de los sinuosidades. Las células granulocíticas se sitúan a mayor profundidad en los cordones hasta la maduración del metamielocito, momento en el que se acercan a los senos vasculares.(18)

- Circulación de la medula

Numerosos vasos sanguíneos proveen a las médulas roja y amarilla los nutrientes y los gases necesarios. Cerca de la mitad de la diáfisis de los huesos largos se encuentra la abertura que provee la entrada al canal medular o nutriente, que atraviesa el hueso y se extiende hacia la cavidad medular. La matriz ósea es impermeable a cierta radiación pero permeable a los rayos X, los rayos gamma y los neutrones. Estos tipos de radiación pueden alterar por completo la síntesis de DNA de las células sanguíneas en desarrollo, y producen una médula aplásica. Los químicos o fármacos que provocan actividad supresora y se administran por vía intravenosa ingresan en la cavidad medular mediante esta ruta, y también producen hipoplasia de la médula roja.(18)

- **Bazo**

El bazo es el órgano linfoide más grande del organismo. La estructura esplénica se relaciona en gran medida con su modo de funcionamiento. El bazo está cubierto en el exterior por el peritoneo y en el interior por una cápsula de tejido conectivo que envía extensiones hacia el interior y dividen el bazo. Los espacios entre las trabéculas contienen tres tipos de tejido esplénico(18)

- La pulpa blanca, que comprende folículos diseminados con centros germinales, tejido conectivo reticular laxo lleno de linfocitos y macrófagos libres.
- La zona marginal, que separa la pulpa roja de la blanca y es una red reticular con intersticios estrechos, vasos sanguíneos y pocas células.
- La pulpa roja, compuesta en primer término por sinuosidades y senos vasculares separados por cordones de tejido, que contienen macrófagos sensibles

El bazo también sirve como sitio de depósito de plaquetas. (18)

- **Ganglios linfáticos**

Los ganglios linfáticos están compuestos por una cápsula externa que forma trabéculas y actúa como sostén para los macrófagos y la población predominante de linfocitos. Las trabéculas dividen el interior en áreas específicas. Entre las trabéculas se encuentran los nódulos corticales. Dentro de ellos hay folículos la mayoría abocados a la producción de linfocitos B, denominados centro germinal. Estos nódulos se organizan en círculos en la capa externa del ganglio linfático. La paracorteza contiene la mayoría de los linfocitos T. Los cordones medulares yacen hacia el interior del ganglio linfático y rodean los vasos linfáticos eferentes, Están compuestos por cordones de plasmocitos y linfocitos B.(18)

- **Timo**

Se asemeja a otro tejido linfoideo, consta de lóbulos que se subdividen en dos áreas: la corteza y la médula. Ambas están pobladas con los mismos componentes celulares- linfocitos, células mesenquimáticas, células reticulares y muchos macrófagos aunque en diferentes proporciones. La corteza se caracteriza por un sistema de irrigación que es único en cuanto a que solo se presenta capilares. Su función corresponde a la de una zona de espera, poblada por linfocitos originados en la médula ósea. Estas células no tienen marcadores de superficie identificables. Las que reciben antígenos de superficie se movilizan hacia la médula y por último la abandonan para poblar regiones específicas de otro tejido linfoide. Las células no marcadas mueren en la corteza y las fagocitan los macrófagos antes de su liberación. La médula solo contiene un 5% de linfocitos T maduros y actuaría como una zona de retención para el acondicionamiento de células hasta que las requieren los tejidos linfoideos periféricos.(18)

Proceso madurativo de la hematopoyesis

Las células sanguíneas maduras provienen de dos tipos de células troncales: indiferenciada y progenitora. Las células troncales indiferenciadas o pluripotenciales (PSC, también denominadas totipotenciales) son capaces de autorrenovarse y diferenciarse a progenitores encargados del linaje linfoide o mielode. Siguiendo la nomenclatura sugerida por Till y McCulloch, estas células progenitoras se denominan CFU-L para la línea linfoide y CFU-GEMM para las que se diferenciarán en granulocitos, eritrocitos, monocitos y megacariocitos (18)

Las células precursoras pueden identificarse morfológicamente como pertenecientes a alguna de las líneas celulares propias de la maduración hematopoyética normal mieloide y linfoide. El proceso madurativo de los precursores hematopoyéticos, aunque sigue una línea celular propia para cada estirpe, presenta algunos aspectos comunes, entre los cuales cabe mencionar los siguientes:(23)

- Entre el precursor comprometido y la célula de sangre periférica existen etapas celulares intermedias de diferenciación (maduración y mitosis)
- Cada estadio madurativo consta de dos mitosis, aunque teóricamente el número de células crece en progresión geométrica conforme avanza la maduración.
- El proceso de diferenciación de un precursor comprometido a célula madura comporta en general las siguientes transformaciones:
 - Disminución del tamaño celular.
 - Condensación de la cromatina nuclear.
 - Disminución o desaparición de la basofilia citoplasmática
 - Aparición de granulación específica (en determinadas líneas celulares).(23)

Línea de diferenciación mieloide

Comprende tres series celulares de maduración cada una de las cuales termina en la formación de eritrocitos (serie eritropoyética), granulocitos y monocitos (serie granulomonocítica) y plaquetas (serie megacariocítica)(23)

Serie eritropoyética

La línea eritropoyética conduce a la formación del eritrocito y se caracteriza fundamentalmente por la síntesis de hemoglobina, principalmente pigmento respiratorio del organismo. Este proceso, que depende fundamentalmente de la eritropoyetina, se acompaña de las transformaciones siguientes:(23)

- Aumento progresivo de la acidofilia celular (aumento de la hemoglobina y disminución del ARN).
- Pérdida del núcleo.
- Desaparición de todas las organelas citoplasmáticas.(23)

La diferenciación de la serie eritropoyética se inicia con el progenitor BFU-E (unidad formadora de colonias eritroides precoces) que, a su vez, se transforma en CFU-E (unidad formadora de colonia eritroides tardía). Este proceso requiere la presencia de GM-CSF (factor estimulante de colonias granulomonocíticas) e interleucinas 3 (IL-3). El primer precursor reconocible morfológicamente como de serie eritropoyética es el proeritroblasto que se caracteriza por su gran tamaño (20-25 μm), la intensa basofilia citoplasmática y la presencia de un núcleo grande con cromatina laxa, en el que suelen apreciarse dos o más nucleólos.

En este proceso de maduración, cada proeritroblasto da lugar a la formación de dos eritroblastos basófilos que se caracterizan por un menor tamaño (16-18 μm) y una mayor madurez citoplasmática, aunque conservan una intensa basofilia. A su vez, cada eritroblasto basófilo genera, por división mitótica, dos nuevos eritroblastos de idénticas características morfológicas (eritroblastos basófilos tipos I y II, respectivamente) los cuales, después de una nueva mitosis, se transforman en un eritroblasto policromatófilo (8-12 μm) caracterizado por su citoplasma gris rosado debido a la hemoglobina que inicia su síntesis en esta etapa madurativa de la eritropoyesis.(23)

Esta célula ya no sufre ninguna otra división y se transforma finalmente en un eritroblasto ortocromático (7-10 μm) caracterizado por un mayor contenido citoplasmático en hemoglobina (color rosa-azulado) y un núcleo picnótico. Entre el 20 y el 45% de los eritroblastos ortocromáticos, presentan hierro en su citoplasma y se denominan sideroblastos. El hierro de los sideroblastos se halla bajo la forma de hemosiderina, compuesto no hemínico derivado de la ferrina, El hierro es transportado a los eritroblastos directamente por la transferrina del plasma, pero puede ser transferido directamente desde los macrófagos a través del llamado "islote eritroblástico". El número de sideroblastos puede variar en diferentes situaciones patológicas, por lo que tiene valor diagnóstico en hematología.(23)

La maduración final del eritroblasto ortocromático consiste en la pérdida del núcleo (probablemente a través de un mecanismo de extrusión) y su transformación final en reticulocito, célula que caracteriza por poseer todavía una intensa capacidad de síntesis hemoglobínica. El reticulocito tiene un tamaño algo superior al del eritrocito (8-10 μm), y posee cierta cantidad de ARN en su citoplasma.(23)

El regulador hormonal más importante de la eritropoyesis es la eritropoyetina, hormona glucoprotéica (peso molecular: 34.4 kDa). La eritropoyetina, actúa sobre un receptor específico (R-Epo) presente en la superficie de las CFU-E y proeritroblastos manteniendo la viabilidad de la línea celular, ya que cuando su concentración disminuye por debajo de cierto límite, estas células sufren un proceso de apoptosis o muerte programada. (23)

Hemoglobina

Es el pigmento rojo que da el color a la sangre (puede tenerse una idea de la complejidad de la hemoglobina por su fórmula: $\text{C}_{3032}\text{H}_{48160870}\text{S}_9\text{Fe}$), cuya misión exclusiva es transportar casi todo el oxígeno y la mayor parte del dióxido de carbono. La hemoglobina tienen la notable propiedad de formar una unión química poco estrecha con el oxígeno; los átomos de oxígeno están unidos a los átomos de hierro en la molécula de la hemoglobina(5)

La hemoglobina es una proteína conjugada encargada del transporte del oxígeno. Su síntesis se inicia en los eritroblastos y prosigue levemente incluso durante la etapa de reticulocitos. La porción hem de la hemoglobina se sintetiza en las mitocondrias a partir del ácido acético y la glicina. El ácido acético se transforma durante el ciclo de Krebs en succinil-CoA, y a continuación dos moléculas de succinil-coA se combinan con dos moléculas de glicina para formar un compuesto pirrol. A su vez se combinan 4 compuestos pirrol para formar uno de protoporfirina. La protoporfirina IX, se combina con el hierro para formar la molécula de hem. Por último, se combinan 4 moléculas de hem con una cadena polipeptídica muy larga sintetizada por las ribosomas (globina)) para formar una cadena de hemoglobina y, a su vez, cuatro cadenas de hemoglobina se unen para formar la molécula de hemoglobina completa. (5)

Serie Granulomonopoyética

La maduración de la serie granulopoyética termina en la formación de los granulocitos (neutrófilos, eosinófilos, basófilos), mastocitos y monocitos. Esta serie posee una célula progenitora común llamada unidad formadora de colonias granulomonocíticas (CFU-GM) que se diferencia en cuatro líneas de maduración diferentes, que darán lugar a los granulocitos neutrófilos, eosinófilos, basófilos, mastocitos, y monocitos. De la CFU-GM derivan las unidades formadoras de colonias granulocíticas (CFU-G) y de colonias monocíticas (CFU-M). A partir de las CFU-G y en series celulares independientes maduran los granulocitos neutrófilos, los eosinófilos y los basófilos.(23)

1. **Serie Granulocítica.** La primera célula de la serie granulopoyética identificable morfológicamente es el mieloblasto, que posee un tamaño comprendido entre 15 y 20 μm con un núcleo de cromatina laxa (inmadura) que contiene entre 2 y 3 nucleólos y un citoplasma basófilo y sin granulación o con muy escasa granulación azurófila (primaria). La concentración de mieloblastos en la médula ósea es de aproximadamente el 1% y normalmente nunca circulan por la sangre. El mieloblasto madura a promielocito de tamaño algo superior (16-25 μm), citoplasma menos basófilo y con abundante granulación azurófila. Esta célula tiene 14-20 μm de diámetro y el núcleo presenta una cromatina algo más densa y menos nucleólos. Su concentración en la médula ósea es algo superior al 5% y en condiciones normales nunca se halla en la circulación. Cuando aparece la granulación específica (neutrofilia, eosinofilia o basofilia) y desaparecen los nucleólos, el promielocito se transforma en mielocito, de tamaño algo menor (12-18 μm) y caracterizado por la intensidad de la granulación citoplasmática. Los mielocitos más abundantes son los neutrófilos, que importan entre el 10 y el 20% del total de la celularidad medular. Conforme progresa la maduración del mielocito va disminuyendo la granulación primaria y el tamaño celular hasta que se transforma en un metamielocito, cuya característica diferencial es la forma peculiar del núcleo, así pues, esta deja de ser redonda para hacerse arriñonada y la cromatina aumenta la densidad. El diámetro del metamielocito (10-15 μm) es algo inferior al del mielocito y su citoplasma presenta abundante granulación específica. Su concentración en la médula ósea es similar al del mielocito (15-20% del total de la celularidad) y en condiciones normales nunca circula por la sangre. Al continuar el proceso madurativo, el tamaño de la célula disminuye de manera significativa y la escotadura se hace cada vez más pronunciada hasta adquirir la forma de un callado momento que a la célula se le conoce como neutrófilo en cayado o banda. Los neutrófilos no segmentados presentes en la médula ósea representan cerca del 30% del total de la celularidad y en su mayoría alcanzan la etapa final del proceso madurativo, que consiste en la segmentación del núcleo en varios lóbulos unidos mediante puentes cromatínicos, momento en que la célula se denomina neutrófilo segmentado o polomorfonuclear. Aunque todos los neutrófilos segmentados pasan en la médula ósea por la base de cayado o banda el pequeño porcentaje (1.6%) de estas células que alcanzan la sangre periférica ya no maduran a segmentados si no que permanecen como tales hasta su maduración por el sistema mononuclear fagocítico (SMF). (23)

La maduración de la serie granulomonocítica viene regulado por diversas citocinas, entre las que destaca el factor estimulante de colonias granulocíticas (G-CSF), el GM-CSF y la IL-3 a cada etapa de la granulopoyesis le corresponde una mitosis; normalmente existe 4 mitosis entre el mieloblasto y el metamielocito, el cual no sufre ya ninguna división ulterior. La duración total de maduración granulocítica varía entre 4 y 7 días.(23)

2. **Serie Monocítica** La maduración de la serie monocítica sigue un proceso similar al de la serie granulocítica. En la fase de progenitores existe dos células comprometidas: una común a la serie granulocítica (CFU-GM) y otra específica para la serie monocítica (CFU-M) de la cual deriva el monoblasto primer precursor identificable morfológicamente como de su estirpe monocítica. El monoblasto es una célula de características morfológicas superponibles al mieloblasto, por lo que en condiciones normales resulta difícil distinguirlas con solo la información morfológica. Desde el punto de vista citoquímico al contrario de lo que sucede con el mieloblasto, poseen una escasa actividad de MPO pero una intensa actividad esterásica inespecífica: naftol-ASD-acetatoesterasa, α -naftilacetatoesterasa ácida. La siguiente etapa madurativa es promonocito, de aspecto morfológico superponible al promielocito inmaduro, pero sin granulación específica. (23)

La granulación de promielocito viene regulada por estimulantes de colonias, en especial, el M-CSF, GM-CSF y la IL-3. Los dos últimos actúan sobre las CMP y los progenitores, mientras que el M-CSF actúa sobre progenitores más diferenciados de la línea monocítica. Los factores G-CSF, GM-CSF y M-CSF son también potentes activadores de la función fagocítica de los monocitos maduros, pero también de los neutrófilos y el GM-CSF contribuyen a la proliferación, movilización y diferenciación de las células dendríticas. (23)

Serie Megacariocítica

La megacariopoyesis es el proceso formador de plaquetas. El primer precursor de esta línea celular reconocible morfológicamente es el megacarioblasto. Tiene un tamaño mediano (25-30 μ m) un citoplasma intensamente azul y presenta unas prolongaciones a modo de pseudópodos que facilitan su identificación al examen morfológico de la médula ósea. El megacarioblasto se transforma en promegacariocito, que es una célula de tamaño algo superior (30-55 μ m) y muy fácil de identificar por el aspecto multilobulado del núcleo y el citoplasma, basófilo con abundantes granulaciones y deflecado. Por endomitosis (división del núcleo pero no del citoplasma), el promegacariocito se transforma en megacariocito célula del gran tamaño (80-100 μ m) y elevada poliploidia nuclear: posee un gran citoplasma de color grisáceo y repletos de gránulos azurófilos, gran número de los cuales (especialmente en la periferia de las células) se agrupan y rodean lo que se denomina "membrana de demarcación" que delimitara las futuras plaquetas la fragmentación definitiva el citoplasma del megacariocito da lugar a las plaquetas que, solas o formando cúmulos, penetrará finalmente en la sangre después de atravesar la pared de los capilares. (23)

El principal regulador de la trombopoyesis es la trombopoyetina, hormona que estimula la regeneración y la diferenciación de los megacariocitos y su fragmentación en plaquetas. Junto a la trombopoyetina en la megacariopoyesis también intervienen otros factores, como la IL-3, el CSF, la IL-11 y la eritropoyetina que posee una gran analogía estructural con la trombopoyetina (23)

Línea de diferenciación linfoide

La línea de diferenciación linfoide consta de tres series células de maduración diferenciadas: serie linfoide B, serie linfoide T (linfocitos cooperadores [TH] y citotóxicos [Tc]) y células natural killer (NK)(18)

Es probable que como resultado de un estímulo hormonal específico, la maduración inicial de la PSC produzca una célula troncal para la célula linfoide (CFU-L) que madura en distintos sitios. El timo y la médula ósea producen linfocitos, estimulan la diferenciación y son independientes de la estimulación antigénica ciertas linfocinas y proteínas externas como las proteínas G regularían la diversidad existente en la diferenciación de los linfocitos T y B.

Estos sitios determinan en gran medida la funcionalidad de la célula. Las células que se desarrollan bajo la influencia del timo se denominan linfocitos T y tienen un conjunto de receptores y respuestas específicas y únicas. Los linfocitos B provienen de la médula ósea y poseen un conjunto de funciones y capacidades diferentes. La célula terminal de la maduración del linfocito B es el plasmocito.

Unas ves que actuaron los estímulos ambientales los linfocitos migran a los tejidos linfáticos como el bazo y las amígdalas, que actúan como los repositorios principales de los linfocitos diferenciados. Las interacciones celulares para la presentación del antígeno a las células tienen un papel fundamental en el cebado de células para proliferación y efecto en la maduración celular, en especial los linfocitos T. estas células son ahora sensibles a antígenos específicos. Más allá de los factores ambientales las células pueden, cuando se observan por métodos de tinción tradicional tipo Romanowsky, dividirse en tres estadios morfológicos macroscópicos: linfoblasto, prolinfocito y linfocito maduro. La diferenciación posterior en subpoblaciones revela que alrededor del 20 al 35 % de todos los linfocitos circulantes son B (18)

Maduración del Linfocito

Linfoblasto a prolinfocito

El linfoblasto es una célula de tamaño pequeño a mediano (10 a 18 μm) con un núcleo de redondo a ovalado que contiene cromatina laxa y uno o más nucleólos activos. El citoplasma es escaso y presenta basofilia en grado proporcional a la cantidad de RNA presente. El estadio siguiente puede ser difícil de distinguir de la etapa de blasto, ya que el prolinfocito difiere del blasto por cambios sutiles, como una cromatina levemente nucleolar y un cambio en el grosor de la membrana nuclear.(18)

Prolinfocito a linfocito

La morfología de los linfocitos, cuando se tiñen con tinción de Wright, varía sobre todo en el tamaño.

La forma más común es el linfocito pequeño, de alrededor de 9 μm de diámetro con citoplasma escaso y unos pocos gránulos azurófilos. El núcleo es redondo a oval, y su patrón de cromatina es un bloque. (18)

El linfocito de tamaño mediano tiene un diámetro de alrededor de 11 a 14 μm . Su citoplasma en general contiene gránulos azurófilos que se distinguen con mayor claridad, quizá como resultado de una cantidad mayor de citoplasma. Aunque estas células son más grandes que los linfocitos pequeños, la relación entre núcleo y citoplasma es en esencia similar.(18)

El linfocito grande es el más raro en sangre periférica. Tiene un diámetro de unos 15 μm o más, y su citoplasma más generoso suele adquirir un color azul más oscuro cuando se tiñe. El DNA dispuestos habitualmente en bloque es un poco más laxo. Puede considerarse que la célula está en transformación dada la presencia de proliferación celular activa. De acuerdo con el examen por técnicas inmunológicas, esta célula, si contienen la granulación adecuada, puede ser parte de una subpoblación de células dependientes del timo denominadas natural killer (NK) (18)

Características morfológicas de las células sanguíneas

Eritrocitos

El eritrocito circulante maduro es un disco bicóncavo que mide 7 a 8 μ de diámetro, con un grosor de 1.5 a 2.5 μ . La relación entre la superficie y el volumen permite el intercambio gaseoso. (6). La función principal de la célula que es el aporte de oxígeno a todo el organismo, requiere una membrana cuyos componentes interactúen para conferir a la célula las capacidades de permeabilidad selectiva y deformabilidad.

Se estima que en los 120 días de vida del eritrocito recorrió más de 480 kilómetros siempre sujeto a cambios en el pH, la concentración de la glucosa, la presión osmótica, la superficie, los gases y así sucesivamente. El interior del eritrocito contiene un 90% hemoglobina y un 10% de agua.(23)

Los eritrocitos se caracterizan por la uniformidad de tamaño, forma e intensidad de color. Así, cuando la extensión sanguínea a sido bien realizada, los eritrocitos destacan como corpúsculos redondeados, con una coloración más intensa en la periferia que en la región central, donde se aprecia una zona clara. Esta forma tan peculiar del eritrocito que puede apreciarse cuando se observa mediante microscopia electrónica de barrido (23)

Plaquetas

Las plaquetas son corpúsculos discoides de pequeño tamaño (2-5 μ), con un volumen de 7 a 8 fl., carecen de núcleo y su citoplasma de color rosa pálido contiene cuatro tipos de granulación distintos (23)

- Gránulos alfa (contienen moléculas de adhesión, factores de coagulación y factores de crecimiento).
- Gránulos densos (contienen serotonina)
- Lisozomas (contienen enzimas líticas)
- Microperoxisomas (contienen catalasa)(23)

Mediante la coloración panóptica resulta difícil distinguir estas granulaciones, aunque pueden reconocerse cuando se hallan en cantidad normal, Desde el punto de vista funcional son muy importante los gránulos alfa, ya que tienen el factor plaquetario 4 (FP4) fundamental; al igual que otras estructuras de la plaqueta (membrana plaquetaria), en el proceso de la coagulación sanguínea. Las plaquetas intervienen en la reparación de lesiones vasculares y facilitan la formación de trombos para evitar la hemorragia. Así mismo poseen un citoesqueleto muy bien desarrollado con un banda marginal de microtúbulos que despolimerizan cuando se inicia el proceso de agregación plaquetaria (23)

Leucocitos

Los leucocitos, conocidos también como glóbulos blancos, constituyen un conjunto de células con función diversa aunque relacionada con la defensa del organismo frente a diversas sustancias extrañas o agentes patógenos (fagocitosis e inmunidad). Estas células tienen en común la característica de poseer núcleo y organelas citoplasmáticas, lo que permiten su fácil diferenciación morfológica con los eritrocitos y las plaquetas(23)

Desde el punto de vista morfológico los leucocitos se han clasificado en grandes sub grupos. Polimorfonucleares y mononucleares. (23)

Leucocitos polimorfonucleares

Los polimorfonucleares o granulocitos se clasifican en tres grandes grupos: granulocitos neutrófilos, granulocitos eosinófilos, granulocitos basófilos. (23)

Neutrófilos.- Tienen un tamaño de 10 a 12 micras de diámetro, su forma es redonda bien delimitada, presenta un citoplasma abundante de color rosado o amarillo claro. Sus granulaciones neutrófilas marrón claras y muy finas, su núcleo está dividido en varios segmentos (2 a 5) unidos por filamentos de cromatina y presencia de gránulos grandes de color violeta (6).

Debido a su capacidad quimiotáctica y fagocítica, su principal función es la defensa del organismo frente a microorganismos extraños (bacterias) y reacciones inflamatorias agudas, contribuyendo a eliminar tejidos lesionados o destruidos. Esto obedece a su elevada actividad oxidante y a la presencia de ciertas enzimas de sus gránulos como, por ejemplo, la peroxidasa con marcada acción de bactericida. En condiciones basales, la médula ósea libera mayoritariamente neutrófilos segmentados y muy pocos neutrófilos segmentados o bandas. La vida media de los neutrófilos segmentados es de unas 9 horas y un 50 % de ellos se encuentra en la sangre (compartimiento circulante). En casos de estimulación granulopoyética, aumenta la liberación de neutrófilos no segmentados lo cual se conoce como desviación a la izquierda.(23).

Eosinófilos o acidófilos.- Tiene un tamaño de 10 a 15 micras de diámetro, con un citoplasma voluminoso de granulaciones gruesas refringentes redondas, de color anaranjado, constituyendo todo el citoplasma (6). Su núcleo constituido generalmente por dos segmentos o lóbulos piriformes unidos por un tenue filamento de cromatina, raras veces 3 a 4 segmentos y en casos excepcionales se pueden observar núcleos en forma de morcilla ubicado en uno de los polos de la célula.(23)

La función del eosinófilos se relaciona con la defensa frente a procesos parasitarios y alérgicos (hipersensibilidad inmediata) debida a su capacidad para inactivar las sustancias de reacción lenta de la anafilaxia, neutralizar la histamina e inhibir la degranulación de los mastocitos. Poseen también actividad fagocítica que se desarrolla en un elevado número de enfermedades autoinmunes y conectivopatías, así como también ciertas hemopatías del sistema linfoide.(23)

Basófilos.- Tienen un tamaño de 10 a 12 de diámetro, de forma casi redonda, con el citoplasma débilmente acidófilo, aparece ligeramente rosado o incoloro y presenta gran cantidad de gránulos irregulares gruesos basófilos, que se tiñen fuertemente de color violeta oscuro y se disponen de forma laxa, su núcleo subyacente a los gránulos, por tanto difícil de observar sin embargo se aprecia que esta lobulado en tres o cuatro partes a manera de trébol. (6)

Leucocitos mononucleares

Los leucocitos mononucleares se clasifican en dos grandes grupos: linfocitos y monocitos.(23)

Linfocitos.-Son la segunda población leucocitaria circulante más frecuente ya que constituyen entre el 20 y 40% del total, el 75% de estos son linfocitos T y un 15-20% son linfocitos B; el resto (5-10%) son células linfoides nulas (no B-no T) la mayoría de las cuales corresponde NK. Cuando no están activados los linfocitos son células de pequeño tamaño 6 a 9 micras, citoplasma escaso y basófilo, sin granulación o con pocos gránulos azurófilos y con un núcleo redondo de contorno regular y cromatina densa (predominio de heterocromatina), sin nucléolos. El tamaño del citoplasma aumenta con la activación de manera que un linfocito activado puede alcanzar entre 6 a 12 micras (linfocito grande), su citoplasma se colorea acentuadamente con los colores básicos, tomando un color que varía entre el azul celeste y el azul oscuro, , algunos presentan granulaciones azurófilas, poco brillantes muy escasas coloreadas de rojo o púrpura, se observa a menudo una zona perinuclear con un núcleo generalmente redondo, a veces adquiere forma oval y presenta ligeras inflexiones e incisuras intensamente basófilos, se colorea de rojo violeta oscuro, de estructura cromatínica muy densa y de aspecto similar al tablero de ajedrez o forma de blocks. En la sangre de un individuo normal circulan entre el 3 y el 5% de linfocitos grandes, generalmente linfocitos B en recirculación hacia los tejidos linfoides y células NK. Los espacios libres de heterocromatina están ocupados por cromatina laxa (eocromatina). (23)

Monocitos.- Con un tamaño de 12 a 15 micras de diámetro, constituyen la célula más grande de la sangre periférica de forma ameboidea. Con una membrana citoplasmática frecuentemente irregular a manera de flecos, su citoplasma muestra un azul de tono grisáceo o rosáceo y en cantidad abundante, que contrasta con la de los linfocitos que es tosca y escasa. Normalmente se notan con cierta frecuencia algunas vacuolas. Su núcleo presenta una estructura cromatínica reticular especial de aspecto laxo y delicado. Es de tamaño grande redondo oval o reniforme, con flexiones o lobulaciones. El núcleo muy raras veces está doblado en forma de herradura o segmento groseramente.

Además de su función fagocítica los monocitos circulares tienen un importante papel en la presentación de antígenos a los linfocitos T, por lo que intervienen de forma muy activa en la respuesta inmunitaria.(23)

Métodos de recuentos de las células sanguíneas

El recuento celular sanguíneo es la medida de la concentración de las células que circulan por la sangre eritrocitos, leucocitos, plaquetas, y junto a la concentración de la hemoglobina, el valor hematocrito y los índices eritrocitarios (volumen corpuscular medio [VCM], hemoglobina corpuscular media [HCM], Y concentración corpuscular media de hemoglobina [CCMH]), constituyen el llamado perfil hematológico básico o hemograma.(23)

El termino hemograma, fue introducido por V. Schilling en 1931 como forma de expresar el estado global de la sangre a partir de un conjunto de criterio clínico biológico. Actualmente, gracias a la automatización, constituyen una de las pruebas de laboratorio más solicitadas ya que no solo forman del estudio inicial de cualquier paciente, si no que muchas veces resulta del todo imprescindible para el diagnostico de las hemopatías o el seguimiento evolutivo de las enfermedades en general.(23)

Recuento manual de las células sanguíneas

Los recuentos celulares manuales se realizan mediante un hemocitómetro; otros métodos manuales, como por ejemplo el recuento de plaquetas o leucocitos mediante extensión de sangre teñida, se han empleado y continúan empleándose en algunos casos para realizar comprobaciones de recuentos automatizados.(6)

El principio del recuento celular es en esencia similar para leucocitos, eritrocitos, plaquetas; solo varían la dilución, el líquido diluyente y el área contada. De hecho cualquier partícula puede contarse con ese sistema.(23)

La determinación de la cantidad total de eritrocitos nos ayuda a conocer el estado de salud y si se soporta una anemia, enfermedades de tipo general o frecuente e incluso yendo más lejos nos puede indicar la presencia de ciertos carcinomas. Asimismo, como ya es sabido, los hematíes son los responsables del transporte de la hemoglobina, la proteína encargada de llevar el oxígeno a los tejidos, por lo tanto y por relación directa, la mengua de estos valores señalaría aspectos físicos como el cansancio o la fatiga (23)

Hemocitómetro: Es un instrumento de vidrio, que mide 3 mm por lado, compuesto por dos cámaras de recuento, separadas por un surco horizontal y limitadas a cada lado por un canal vertical. Siendo más utilizado el modelo de Neubauer modificado que consta de una doble línea que rodea a cada grupo de 16 cuadrados pequeños, produciendo el fenómeno óptico de una sola línea. La distancia entre la cara inferior del cubrecámara y la superficie de la cámara es de 0,1 mm., las dos cámaras tienen por separado un volumen de 0.9 mm³(6)

Los cuadrados de las esquinas están destinados al recuento de leucocitos y se dividen en 16 cuadrados más pequeños.

El cuadrado grande central destinado al recuento de glóbulos rojos, está subdividido en 25 cuadrados centrales más pequeño separados entre sí por los cuatro lados por una doble línea, cada uno de estos cuadrados centrales se dividen a su vez en 16 cuadraditos más pequeños, según normas estandarizadas la profundidad de la cámara no debe variar más del +/- 2% (+/- 0.002 mm), la longitud de cada cuadrado por lado no debe exceder +/- 0.01 mm y los cubrecámaras serán ópticamente planos por ambos lados.. (6)

Método automatizado para el recuento de células sanguíneas

Wallace H. Coulter inventó el año 1956 el primer contador automático de células sanguíneas. Coulter describió su método y dice que " El instrumento emplea un sistema de medición no óptico que provee un rango de medición que excede las 6.000 células individuales por segundo con un intervalo de conteo de 15 segundos. El sistema cuenta las células individuales y provee distribución de tamaño. El número de células contadas por muestra es aproximadamente 100 veces mayor que los recuentos microscópicos, reduciendo el error estadístico aproximadamente 10 veces. (23)

El método tiene algunas limitaciones las cuales están relacionadas con los tipos de las partículas a medir. Los sistemas COULTER poseen 2 tamaños, uno de eritrocitos y otro de leucocitos. En el baño de eritrocitos el sistema identifica como aquellas partículas que poseen un volumen igual o mayor que 36 fL (fentolitro), en el mismo baño se realiza el recuento de plaquetas las cuales tienen un volumen entre 2 y 20 fL(23)

En el baño de leucocitos posterior a la dilución con diluyentes isotónicos, se aplica agente lisante, el cual destruye la membrana citoplasmática de eritrocitos y leucocitos, permaneciendo los núcleos intactos. Es así que las partículas que midan 35fL o más son contadas como leucocitos. Hay que hacer notar que los núcleos de eritroblastos si existiesen también son contados, por lo que si el instrumento señala sospecha de su presencia se deben buscar en el frotis. Posterior al recuento de leucocitos y utilizando la reacción química del lisante con la hemoglobina libre en la mezcla, se mide un complejo químico estable a 525 nm. (23)

Consecuentemente los parámetros medidos son: Eritrocitos (RBC), Leucocitos (WBC). Plaquetas (PLT) y Hemoglobina (Hb). Los parámetros derivados de las mediciones de volumen: Volumen plaquetario medio (VCM). Ancho de distribución eritrocitaria (ADE), y Volumen plaquetario medio (VPM). Los parámetros calculados son: Hematocrito (Hct), Hemoglobina corpuscular media (HCM) y Concentración corpuscular media (CHCM). Además de realizar histogramas de leucocitos, eritrocitos y plaquetas mediante una estadística de los volúmenes celulares de las tres poblaciones.(23)

Determinación del Hematocrito

El hematocrito es el nombre que se le da a la fracción de volumen eritrocitario, y corresponde con el volumen ocupado por los eritrocitos en relación al volumen total de la sangre. Al tratarse de una relación entre dos magnitudes volumétricas, su unidad equivale a 1 (1/1). El hematocrito está directamente relacionado con la concentración de la hemoglobina, por lo que su medida constituye el procedimiento más simple para el diagnóstico de la anemia. Así un descenso de hematocrito es indicativo de anemia, mientras que su aumento lo es de poliglobulia. No obstante debe tenerse siempre en cuenta que el valor diagnóstico del hematocrito depende en gran medida de que el volumen plasmático sea normal.

Así, un descenso del volumen del plasma (hemoconcentración) se traducirá en un aumento relativo del hematocrito (y también las concentraciones de hemoglobina) y, por tanto, en una falsa poliglobulia. Por el contrario, un aumento del volumen plasmático (hemodilución) producirá un descenso del hematocrito (y también de la concentración de hemoglobina) y, con ella, una falsa anemia. Otro factor que tener en cuenta es que el hematocrito medido a partir de sangre venosa es siempre algo inferior a lo que se obtiene cuando se emplea sangre capilar. Las punciones digitales suministrarán valores ligeramente más elevados que las punciones venosas. El hematocrito, la concentración de hemoglobina y el recuento de eritrocitos se relacionan entre sí mediante los llamados índices eritrocitarios, de gran utilidad para la orientación diagnóstica de la anemia(23)

El método de referencia para determinar el hematocrito es la centrifugación de sangre total en un tubo capilar (micrométodo). Aunque también puede emplearse un tubo de wintrobe (macrométodo), este procedimiento no es tan recomendable debido a su inexactitud e imprecisión. (23)

Determinación de Hemoglobina

La determinación de la hemoglobina es un paso fundamental en el diagnóstico de las anemias. Por ello se exige que el método utilizado sea preciso y fiable. Existen varios métodos para su determinación, aunque todos ellos se basan en las propiedades físicas. La concentración de hemoglobina aporta datos complementarios en cuanto a posibles alteraciones en el número de eritrocitos.(23)

En 1967, el International Committee for Standardization in Haematology (ISCH) recomendó emplear el método colorimétrico de la cianmetahemoglobina (HiCN) basado en el cálculo de la absorbancia (A) lumínica de una solución de hemoglobina previa transformación en alguno de sus derivados coloreados, se caracteriza por su elevada fiabilidad debida en gran parte a que el patrón primario de HiCN es una solución muy estable. (23)

Determinación de los Índices Eritrocitarios

En el año 1930 Maxwell Myre Wintrobe describió los llamados índices eritrocitarios en un intento de relacionar la concentración de hemoglobina en sangre y el hematocrito con el número y tamaño de los eritrocitos. Estos índices permiten conocer el valor medio del volumen y del contenido en hemoglobina, de la población eritrocitaria analizada y fueron determinados mediante cálculo matemático a partir de magnitudes eritrocitarias: volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM) y concentración corpuscular media de hemoglobina CCMH (18)

El VCM es el valor medio del tamaño eritrocitario; la HCM, el valor medio del contenido en hemoglobina de cada eritrocito, y la CCMH, la concentración de hemoglobina presente en un litro de eritrocitos. El valor de esta última magnitud que se expresa en gramos por litro, es de aproximadamente el doble del de la concentración de hemoglobina en sangre. La práctica clínica ha demostrado que los índices eritrocitarios, en especial el VCM, son prácticamente imprescindibles para la orientación diagnóstica de la anemia. (Vives, 2006) Otro índice eritrocitario es el índice de distribución de los hematíes (IDH) o también se denomina anchura de la distribución eritrocitaria o ADE (en inglés, RDW), es la expresión matemática de la varianza dentro de la distribución de volumen de la población eritrocitaria en porcentaje. Indica la variación del tamaño de los eritrocitos dentro de la población medida (anisocitosis).

Se determina al dividir la desviación estándar del VCM por el VCM y multiplicar por 100 para convertirlo a un valor de porcentaje. Por lo tanto, el RDW es una medida cuantitativa de la variación del tamaño de los eritrocitos circulantes. (18)

Recuento de reticulocitos

Los reticulocitos son eritrocito inmaduros o jóvenes que contienen resto de ARN ribosomas principalmente, que en contacto directo (sin fijación previa) con ciertos colorados mal llamados vitales, precipita bajo formas de filamentos o gránulos, visibles mediante el microscopio óptico. El recuento de reticulocitos es la prueba más simple actualmente disponible para valorar la actividad eritropoyética de la médula ósea. Así, cuando una anemia está acompañada de un elevado número de reticulocitos circulantes (reticulocitosis), se considera regenerativa, mientras cuando este se halla disminuido, es arregenerativo. Por eso, y desde siempre, el recuento de reticulocitos constituye un complemento imprescindible en el estudio inicial de toda anemia. De igual modo, también resulta útil en situaciones de agresión medular por citostáticos, radioterapia o trasplante de médula ósea ya que se utiliza para evaluar la capacidad de respuesta medular. (18)

Índice de producción de reticulocitos

Los reticulocitos que se liberan en forma prematura de la médula se denominan desplazados. Estos se "desplazan" de la médula ósea hasta la sangre periférica para compensar la anemia. En lugar de perder su retículo en un día como los reticulocitos normales, estas células necesitan hasta 2.5 días.

Cuando se evalúa la eritropoyesis, debe hacerse una corrección para la presencia de reticulocitos desplazados, porque la cantidad de reticulocitos en sangre periférica puede aumentar sin que haya un incremento de la eritropoyesis en la médula ósea.

El hematocrito del paciente se usa para determinar el factor de corrección adecuada (tiempo de maduración en días) (23)

Determinación de la velocidad de sedimentación globular

Cuando se deja sangre anticoagulada en reposo un tiempo a temperatura ambiente, los eritrocitos sedimentan hacia el fondo del tubo. La VSG es la cantidad de milímetros que los eritrocitos sedimentan en una hora, y es afectada por los eritrocitos, el plasma y factores mecánicos y técnicos. Los eritrocitos tienen una carga superficial neta negativa, por consiguiente tienden a repelerse entre sí. Las fuerzas repulsivas se neutralizan en forma parcial o total si hay aumento de la cantidad de proteínas plasmática con carga positiva; los eritrocitos sedimentan con mayor rapidez debido a la formación de agregados de eritrocito o "rodillos". (18). Los eritrocitos anormales tienen una masa relativamente pequeña y sedimentan despacio algunas enfermedades, como el mieloma múltiple, pueden causar la formación de rodillos debido a la alteración del fibrinógeno y las globulinas plasmáticas. Esta alteración cambia la superficie del eritrocito, lo que genera suaglutinación, aumento en su masa y una vez más rápida. Esta última es directamente proporcional a la masa del eritrocito e inversamente proporcional a la viscosidad del plasma. La velocidad de sedimentación globular (VSG) es útil para monitorizar la evolución de una enfermedad inflamatoria o diferenciar enfermedades similares. (18)

Valores sanguíneos normales de la serie roja y plaquetas

Tabla 10 Valores sanguíneos normales de la serie roja y plaquetas

Edad	Hemoglobina (g/100 ml)	Hematocrito (%)	Eritrocitos ($10^{12}/L$)	Reticulocitos (%)	VCM fL	HCM pg	CMCH g/L	RDW %	VSG mm/h	Plaquetas /mm ³
R, Nac.	19.0	61	5.14	3.2	119	37	32			150-350
1 semana	17.9	56	4.86	0.5	118	36	32	.		-
2 meses	10.7	31	3.40	1.8	93	31.5	34	.		-
3 meses	11.3	33	3.70	0.7	88	30.5	35	.		-
6 meses	12.3	36	4.60	1.4	78	27	34	.		-
1 año	11.6	35	4.60	0.9	77	25	33	.		-
4 años	12.6	37	4.70	1.0	80	27	34	.		-
6 años	12.7	38	4.70	1.0	80	27	33	.		-
8 años	12.9	39	4.70	1.0	80	27	33	.		-
12 años	13.0	39	4.80	1.0	80	27	33	.		-
Adult. Var	13.3-17.7	40-52	4.4-5.9	1.0	80-100	27-34	31-36	<15	0a20	150-440
Adult. muj.	11.7-15.7	35-47	3.8-5.2	1.0	80-100	27-34	31-36	<15	0a15	150-440

Recuento diferencial de leucocitos o fórmula leucocitaria

El recuento diferencial de leucocitos o fórmula leucocitaria corresponde a la concentración de las subpoblaciones de leucocitos circulantes. En condiciones de normalidad el recuento diferencial de leucocitos está constituido por cinco poblaciones de leucocitos: granulocitos neutrófilos, eosinófilos y basófilos, linfocitos y monocitos. (23)

La fórmula leucocitaria, junto con el recuento celular y la concentración de hemoglobina, continúa siendo los pilares llamados examen básico de la sangre o hematimetría. Esto es porque suministra información sobre aspectos cualitativos y cuantitativos de los diferentes leucocitos de la sangre y permite detectar la eventual presencia de células anormales circulantes. Desde la tinción panóptica de Romanowsky se empleó de manera sistémica al estudio de la morfología de las células sanguíneas, la fórmula leucocitaria se ha venido realizando mediante observación microscópica y análisis de 100 o 200 células cada vez. (23)

Recuento diferencial de leucocitos o fórmula leucocitaria

El recuento diferencial de leucocitos o fórmula leucocitaria corresponde a la concentración de las subpoblaciones de leucocitos circulantes. En condiciones de normalidad el recuento diferencial de leucocitos está constituido por cinco poblaciones de leucocitos: granulocitos neutrófilos, eosinófilos y basófilos, linfocitos y monocitos. (23). La fórmula leucocitaria, junto con el recuento celular y la concentración de hemoglobina, continúa siendo los pilares llamados examen básico de la sangre o hematimetría. Esto es porque suministra información sobre aspectos cualitativos y cuantitativos de los diferentes leucocitos de la sangre y permite detectar la eventual presencia de células anormales circulantes. Desde la tinción panóptica de Romanowsky se empleó de manera sistémica al estudio de la morfología de las células sanguíneas, la fórmula leucocitaria se ha venido realizando mediante observación microscópica y análisis de 100 o 200 células cada vez. (23)

Valores sanguíneos normales de la serie blanca

Tabla 10.1 Valores sanguíneos normales de la serie blanca

Edad	Leucocitos ($10^9/l$)	Neutrófilos		Eosinófilos		Basófilos		Linfocitos		Monocitos	
		(%)	($10^9/l$)	(%)	($10^9/l$)	(%)	($10^9/l$)	(%)	($10^9/l$)	(%)	($10^9/l$)
R. Nac	9-30	40-80 (60)	6-26 (11)	2-3	0.02- 0.85 (0.4)	0-1	0- 0.64 (0.1)	30	2.0- 11.0 (5.5)	6	0.4- 1.8 (.058)
1 año	12.0	30	1.5- 8.5 (3.5)	2-3	0.05- 0.07 (0.3)	0-1	0-0.2 (0.5)	61	4.0- 10.5 (7.0)	5	0.05- 1.1 (0.58)
4 años	8.0	40	1.5- 8.5 (3.5)	2-3	0.02- 0.65 (0.25)	0-1	0-0.2 (0.5)	50	2.0-8.0 (4.5)	5	0-0.8 (0.45)
6 años	8.5	54-62	1.5- 8.0 (4.3)	2-3	0-0.65 (0.23)	0-1	0-0.2 (0.5)	38	1.5-6.5	4-5	0-0.8 (0.40)
Adult os	5.-10	54-62	2.0- 7.0	1-3	0-0.45	0-1	0-0.2	20- 40	1.5-4.0	4-10	0.2- 0.8
Mujer		55-62	2.0- 7.0	1-3	0-0.45	0-1	0-0.2	20- 40	1.5-4.0	4-10	0.2-0.

Interpretación de alteraciones en el extendido teñido

Alteraciones de la serie blanca

Alteraciones cuantitativas:

Pueden ser: aumento de una subpoblación de leucocitos, disminución de una población de leucocitos y presencia de las células inmaduras o blastos(4)

1. Aumento de una población de leucocitos

- Neutrofilia: Aumento de los neutrófilos por encima de 65% o superior a $7.5 \times 10^9/L$, entre las causas. Están las infecciones bacterianas, síndromes mieloproliferativos, síndromes inflamatorios agudos y crónicos, infartos y necrosis histicas, enfermedades metabólicas, medicamentos o sustancias químicas. (4)
- Eosinofilia: Aumento de los eosinófilos por encima de 3% o superior a $0.5 \times 10^9/L$, entre las causas están las enfermedades alérgicas y autoinmunes, parasitosis, ingesta de medicamentos, enfermedades de la piel, infecciones, Eosinofilia pulmonar, síndrome hipereosinofilio, neoplasias, endocrinopatías.(4)
- Basofilia: Aumento de los basófilos por encima de 1% o mayor a $0.5 \times 10^9/L$, entre las causas, se encuentra el fenómeno reaccional, síndromes mieloproliferativos crónicos, otras causas como anemia ferropénica, hemólisis, cirrosis, esplenectomía, viruela, varicela.(4)
- Linfocitosis: Aumento de los linfocitos por encima de 35% o superiores a $4.5 \times 10^9/L$, entre las causas se encuentra la linfocitosis fisiológica, infecciones como la tos ferina, rubeola, varicela, influenza, hepatitis A, brucelosis, tuberculosis, sífilis, infección por VIH, leucemia linfática crónica. Es necesario diferenciar si se trata de linfocitosis absoluta.(4)
- Monocitosis: Igual que en el caso de los linfocitos, solo debe considerarse la existencia de una monocitosis real cuando la cifra absoluta de monocitos es superior a $0.8 \times 10^9/L$, entre las causas se encuentran: la monocitosis fisiológica del recién nacido, infecciones bacterianas crónicas y granulomatosas, enfermedad de Hodkin, enfermedades reumáticas y autoinmunes. Hemopatías, destrucción de los tejidos, fase de recuperación medular.(4)

Disminución de una población de leucocitos:

- Neutropenia: Es la disminución de neutrófilos por debajo de 25% o inferior a $2.5 \times 10^9/L$, la neutropenia suele cursar con una disminución de la cifra total de leucocitos (leucopenia). Entre las causas se encuentran ingesta de algunos medicamentos, enfermedades reumáticas y autoinmunes, infecciones virales, salmonelosis, neutropenia crónica idiopática, enfermedades hematológicas, tratamiento con citostáticos. (4)
- Linfopenia: Es la disminución de linfocitos por debajo de $1.5 \times 10^9/L$, en general existe linfopenia, en todo caso de leucopenia grave, independiente de su origen. Se observa linfopenia absoluta en el curso de la insuficiencia cardiaca congestiva, en el curso del SIDA por VIH(4)

- Eosinofilia y basofilia: Suelen asociarse a trastornos metabólicos y endocrinos.(4)
- Monocitopenia: Es la disminución del número de monocitos. Suele haber monocitopenia en las circunstancias que se mencionan: leucemia de las células peludas, Síndrome de Cushing, tratamiento con esteroides(4)
- Presencia de células inmaduras o blastos: El paso a la sangre de células inmaduras, normalmente presentes sólo en la médula ósea, es siempre patológico y puede hacerse de tres formas diferentes: mieleemia (presencia de mielocitos y metamielocitos), eritroblastosis (presencia de elementos inmaduros de la serie eritroide) y presencia de blastos (presencia de elementos muy inmaduros como en la leucemia aguda o células linfoides en diferentes estadios madurativos como en el linfoma leucemizado).(4)

Alteraciones cualitativas

Al realizarse una fórmula leucocitaria, debe tenerse en cuenta la posible presencia de alteraciones morfológicas de las cuales normalmente presentes en la sangre periférica y que pueden ser de valor en el diagnóstico clínico.(4)

- Polimorfonucleares
- Alteraciones de la granulación: Puede observarse granulaciones tóxicas o excesos de granulación primaria (lisosomas que muestran abundante degranulación o disminución de la granulación secundaria), cuerpos de Dohle (inclusiones ovaladas que se sitúan hacia la periferia del citoplasma del polimorfonuclear neutrófilo), las anemias de Cheriack-Higashi (aparición de inclusiones citoplasmáticas, de color azul oscuro, generalmente rodeadas por un halo)(4)
- Alteraciones del núcleo: Desviación a la derecha (neutrófilos hipersegmentado con 5 o más lóbulos y de mayor tamaño), se observa especialmente en anemia megaloblástica. Desviación a la izquierda (disminución del número de neutrófilos con segmentación normal, a expensas de un aumento del número de neutrófilos no segmentados o cayados).(4)
- Linfocitos: Puede observarse Virocitos o linfocitos estimulados en el curso de ciertas infecciones víricas, son linfocitos con un citoplasma abundante e intensamente basofila(4)
- Monocitos: En algunas circunstancias patológicas resulta difícil diferenciar un monocito de un linfocito estimulado, o un neutrófilo no segmentado de un metamielocitos degranulado o de un monocito (4)

Examen de eritrocitos en extendidos teñidos

Los hematíes al igual que las plaquetas y los leucocitos se evidencian al teñir, un extendido sanguíneo con las tinciones derivadas de Romanowsky, por tanto se aprecia en estas células diversas variaciones a considerar:(6)

1. Hematíes normal: También, llamados normocitos, presentan forma de discos regularmente redondeados, bicóncavos, achatados, de color amarillento por ser, la hemoglobina de naturaleza ácida, presentando una disminución de color en el centro por ser, esta la parte más delgada (depresión de la célula, de un tamaño de 7.2 a 7.5u y de un espesor de 2 a 3 u).(6)

2. Hematíes anormales: En las anemias y en diversas hemopatías, los hematíes pueden sufrir variaciones en cuanto a su forma, tamaño, estructura, propiedades cromáticas y riqueza hemoglobínica; así también aparición de formas nucleadas en el torrente circulatorio (células en sí, normales en médula ósea) a consecuencia de una respuesta regenerativa o bien formas envejecidas de carácter degenerativo. Así tenemos(6)

a) Variaciones Morfológicas (Formas) Poiquilocitosis

- Poiquilocitos: Son eritrocitos que tienen formas irregulares como ser de pera, mazo y semiluna. La presencia de los poiquilocitos en la sangre se conoce con el nombre de poiquilocitosis. Se observa en todas las anemias graves, especialmente en las microcíticas y en la anemia perniciosa.(6)
- Eliptocitos: Se han registrado eritrocitos elípticos (en forma de huevo u óvalo) en personas sanas como anomalía constitucional y hereditaria llamada ovalocitosis o eliptocitosis, transmitida con carácter dominante mendeliano.(6)
- Esferocitos: a pesar de su pequeño diámetro no son verdaderos microcitos, pues no presentan la depresión central y tienen la forma casi esférica, en contraste con los discos normales biconvexos que caracteriza a los hematíes normales. Los esferocitos presentan mayor fragilidad en soluciones salinas hipotónicas y se hallan en las esferocitosis hereditaria y, en cantidades menores, en algunos casos de anemia hemolítica adquirida.(6)
- Planocitos o células en diana o leptocitos: Son eritrocitos más delgados de lo normal o sea de espesor disminuido, que cuando se tiñen muestran la hemoglobina acumulada en parte en el centro y el resto en la periferia, separado por un círculo incoloro (sin teñir). Esta distribución característica le concede la imagen de una diana ("target - cells"). Estos eritrocitos al igual que otros hipocrómicos, parecen ser más resistentes a las soluciones hipotónicas, que las células normales. Se encuentran aumentados en la leptocitosis hereditaria: talasemias (anemia del Mediterráneo), en la enfermedad por hemoglobina C y también después de esplenectomía.(6)
- Acantocitos: Son eritrocitos que reciben el nombre por presentar una superficie con numerosas espículas (contornos dentellados). Se trata de un defecto lipídico de tipo congénito (abetalipoproteinemia) o síndrome de Base – Koruezweig. se Observan en pacientes con enfermedad celiaca y retinitis pigmentaria atípica.(6)
- Hematíes crenados: O en forma de sierra ("burr - cells") han sido observados en sangre de pacientes con uremia, úlcera de estómago sangrante o carcinoma.(6)
- Drepanocitos o Células falsiformes: Se caracterizan por presentar una forma incurvada, alargada semilunar o en forma de "hoz". Los pacientes con drepanocitosis presentan eritrocitos de aspecto casi normal, si al obtenerse la muestra inmediatamente se observa al microscopio. La modificación ocurre a medida que los hematíes utilizan el oxígeno del preparado, y el efecto alcanza su máximo después de algunas horas. Se trata de la anemia hemolítica.(6)

- Anulocitos: Constituyen un tipo especial de eritrocitos patológicos que presentan forma de pesario y que se caracterizan, (en las extensiones coloreadas) por estar solamente reñidos en su parte periférica y mostrar una zona clara central grande y muy pálida, debida a la falta de hemoglobina en esa región. Aparecen en las anemias ferropénicas graves y en especial en las hipocrómicas idiopáticas.(6)

Variaciones de tamaño Anisocitosis

Normalmente existe una ligera modificación en el tamaño de los eritrocitos, pero cuando ésta se acentúa, por encontrarse junto a células de tamaño normal, otras de mucha mayor magnitud, se dice que hay anisocitosis.(6)

- Microcitos: Son células más pequeñas que las normales (5 micras o menos de diámetro.) Algunas de tamaño muy pequeño (1/3 a 1/5 del tamaño de un hematíe normal) y a veces sumamente deformados (afectando forma variable alargada, triangular, con bordes angulosos) presumiblemente resultan de la partición de células mayores y por consiguiente, se las denomina esquiztocitos.

Los microcitos se presentan frecuentemente en las anemias ferropénicas y posthemorrágicas, denotando casi siempre escaso contenido de hemoglobina y bajo valor globular.(6)

- Macroцитos: Son eritrocitos anormalmente grandes (más de 10 micras de diámetro.) además están los extraordinariamente grandes (mayores de 12 micras) megalocitos, afectando siempre forma algo ovalada, de alto contenido hemoglobínico y por lo general no se observa la zona central más clara de los macrocitos. Existe macrocitosis en las anemias secundarias a cirrosis hepática, anemias tropicales, etc. Siendo debidas al defecto de formación o de absorción del principio antianémico(6)
- La megalocitosis se observa en la anemia perniciosa y fisiológicamente en la etapa embrionaria.(6)

c) Variaciones cromáticas

En frotis teñidos, la coloración rosada o amarillenta normal de los eritrocitos se conoce con el nombre de normocromasia o normocromia. Cuando existe contenido pobre de hemoglobina, la zona central de los glóbulos rojos se agranda y se hace más clara, denominándose en este caso a la palidez de los eritrocitos, hipocromía, por el contrario, los hematíes ricos en hemoglobina se tiñen con mayor intensidad que las células normales y se habla entonces de hipercromasia o hipercromía. Es preciso señalar, que como la concentración hemoglobínica en las células solamente está expuesta a oscilaciones muy pequeñas, en general un contenido de hemoglobina mayor que el normal implica un tamaño anormalmente grande.(6)

Se designan con el nombre de anisocromía las variaciones cuantitativas de colorabilidad, dependientes de la riqueza hemoglobínica.(6)

El fenómeno de la Policromasia o Policromatofilia consiste en una desviación de la colorabilidad normal de los eritrocitos que se muestran afines a los colorantes básicos (azul de metileno) en este caso los eritrocitos se denominan policrómicos o policromáticos. La policromatofilia, se considera generalmente como signo de regeneración.(6)

d) Variaciones de estructura

- Punteado basófilo: se trata de puntos finos o gruesos, escasos o abundantes, coloreados de azul por el método de Giemsa; generalmente aparecen.
Sin embargo a veces se disponen en cadenas cortas y pueden presentarse en hematíes ortocromáticos; en ocasiones aparecen también en los eritroblastos, así en envenenamiento por plomo (saturnismo)(6)
- Corpúsculos de Howell – Jolly: Son restos de cromatina que se colorean de rojo brillante con el método de Giemsa. Por lo general, en un eritrocito se encuentra un solo corpúsculo o resto nuclear, raras veces dos o tres. Se presentan en todas las anemias, pero es frecuente su observación cuando se atrofia ó extirpa el bazo.(6)
- Cuerpos Anulares de cabot: Se consideran como restos de membrana nuclear. Son corpúsculos muy delicados que adquieren la forma de anillo, de asa o de 8. Se presentan con frecuencia en el interior de los eritrocitos en unión con policromatofilia, punteado basófilo y corpúsculo de Jolly. Se hallan sobre todo en anemias de carácter grave.(6)
- Punteado de Shuffner: Este tipo de punteado aparece en el interior de los hematíes, en las infecciones de la forma terciana benigna del paludismo difundido en toda su superficie; se tiñen con Giemsa de violeta rojizo.(6)
- Punteado de Maurer: Se llaman también con el nombre de manchas de la perniciosa se observa en las formas graves de paludismo tropical y se colorean de violeta oscuro con Giemsa.(6)
- Cuerpos azules de Heinz: Se evidencia mediante la coloración con Sulfato de Nilo, tomando entonces forma de esferas azules oscuras, a menudo situadas excéntricamente. Se hallan casi exclusivamente en anemias tóxicas de origen exógeno, especialmente por fenilhidrazina, nitrobenzol, pirididina y anilina.(6)

La observación de los eritrocitos en un frotis sanguíneo es fundamental sobre todo si se trata de pacientes anémicos en los que incluso se aprecian células blásticas. Finalmente las diversas alteraciones fisis-patológicas en los eritrocitos, a través de las diferentes técnicas en el hemograma, se corroboran o confirman con la determinación de los Índices Hematimétricos. (6)

Radiobiología

El estudio de los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes se inició luego de la observación de los efectos biológicos de las primeras aplicaciones empíricas de las radiaciones ionizantes. El hecho de que su utilidad clínica originara un amplio empleo de las mismas fueron causas para un estudio racional de esos efectos. Dando lugar al nacimiento de la radiobiología(3)

La radiobiología, es una ciencia que nace en la década de 1940, con el nacimiento de la era atómica, está relacionada con la acción de la radiación ionizante sobre los tejidos biológicos y los órganos vivientes, es una combinación de dos disciplinas: la física de las radiaciones y biología. El objetivo es el establecimiento de relaciones entre dosis de radiación y la respuesta inducida por la misma (3)

Antes de explicar los efectos de las radiaciones ionizantes empezaremos por conceptualizar que son las radiaciones.

Radiaciones

Las radiaciones son formas de energía que se emiten básicamente de dos maneras: particuladas o corpusculares y electromagnéticas. A su vez, pueden ser ionizantes o no ionizantes. Las radiaciones no ionizantes son la radiación de microondas, infrarroja, de luz visible, ultravioleta y láser. No existe una delineación marcada entre una banda y otra(3)

Radiaciones Ionizantes

Son aquellas radiaciones de naturaleza electromagnética o corpuscular, con suficiente energía capaces de causar por un mecanismo directo o indirecto, excitación o ionización en los átomos de la materia con la que interactúa.(3)

Principales tipos de radiaciones ionizantes

Radiaciones corpusculares ionizantes

- Partículas Alfa (α).
- Partículas Beta (β).
- Radiación neutrónica.

Radiaciones electromagnéticas ionizantes

- Rayos X.
- Rayos Gamma (γ).(3)

Cada una de ellas tiene sus características particulares e interactúan con la materia de diferentes maneras; es decir, que todo este grupo de radiaciones tiene como denominador común, que cuando interactúan con los átomos de cualquier materia pueden producir en éstos, el fenómeno de excitación y/o ionización. De manera general, las radiaciones corpusculares tienen muy poco alcance o nivel de penetración, pero poseen un gran poder de ionización, lo contrario sucede con los rayos X y γ , que tienen menos poder de ionización pero tienen un gran alcance o nivel de penetración.(19)

Los neutrones tienen a su vez, un gran alcance y también un gran nivel de ionización. De los tipos de radiaciones ionizantes señalados, los rayos X se pueden generar por un mecanismo eléctrico como es el caso del tubo generador de rayos X pero el resto solamente se pueden generar por un mecanismo radioactivo o nuclear, es decir, solo pueden obtenerse a través de fuentes radioactivas y/o por reacciones nucleares.(3)

Aplicaciones de las Radiaciones Ionizantes en las actividades del quehacer humano

Desde finales del siglo XIX se han incorporado de manera creciente el uso y empleo de fuentes artificiales de radiaciones ionizantes en todas las actividades del ser humano, en la investigación, en la industria, en la agricultura, en la docencia, en la energética, en la medicina, etc. Como fuente de energía inagotable en la naturaleza que es el desarrollo y progreso de la humanidad ha estado muy ligado a su incorporación en todo el quehacer humano siendo las perspectivas aún mayores.(7)

Utilización en el sector salud: Es el más amplio de todos, aportando la mayor contribución a la exposición del hombre a las radiaciones ionizantes; se estima que el 90% de la exposición del ser humano a fuentes artificiales de radiaciones está dada en el sector de la Medicina y dentro de este campo, principalmente por la radiología diagnóstica convencional e intervencionista, médica y dental. Como ejemplos de estas fuentes podemos citar:(3)

- Con fines diagnósticos:
- Equipos de Rx médico y dental convencionales.
- Equipos de scanner para tomografía axial computarizadas.
- Equipos de centigrafía ósea.
- Fuentes radiactivas utilizadas en exámenes de Medicina Nuclear, etc.
- Con fines terapéuticos:
- Equipos de radioterapia y teleterapia.
- Fuentes radiactivas utilizadas en braquiterapia.
- Equipos de Rx utilizados en radioterapia superficial. (3)

El generador de radiaciones con fines diagnósticos y terapéuticos es el aparato de rayos X, que son identificados de acuerdo con su capacidad de producción de Rayos X en las especialidades para las cuales son indicadas. Ellos operan normalmente en un rango de voltaje entre 40 y 150 Kv (*) y con una corriente de tubo entre 25 y 1200 mA (*), que son utilizados en estudios radiológicos, tomografía, mamografía, medicina nuclear y radioterapia. Cuando ponemos en marcha un aparato de rayos X, se genera varios tipos de radiaciones, la radiación directa o primaria, que es aquella que emerge del tubo de rayos X en la dirección de utilización. La radiación secundaria es ciertamente más bajo en contenido de energía de la que incluso el más débil de las transmisiones de rayos X, no importa qué tipo de sustancia ha sido sometido a la exposición, esta radiación siempre queda en el ambiente después de un estudio realizado y daña al trabajador (20)

Se conoce otro tipo de radiación, que es la radiación de fuga, que es la radiación que no es detenida por el cristal de la bombilla, el aceite, y el blindaje que posee cada equipo. (19)

En los tipos de radiaciones con decaimiento nuclear beta (β) y gamma (γ) que son utilizados en medicina nuclear y radioterapia, se los considera como material radioactivo, cada uno de ellos con una probabilidad de decaer radiactivamente en cada instante produciendo varios decaimientos, presentándose estos riesgosos para el personal que manipula material radioactivo sin los cuidados pertinentes.(19)

Efectos de las Radiaciones Ionizantes

Durante la década de 1920 y 1930 era práctica común que los técnicos radiólogos acudieran una vez por semana al laboratorio de hematología para someterse a exámenes de sangre rutinarios. Antes de la introducción de los monitores de radiación personales, el único seguimiento efectuado en los trabajadores de entornos de rayos X y sustancias de radio, era un examen periódico de la sangre. En él se incluían recuentos totales de células y diferenciadas de glóbulos blancos (leucocitos). En la mayoría las instituciones aplicaban reglamentos de seguridad frente a radiaciones según los cuales si se reducía el nivel de leucocitos en más de un 25% con respecto al nivel normal debía darse descanso a la persona implicada o dedicarla a actividades no relacionadas con entornos radioactivos, hasta que recuperara sus niveles sanguíneos normales (3)

Actualmente se sabe qué; el efecto dañino a la salud por las radiaciones ionizantes depende, de la dosis absorbida, de su magnitud, distribución y del tiempo de exposición, pudiendo ser ésta de forma aguda, durante breves segundos o minutos (Ejs., en radioterapia, accidentes, etc.) o crónica, continua o intermitente, a lo largo de meses o años (Ej., la exposición ocupacional).(3)

La exposición a dosis elevadas de radiación puede causar efectos tales como náuseas, enrojecimiento de la piel o, en los casos graves, síndromes más agudos que se manifiestan clínicamente en los individuos expuestos poco tiempo después de .la exposición. Dichos efectos se denominan "efectos deterministas" porque su aparición es segura si la dosis rebasa un nivel umbral(11)

Los signos y síntomas clínicos de la fase de enfermedad manifiesta la letalidad por radiación aguda puede clasificarse en los tres grandes grupos: hematológicos, gastrointestinal y muscular. Los signos hematológicos están relacionados con cambios en las células de la sangre periférica. Después de la exposición se reduce la cantidad en la sangre de los glóbulos blancos, glóbulos rojos y plaquetas (trombocitos). Los síntomas gastrointestinales son náuseas, vómitos y diarrea, anorexia, cólicos intestinales, deshidratación y pérdida de peso. Los síntomas neuromusculares son falta de atención, apatía, sudoración, fiebre, dolor de la cabeza e hipertensión. (11)

La exposición a la radiación puede también producir efectos estocásticos tales como enfermedades malignas, cáncer que se manifiestan tras un periodo de latencia; se supone que tales efectos se producen en toda la gama de dosis sin umbral. Asimismo, se han detectado efectos genéticos que aparecen en el organismo de los descendientes, La irradiación de las células marginales puede causar mutaciones que se manifiestan en generaciones posteriores. Otros efectos sobre el embrión y el feto son importantes porque una lesión irreversible aunque ligera puede ampliarse con el desarrollo, provocando anomalías severas (22).

Efectos Hematológicos

El sistema hematopoyético está compuesto por la médula ósea, la sangre en circulación y el tejido linfóide. Los tejidos linfoides son los nodos linfáticos, el bazo y el timo. El principal efecto de la radiación en este sistema es el descenso en el número de glóbulos blancos en la circulación periférica.

La lesión letal en las células precursoras origina la depleción de estas células maduras circulantes. Los efectos dependen de la radiosensibilidad de las células y de su capacidad de regeneración, así como de su supervivencia en la sangre.(12)

Efectos sobre la médula ósea

En el adulto la médula roja, donde se producen las células sanguíneas, se encuentran localizada en los huesos planos como el ilíon, el esternón y las costillas, y en las epífisis de los huesos largos. En esta zona hay células totipotenciales que dan origen a las células madres de las 4 series de las células sanguíneas: los normoblastos (precursores de los eritrocitos), los linfoblastos (precursores de los linfocitos), los mieloblastos (precursores de los granulocitos) y los megacarioblastos (que dan origen a las plaquetas).(18)

Como consecuencia de la elevada radiosensibilidad de los precursores hematopoyéticos, dosis moderadas de 3 a 4 Gy (*) de radiaciones ionizantes pueden provocar una disminución proliferativa de las células(11)

Tras la exposición, las primeras células afectadas son los linfocitos; una dosis irradiada en poco tiempo a todo el cuerpo puede destruir un número suficiente de ellos para que disminuya el recuento de linfocitos periféricos y la respuesta inmunitaria se deteriore en pocas horas, considerándose los más radiosensibles del cuerpo humano. (3) La irradiación puede dar lugar a la suspensión prolongada de la producción de linfocitos y un descenso rápido de reticulocitos. Los linfocitos T cooperadores son más sensibles a la radiación que los linfocitos T supresores. Parece ser que las fracciones pequeñas diarias de radiación son más nocivas para los linfocitos que las dosis grandes periódica (12) Su ritmo de recuperación es muy lento. Al ser respuesta tan inmediata, el efecto de la radiación parece influir en los mismos linfocitos, más que en las células precursoras. Los linfocitos son células que más se afectan por causa de la radiación. (3)

Los granulocitos experimentan un rápido aumento de número (granulocitosis), seguido primero por una disminución rápida y después menos pronunciada de su cantidad (granulocitopenia). Si la dosis de radiación es moderada, puede producirse un aumento transitorio del recuento de granulocitos entre 15 y 20 días después de la irradiación. Si existe recuperación, la cifra de granulocitosis tarda unos 2 meses en normalizarse.(12)

La depleción de plaquetas (trombocitopenia) después de la irradiación avanza con más lentitud, debida de nuevo a que se requiere más tiempo para que las células precursoras más sensibles alcancen la madurez. Los trombocitos reducen su número hasta alcanzar un mínimo al cabo de unos 30 días, para después recuperarse en 2 meses con una cinética de respuesta semejante a la de los granulocitos.(12)

Los eritrocitos, por su parte, son menos sensibles que las otras células sanguíneas. Ello se debe, aparentemente, a su prolongada vida en la sangre periférica.

Los daños de estas células no se hacen manifiestos hasta transcurrida varias semanas, y la recuperación total puede tardar entre 6 meses y 1 año. (3).

Los eritrocitos suelen ser de tamaño y formas normales, aunque en algunos casos se observaran grados variables de anisocitosis y poiquilocitosis o macrocitosis. Generalmente no hay policromasia, punteado ni normoblastos en sangre periférica. (12)

Anemia aplásica

Se suele referir a la pancitopenia asociada a una grave reducción de la cantidad del tejido hematopoyético debida a una producción deficiente de las células sanguíneas. La médula, aunque hipocelular, puede tener zonas de normocelularidad e incluso hiper celularidad. El diagnóstico de anemia aplásica se realiza en pacientes pancitopénicos cuando se observa por lo menos dos de los tres siguientes valores en sangre periférica; granulocitos inferiores a $5 \times 10^9/L$ (43%), plaquetas inferiores a $20 \times 10^9/L$ (20.000 mm^3) y reticulocitos inferiores a 1% (corregido por el hematocrito): la médula ósea es intensa o moderadamente hipocelular, con menos de un 30% de células hematopoyéticas residuales. Los pacientes con pancitopenia y médula hipocelular deben estudiarse buscando signos de exposición importante a radiaciones, que muestran una comprobada o posible tendencia a lesionar la médula de forma que pueda eliminarse una posterior exposición. (12)

Síndrome hematológico

Con dosis de radiación a cuerpo entero comprendidas en el intervalo de aproximadamente 200 a 1.000 rad produce el llamado síndrome hematológico. El sujeto sufre inicialmente síntomas leves propios del síndrome prodrómico, que pueden apreciarse al cabo de unas horas y prolongarse durante varios días. El periodo de latencia posterior puede extenderse hasta cuatro semanas y se caracteriza por un sentimiento general de bienestar. En la fase de latencia no se ven signos de enfermedad aunque el número de células presentes en el flujo sanguíneo periférico puede estar bajo.(3)

El periodo de enfermedad manifiesta, se caracteriza por posibles vómitos, diarrea leve, malestar general, letargia y fiebre. En el síndrome hematológico se produce una reducción del número de glóbulos blancos, glóbulos rojos y plaquetas en la sangre.

Cada uno de de estos tipos de células siguen patrones de depleción característicos. La disminución de glóbulos rojos en la sangre puede inferir con los mecanismos de defensa frente a las infecciones. Justo antes de la muerte, se presentan cuadros de graves hemorragias y deshidratación. Si la dosis no es letal, la recuperación se inicia al cabo de 2 a 4 semanas, pero puede tomar hasta 6 meses.(3)

Las principales medidas cuantitativas de la letalidad por radiación en el hombre son las dosis necesarias para producir un síndrome dado y el tiempo de supervivencia media. Debe quedar claro que raramente puede establecerse una diferenciación precisa relacionada con la dosis y con el tiempo en la secuencia de acontecimientos asociada a cada síndrome. Para dosis de radiación muy altas, el periodo de latencia desaparece por completo; en cambio, en el caso de dosis muy bajas puede no presentarse el síndrome prodrómico, con la que tampoco existe periodo de latencia asociado. (3)

Factores que influyen en el daño por Irradiación

La reacción del organismo a las radiaciones ionizantes depende de diferentes factores externos e internos (3)

Factores Externos

Son ajenos al organismo, principalmente están dados por las características de la radiación. Entre los principales elementos de este tipo están:(3)

1. **Tipo de radiación ionizante:** Principalmente aquí hay que tener en cuenta la transferencia lineal de energía (TLE), que no es más que la cantidad de energía capaz de ceder al medio el tipo de radiación ionizante que está interactuando con la materia. Además, hay que tener en cuenta su poder de penetración.(3)
2. **Radiaciones con alta transferencia lineal de energía:** Radiación Alfa y Beta con alto nivel de ionización cuando interactúan con el medio pero con poco recorrido en él (de 0.5 a 3 cm.), por lo tanto, con poco poder de penetración(3)
3. **Radiaciones con baja Transferencia lineal de energía:** Rayos X y Gamma, las que tienen poco nivel de ionización pero pueden alcanzar grandes distancias, por lo que su poder de penetración es también elevado(3)
4. **Dosis y potencia de dosis (tasa de dosis):** Hay una relación directa entre la magnitud (cantidad) de la energía depositada en la materia por la radiación ionizante que interactúa con el organismo, con el tipo y la gravedad de la lesión así como el tiempo de aparición de la sintomatología. (3)
5. **Área y localización de irradiación:** A mayor área irradiada, mayor es la dosis absorbida, por tanto, el daño también es mayor. Las manifestaciones clínicas varían enormemente según sea el daño localizado del área irradiada, con alteraciones específicas atendiendo a este último, dado por la diferencia de radiosensibilidad de los distintos tejidos del organismo. La magnitud, la distribución de la dosis son factores fundamentales que influyen en el daño radiológico.(3)

Factores Internos

Estos dependen del propio sujeto. En estos son importantes los factores siguientes(3)

6. **La edad:** Las células del organismo jóvenes (embrión) son más radiosensibles, debido al promedio elevado de poblaciones celulares en división. Por otra parte, las personas de la tercera edad son también más radiosensibles, en este caso particular, por la disminución de las defensas y de los procesos reparativos del organismo(3)
7. **Sexo:** Se han realizado numerosos experimentos para determinar que sexo es más resistente a los efectos biológicos de la radiación. Los resultados obtenidos no son todos concordantes: sin embargo en conjunto se aprecia un indicio que apunta a que las mujeres pueden soportar de 5 a un 10% más de radiación que los varones.(3)
8. **Concentración de oxígeno:** A una mayor concentración de oxígeno en los tejidos, mayor será también los efectos nocivos de las radiaciones. La causa es por el aumento de la formación de radicales libres que son tóxicos para la células.(3)
9. **Metabolismo:** Un aumento de éste, incrementa los efectos nocivos de las radiaciones, también es por un aumento de la formación de radicales libres, elemento muy dañino para el funcionamiento normal de las células(3)

10. Radiosensibilidad: Como se conoce, no todos los seres vivos poseen igual radiosensibilidad y aunque las causas no están del todo esclarecidas, se plantean entre aspectos que sea por las diferencias del metabolismo que pueden existir entre las distintas especies. Dentro de esta, se encuentra la radiosensibilidad individual, en la cual, además del metabolismo, es importante tener en cuenta otros factores como son, patologías o enfermedades de base, actividad cardiorespiratoria, estado nutricional, stress, etc. del individuo o sujeto irradiado(3)

Principios cardinales de la protección frente a radiaciones

Toda la actividad de la física sanitaria en los centros de diagnóstico ha sido diseñada de manera que se reduzca al mínimo la exposición a radiaciones de los pacientes y el personal laboral. Los tres principios básicos definidos en el ámbito de la protección frente a radiaciones en la investigación nuclear tienen también aplicación en el campo de la radiología diagnóstica: tiempo, distancia y blindaje. Así es posible minimizar los efectos de la exposición a radiaciones si se observan los siguientes principios:(3)

1. Tiempo; el tiempo de la exposición a radiaciones debe ser lo más breve posible. La dosis que reciba una persona está relacionada directamente con la duración de la exposición. Si se duplica el tiempo de exposición a radiaciones, se doblará también la dosis.(3)

2. Distancia; La exposición a la radiación disminuye a medida que aumenta la distancia a la fuente. Ahora bien, la relación entre exposición (o dosis) con la distancia sigue, de hecho, una ley conocida como la del inverso del cuadrado de la distancia.(3)

3. Blindaje; La interposición de un blindaje entre la fuente de radiación y la persona irradiada reduce enormemente el nivel de exposición, EL blindaje utilizado en radiología diagnóstica está formado normalmente por plomo. Existen distintas alternativas o medios que van desde el uso de ropa exclusiva de trabajo, guantes plomados, lentes de seguridad, protección respiratoria, gafas, protector de gónadas, el uso de los delantales plomados y los protectores de la tiroides deben ser los más usados dentro de la radiología médica. La mesa de comandos debe estar separada del ambiente restante por medios de paredes cubiertos con una capa de plomo, de 0.2 mm de plomo cuando se trabaja a una distancia de 1.50m, lo mejor es sin embargo una capa de plomo de 0.7 mm de plomo o una pared de ladrillo de 7 m.

Estas paredes deben tener una ventana de vidrio plomado con un equivalente de 2 mm. de plomo para controlar al paciente y sobre todo el de evitar la radicación secundaria. (3)

Dosis Límite

Dosímetros personales

El personal expuesto normalmente a radiaciones requiere de la medida individual de la dosis recibida y de un seguimiento de la dosis acumulada en un lapso dado. Para eso se acostumbra usar dosímetros personales, que son dispositivos sensibles a la radiación pero que por su tamaño y peso pueden ser portados individualmente con comodidad, ya sea en el bolsillo o asidos a la ropa con una pinza. Los más comúnmente empleados son los de película fotográfica, las cámaras de ionización de bolsillo y los termoluminiscentes. (22)

La radiación se mide en unidades diferentes. Actualmente el Sistema Internacional de medidas utiliza como unidad de radiación absorbida al Gray (Gy), equivalente a la cantidad de energía realmente absorbida por cualquier tejido o sustancia tras una exposición a la radiación (13). Un Gy equivale a 100 rads y es suficiente para ejercer efecto teratógeno en humanos.(11)

El roentgen (R) mide la cantidad de ésta en el aire. Como algunos tipos de radiación pueden afectar a unos órganos biológicos más que a otros, para describir la intensidad de los efectos que la radiación produce sobre el cuerpo, a cantidades equivalentes de energía absorbida se utiliza sievert (Sv) (11)

Se llama dosis a la cantidad de radiación a la que está expuesta una persona durante un determinado periodo de tiempo. La dosis de radiación ambiental que resulta inevitable es baja, alrededor de 1 a 2 miligrays (1 miligray equivale a 1/1000 gray) al año, y no produce efectos detectables sobre el organismo (13), sólo cuando ésta se usa en cantidades excesivas puede ser teratógena. El límite de dosis son los valores que pueden recibir las personas expuestas y que nunca deber ser sobrepasados. Los límites de dosis se distinguen entre personas profesionalmente expuestas y público en general.(7)

Los límites de dosis actualmente vigentes en Bolivia, para el personal que, por razón de su trabajo, tenga que exponerse a radiaciones ionizantes, así como para el público en general, figuran en La Ley De Seguridad Y Protección Radiológica. Los límites de dosis equivalente anual, de acuerdo a la normativa nacional vigente y a recomendaciones internacionales, para trabajadores profesionalmente expuestos son:(31)

- 20 mSv (*) en un año. Este valor debe ser considerado como promedio en 5 años (100 mSv en cinco años), no pudiendo exceder 50 mSv en un año.
- 150 mSv el límite de dosis efectiva anual para el cristalino.
- 500 mSv el límite de dosis efectiva anual piel.
- Protección especial durante el embarazo y la lactancia. Tan pronto como una mujer embarazada informe de su estado, por escrito, desde la notificación del embarazo al final de la gestación no excedan de 1 mSv. (31)

La determinación de la dosis de exposición, para los trabajadores, deberá ser efectuada como mínima, una vez al mes o trimestralmente (Anexo 15). Esto puede llevarse a cabo gracias a los reportes arrojados por los medios instrumentales, tales como los dosímetros (31)

Exposición de miembros del público

- 1mSv de dosis efectiva anual.
- 15 mSv el límite de dosis efectiva anual para el cristalino
- 50 mSv el límite dosis efectiva anual para piel(31)

Exposición médica

No existen límites para los pacientes. Ya que las exposiciones médicas se entiende que buscan proporcionar un beneficio directo al paciente, se comprende que si la practica ha sido adecuadamente justificada y optimizada, la dosis del paciente será lo más baja posible para ser compatible con los propósitos médicos. (31)

Los efectos de las radiaciones son acumulativos, es decir, cada exposición se suma a los anteriores hasta determinar la dosis total y su probable efecto sobre el organismo. De la misma forma, a medida que aumenta la proporción de la dosis o la dosis total, también aumenta la probabilidad de que se produzcan efectos detectables. Los efectos de las radiaciones también dependen del porcentaje del organismo que resulta expuesto (13)

Exposición Laboral

En el trabajo con radiaciones existe riesgo de irradiación externa y también riesgo de contaminación interna. Irradiación externa en el trabajo en radiodiagnóstico con equipos que utilizan tubos de rayos X para generar radiación y equipos que utilizan fuentes radioactivas como en Radioterapia. Contaminación interna puede producirse como consecuencia de la contaminación del cuerpo con radioisótopos cuando se trabaja en Medicina Nuclear. Los radiólogos reciben en general exposiciones algo superiores a los técnicos. Ello se debe a que los primeros reciben radiaciones principalmente durante tratamiento con fluoroscopia, en los que se encuentra más cerca de la fuente de radiación y de los pacientes. Sin ningún género de duda, la más alta exposición laboral se produce en el personal radiólogo es la asociada a equipos de fluoroscopia y radiografía portátil. Durante la fluoroscopia, el radiólogo se expone a niveles de radiación relativamente elevados. En concreto, suele ser importante la exposición recibida en las extremidades durante los procedimientos fluoroscópicos. Incluso aunque se utilicen guantes de protección, la exposición del antebrazo puede aproximarse en estos casos a dosis límite de 500 mSv por año (50 rem/año) si no se adoptan las precauciones necesarias(3)

En las exposiciones radiográficas comunes, el radiólogo se coloca detrás de una barrera de protección. Cuando no puede disponerse de barreras protectoras, como sucede en los exámenes portátiles, la máquina debe estar provista de un alargador de longitud suficiente para que el técnico radiólogo pueda salir del área de examen inmediata.

El personal que interviene en los procedimientos de radioterapia, braquiterapia, etc. recibe exposiciones mayores que las relacionadas con la práctica radiología general, debido a los mayores tiempos de exposición necesarios. La ausencia de una cortina protectora en la torre del intensificador contribuya también a las mayores exposiciones producidas en el personal radiológico. (3)

Las exposiciones del personal que se asocian a los exámenes de mamografía son bajas, ya que los bajos valores de Kvy el tiempo del mA utilizados producen una radiación dispersa reducida. Por lo general, basta con disponer de un alargador de activación y una pared o ventana convencional para suministrar la protección adecuada.

Las exposiciones del personal en las instalaciones de tomografía computarizada (TC) son también bajas. Como el haz de rayos X en TC se colima con precisión y sólo existe radiación secundaria en la sala de examen, los niveles de radiación son bajos si se comparan con los propios de los procedimientos fluoroscópicos, pero siempre han de llevarse dispositivos protectores(3)

En las instalaciones de medicina nuclear los riesgos posibles son los de irradiación externa y/o contaminación interna y externa. En los laboratorios de radioinmunoanálisis el riesgo de irradiación externa es bajo y en los laboratorios donde sólo se manipule nitrito el riesgo es, únicamente de contaminación. Las fuentes de radiación son los radionucleidos, emisores de radiación beta y/o gamma(3)

El personal de enfermería y otros empleados que trabajan en salas de operación y unidades de cuidados suelen mostrar frecuentemente su inquietud ante las exposiciones, muchos estudios han demostrado que las dosis recibidas casi son nulas y, en cualquier caso, no han de ser motivo de preocupación. Por lo general no requieren monitores de radiación en estas personas. (3)

Vigilancia Médica

En condiciones normales, la vigilancia de la salud incluye la evaluación previa de la salud de los trabajadores de acuerdo con las tareas específicas que desempeña, la vigilancia periódica de la salud, durante el período de trabajo asignado, una vigilancia especial de la salud, cuando proceda y según los términos prescritos por la autoridad competente, para los trabajadores ocupados bajo radiaciones en condiciones anormales; la evaluación, cuando una trabajadora informe que está embarazada. (3)

La vigilancia en condiciones de una exposición anormal incluye evaluaciones especiales cuando los resultados de las dosimetrías superan el doble de los límites de la dosis, estableciendo si el trabajador debe reintegrarse al trabajo con exposición a radiación, luego de haberlo retirado de su trabajo por razones medicas, toda decisión tomada en base a la evaluación especial será puesta en conocimiento del empleador y se le informará de manera clara al trabajador sobre su estado de salud(3)

Examen pre-ocupacional: Es necesario solicitar al trabajador que ingrese a las áreas de exposición los siguientes exámenes:

- Hemograma
- T3, T4, TSH

Declaración de no aptitud al examen de ingreso

- Menores de 18 años
- Mujeres en embarazo o lactantes
- Personas con nefropatía
- Personas con alteración de la función hepática
- Neuropatía central

- Tuberculosis
- Dermatitis crónica

Quienes en el hemograma presenten no deberán ser contratados

- Leucocitos menores de 4.000 o mayores de 15.000
- Neutrófilos menores de 2.400 (24%)
- Linfocitos menores de 1.000 (10%)
- Hematíes menores 3'500.000 o mayores de 5'900.000
- Reticulocitos más del 2%
- Variaciones en el recuento de leucocitos, en exámenes repetidos, mayores del 10%.(3)

Examen médico periódico: Valoración clínica y exámenes que se consideran necesarios, hemograma. Se deberán realizar cada año. Si se presentan alteraciones (neutropenia, leucopenia, trombocitopenia) se retirará al trabajador de la exposición al riesgo y se realizará un control hematológico a los 25 días. Si transcurrido un mes el análisis hematológico es normal, el trabajador podrá regresar a su sitio de trabajo; de lo contrario deberá mantener separado de la exposición hasta tanto se normalice su cuadro hemático.(3)

En general, donde los exámenes anotados resulten alterados, a consideración del médico ocupacional, se puede realizar exámenes complementarios de tipo cromosómico, como el de intercambio de cromátides hermanas para detectar alteraciones a nivel de ADN (3).

Reglamento Nacional

Ley general de Higiene, Seguridad Ocupacional y Bienestar (Aprobada por decreto-Ley No. 16998 del 2 agosto de 1979)

Por resolución Suprema No. 186220 de 20 de febrero de 1978 por disposición del supremo Gobierno se conformó una comisión encargada de revisar la legislación vigente sobre Higiene, Seguridad Ocupacional y Bienestar, la que estuvo constituida por personalidad de alto nivel multisectorial con la misión de entregar un estudio de bases técnico-jurídico-administrativas sobre esta materia. Esta comisión entregó su trabajo, con bases legales fundamentales técnico-jurídicas adecuadamente estructuradas, el 18 de mayo de 1979, siendo aprobada por Decreto – Ley de 2 agosto de 1979 y responde a los altos índices de morbo-mortalidad por accidentes y enfermedades ocupacionales.(32). La ley General de Higiene, Seguridad Ocupacional y Bienestar es el conjunto de normas sustantivas de carácter obligatorio y correctivo que determinan las obligaciones del Estado, de los empleadores y trabajadores en la protección de la salud del trabajador.(32). La Ley consta de 415 artículos, del 1º al 57º se refieren al objeto y campo de aplicación, a las definiciones generales y comunes sobre materia de salud ocupacional, a las obligaciones de empleadores, de trabajadores y al empleo de mujeres y menores de edad, a la organización del Consejo Nacional de Higiene, Seguridad Ocupacional t Bienestar, al instituto Nacional de Salud ocupacional y otros órganos encargados de su ejecución, a la inspección y supervisión, a los Comités Mixtos, a los servicios de salud ocupacional de empresas sobre el bienestar de los trabajadores en sus centros de trabajo y a las infracciones y sanciones.

De los 415 artículos el 58° se refiere a los aspectos estructurales y del 59° al 415 son normas de carácter estrictamente técnico. (32)

Ley de Seguridad y Protección Radiológica

El Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear, es la Autoridad Nacional Competente en el campo de las radiaciones ionizantes, encargada de cumplir y hacer cumplir la Ley en todo el territorio Boliviano y es el responsable de la correcta aplicación y cumplimiento de la LEY de SEGURIDAD Y PROTECCION RADIOLÓGICA aprobada en el año 1982 mediante Decreto Ley N° 19172 (31)

Según lo establecido en el reglamento No 1 aprobado mediante Decreto Supremo No. 24489 del 29 de enero de 1997, se debe de proceder al registro y licenciamiento de las infraestructuras nacionales que deben de prever las instalaciones y servicios esenciales para la protección y seguridad radiológicas, pero que excedan de la capacidad exigible a las personas autorizadas para realizar las prácticas. Entre esas instalaciones y servicios cabe señalar los necesarios para una intervención, la dosimetría personal y la vigilancia radiológica ambiental, y para la calibración e intercomparación del equipo de medición de radiaciones. Los servicios deberán incluir la organización de registros centrales de expedientes de exposición ocupacional y el suministro de información sobre la fiabilidad del equipo. La prestación de tales servicios a nivel nacional no exonera a las personas autorizadas a realizar prácticas de la responsabilidad fundamental que les incumbe en materia de protección y seguridad radiológicas(31)

10.6 Marco Metodológico

Enfoque, tipo y diseño de investigación

La investigación tiene un enfoque cualitativo – cuantitativo, y es un estudio descriptivo, transversal y analítico.

- Estudio descriptivo
Nos permitió averiguar las variaciones del hemograma e indagar la repercusión que tienen las radiaciones ionizantes sobre las células sanguíneas (leucocitos, eritrocitos y plaquetas)
- Estudio transversal
Se estudiaron las variables en un determinado momento obteniendo resultados de las variaciones que existen en el hemograma del personal de salud expuesto a las radiaciones ionizantes en los hospitales de tercer nivel de la ciudad de Sucre.
- Estudio analítico
Se realizó un estudio analítico para establecer la relación estadística entre la variable dependiente e independiente.

Variables del Estudio

Variable dependiente

Hemograma

Variables Independientes

- Factores internos: edad y sexo
- Factores externos: área de trabajo, años trabajados y protección radiológica personal
- Valores de la dosimetría física

Definición y operacionalización de variables

(Anexo 4)

Instrumentos

Para la recolección de la información en el presente estudio se procedió al llenado de la ficha de registro de cada uno del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, donde se registro el nombre, la edad, el sexo , área de trabajo, años trabajados y el valor de la dosimetría física que obtuvieron en el último trimestre, utilizadas como variables seleccionadas para el estudio (Anexo 8), también se utilizó una ficha de laboratorio donde se registro el nombre, edad y sexo del personal de salud y los resultados de las muestras procesadas. De igual manera se utilizó un cuestionario donde se incluyo el tipo de dispositivo que utiliza para la protección radiológica personal (Anexo 9)

Población Y Muestra

Población

La población estuvo comprendida por todo el personal de salud que trabaja expuesta a radiaciones ionizantes, en los hospitales del tercer nivel.

Muestra

No se realizó muestreo y participaron en el estudio 50 personas que trabajan expuestos a radiaciones ionizantes en los hospitales del tercer nivel, los cuales autorizaron su participación en el estudio, firmando el consentimiento informado. Se excluyeron 2 personas del estudio porque se encontraban realizando tratamiento con anticoagulante

Criterios de inclusión y exclusión

Para la ejecución de la presente investigación participaron personal que trabaja expuesto a radiaciones ionizantes que cumplieron los siguientes criterios

Criterios de inclusión

- Personal que este catalogado como exponencialmente expuesto por:

- Trabajar próximos a fuentes de Radiaciones Ionizantes en actividad, al ejecutar lo esencial de sus funciones en forma habitual
- Estar asignados a tareas que implican su permanencia en zonas controladas o supervisadas
- Personal de salud trabajara un tiempo de exposición de dos años como mínimo a las radiaciones ionizantes.

Criterios de exclusión

- Los criterios de exclusión fueron: que el personal de salud se encuentre realizando tratamiento con medicamentos que alteren los valores del hemograma.

Recolección de la información

Para la recolección de la información, en una primera instancia se coordinó con el Jefe de cada servicio donde se trabaja expuesto a radiaciones ionizantes de los hospitales del tercer nivel, es decir el servicio de: rayosx, tomografía, mamografía, medicina nuclear y cancerología, haciéndoles llegar presente una solicitud para realizar la toma de muestra (Anexo 5) así como pedir la autorización de cada uno del personal para ser partícipes del estudio y de dar a conocer los efectos que pueden causar las radiaciones ionizantes sobre las células sanguíneas. Finalmente se invitó afirmar la hoja de consentimiento informado (Anexo 7) junto a un instructivo para la toma de muestra. (Anexo 6), también se procedió al llenado de la ficha de registro y el cuestionario.

Para el procesamiento de las muestras se coordinó con la directora del Banco de Sangre dependiente de la Universidad de San Francisco Xavier de Chuquisaca, para el uso de los ambientes y equipo como ser microscopios, centrifugas y baño maría.

Una vez concluidos los exámenes laboratoriales se entregó a cada uno del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes un informe de laboratorio, conteniendo los resultados de los exámenes realizados (Anexo 10)

Procesamiento y técnica laboratorial

Para la obtención de los datos, se realizo el Hemograma de forma manual y por el método automatizado combinando ambos métodos para la corroboración de los datos obtenidos, garantizando de esta manera un control de calidad y datos precisos, para indagar la repercusión de las radiaciones ionizantes sobre las células sanguíneas y así estudiar las variaciones que existen en el hemograma realizado al personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes. Previamente se impartió instrucciones sobre la correcta toma de muestra, la cual se realizó en las fuentes de trabajo a primera hora. La muestra consistió en sangre que fue obtenida por venopunción, considerando las condiciones estándar de ayuno; Se realizó el hemograma a cada paciente utilizando métodos convencionales que actualmente se utilizan en los diferentes laboratorios. Los valores del hemograma que se determinaron fueron : Leucocitos, eritrocitos, hemoglobina(HB), hematocrito (Htto), volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM), concentración media de hemoglobina corpuscular (CCMH), índice de distribución eritrocitaria (IDHo RDW), velocidad de eritrosedimentación globular (VSG), fórmula leucocitaria, Aplicándose métodos manuales, que se detallaran a continuación.

Etapa preanalítica

Se realizó en las fuentes de trabajo del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes (hospitales del tercer nivel), donde se realizó:

- Instrucciones de la toma de muestra
- La identificación del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes
- Firma del consentimiento informado
- Llenado del cuestionario por el personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes
- Extracción de muestra de sangre en una cantidad de 3 ml (vacutainer)

Toma de muestra

La toma de muestra se realizó en la fuente de trabajo de los pacientes estudiados tomando en cuenta que el personal asistió en condiciones basales y de ayuno. La muestra consistió en sangre que fue obtenida por venopunción, se tomó un volumen de 3 ml de sangre en un tubo vacutainer al vacío que contenía anticoagulante EDTA (el cual es preferido para recuentos de eritrocitos, leucocitos, valor del hematocrito y recuento plaquetario, porque permite una buena diferenciación morfológica celular en 3 a 4 horas después de la toma de muestra).

Se procedió a la respectiva identificación, para su posterior análisis. Las muestras fueron procesadas dentro de las 3 horas subsiguientes a su recolección.

Etapa analítica

Comprendió la realización del hemograma

1. Recuento de eritrocitos

Método hemocitométrico

Fundamento.- Por dilución de la sangre con un líquido diluyente, que es anticoagulante e isotónico respecto a los eritrocitos y con ayuda del hemocitómetro, se determinó cuántos eritrocitos existen en un determinado volumen de sangre

Material

- Hemocitómetro
- Pipeta de Thoma para GR.
- Cubre cámara o cubre objetos
- Cánula de succión
- Microscopio de luz
- Contómetro

Muestra

Se utilizó una muestra de sangre venosa anticoagulada con EDTA

Líquido de dilución.-Para el recuento de glóbulos rojos se emplearon líquidos isotónicos, líquido de Hayem

Técnica

1.- Se enrasó la pipeta dilutora hasta la marca 0.5 con sangre de punción venosa, se eliminó todo el resto de sangre que quede por fuera de la pipeta, limpiando con la ayuda de papel higiénico.

2.- Se aspiró líquido de dilución hasta el enrase final 101, con lo que la dilución conseguida fue de 1/200. Para facilitar la aspiración se conectó el extremo proximal de la pipeta dilutora una cánula de succión. Al iniciar el llenado de la pipeta se inclinó a 45° se giró ligeramente a medida que se llene, a continuación se colocó verticalmente la pipeta enrasada.

3.- Una vez enrasada la pipeta se quitó con cuidado la cánula, la pipeta se sujetó entre los dedos pulgar y medio y se homogenizó el contenido del bulbo por agitación suave y horizontal durante 2 a 3 minutos, facilitando esta acción la existencia de una perla de vidrio que hay en el interior del bulbo y una vez desechadas las cinco primeras gotas, se procedió al llenado de la cámara, evitando la formación de burbujas de aire; la cámara estaba lista con el cubre cámara. Para llenar la pipeta se sujetó la pipeta como si fuera un lápiz, el dedo índice permitirá el paso del líquido al espacio formado entre cámara y cubre cámara que se llena por capilaridad. La observación microscópica se efectuó mediante objetivo seco (40x) bajando ligeramente el condensador.

4. El recuento se realizó contando los eritrocitos que se depositaron sobre 80 cuadraditos pequeños, para lo cual se contaron 5 grupos de 16 cuadraditos pequeños cada uno, los cuatro de las esquinas y uno del centro. Se contaron las células contenidas en el interior del área del recuento y las que eran tangentes o secantes a las líneas de demarcación superior y derecha

Cálculos:

$$\frac{N^{\circ} \text{GR} \times 200 \times 10 \times 100}{80} = \text{GR/mm}^3 \text{ de sangre}$$

2. Determinación de hematocrito

Fundamento.- Al someter un volumen conocido de sangre a una centrifugación de velocidad constante durante un periodo de tiempo constante, se separaron distintos componentes de la sangre de acuerdo a su densidad.

Microtécnica o microhematocrito

Material y equipo

- Centrífuga de Microhematocrito (500-10.00C)
- Tubos capilares de punto de fusión (7 cm de longitud x 1 mm de calibre inferior)
- Soporte con plastilina
- Regla milimetrada y lupa de aumento ó ábaco de microhematocrito.

Muestra.- Se utilizó muestra de sangre venosa anticoagulada

Técnica

1. Se trabajó con muestra venosa anticoagulada, esta se mezcló por inversión entre 12 y 20 veces antes de proceder con la técnica.
2. Se lleno el tubo por acción capilar hasta aproximadamente 1cm de su extremo puesto. Se trabajó por duplicado.
3. El extremo vacío del tubo se procedió a cerrar o sellar con plastilina y se colocó el tubo en un soporte en posición vertical.
4. Los tubos llenos se colocaron en los surcos radiales de la plataforma de la microcentrífuga, situando el extremo cerrado o sellado en la parte opuesta al centro.
5. Se centrifugó de 5 – 10 min a 5000 – 10000 G (r.p.m.)
6. Después de la centrifugación se procedió a la lectura de la proporción del volumen ocupado por los hematíes, mediante una regla milimetrada y una lupa de pequeño aumento o al ábaco lector de microhematocrito que resulta más eficaz.

Determinación de hemoglobina

Método de la cianmetahemoglobina

Fundamento.- La hemoglobina presente en la muestra, en presencia de ferricianuro, se oxida a hemoglobina o metahemoglobina que a su vez se combina con iones cianuro a pH 7.2 +/- 0.14 convirtiéndose a cianuro de hemoglobina o Cianmetahemoglobina (HiCN). Todos los cromógenos a excepción de la sulfohemoglobina, reaccionaron completamente en 3 min y la lectura se efectuó a 540 nm.

Material

- Espectrofotómetro (540 nm)
- Pipetas aforadas (de Shali) 20 ul de capacidad
- Pipetas volumétricas 5 ml de capacidad
- Cubetas del espectrofotómetro
- Recipientes de vidrio para contener el reactivo y la muestra
- Matraz aforado
- Frasco de vidrio color caramelo

Reactivos

Solución de Drabkin, reactivo de hemoglobina

Muestra.- Se utilizó muestra de sangre venosa anticoagulada con EDTA.

Técnica

- Se homogenizó perfectamente la muestra, antes de usar.
- En tubos de ensayo o recipientes debidamente rotulados se colocó 5 ml de reactivo de Drabkin. Se marcó uno de los recipientes como blanco (B) ya que este contenía sólo reactivo y otro como estándar (St).
- Con la pipeta de Shali (adósada a la cánula de succión) o micropipeta se agregó 20 ul de la muestra limpiando la parte externa con papel absorbente.
- Se procedió a enjuagar 3 veces en el propio reactivo y con la misma pipeta se mezcló
- Luego se dejó en reposo por 3 min. Se procedió a la lectura en el espectrofotómetro (540 nm)

Cálculos

$$\text{Factor} = \frac{\text{Estándar gr/dl}}{D \cdot O_{St}} * \text{Hb gr/dl} = D \times \text{factor}$$

4. Velocidad de sedimentación globular

Fundamento.- La sangre en esencia, es una suspensión de elementos formes en plasma, por lo tanto, cuando la sangre total se mezcla con un anticoagulante se produjo una ligera hemodilución que se colocó en un tubo perpendicular, los hematíes descendieron porque son más pesados que el plasma en el que se hallan suspendidos. La velocidad de sedimentación de glóbulos rojos dependió del número, tamaño y forma del eritrocito, así como de factores plasmáticos que alteraron la carga electronegativa de los hematíes en su superficie.

Método de westergreen

Es el método de referencia para medir la VSG. Sin embargo, siendo un método poco reproducible y sometido a diversas variables difíciles de controlar, como es la necesidad de pre diluir la sangre.

Material

- Pipeta graduada de 0 -200 mm
- Dispositivo para sedimentación sanguínea

Técnica

1. La determinación se realizó dentro de las tres horas de tomada la muestra, mezclando previamente la sangre y anticoagulante, se eliminaron las muestras que aglutinaron. La pipeta de Westergreen se llenó hasta la señal cero, para ello se prefirió la succión mecánica. Se trabajó por duplicado

2. Se colocó el tubo de Westergreen con la muestra en un bastidor especial, con unos sujetadores de muelle que mantuvieron el extremo inferior de la pipeta fuertemente sujeto contra una base de goma en posición estrictamente vertical, ya que un ángulo de 3° con la verticalidad puede acelerar la eritrosedimentación en un 30%. Tomando como temperatura promedio para esta prueba la temperatura ambiente (18 – 25°C), sin exponer el tubo a vibraciones o radiación solar.
3. Se dejó en reposo sin mover el tubo en el soporte durante 60 min. (1h.), para leer luego el resultado que se expresará en mm/h

5. Índices eritrocitarios

Se denominan índices eritrocitarios primarios al hematocrito, a la concentración de hematíes y la concentración de hemoglobina

A partir de ellos se obtuvieron los índices eritrocitarios secundarios, que son: el volumen corpuscular medio (VCM), la hemoglobina corpuscular media (HCM), la concentración corpuscular media de hemoglobina (HbCM), y el índice de distribución de hematíes (IDH o RDW)

Volumen corpuscular medio (VCM)

Es el valor medio del volumen de los hematíes. se calculó a partir del hematocrito y de la concentración de eritrocitos mediante la siguiente fórmula

$$\text{VCM} = \frac{\text{Hematocrito (L/L)} \times 10}{\text{Eritrocitos} (\times 10^{12}/\text{L})}$$

Los resultados se expresaron en fentolitros (fL)

Hemoglobina corpuscular media (HCM)

Es el valor medio del contenido en hemoglobina de los hematíes., se determinó mediante el cociente entre la concentración de hemoglobina (g/L) u los eritrocitos (L)

$$\text{HCM} = \frac{\text{Hemoglobina } \frac{\text{g}}{\text{L}}}{\text{eritrocitos} (\times 10^{12}/\text{L})}$$

Los resultados se expresaron en picogramos (pg)

Concentración hemoglobínica corpuscular media (CCMH)

Es el valor de la cantidad de hemoglobina y del hematocrito Para su cálculo, se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{CCMH} = \frac{\text{hemoglobina g/L}}{\text{Hematocrito (L/L)}}$$

Los resultados se expresaron en gramos por litro g/L

Índice de distribución de los hematíes (IDH o ADE o RDW)

También se denomina anchura de la distribución eritrocitaria o ADE. Es el coeficiente de variación de los volúmenes de glóbulos rojos, se calculó a partir de la desviación estándar (SD) y de la meda (\bar{x}) de los valores obtenidos.

Para su cálculo en porcentajes, se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{IDH} = \frac{\text{SD} - \text{GR}}{\text{VCM}} \times 100$$

Los resultados se expresaron en porcentaje %

6. Recuento de reticulocitos

Fundamento.- Utilizando el Azul Cresil Brillante ACB que es un colorante supravital (penetra en la célula viva de la fijación), tiñó el RNA residual precipitado de los eritrocitos jóvenes, se contaron los eritrocitos con retículo teñido y el resultado se expresó como porcentaje del número de glóbulos examinados.

Recuento manual de reticulocitos

Equipo y material

- Microscopio
- Baño termorregulador
- Contador o piano hematológico
- Tubos

Muestra y Reactivos

Azul Cresil Brillante está constituido por:

Azul Cresil Brillante	1g
Na Cl	100 ml
Citrato de sodio	0.4 g

Se utilizó muestra sanguínea venosa con anticoagulante EDTA.

Técnica

1. Se obtuvieron tres gotas de sangre, del paciente y se colocaron en un tubo de hemolisis sobre tres gotas de ACB, se procedió a mezclar para impedir la formación de coágulos. Se trabajó por duplicado.
2. Se incubaron por 15 minutos a 37°C en el baño termorregulador.
3. Se preparó con la mezcla frotis y se dejó secar en posición horizontal.
4. Posteriormente se observó al microscopio de luz con objetivo de inmersión.

5. Finalmente se contaron 500 eritrocitos en la misma zona de extensión recomendada para el leucograma y se expresaron los resultados.

Cálculos

Se expresaron los resultados en porcentaje respecto a los eritrocitos contados. Es decir:

$$\%R = \frac{N^{\circ} \text{ de reticulocitos contados}}{G \text{ examinados}} \times 100$$

En la presencia de anemia se expresó el número de reticulocitos por mm^3 de sangre total. Este valor se obtuvo por la siguiente fórmula:

$$\text{Reticulocitos por } \text{mm}^3 = \frac{\% \text{ reticulocitos } \times \text{recuento de GR}}{100} \times 100$$

En casos de anemia se reportó el cálculo de:

Índice de Producción de los Reticulocitos (RPI), que se define como la valoración calculada del número de reticulocitos circulantes en relación con el volumen del hematocrito

Cálculo

El tiempo de maduración de reticulocitos en la circulación sanguínea cambia como sigue:

Tabla 10.2 Cálculo del tiempo de maduración de reticulocitos en la circulación sanguínea

Hematocrito (%)	Tiempo de maduración del reticulocito
45	1. días
35	1.5 días
30	1.75 días
25	2.0 días
20	2.25 días
10	2.5 días

$$IR = \frac{\% \text{ Reticulocitos obs. } \times \text{htopaciente} / 0.45}{T^{\circ} \text{ de madf. Ret. (días)}}$$

7. Recuento de leucocitos

Metodo hemocitométrico

Fundamento.- Gracias a una solución ácida que hemoliza los hematíes, pero no altera los leucocitos o células nucleadas, se evidenció el número de las mismas en una cantidad determinada de sangre.

Material.-

- Hemocitómetro
- Tubos

- Cubre cámara o cubre objetos
- Microscopio de luz
- Contómetro

Líquido de dilución.- Solución de Turk

- Acido acético glacial 1 – 2 ml
- Violeta de genciana ó azul de metileno al 1% 1ml
- Agua destilada 100 ml

Muestra.- Se utilizó muestra de sangre venosa anticoagulada con EDTA

Técnica

1. Se depositó 0.38 ml de solución de Turk en un tubo de ensayo
2. Con la pipeta automática se absorbió 20 microlitros de la muestra, se limpio la superficie externa de la puntilla y se procedió a depositar en la solución de tal manera que quedo limpia.
3. Se mezclo en el vortex por unos minutos
4. Se procedió al llenado de los dos lados de la cámara
5. Se llevo la cámara a reposo por 2 min, luego a la observación microscópica con 10X en los cuatro cuadrantes grandes de las esquinas que rodean al cuadrado estimado a los GR

Cálculos

$$\frac{N1 \text{ GB} \times 20 \times 10 \times 16}{64} = \text{GB/mm}^3 \text{ de sangre}$$

8. Formula leucocitaria

Fundamento.- Se realizó la caracterización de los elementos formes de la sangre previamente teñidos, a partir de un preparado seco de sangre, que consiste en una serie de elementos de forma más o menos discoidal, extendidos sobre el vidrio y cubiertos por una capa de proteínas del plasma. Donde las células han perdido su conformación tridimensional y sus organoides, se extendieron en un mismo plano, quedando algunos ocultos por aposición de otros.

Material.-

- Portaobjetos (soporte del film y extensor)
- Cubreobjetos (extensor adosado a un portaobjetos)
- Lápiz de mina o lápiz graso (para rotular)
- Aceite de inmersión

- Microscopio (con objeto de inmersión)
- Contómetro

Técnica

1. Se extrajo la sangre por punción venosa con anticoagulante para su posterior análisis.
2. Posteriormente se tomó una gota de sangre de la muestra y se extendió sobre un portaobjeto de vidrio. Se trabajó por duplicado
3. La extensión se tiñó con los colorantes de panótico rápido concentrado 1:10, el cual ayudó a establecer la diferencia entre diversos tipos de glóbulos blancos.
4. Una vez seco el extendido se llevo a observación microscópica, con objetivo de menor aumento 10x a nivel del cuerpo hacia la cola.
5. Se cambio de objetivo a 100x, con aceite de inmersión, observándose tres tipos de células diferentes entre sí, tanto desde el punto de vista estructural como funcional: células nucleadas con función de defensa, células anucleadas (eritrocitos) con función respiratoria y fragmentos citoplasmáticos (plaquetas) con función hemostática.
6. Se realizó el recuento diferencial. Para evitar contar dos veces una misma área se siguió un recorrido en forma festoneada.
7. Se contaron los distintos tipos de leucocitos y se clasificaron morfológicamente en el registrador celular, se contaron un total de 100 células.

9. Recuento de plaquetas en cámara

Fundamento.- El recuento de plaquetas es independiente de la técnica utilizada, se basa en la facilidad, con las que las plaquetas se aglutinan o se adhieren a una superficie extraña, para ello se realizó una dilución con solución hipotónica tipo oxalato de amonio al 1% que causó la hemólisis de eritrocitos.

Metodo manual o del hemocitómetro

Material y Reactivos

- Tubos de plástico o de vidrio siliconado (de hemolisis)
- Reactivo: Solución diluyente de oxalato de amonio al 1%

Muestra.- Sangre venosa con EDTA

Técnica

1. Luego de poner la muestra en tubos de plástico la muestra anticoagulada. En un tubo de plástico se efectuó una dilución de 1:20 con la solución diluyente (20 ul de la sangre con 0.38 ml de oxalato de amonio al 1%), se procedió a agitar y dejar en reposo por 10 min. Como mínimo para garantizar la lisis de los eritrocitos.
2. Con ayuda de un agitador mecánico se mezcló la muestra por espacio de 3 min.
3. Se procedió a cargar la cámara de Newbauer y se colocó dentro de una cámara húmeda (caja de petri que contenía papel filtro y dos trozos de algodón humedecidos con agua), por espacio de 10 min. Con objeto de lograr una buena sedimentación de plaquetas
4. Se contaron las plaquetas (refringentes y esféricas), en el cuadrado central, que está dividido en 25 cuadraditos idéntico a los eritrocitos, por tanto en 5 de los 25 cuadraditos. Esto por duplicado, admitiéndose una diferencia no mayor al 10%

Cálculos

$$\text{N}^\circ \text{ de Plaquetas} = n \times \frac{400}{80} \times 20 \times 10$$

10. Recuento automatizado de las células sanguíneas

Fundamentos del recuento automático de las células sanguíneas.- La medida de la concentración de las células sanguíneas circulantes (eritrocitos, leucocitos y plaquetas) se realizó simultáneamente con la del tamaño (volumen celular). Para ello, los analizadores hematológicos automatizados utilizan las variaciones que ejercen las células cuando atraviesan un campo electromagnético. Estas variaciones son captadas por detectores colocadas estratégicamente y son procesadas para obtener los correspondientes datos cuantitativos que luego se expresan en tablas, histogramas y citogramas

Funcionamiento de los analizadores hematológicos automatizados

En general, todos los analizadores hematológicos aspiran un volumen exacto de sangre total (20-50 ul, según el equipo) que diluyeron automáticamente (1:200 para leucocitos, 1:40.000 para eritrocitos) en una cámara de mezcla. Esta aspiración la realizó a partir de un tubo que, siguiendo la normativa de la buena práctica de laboratorio clínico ha de ser cerrado

Para el recuento de células una vez diluidas son transferidas a otro recipiente y finalmente a los sistemas del recuento electrónico, y en menos de 60 segundos suministraron un completo informe de los aspectos cuantitativos (valores absolutos y relativos) de las células sanguíneas analizadas.

El sistema posee 2 baños, uno de eritrocitos y otro de leucocitos, en el baño de eritrocitos se encuentra una apertura de 50 µm y en el de los leucocitos otro de 100 µm.

En cada apertura se realizaron 3 recuentos de 4 segundos y se obtuvieron el promedio. En el baño de eritrocitos el sistema identificó los eritrocitos como aquellas partículas que poseen un volumen igual o mayor que 36 fL (fentolitro), en este mismo baño se realizó el recuento de plaquetas las cuales tienen un volumen entre 2 y 20 fL.

En el baño de leucocitos posterior a la dilución con diluyente isotónico, se aplicó agente lisante, el cual destruyó la membrana citoplasmática de eritrocitos y leucocitos, permaneciendo los núcleos intactos. Es así que las partículas que midieron 35 fL o más fueron contadas como leucocitos. Hay que hacer notar que los núcleos de eritroblastos que existieron fueron contados, por lo que si el instrumento sospecha de su presencia se deberá buscar en el frotis y de tener un número considerable, se debe corregir el recuento de leucocitos.

Posterior al recuento de leucocitos y utilizando la reacción química del lisante con la hemoglobina libre en la mezcla, se midió un complejo químico estable a 525 nm. El cual dependiendo del instrumento, puede ser realizado en el mismo baño o en una cubeta de flujo especialmente diseñada.

Consecuentemente los parámetros medidos fueron: Eritrocitos (RBC), Leucocitos (WBC), plaquetas (PLT) y hemoglobina (Hb)

Los parámetros derivados de las mediciones de volumen: Volumen corpuscular medio (VCM), ancho de distribución eritrocitaria (ADE) y volumen plaquetario medio (VPM)

Los parámetros calculados fueron: hematocrito (Hct), hemoglobina corpuscular media (HCM) y concentración corpuscular media (CHCM).

Etapas Postanalíticas

- Registro de exámenes en una base de datos
- Análisis estadístico e interpretación de resultados
- Elaboración del informe final.
- Entrega de resultados.

Control De Calidad

Fase Preanalítica

- Instrucciones de la toma de muestra
- Verificación de la correcta codificación de los tubos vacutainer
- Calidad de la muestra (cantidad)

Fase Analítica

- **Muestra**
 - Agitación de los tubos previo al procesamiento de las muestras (mezcla muestra-anticoagulante)
 - Eliminación de microcoágulos
 - Todas las terminaciones se trabajó por duplicado

- **Frotis**

- técnica del extendido: porta objetos y cubreobjetos

- **Control de calidad de la Tinción**

El procedimiento estandarizado y los tiempos adecuados, nos permitió observar los glóbulos rojos de color rosado, el núcleo de los linfocitos morado intenso, las granulaciones de los monocitos de color rosado, la membrana de los neutrófilos bien definida, el estroma de las plaquetas nítido, sin presencia de precipitado

- **Control de calidad de la determinación del hematocrito**

- Para controlar la calidad del empaquetamiento globular se centrifugó los mismos capilares por segunda vez, en un minuto más,
- Cuando se obtuvo un valor de hematocrito por encima de 50% se centrifugó el mismo capilar por otros 5 min.

Se comparo los valores obtenidos manualmente con los valores obtenidos por el método automático

- **Control de calidad de la determinación de la velocidad de sedimentación globular**

Se utilizó el Índice de Katz como control de calidad que consistió en proceder el llenado de la pipeta de Westergren y colocar en el tubo de soporte, dejar en reposo, 1 hora, .pasada la hora se dejó una hora más, se realizo la lectura a las horas diferentes y se obtuvo la media; es decir:

$$IK = A + B / 2$$

Donde

A = Primera horas de la VSG

B = Segunda hora de la VSG

- **Control de calidad mediante el examen de eritrocitos en films teñidos**

Se comparo los valores del recuento de eritrocitos y hemoglobina con la morfología de glóbulos rojos, alteraciones cromáticas, de estructura y de tamaño, ya que este fue comprobado con el cálculo de ancho de distribución eritrocitaria (ADE o RDW)

- **Control de calidad del recuento manual de reticulocitos**

El procedimiento estandarizado y los tiempos adecuados, nos permitió observar los reticulocitos como hematíes con granulaciones o filamentos, de color azul oscuro.

- **Control de calidad del recuento de leucocitos**

El conteo de leucocitos se correlaciono con el extendidoSe realizo el recuento absoluto de leucocitos tomando en cuenta 10 campos con objetivo de 40X y multiplicando por el factor de 200, se realizo este recuento en el extendido en forma de s itálica

- **Control de calidad del conteo de plaquetas**

El recuento de plaquetas fue confirmado por medio del extendido en donde se procedió a contar cinco campos multiplicando este por el hematocrito y el factor de 107. Es muy importante tener en cuenta que el anticoagulante EDTA puede inducir agregación plaquetaria; por tanto se puede informar falsos recuentos bajos de plaquetas mediante este método.

Control De Calidad Externo

Para el control de calidad externos se verificó los datos obtenidos del hematocrito, recuento de glóbulos rojos, índices hematimétricos, recuento de leucocitos, fórmula leucocitaria, recuento de plaquetas mediante el hemograma por el método automatizado (coulter) así mismo para el recuento de reticulocitos se verifico los resultados con los datos obtenidos en el laboratorio al que se derivo las muestras.

Para la cuantificación de la hemoglobina se utilizó los datos generados por el método automatizado (coulter), corroborándose los datos a través de las características cromáticas de los eritrocitos en los extendidos.

Análisis Estadístico

La información corregida fue procesada en una matriz general y la tabulación se lo realizó en una base de datos empelando el programa estadístico SPSS v20, los resultados se presentaron en tablas descriptivas con frecuencias y porcentajes simples, bivariadas y de triple, las gráficas de barras se los realizó con el programa Excel 2010, de acuerdo a los indicadores establecidos en la operalización de variables.

Para el análisis analítico se empleo la prueba de Chi cuadrado con un nivel de confianza del 95% valores menores a 0,05 se considero que existía significancia estadística.

10.7 Análisis y presentación de analisis

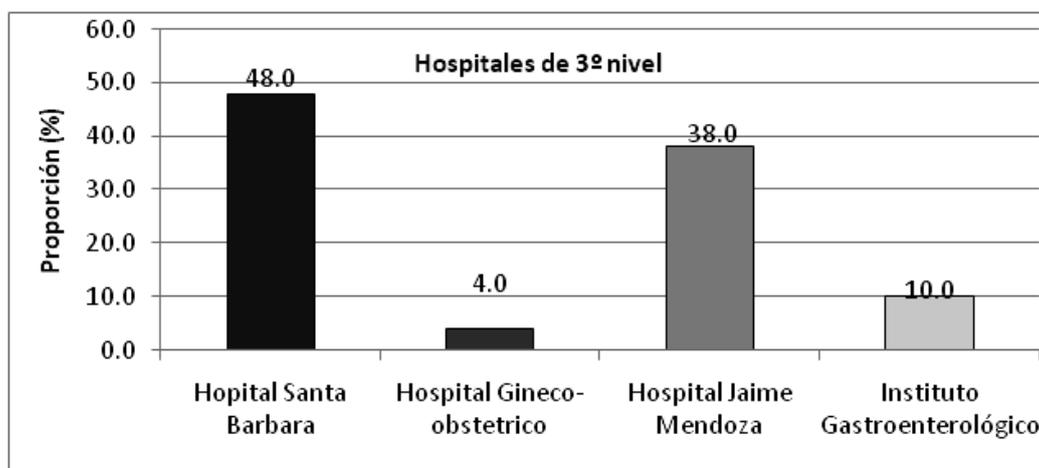
Presentación de resultados

Tablas descriptivas, gráficos e interpretación de resultados

Tabla 10.3 Distribución del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel. Sucre 2011

Hospitales	Frecuencia	%
Hospital Santa Bárbara	24	48,0
Hospital Gineco-obstetrico	2	4,0
Hospital Jaime Mendoza	19	38,0
Instituto Gastroenterológico	5	10,0
Total	50	100,0

Gráfico 10 Distribución del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel. Sucre 2011

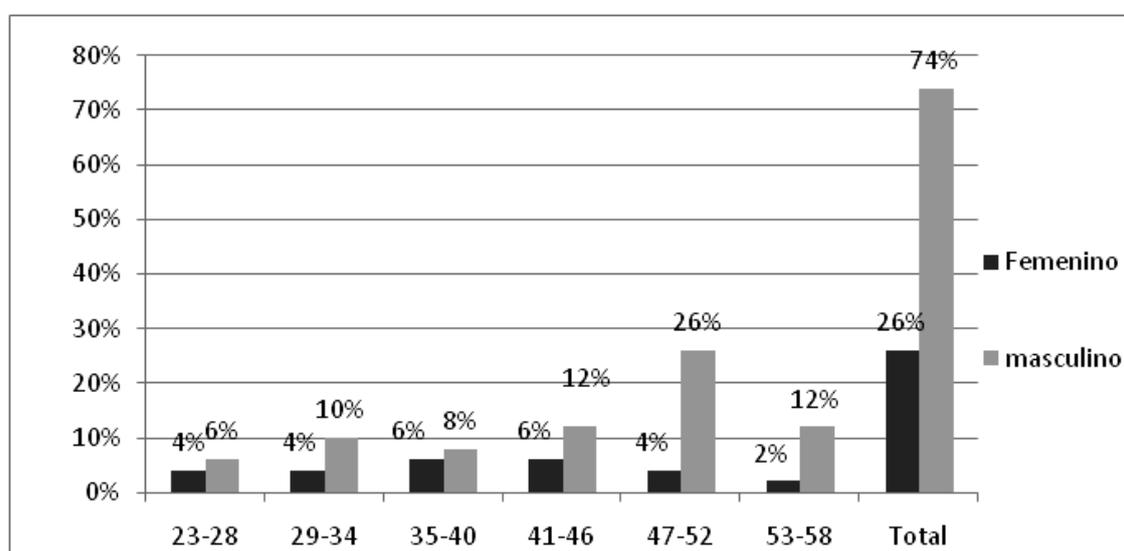


Del 100% del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes el 48% pertenece al hospital Santa Bárbara, 38% pertenece al Hospital Jaime Mendoza, 10% pertenece al Instituto Gastroenterológico y 4% pertenece al Hospital Gineco-obstetrico

Tabla 10.3 Distribución del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según grupo etario y sexo. Sucre 2011

Edad	Femenino	%	Masculino	%
23-28	2	4%	3	6%
29-34	2	4%	5	10%
35-40	3	6%	4	8%
41-46	3	6%	6	12%
47-52	2	4%	13	26%
53-58	1	2%	6	12%
Total	13	26%	37	74%

Gráfico 10.1 Distribución del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según grupo etario y sexo. Sucre 2011

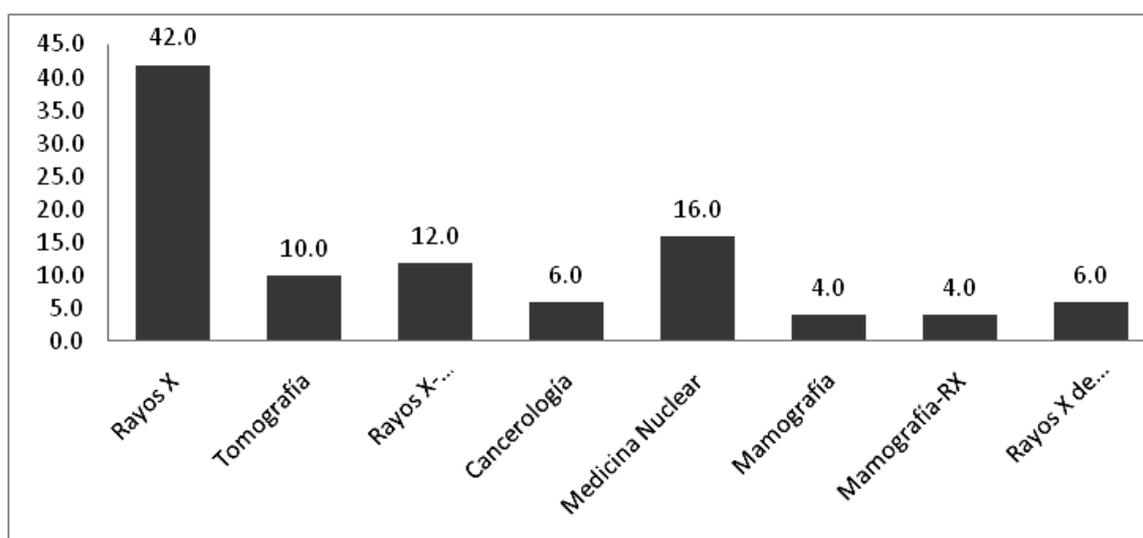


Se evidencia que existe una distribución heterogénea respecto al sexo dentro del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes en los hospitales del tercer nivel, existiendo un predominio del sexo masculino en un porcentaje del 74% frente al sexo femenino con un porcentaje del 26%, y respecto a la edad del personal el mayor porcentaje se encuentra comprendido entre las edades de 47 a 52 años. Es importante notar que el sexo femenino presenta un predominio en edad fértil consideradas entre los 21 y 40 años.

Tabla 10.4 Distribución del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según el área de trabajo. Sucre 2011

Área de trabajo	Frecuencia	%
Rayos X	21	42,0
Tomografía	5	10,0
Rayos X-Tomografía	6	12,0
Cancerología	3	6,0
Medicina Nuclear	8	16,0
Mamografía	2	4,0
Mamografía-RX	2	4,0
Rayos X de cancerología	3	6,0
Total	50	100,0

Gráfica 10.2 Distribución del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según el área de trabajo. Sucre 2011

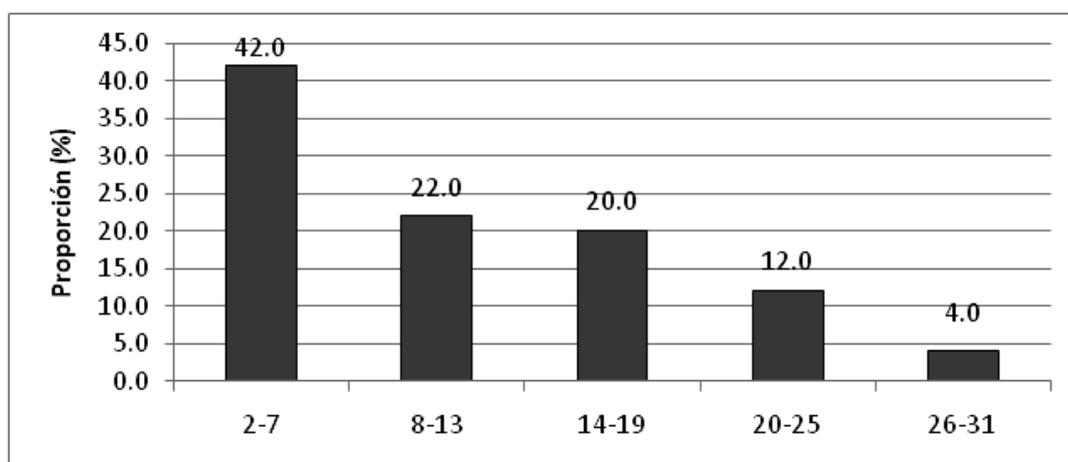


En esta tabla se puede inferir que la mayoría de los trabajadores de salud expuestos a radiaciones ionizantes de los hospitales de tercer nivel corresponden al área de rayos X con un 42%.

Tabla 10.5 Distribución del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según el tiempo trabajando. Sucre 2011

Tiempo trabajando (años)	Frecuencia	%
2-7	21	42,0
8-13	11	22,0
14-19	10	20,0
20-25	6	12,0
26-31	2	4,0
Total	50	100,0

Gráfica 10.3 Distribución del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según el tiempo trabajando. Sucre 2011

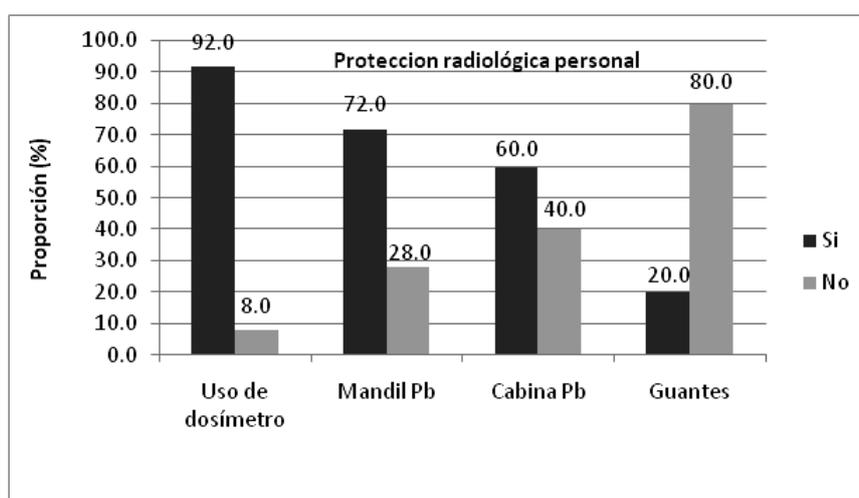


En cuanto a los años de trabajo del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes en los hospitales de tercer nivel el 42% trabaja entre 2-7 años, el 22% trabaja de 8-15 años, el 20% trabaja de 14-19 años, el 12% trabaja de 20 a 25 años, y el 4% trabaja de 26-31 años.

Tabla 10.6 Frecuencia de los dispositivos usados para la protección personal, por el personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel. Sucre 2011

Resultados	Protección radiológica personal							
	Uso de dosímetro		Mandil Pb		Cabina Pb		Guantes	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Si	46	92,0	36	72,0	30	60,0	10	20,0
No	4	8,0	14	28,0	20	40,0	40	80,0
Total	50	100	50	100	50	100	50	100

Gráfica 10.4 Frecuencia de los dispositivos usados para la protección personal, por el personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel. Sucre 2011

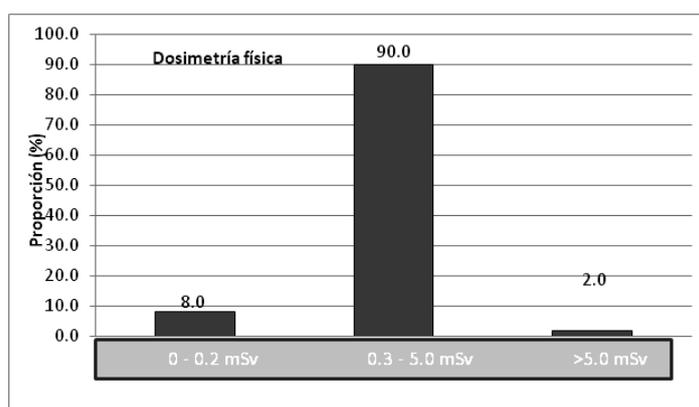


El personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes uso como protección radiológica el dosímetro en un 92%, el mandil plomado un 72%, la cabina un 60% , y los guantes plomados solo un 20%. Es importante mencionar que no son los únicos dispositivos, pero estos son los más usados.

Tabla 10.7 Valores de la dosimetría física del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel. Sucre 2011

Dosimetría física	Frecuencia	%
No tiene: 0-,2 mSv	4	8,0
Aceptable: 0,3-5.0 mSv	45	90,0
Inaceptable: >5.0 mSv	1	2,0
Total	50	100

Gráfica 10.5 Valores de la dosimetría física del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel. Sucre 2011



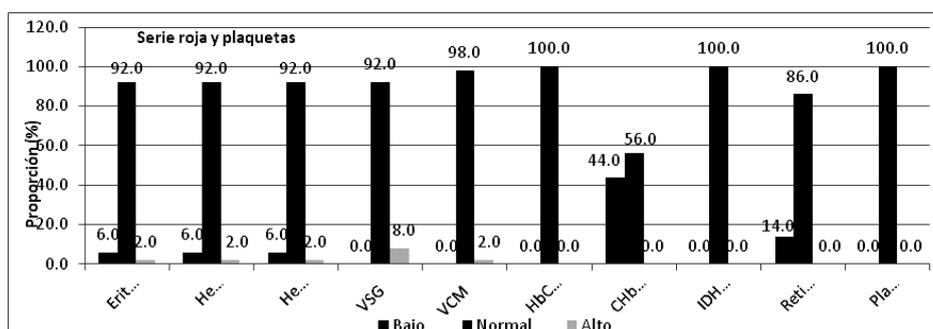
Del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, el 90% presentan valores dentro de los límites aceptables, comprendiendo valores aceptables de 0.3 a 5.0 mSv.

Tabla 10.8 Valores del hemograma de la serie roja y plaquetas de personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales del tercer nivel. Sucre 2011

Valores	Eritrocitos		Hemoglobina		Hematocrito		VSG		VCM	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Bajo	3	6,0	3	6,0	3	6,0	0	0,0	0	0,0
Normal	46	92,0	46	92,0	46	92,0	46	92,0	49	98,0
Alto	1	2,0	1	2,0	1	2,0	4	8,0	1	2,0
Total	50	100,0	50	100,0	50	100,0	50	100,0	50	100,0

HbCM		CHbCM		IDH o RDW		Reticulocitos		Plaquetas	
Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
0	0,0	22	44,0	0	0,0	7	14,0	0	0,0
50	100,0	28	56,0	50	100,0	43	86,0	50	100,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
50	100,0	50	100,0	50	100,0	50	100,0	50	100,0

Gráfica 10.6 Valores del hemograma de la serie roja y plaquetas de personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales del tercer nivel. Sucre 2011



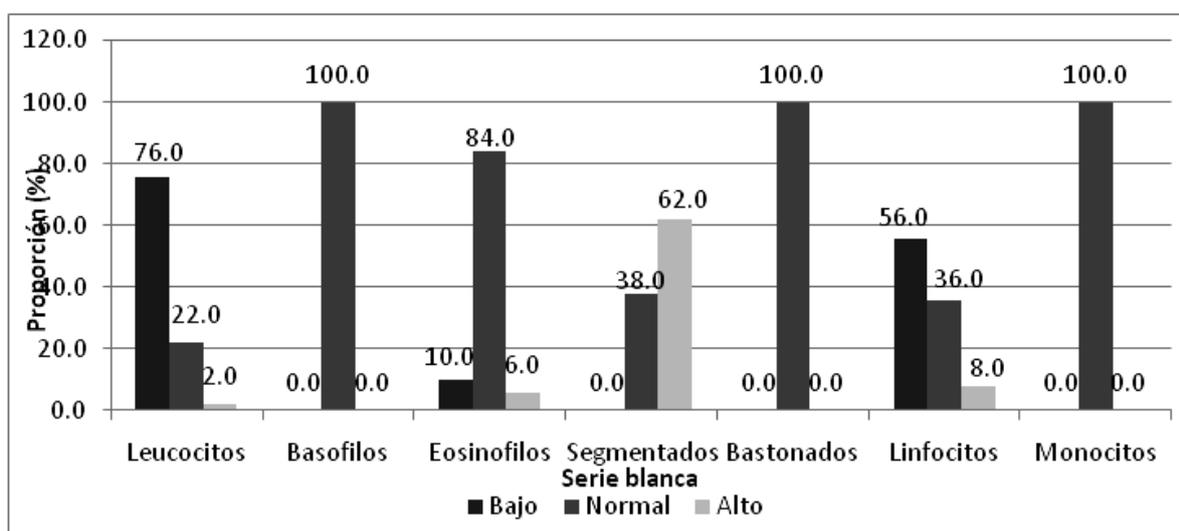
El personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes presentaron alteraciones: en el recuento de eritrocitos, la hemoglobina y el hematocrito presentando valores bajos en un 6% y valores altos en un 2%. Los índices eritrocitarios presentaron alteraciones del VCM con valores altos en un 2% , CCMH un 44% presentaron valores bajos, y los índices eritrocitarios de HbCM y RDW presentaron valores normales

Las alteraciones en el recuento de reticulocitos se presentaron en un 14% de valores bajos. En el recuento de plaquetas presentaron valores normales

Tabla 10.9 Valores del hemograma serie blanca del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel. Sucre 2011

Valores	Leucocitos		Basofilos		Eosinofilos		Segmentados		Bastonados		Linfocitos		Monocitos	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Bajo	38	76,0	0	0,0	5	10,0	0	0,0	0	0,0	28	56,0	0	0,0
Normal	11	22,0	50	100,0	42	84,0	19	38,0	50	100,0	18	36,0	50	100,0
Alto	1	2,0	0	0,0	3	6,0	31	62,0	0	0,0	4	8,0	0	0,0
Total	50	100,0	50	100,0	50	100,0	50	100,0	50	100,0	50	100,0	50	100,0

Gráfica 10.7 Valores del hemograma serie blanca del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel. Sucre 2011



Las alteraciones que presentaron el personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes fueron: en el recuento de leucocitos el 76% presentaron valores bajos y un 2% valores altos. En la lectura de la fórmula leucocitaria presentaron alteraciones en el recuento de segmentados del 62% con valores altos, los linfocitos el 56% con valores bajos y el 8% con valores altos, los eosinófilos el 10% presentaron valores bajos y el 6% valores altos. Los basófilos, bastonados y monocitos presentaron valores normales en la lectura de la fórmula leucocitaria.

Tabla 10.10 Valores medios y desviaciones estándares del hemograma, del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes en los hospitales del tercer nivel. Sucre, 2011

Leucocitos	50	2,30	10,10	4,9262	1,01035	1,021
Eritrocitos	50	3,80	5,66	5,0012	,42593	,181
Hemoglobina	50	11,25	18,58	14,8072	1,35633	1,840
Hematocrito	50	36	54	47,14	4,101	16,817
VSG	50	2	22	7,98	4,614	21,285
Plaquetas	50	153	320	227,18	45,810	2098,600
VCM	50	88,00	101,81	94,2938	1,89148	3,578
HCM	50	27,20	31,81	29,4852	,56644	,321
CCMH	50	30,50	32,50	31,4202	,32933	,108
RDW	50	13,40	14,70	14,0054	,04067	,128
Reticulocitos	50	,30	1,0	,4640	,32120	,103
Basofilos	50	0	2	,22	,465	,216
Eosinófilos	50	0	8	2,18	1,508	2,273
Segmentados	50	55	76	67,98	5,231	27,367
Bastonados	50	0	3	,28	,730	,532
Linfocitos	50	20	41	26,58	5,047	25,473
Monocitos	50	0	7	2,68	1,834	3,365

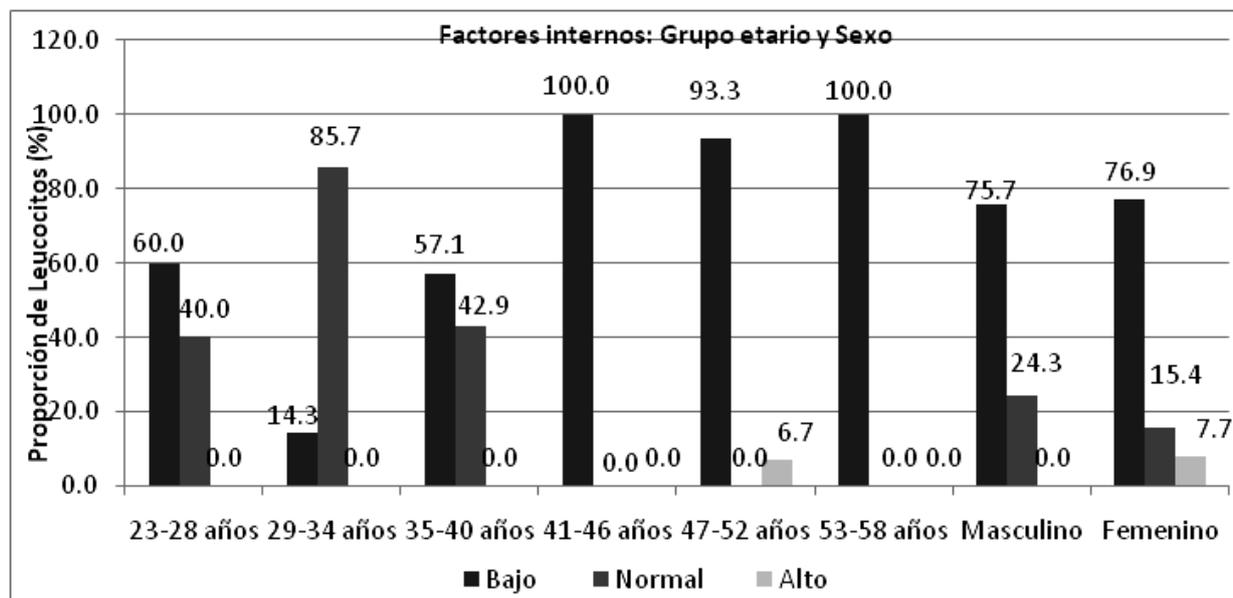
La media de los leucocitos se encuentra por debajo del rango referencial, de las determinaciones realizadas las medias se encuentran dentro del rango referencial.

Relación de los valores del Hemograma con los Factores Internos: Edad y Sexo

Tabla 10.11 Relación de los valores del recuento de leucocitos del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011

Leucocitos	Grupo etario												Sexo			
	23-28		29-34		35-40		41-46		47-52		53-58		Masculino		Femenino	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Bajo	3	60,0	1	14,3	4	57,1	9	100,0	14	93,3	7	100,0	28	75,7	10	76,9
Normal	2	40,0	6	85,7	3	42,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	9	24,3	2	15,4
Alto	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	6,7	0	0,0	0	0,0	1	7,7
Total	5	100,0	7	100,0	7	100,0	9	100,0	15	100,0	7	100,0	37	100,0	13	100,0
Chi cuadrado	30,0000												3,1980			
P	0,0009												0,2021			

Gráfica 10.8 Relación de los valores del recuento de leucocitos del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011



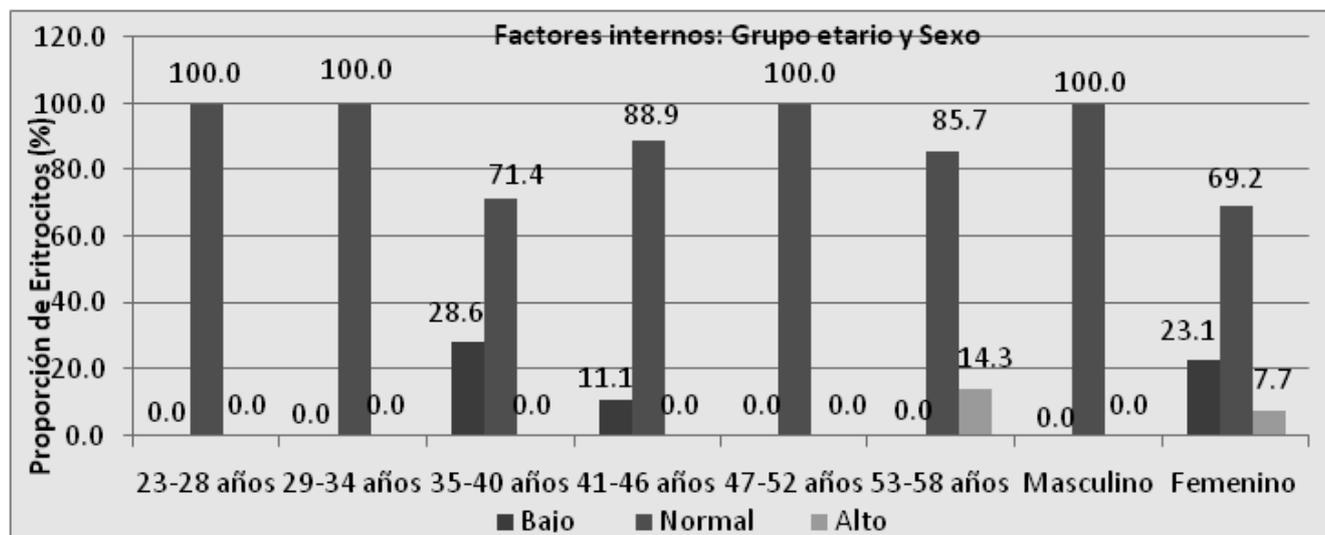
El personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, presentaron alteraciones en el recuento de leucocitos respecto al rango referencial, presentando mayor porcentaje de valores bajos entre las edades comprendidas de 41 a 46 y 53 a 58 años, con mayor predominio en el sexo femenino con un 76.9%, valores altos presentaron entre las edades de 47 a 52 años en un 6.7% y en el sexo femenino con 7.7%

Existe significancia estadística en relación del recuento de eritrocitos con el grupo etario porque se obtuvo el valor de p es 0.009 (significativo).

Tabla 10.12 Relación de los valores del recuento de eritrocitos del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011

Eritrocitos	Grupo etario												Sexo			
	23-28		29-34		35-40		41-46		47-52		53-58		Masculino		Femenino	
	N ^o	%														
Bajo	0	0,0	0	0,0	2	28,6	1	11,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	23,1
Normal	5	100,0	7	100,0	5	71,4	8	88,9	15	100,0	6	85,7	37	100,0	9	69,2
Alto	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	14,3	0	0,0	1	7,7
Total	5	100,0	7	100,0	7	100,0	9	100,0	15	100,0	7	100,0	37	100,0	13	100,0
Chi cuadrado	15,0680												12,3750			
p	0,1296												0,0021			

Gráfica 10.9 Relación de los valores del recuento de eritrocitos del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011

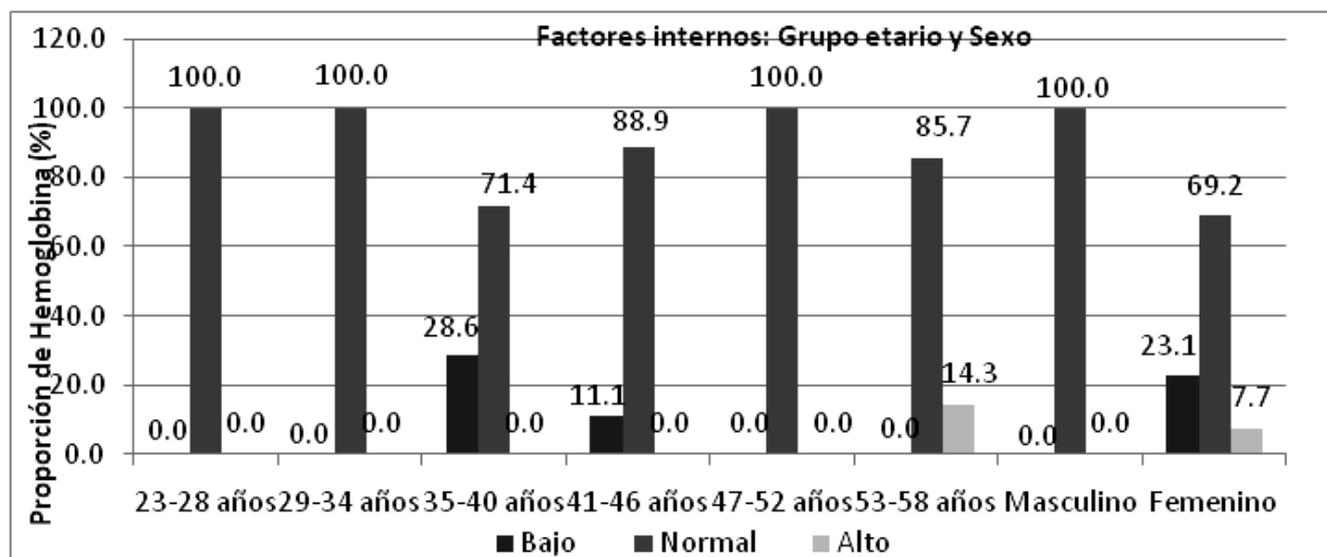


El personal de salud presenta alteraciones en el recuento de eritrocitos respecto al rango referencial, presentaron mayor porcentaje de valores bajos entre las edades de 35 a 40 años en un 28.6% y en el sexo femenino con un 23,1%. Los valores altos se encontraron entre las edades de 53 a 58 años en un 14.3% y en el sexo femenino en un 7.7%. Se encontró significancia estadística en la relación del recuento de eritrocitos con el sexo porque $p = 0.0021 > 0.05$ (significativo)

Tabla 10.13 Relación de los valores de la determinación de hemoglobina del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011

Hemoglobina	Grupo etario												Sexo			
	23-28		29-34		35-40		41-46		47-52		53-58		Masculino		Femenino	
	N ^o	%														
Bajo	0	0,0	0	0,0	2	28,6	1	11,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	23,1
Normal	5	100,0	7	100,0	5	71,4	8	88,9	15	100,0	6	85,7	37	100,0	9	69,2
Alto	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	14,3	0	0,0	1	7,7
Total	5	100,0	7	100,0	7	100,0	9	100,0	15	100,0	7	100,0	37	100,0	13	100,0
Chi cuadrado	15,0680												12,3750			
p	0,1296												0,0021			

Gráfica10.10 Relación de los valores de la determinación de hemoglobina del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011

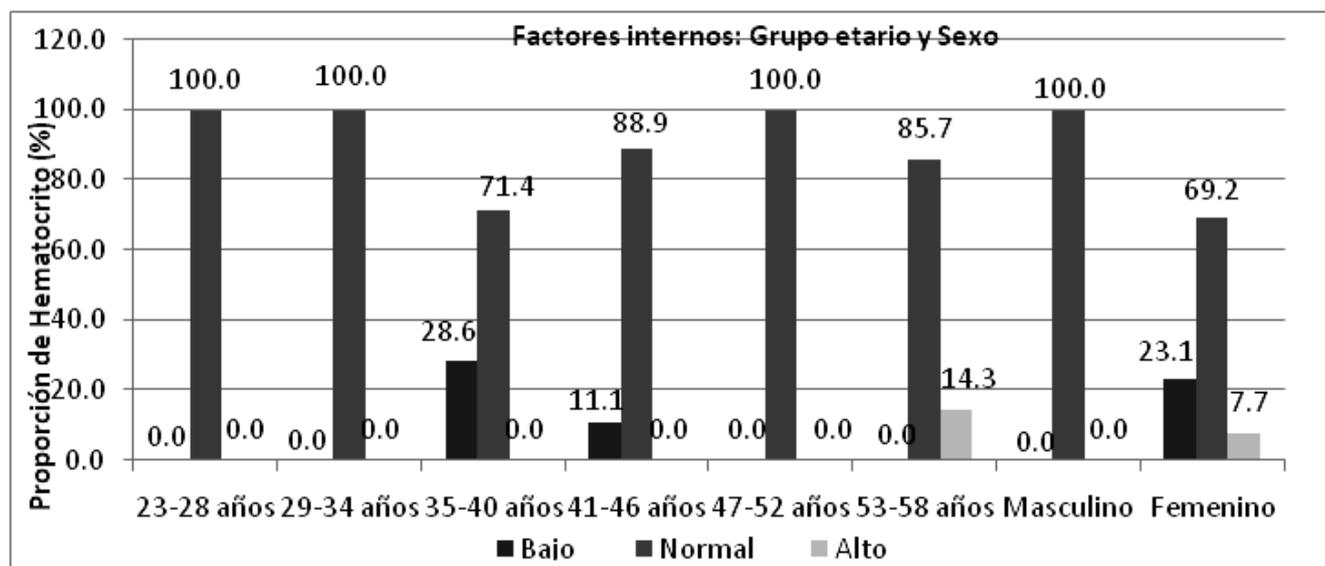


El personal de salud presenta alteraciones en la cuantificación de hemoglobina respecto al rango referencial, presentando mayor porcentaje de valores bajos entre las edades de 35 a 40 años en un 28.6% y en el sexo femenino con un 23,1%. Los valores altos se encontraron entre las edades de 53 a 58 años en un 14.3% y en el sexo femenino en un 7.7%. Se encontró significancia estadística en la relación del recuento de eritrocitos con el sexo porque $p = 0.0021 > 0.05$ (significativo)

Tabla10.14 Relación de los valores de la determinación del hematocrito del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011

Hematocrito	Grupo etario												Sexo			
	23-28		29-34		35-40		41-46		47-52		53-58		Masculino		Femenino	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Bajo	0	0,0	0	0,0	2	28,6	1	11,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	23,1
Normal	5	100,0	7	100,0	5	71,4	8	88,9	15	100,0	6	85,7	37	100,0	9	69,2
Alto	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	14,3	0	0,0	1	7,7
Total	5	100,0	7	100,0	7	100,0	9	100,0	15	100,0	7	100,0	37	100,0	13	100,0
Chi cuadrado	15,0680												12,3750			
p	0,1296												0,0021			

Gráfica 10.11 Relación de los valores de la determinación del hematocrito del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011

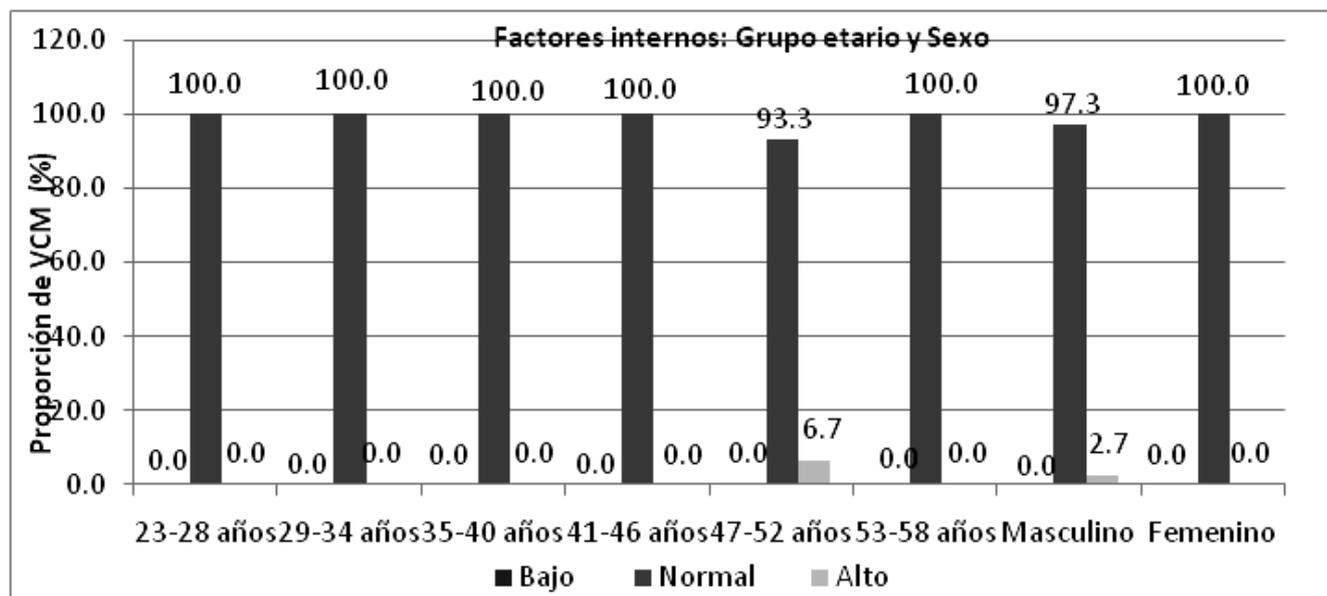


El personal de salud presenta alteraciones en la determinación del hematocrito respecto al rango referencial, presentando mayor porcentaje de valores bajos entre las edades de 35 a 40 años en un 28.6% y en el sexo femenino con un 23,1%. Los valores altos se encuentran entre las edades de 53 a 58 años en un 14.3% y en el sexo femenino en un 7.7%. Se encontró significancia estadística en la relación del recuento de eritrocitos con el sexo porque $p = 0.0021 > 0.05$ (significativo)

Tabla 10.15 Relación de los valores de la determinación de VCM del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011

VCM	Grupo etario												Sexo			
	23-28		29-34		35-40		41-46		47-52		53-58		Masculino		Femenino	
	N _o	%														
Bajo	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Normal	5	100,0	7	100,0	7	100,0	9	100,0	14	93,3	7	100,0	36	97,3	13	100,0
Alto	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	6,7	0	0,0	1	2,7	0	0,0
Total	5	100,0	7	100,0	7	100,0	9	100,0	15	100,0	7	100,0	37	100,0	13	100,0
Chi cuadrado	2,3810												0,3590			
p	0,7943												0,5493			

10.12 Relación de los valores de la determinación de VCM del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011

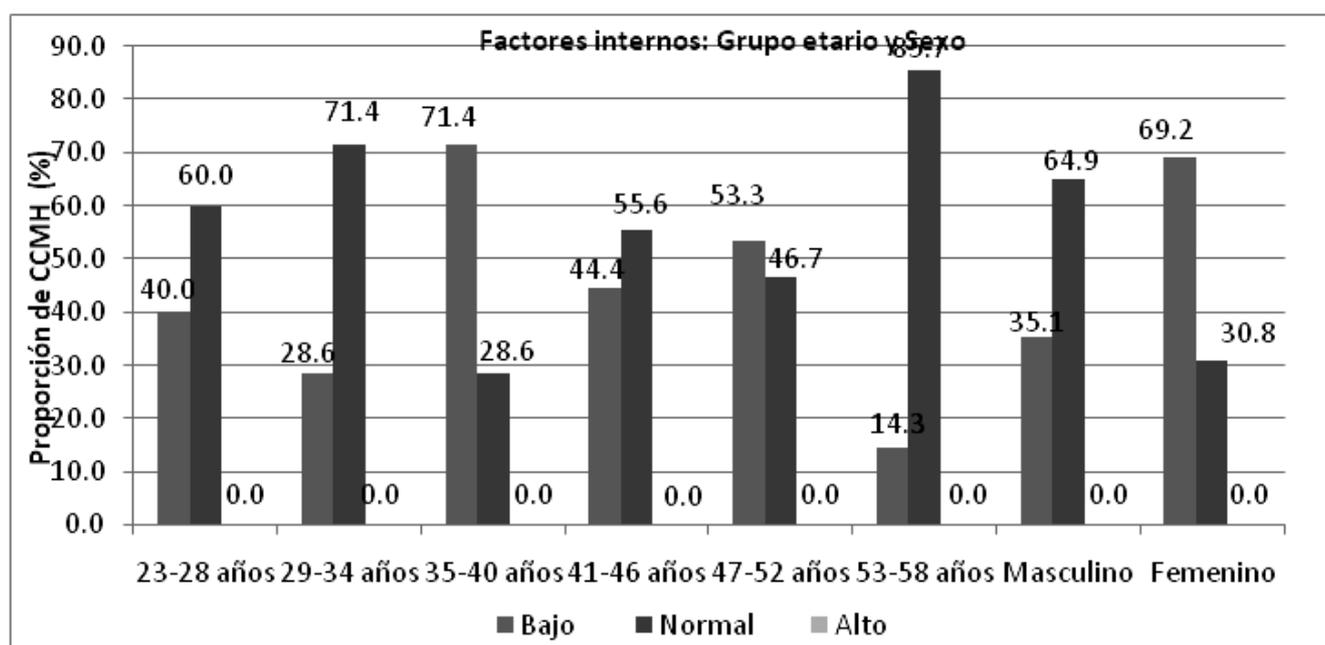


Se puede evidenciar que el personal de salud comprendido entre las edades de 47 a 52 años un 6.7% con predominio en el sexo masculino con un 2.7% presentan valores por encima del rango de referencia., no existiendo significancia estadística por presentan los valores de p mayor a 0.05

Tabla 10.16 Relación de los valores de la determinación de CCMH del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011

CCMH	Grupo etario												Sexo			
	23-28		29-34		35-40		41-46		47-52		53-58		Masculino		Femenino	
	N ^o	%														
Bajo	2	40,0	2	28,6	5	71,4	4	44,4	8	53,3	1	14,3	13	35,1	9	69,2
Normal	3	60,0	5	71,4	2	28,6	5	55,6	7	46,7	6	85,7	24	64,9	4	30,8
Alto	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	5	100,0	7	100,0	7	100,0	9	100,0	15	100,0	7	100,0	37	100,0	13	100,0
Chi cuadrado	5,8850												4,5390			
P	0,3175												0,0331			

Gráfica 10.13 Relación de los valores de la determinación de CCMH del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011

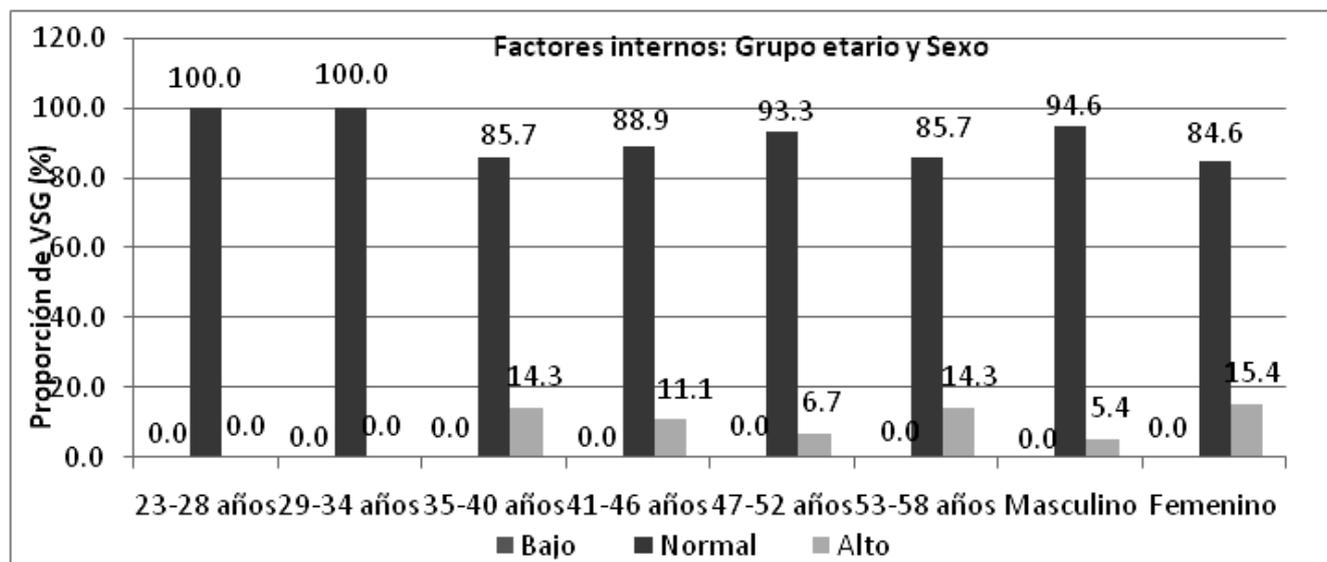


El 71.4% del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes entre las edades comprendidas de 35 a 40 años con un predominio del sexo femenino con un 69.2% presentaron valores discretamente por debajo del rango de referencia, presentando una desviación estándar de $\pm 0,329$. Se encontró significancia estadística en la relación del índice eritrocitario CCMH con el sexo dando un valor de $p=0.0331$ (significativo)

Tabla 10.17 Relación de los valores de la determinación de VSG del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011

VSG	Grupo etario												Sexo			
	23-28		29-34		35-40		41-46		47-52		53-58		Masculino		Femenino	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Bajo	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Normal	5	100,0	7	100,0	6	85,7	8	88,9	14	93,3	6	85,7	35	94,6	11	84,6
Alto	0	0,0	0	0,0	1	14,3	1	11,1	1	6,7	1	14,3	2	5,4	2	15,4
Total	5	100,0	7	100,0	7	100,0	9	100,0	15	100,0	7	100,0	37	100,0	13	100,0
Chi cuadrado	1,9500												1,3020			
p	0,8561												0,2539			

Gráfica 10.14 Relación de los valores de la determinación de VSG del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011

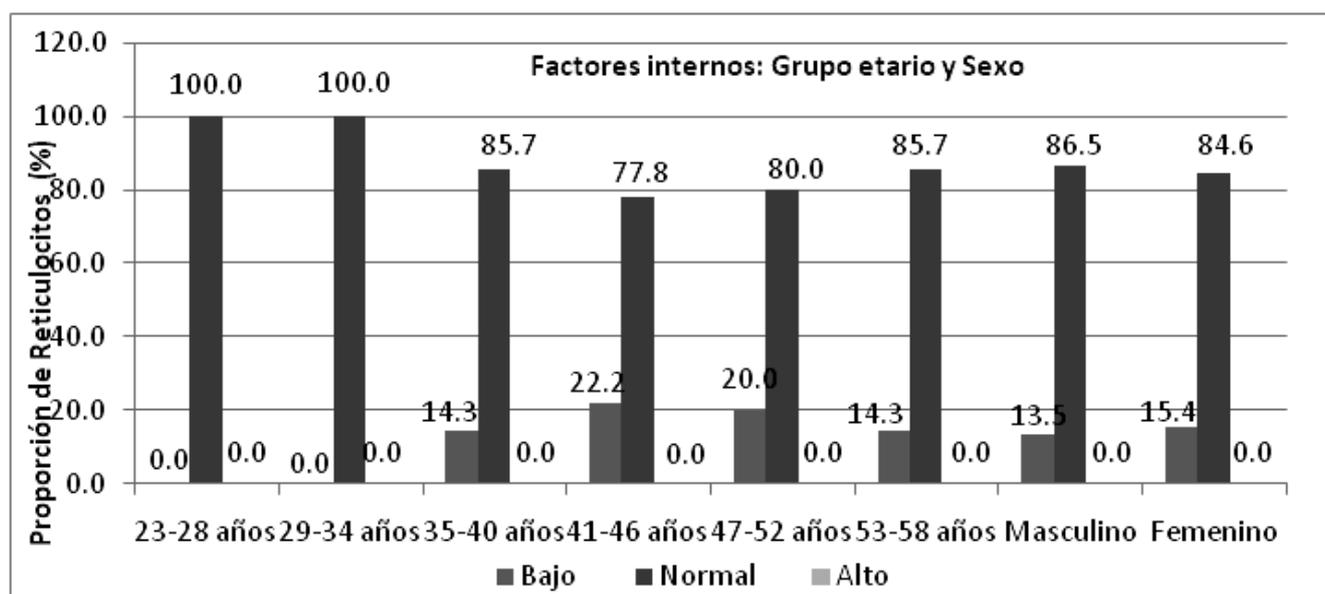


El personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes presenta alteraciones en la velocidad de sedimentación globular, presentando valores acelerados entre las edades de 35 a 40 años en un 14.3%, con predominio en el sexo femenino con un 15.4%, no encontrando significancia estadística porque los valores de p son mayores a 0.05

Tabla 10.18 Relación de los valores de la determinación del reticulocitos del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011

Reticulocitos	Grupo etario												Sexo			
	23-28		29-34		35-40		41-46		47-52		53-58		Masculino		Femenino	
	N ^o	%														
Bajo	0	0,0	0	0,0	1	14,3	2	22,2	3	20,0	1	14,3	5	13,5	2	15,4
Normal	5	100,0	7	100,0	6	85,7	7	77,8	12	80,0	6	85,7	32	86,5	11	84,6
Alto	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	5	100,0	7	100,0	7	100,0	9	100,0	15	100,0	7	100,0	37	100,0	13	100,0
Chi cuadrado	2,9080												0,0280			
p	0,7141												0,8672			

Gráfica 10.15 Relación de los valores de la determinación del reticulocitos del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011

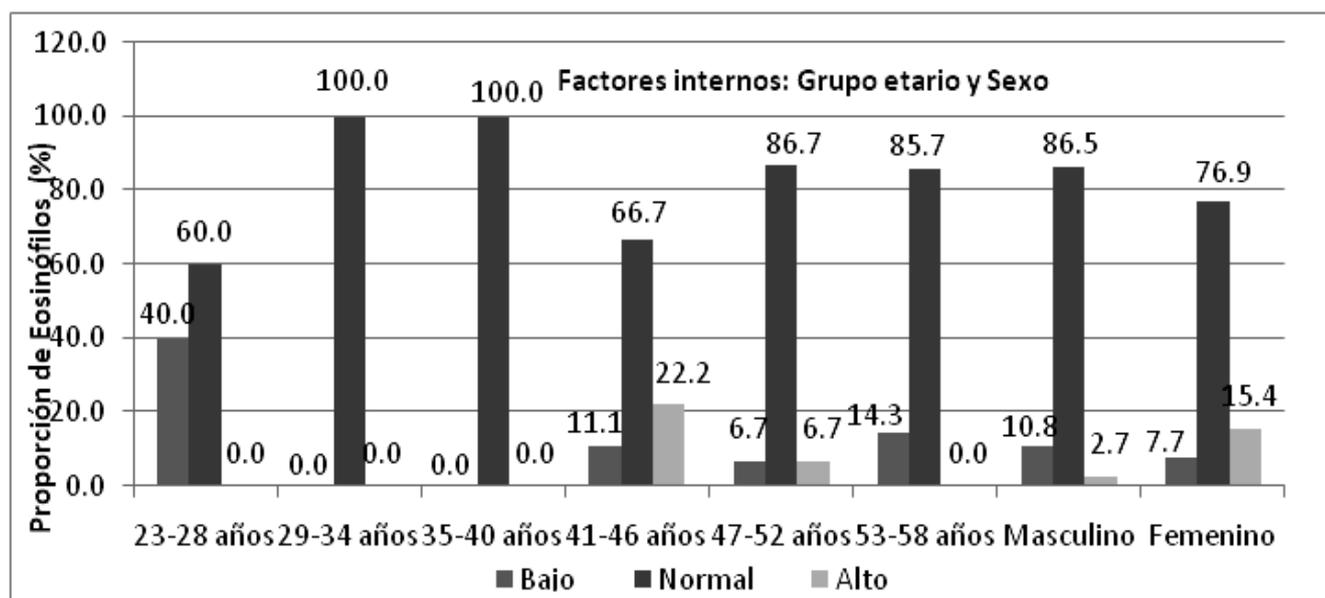


El mayor porcentaje del personal de la salud expuesto a radiaciones ionizantes que presenta valores bajos por debajo del rango de referencia se encuentran entre las edades comprendidas de 41 a 46 años con un porcentaje del 22.2%, con un predominio en el sexo femenino con un 15,4%, no encontrándose significancia estadística por presentarse los valores p mayor a 0.05.

Tabla 10.19 Relación de los valores del recuento de eosinófilos del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011

Eosinófilos	Grupo etario												Sexo			
	23-28		29-34		35-40		41-46		47-52		53-58		Masculino		Femenino	
	N ^o	%														
Bajo	2	40,0	0	0,0	0	0,0	1	11,1	1	6,7	1	14,3	4	10,8	1	7,7
Normal	3	60,0	7	100,0	7	100,0	6	66,7	13	86,7	6	85,7	32	86,5	10	76,9
Alto	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	22,2	1	6,7	0	0,0	1	2,7	2	15,4
Total	5	100,0	7	100,0	7	100,0	9	100,0	15	100,0	7	100,0	37	100,0	13	100,0
Chi cuadrado	12,8310												2,7770			
p	0,2332												0,2495			

Gráfica 10.16 Relación de los valores del recuento de eosinófilos del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011

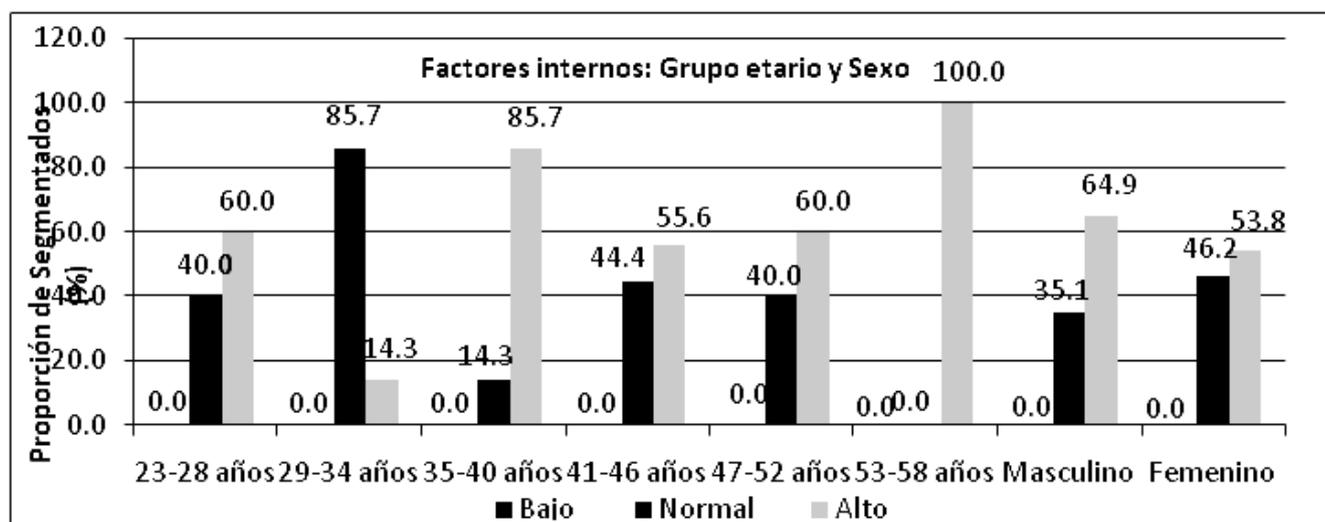


El 40% del personal de salud expuesto a las radiaciones ionizantes entre las edades de 23 a 28 años, con predominio del sexo masculino con un 10.8% presentaron valores bajos y un 22.2% del personal entre las edades de 41 a 46 años con predominio del sexo femenino con un 15.4% presentaron valores altos en el recuento de eosinófilos, no encontrándose significancia estadística porque los valores de p son mayores a 0.05.

Tabla 10.19 Relación de los valores del recuento de segmentados del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011

Segmentados	Grupo etario												Sexo			
	23-28		29-34		35-40		41-46		47-52		53-58		Masculino		Femenino	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Bajo	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Normal	2	40,0	6	85,7	1	14,3	4	44,4	6	40,0	0	0,0	13	35,1	6	46,2
Alto	3	60,0	1	14,3	6	85,7	5	55,6	9	60,0	7	100,0	24	64,9	7	53,8
Total	5	100,0	7	100,0	7	100,0	9	100,0	15	100,0	7	100,0	37	100,0	13	100,0
Chi cuadrado	12,9180												0,4960			
p	0,0242												0,4814			

Gráfica 10.17 Relación de los valores del recuento de segmentados del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011

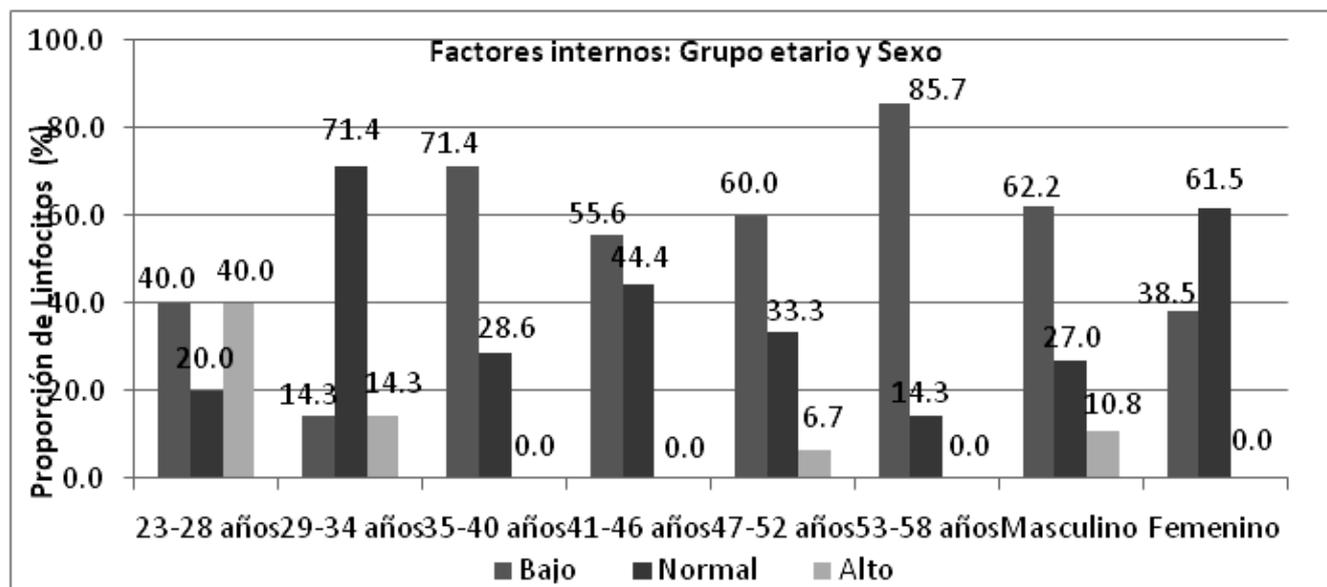


Las alteraciones en el recuento de segmentados que presentan valores por encima del rango de referencia se encuentran comprendidas entre las edades de 53 a 58 años con un porcentaje del 100% y con mayor predominio en el sexo masculino con un 64.9% del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes. Se encontró relación estadística entre el recuento de segmentados con la edad obteniendo el valor de $p = 0.0242$ (significativo), y no así con el sexo porque el valor de p es mayor a 0.05.

Tabla 10.20 Relación de los valores del recuento de linfocitos del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011

Linfocitos	Grupo etario												Sexo			
	23-28		29-34		35-40		41-46		47-52		53-58		Masculino		Femenino	
	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%
Bajo	2	40,0	1	14,3	5	71,4	5	55,6	9	60,0	6	85,7	23	62,2	5	38,5
Normal	1	20,0	5	71,4	2	28,6	4	44,4	5	33,3	1	14,3	10	27,0	8	61,5
Alto	2	40,0	1	14,3	0	0,0	0	0,0	1	6,7	0	0,0	4	10,8	0	0,0
Total	5	100,0	7	100,0	7	100,0	9	100,0	15	100,0	7	100,0	37	100,0	13	100,0
Chi cuadrado	16,4950												5,5530			
p	0,0863												0,0623			

Gráfica 10.18 Relación de los valores del recuento de linfocitos del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011



Las alteraciones en el recuento de linfocitos, que se encuentra en el personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, son valores por encima del rango de referencia, comprendidas entre las edades de 23 a 28 años con un porcentaje del 40% con predominio del sexo masculino con un 10.8%, valores bajos se presentaron entre las edades de 53 a 58 años en un 85.7% con el predominio del sexo masculino con un 62.2%, no encontrando significancia estadística porque los valores de obtenidos son mayores a 0.05

Resultados de la relación de los valores del hemograma con los factores externos: área de trabajo, años trabajados y protección radiológica

Tabla 10.21 Relación de los valores del recuento de leucocitos del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales del tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011

Leucocitos	Área de Trabajo ²															
	1		2		3		4		5		6		7		8	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Bajo	18	85,7	3	60,0	6	100,0	1	33,3	6	75,0	2	100,0	1	50,0	1	33,3
Normal	3	14,3	2	40,0	0	0,0	2	66,7	1	12,5	0	0,0	1	50,0	2	66,7
Alto	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	12,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	21	100,0	5	100,0	6	100,0	3	100,0	8	100,0	2	100,0	2	100,0	3	100,0
Chi cuadrado	17,4480															
p	0,2331															

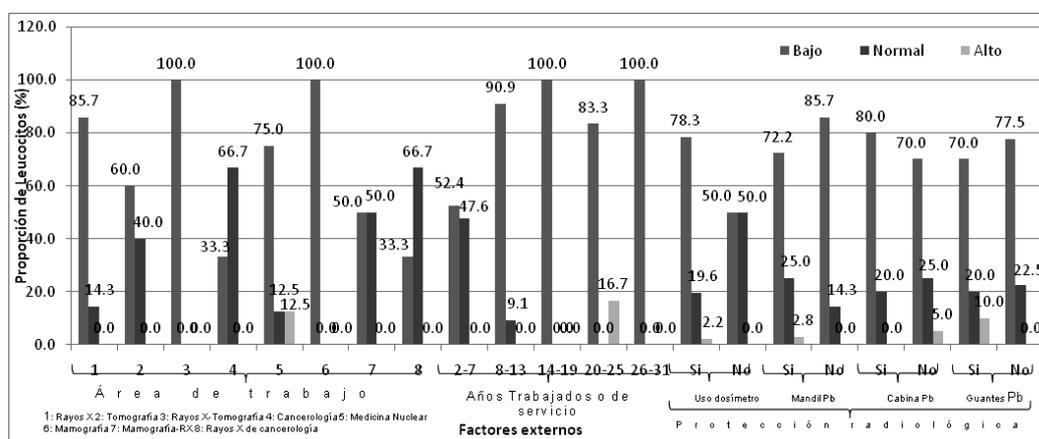
Los resultados que no se alteraron en la relación de los valores del hemograma con los factores internos se encuentran en (Anexo 11)

1=Rayos X, 2= Tomografía, 3= Rayos X-Tomografía, 4=Cancerología, 5= Medicina nuclear, 6=Mamografía, 7=Mamografía – Rayos X, 8= Rayos X cancerología

Años trabajos o de servicio									
2-7		8-13		14-19		20-25		26-31	
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
11	52,4	10	90,9	10	100,0	5	83,3	2	100,0
10	47,6	1	9,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	16,7	0	0,0
21	100,0	11	100,0	10	100,0	6	100,0	2	100,0
21,2070									
0,0066									

Protección radiológica															
Dosímetro				Mandil Pb				Cabina Pb				Guantes Pb			
Si		No		Si		No		Si		No		Si		No	
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
36	78,3	2	50,0	26	72,2	12	85,7	24	80,0	14	70,0	7	70,0	31	77,5
9	19,6	2	50,0	9	25,0	2	14,3	6	20,0	5	25,0	2	20,0	9	22,5
1	2,2	0	0,0	1	2,8	0	0,0	0	0,0	1	5,0	1	10,0	0	0,0
46	100,0	4	100,0	36	100,0	14	100,0	30	100,0	20	100,0	10	100,0	40	100,0
2,0230				1,1560				1,7940				4,0820			
0,3637				0,5609				0,4077				0,1299			

Gráfico 10. 19 Relación de los valores del recuento de leucocitos del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales del tercer nivel, según factores internos. Sucre 2011



Esta tabla demuestra que el personal de salud que trabaja en el área de rayos X- tomografía y mamografía el 100% presenta valores bajos y un 12.5% del personal de salud que trabaja en el área de medicina nuclear presenta valores altos. El personal de salud que trabaja de 14 a 19 y de 26 a 31 años el 100% presenta valores bajos y un 16.7% del personal que trabaja ente 20 a 25 años presentan valores altos. Del personal de salud que no utiliza como protección radiológica personal el mandil plomado el 85.7% presentan valores bajos, los que utilizan guantes plomados un 10% presenta valores por encima del rango.

Estadísticamente con respecto al tiempo trabajando expuesto a radiaciones ionizantes en años con relación al recuento de leucocitos da un valor de $p > 0.0055$ (significativo).

Tabla 10.22 Relación de los valores del recuento de eritrocitos del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores externos. Sucre 2011

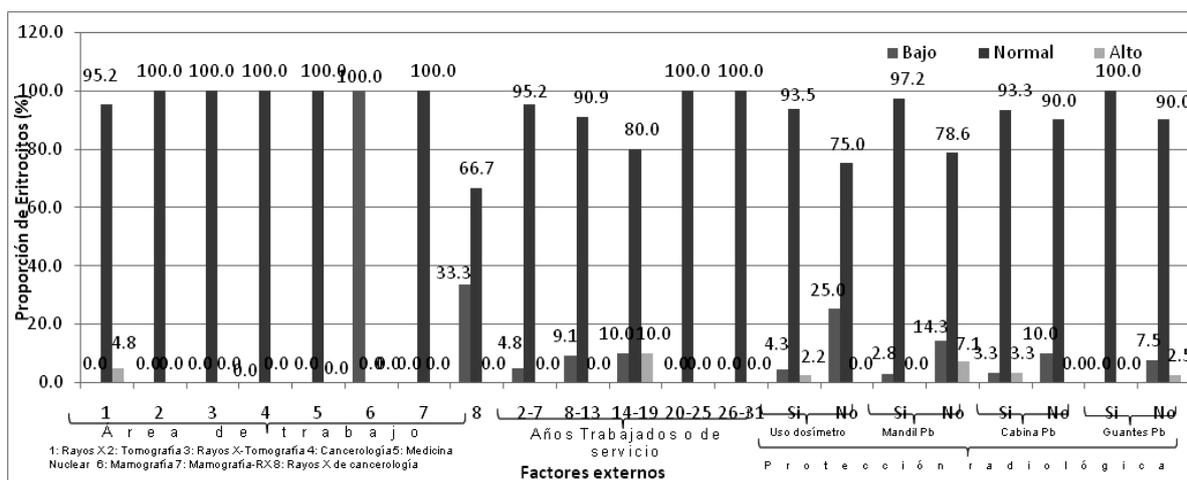
Eritrocitos	Área de Trabajo ³															
	1		2		3		4		5		6		7		8	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Bajo	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	100,0	0	0,0	1	33,3
Normal	20	95,2	5	100,0	6	100,0	3	100,0	8	100,0	0	0,0	2	100,0	2	66,7
Alto	1	4,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	21	100,0	5	100,0	6	100,0	3	100,0	8	100,0	2	100,0	2	100,0	3	100,0
Chi cuadrado	39,5100															
p	0,0003															

Años trabajos o de servicio											
2-7		8-13		14-19		20-25		26-31			
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1	4,8	1	9,1	1	10,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
#	95,2	10	90,9	8	80,0	6	100,0	2	100,0		
0	0,0	0	0,0	1	10,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
21	100,0	11	100,0	10	100,0	6	100,0	2	100,0		
5,2130											
0,7346											

Protección radiológica															
Dosímetro				Mandil Pb				Cabina Pb				Guantes Pb			
Si		No		Si		No		Si		No		Si		No	
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
2	4,3	1	25,0	1	2,8	2	14,3	1	3,3	2	10,0	0	0,0	3	7,5
43	93,5	3	75,0	35	97,2	11	78,6	28	93,3	18	90,0	10	100,0	36	90,0
1	2,2	0	0,0	0	0,0	1	7,1	1	3,3	0	0,0	0	0,0	1	2,5
46	100,0	4	100,0	36	100,0	14	100,0	30	100,0	20	100,0	10	100,0	40	100,0
2,8390				5,1770				1,5700				1,0870			
0,2418				0,0751				0,4561				0,5807			

1=Rayos X, 2= Tomografía, 3= Rayos X-Tomografía, 4=Cancerología, 5= Medicina nuclear, 6=Mamografía, 7=Mamografía – Rayos X, 8= Rayos X cancerología

Gráfica 10.20 Relación de los valores del recuento de eritrocitos del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores externos. Sucre 2011



Esta tabla demuestra que el personal de salud que trabaja en el área de mamografía, el 100% presenta valores bajos. El personal de salud que trabaja entre 14 a 19 años un 10% presenta valores bajos. Del personal de salud que no utiliza el dosímetro como protección radiológica personal, un 25% presentan valores bajos. Existe significancia estadística respecto al área de trabajo y el recuento de eritrocitos, porque el valor de p es 0.0003 (significativo)

Tabla 10.23 Relación de los valores de la determinación de la hemoglobina del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores externos. Sucre 2011

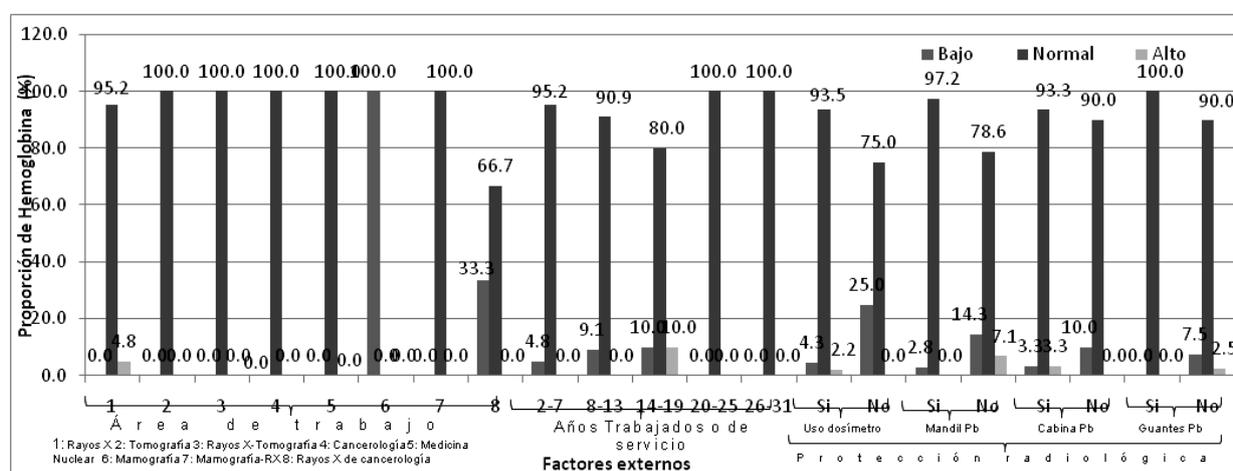
Hemoglobina	Área de Trabajo ⁴															
	1		2		3		4		5		6		7		8	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Bajo	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	100,0	0	0,0	1	33,3
Normal	20	95,2	5	100,0	6	100,0	3	100,0	8	100,0	0	0,0	2	100,0	2	66,7
Alto	1	4,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	21	100,0	5	100,0	6	100,0	3	100,0	8	100,0	2	100,0	2	100,0	3	100,0
Chi cuadrado	39,5100															
p	0,0003															

Años trabajos o de servicio											
2-7		8-13		14-19		20-25		26-31			
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1	4,8	1	9,1	1	10,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
#	95,2	10	90,9	8	80,0	6	100,0	2	100,0	2	100,0
0	0,0	0	0,0	1	10,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
21	100,0	11	100,0	10	100,0	6	100,0	2	100,0	2	100,0
5,2130											
0,7346											

1=Rayos X, 2= Tomografía, 3= Rayos X-Tomografía, 4=Cancerología, 5= Medicina nuclear, 6=Mamografía, 7=Mamografía – Rayos X, 8= Rayos X cancerología

Protección radiológica															
Dosímetro				Mandil Pb				Cabina Pb				Guantes Pb			
Si		No		Si		No		Si		No		Si		No	
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
2	4,3	1	25,0	1	2,8	2	14,3	1	3,3	2	10,0	0	0,0	3	7,5
4	93,5	3	75,0	3	97,2	1	78,6	2	93,3	1	90,0	10	100,0	3	90,0
3				5		1		8		8				6	
1	2,2	0	0,0	0	0,0	1	7,1	1	3,3	0	0,0	0	0,0	1	2,5
4	100,0	4	100,0	3	100,0	1	100,0	3	100,0	2	100,0	10	100,0	4	100,0
6				6		4		0		0				0	
2,8390				5,1770				1,5700				1,0870			
0,2418				0,0751				0,4561				0,5807			

Gráfico 10.21 Relación de los valores de la determinación de la hemoglobina del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores externos. Sucre2011



Esta tabla demuestra que el personal de salud que trabaja en el área de mamografía, el 100% presenta valores bajos. El personal de salud que trabaja entre 14 a 19 años un 10% presenta valores bajos y un 10% valores altos. Del personal de salud que no utiliza el dosímetro como protección radiológica personal, un 25% presentan valores bajos y un 7.1% del personal que no utiliza mandil plomado presentan valores altos. Existe significancia estadística respecto al área de trabajo y el recuento de eritrocitos, porque el valor de p es 0.0003 (significativo).

Tabla 10.24 Relación de los valores de la determinación del hematocrito del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores externos. Sucre 2011

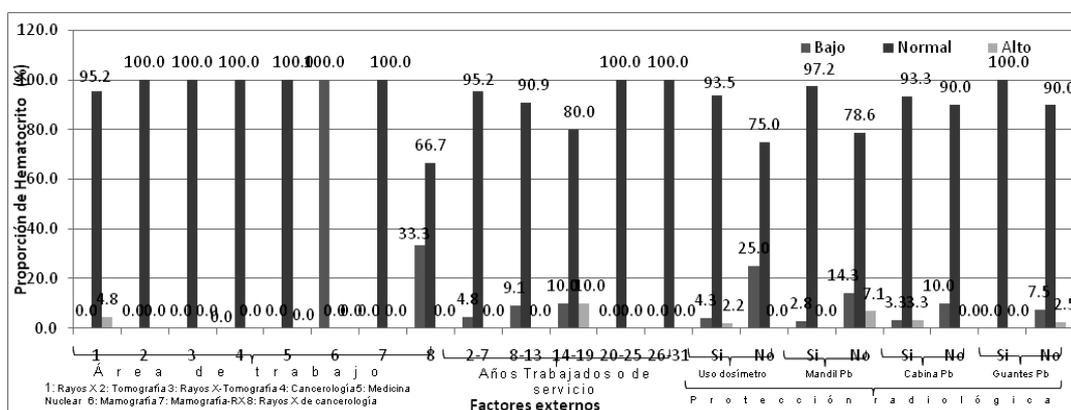
Hematocrito	Área de Trabajo ⁵															
	1		2		3		4		5		6		7		8	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Bajo	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	100,0	0	0,0	1	33,3
Normal	20	95,2	5	100,0	6	100,0	3	100,0	8	100,0	0	0,0	2	100,0	2	66,7
Alto	1	4,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	21	100,0	5	100,0	6	100,0	3	100,0	8	100,0	2	100,0	2	100,0	3	100,0
Chi cuadrado	39,5100															
p	0,0003															

Años trabajos o de servicio										
2-7		8-13		14-19		20-25		26-31		
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
1	4,8	1	9,1	1	10,0	0	0,0	0	0,0	
#	95,2	10	90,9	8	80,0	6	100,0	2	100,0	
0	0,0	0	0,0	1	10,0	0	0,0	0	0,0	
21	100,0	11	100,0	10	100,0	6	100,0	2	100,0	
5,2130										
0,7346										

Protección radiológica															
Dosímetro				Mandil Pb				Cabinas Pb				Guantes Pb			
Si		No		Si		No		Si		No		Si		No	
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
2	4,3	1	25,0	1	2,8	2	14,3	1	3,3	2	10,0	0	0,0	3	7,5
43	93,5	3	75,0	35	97,2	11	78,6	28	93,3	18	90,0	10	100,0	36	90,0
1	2,2	0	0,0	0	0,0	1	7,1	1	3,3	0	0,0	0	0,0	1	2,5
46	100,0	4	100,0	36	100,0	14	100,0	30	100,0	20	100,0	10	100,0	40	100,0
2,8390				5,1770				1,5700				1,0870			
0,2418				0,0751				0,4561				0,5807			

1=Rayos X, 2= Tomografía, 3= Rayos X-Tomografía, 4=Cancerología, 5= Medicina nuclear, 6=Mamografía, 7=Mamografía – Rayos X, 8= Rayos X cancerología

Gráfico 10.22 Relación de los valores de la determinación del hematocrito del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores externos. Sucre 2011



Esta tabla demuestra que el personal de salud que trabaja en el área de mamografía, el 100% presenta valores por debajo del rango de referencia. El personal de salud que trabaja entre 14 a 19 años un 10% presenta valores bajos y un 10% valores altos. Del personal de salud que no utiliza el dosímetro como protección radiológica personal, un 25% presentan valores por debajo del rango y un 7.1% del personal que no utiliza mandil plomado presentan valores altos. Existe significancia estadística respecto al área de trabajo y el recuento de eritrocitos, porque el valor de p es 0.0003 (significativo).

Tabla 10.25 Relación de los valores de la determinación de VSG del personal expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores externos. Sucre 2011

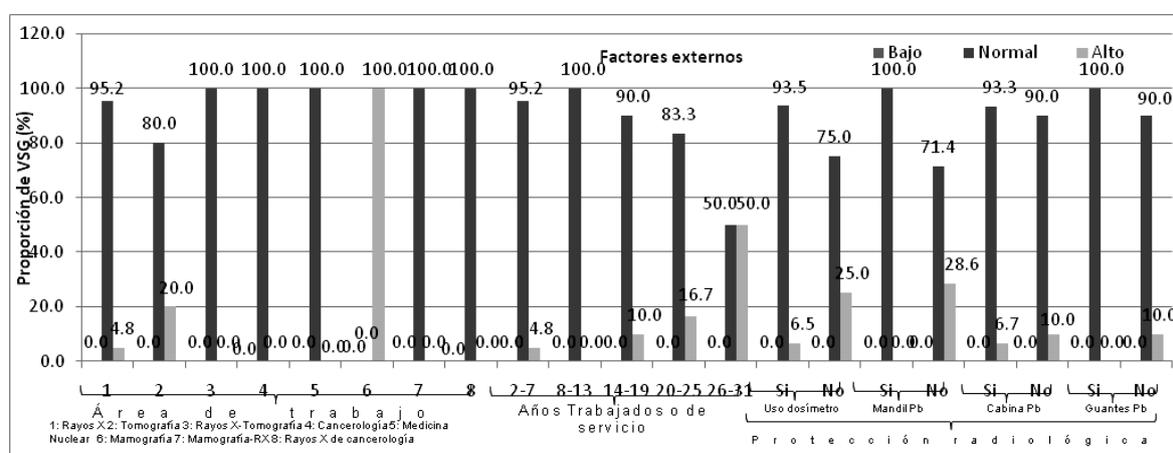
VSG	Área de Trabajo															
	1		2		3		4		5		6		7		8	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Bajo	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Normal	20	95,2	4	80,0	6	100,0	3	100,0	8	100,0	0	0,0	2	100,0	3	100,0
Alto	1	4,8	1	20,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	100,0	0	0,0	0	0,0
Total	21	100,0	5	100,0	6	100,0	3	100,0	8	100,0	2	100,0	2	100,0	3	100,0
Chi cuadrado	26,1900															
p	0,0005															

Años trabajos o de servicio										
2-7		8-13		14-19		20-25		26-31		
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	
20	95,2	11	100,0	9	90,0	5	83,3	1	50,0	
1	4,8	0	0,0	1	10,0	1	16,7	1	50,0	
21	100,0	11	100,0	10	100,0	6	100,0	2	100,0	
6,7160										
0,1517										

1=Rayos X, 2= Tomografía, 3= Rayos X-Tomografía, 4=Cancerología, 5= Medicina nuclear, 6=Mamografía, 7=Mamografía – Rayos X, 8= Rayos X cancerología

Protección radiológica															
Dosímetro				Mandil Pb				Cabina Pb				Guantes Pb			
Si		No		Si		No		Si		No		Si		No	
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
43	93,5	3	75,0	36	100,0	10	71,4	28	93,3	18	90,0		100,0	36	90,0
3	6,5	1	25,0	0	0,0	4	28,6	2	6,7	2	10,0	0	0,0	4	10,0
46	100,0	4	100,0	36	100,0	14	100,0	30	100,0	20	100,0		100,0	40	100,0
1,7070				11,1800				0,1810				1,0870			
0,1913				0,0008				0,6704				0,2971			

Grafico 10.23 Relación de los valores de la determinación de VSG del personal expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores externos. Sucre 2011



El 100% del personal de salud que trabaja en el área de mamografía presenta valores acelerados con respecto al rango de referencia de la VSG. El 50% del personal de salud que trabaja expuesto a radiaciones ionizantes de 26 a 31 años presenta valores acelerados con respecto al rango de referencia de la VSG. El 28.6% del personal que no utiliza el mandil plomado como protección radiológica presenta valores acelerados con respecto al rango de referencia de la VSG.

Estadísticamente la relación de la VSG y el área de trabajo da un valor de $p = 0.0005$ (significativo), en cuanto a la protección radiológica personal, el no uso del mandil plomado – VSG da un valor de $p = 0.0008$ (significativo)

Tabla 10.26 Relación de los valores de la determinación de VCM del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores externos. Sucre 2011

VCM	Área de Trabajo ⁷															
	1		2		3		4		5		6		7		8	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Bajo	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Normal	21	100,0	5	100,0	6	100,0	2	66,7	8	100,0	2	100,0	2	100,0	3	100,0
Alto	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	33,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	21	100,0	5	100,0	6	100,0	3	100,0	8	100,0	2	100,0	2	100,0	3	100,0
Chi cuadrado	15,9860															
p	0,0252															

Años trabajos o de servicio											
2-7		8-13		14-19		20-25		26-31			
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
21	100,0	11	100,0	9	90,0	6	100,0	2	100,0		
0	0,0	0	0,0	1	10,0	0	0,0	0	0,0		
21	100,0	11	100,0	10	100,0	6	100,0	2	100,0		
4,0820											
0,3951											

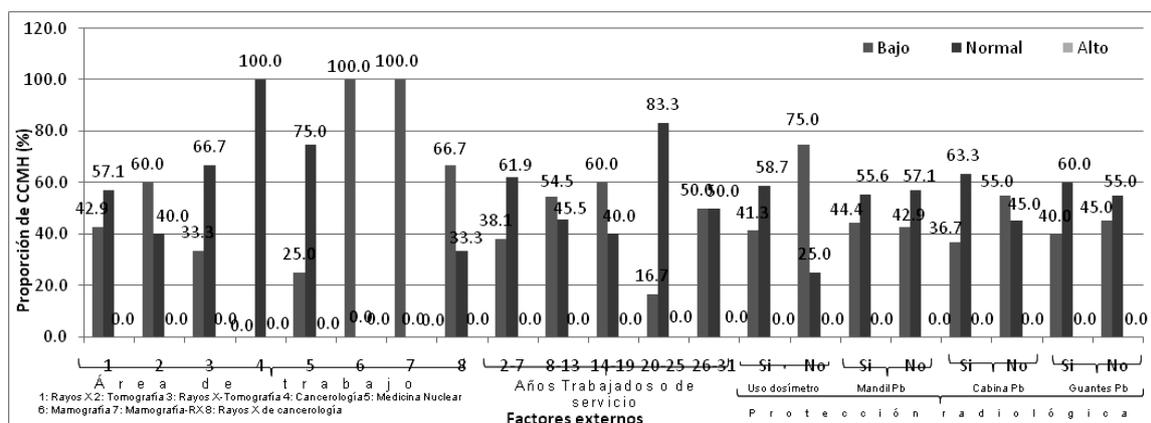
Protección radiológica															
Dosímetro				Mandil Pb				Cabina Pb				Guantes Pb			
Si		No		Si		No		Si		No		Si		No	
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
45	97,8	4	100,0	36	100,0	13	92,9	29	96,7	20	100,0	9	90,0	40	100,0
1	2,2	0	0,0	0	0,0	1	7,1	1	3,3	0	0,0	1	10,0	0	0,0
46	100,0	4	100,0	36	100,0	14	100,0	30	100,0	20	100,0	10	100,0	40	100,0
0,0890				2,6240				0,6800				4,0820			
0,7658				0,1053				0,4095				0,0434			

1=Rayos X, 2= Tomografía, 3= Rayos X-Tomografía, 4=Cancerología, 5= Medicina nuclear, 6=Mamografía, 7=Mamografía – Rayos X, 8= Rayos X cancerología

Años trabajos o de servicio									
2-7		8-13		14-19		20-25		26-31	
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
8	38,1	6	54,5	6	60,0	1	16,7	1	50,0
13	61,9	5	45,5	4	40,0	5	83,3	1	50,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
21	100,0	11	100,0	10	100,0	6	100,0	2	100,0
3,6810									
0,4509									

Protección radiológica															
Dosímetro				Mandil Pb				Cabina Pb				Guantes Pb			
Si		No		Si		No		Si		No		Si		No	
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
19	41,3	3	75,0	16	44,4	6	42,9	11	36,7	11	55,0	4	40,0	18	45,0
27	58,7	1	25,0	20	55,6	8	57,1	19	63,3	9	45,0	6	60,0	22	55,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
46	100,0	4	100,0	36	100,0	14	100,0	30	100,0	20	100,0	10	100,0	40	100,0
1,6960				0,0100				1,6370				0,0810			
0,1928				0,9191				0,2008				0,7757			

Gráfico 10.25 Relación de los valores de la determinación de CCMH del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales del tercer nivel, según factores externos. Sucre 2011



La gráfica demuestra que el personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes presentaron valores discretamente bajos respecto al rango de referencia, con un desviación estándar de $\pm 0,329$. Estas alteraciones se presentan en el 100% del personal que trabaja en el área de mamografía y el mamografía – rayos X. En el 60% del personal de salud que trabaja entre 14 a 19 años expuesto a radiaciones ionizantes y en el 75% del personal de salud que no utiliza el dosímetro como protección radiológica personal, No existe significancia estadística por que los valores p son mayor a 0.05.

Tabla 10.28 Relación de los valores de la determinación de reticulocitos del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores externos Sucre 2011

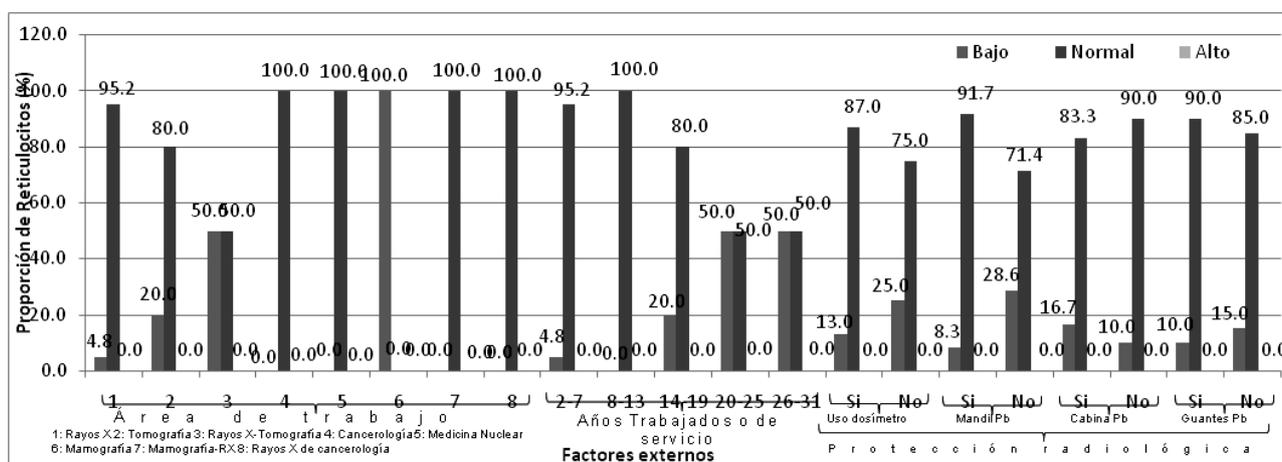
Reticulocitos	Área de Trabajo ⁹															
	1		2		3		4		5		6		7		8	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Bajo	1	4,8	1	20,0	3	50,0	0	0,0	0	0,0	2	100,0	0	0,0	0	0,0
Normal	20	95,2	4	80,0	3	50,0	3	100,0	8	100,0	0	0,0	2	100,0	3	100,0
Alto	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	21	100,0	5	100,0	6	100,0	3	100,0	8	100,0	2	100,0	2	100,0	3	100,0
Chi cuadrado	22,9870															
p	0,0017															

Años trabajos o de servicio											
2-7		8-13		14-19		20-25		26-31			
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1	4,8	0	0,0	2	20,0	3	50,0	1	50,0		
20	95,2	11	100,0	8	80,0	3	50,0	1	50,0		
0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0		
21	100,0	11	100,0	10	100,0	6	100,0	2	100,0		
12,1900											
0,0160											

Protección radiológica															
Dosímetro				Mandil Pb				Cabina Pb				Guantes Pb			
Si		No		Si		No		Si		No		Si		No	
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
6	13,0	1	25,0	3	8,3	4	28,6	5	16,7	2	10,0	1	10,0	6	15,0
40	87,0	3	75,0	33	91,7	10	71,4	25	83,3	18	90,0	9	90,0	34	85,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
46	100,0	4	100,0	36	100,0	14	100,0	30	100,0	20	100,0	10	100,0	40	100,0
0,4370				3,4290				0,4430				0,1660			
0,5086				0,0641				0,5057				0,6836			

1=Rayos X, 2= Tomografía, 3= Rayos X-Tomografía, 4=Cancerología, 5= Medicina nuclear, 6=Mamografía, 7=Mamografía – Rayos X, 8= Rayos X cancerología

Gráfico 10.26 Relación de los valores de la determinación de reticulocitos del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores externos. Sucre 2011



Mediante la gráfica se puede evidenciar que el 100% del personal de salud que trabaja en el área de mamografía presentan valores por debajo del rango de referencia. El 50% del personal de salud que trabaja entre los años de 20 a 25 y 26 a 31 presentan valores por debajo del rango. El 28,6% del personal de salud que no utiliza el mandil plomado como dispositivo de protección radiológica personal, presentan valores por debajo del rango de referencia

Existe significancia estadística en relación del recuento de reticulocitos con el área de trabajo porque el valor de p es 0.0017, con los años de trabajo porque el valor de p es 0.0160.

Tabla 10.29 Relación de los valores del recuento de eosinófilos del personal expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales del tercer nivel, según factores externos. Sucre 2011

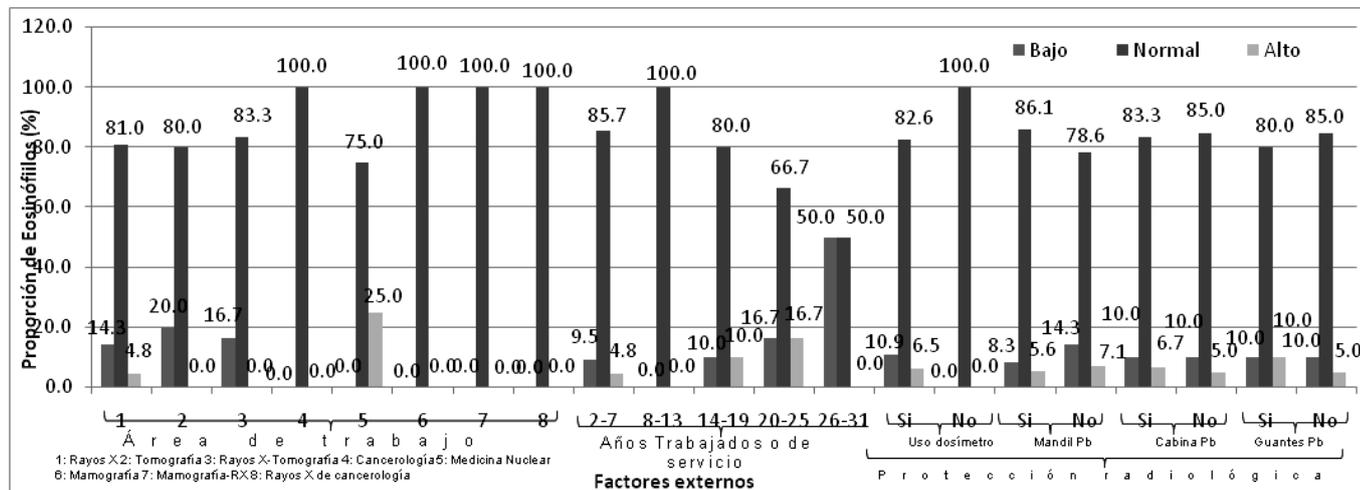
Eosinófilos	Área de Trabajo ¹⁰															
	1		2		3		4		5		6		7		8	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Bajo	3	14,3	1	20,0	1	16,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Normal	17	81,0	4	80,0	5	83,3	3	100,0	6	75,0	2	100,0	2	100,0	3	100,0
Alto	1	4,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	25,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	21	100,0	5	100,0	6	100,0	3	100,0	8	100,0	2	100,0	2	100,0	3	100,0
Chi cuadrado	9,4940															
p	0,7981															

1=Rayos X, 2= Tomografía, 3= Rayos X-Tomografía, 4=Cancerología, 5= Medicina nuclear, 6=Mamografía, 7=Mamografía – Rayos X, 8= Rayos X cancerología

Años trabajos o de servicio									
2-7		8-13		14-19		20-25		26-31	
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
2	9,5	0	0,0	1	10,0	1	16,7	1	50,0
18	85,7	11	100,0	8	80,0	4	66,7	1	50,0
1	4,8	0	0,0	1	10,0	1	16,7	0	0,0
21	100,0	11	100,0	10	100,0	6	100,0	2	100,0
7,6610									
0,4673									

Protección radiológica															
Dosímetro				Mandil Pb				Cabina Pb				Guantes Pb			
Si		No		Si		No		Si		No		Si		No	
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
5	10,9	0	0,0	3	8,3	2	14,3	3	10,0	2	10,0	1	10,0	4	10,0
38	82,6	4	100,0	31	86,1	11	78,6	25	83,3	17	85,0	8	80,0	34	85,0
3	6,5	0	0,0	2	5,6	1	7,1	2	6,7	1	5,0	1	10,0	2	5,0
46	100,0	4	100,0	36	100,0	14	100,0	30	100,0	20	100,0	10	100,0	40	100,0
0,8280				0,4680				0,0600				0,3570			
0,6918				0,7915				0,9707				0,8365			

Gráfico 10.27 Relación de los valores del recuento de eosinófilos del personal expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales del tercer nivel, según factores externos. Sucre 2011



El 20% del personal que trabaja en el área de tomografía presenta valores bajos, y el 25% del personal que trabaja en el área de medicina nuclear presentan valores altos en el recuento de eosinófilos. El 50% del personal que trabaja de 26 a 31 años presenta valores bajos y el 16.7% que trabaja de 20 a 25 años presentan valores altos en el recuento de eosinófilos. El 14.3% del personal que no utiliza como dispositivo el mandil plomado presentan valores bajos y el 10% del personal que utiliza los guantes como protección radiológica personal presenta valores altos en el recuento de eosinófilos. No existe significancia estadística porque los valores de p son mayores a 0.05

Tabla 10.30 Relación de los valores del recuento de segmentados del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores externos. Sucre 2011

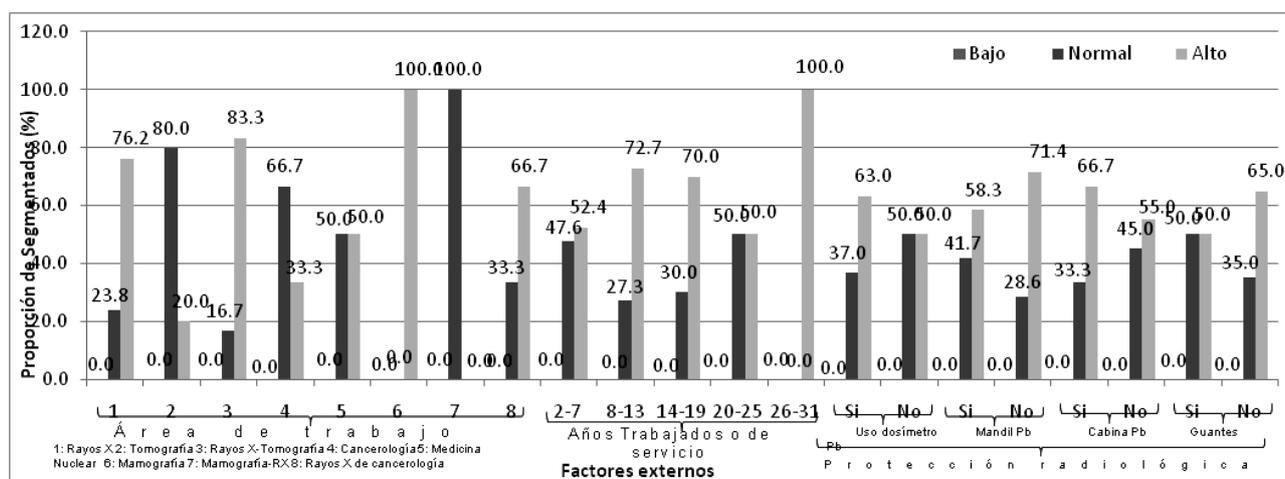
Segmentados	Área de Trabajo ¹¹															
	1		2		3		4		5		6		7		8	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Bajo	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Normal	5	23,8	4	80,0	1	16,7	2	66,7	4	50,0	0	0,0	2	100,0	1	33,3
Alto	16	76,2	1	20,0	5	83,3	1	33,3	4	50,0	2	100,0	0	0,0	2	66,7
Total	21	100,0	5	100,0	6	100,0	3	100,0	8	100,0	2	100,0	2	100,0	3	100,0
Chi cuadrado	12,7500															
p	0,0784															

Años trabajos o de servicio											
2-7		8-13		14-19		20-25		26-31			
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
10	47,6	3	27,3	3	30,0	3	50,0	0	0,0		
11	52,4	8	72,7	7	70,0	3	50,0	2	100,0		
21	100,0	11	100,0	10	100,0	6	100,0	2	100,0		
3,2260											
0,5207											

Protección radiológica															
Dosímetro				Mandil Pb				Cabina Pb				Guantes Pb			
Si		No		Si		No		Si		No		Si		No	
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
17	37,0	2	50,0	15	41,7	4	28,6	10	33,3	9	45,0	5	50,0	14	35,0
29	63,0	2	50,0	21	58,3	10	71,4	20	66,7	11	55,0	5	50,0	26	65,0
46	100,0	4	100,0	36	100,0	14	100,0	30	100,0	20	100,0	10	100,0	40	100,0
0,2660				0,7340				0,6930				0,7640			
0,6062				0,3917				0,4051				0,3821			

1=Rayos X, 2= Tomografía, 3= Rayos X-Tomografía, 4=Cancerología, 5= Medicina nuclear, 6=Mamografía, 7=Mamografía – Rayos X, 8= Rayos X cancerología

Gráfico 10.28 Relación de los valores del recuento de segmentados del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores externos. Sucre 2011



El personal de salud que trabaja expuesto a radiaciones ionizantes presenta alteraciones en el recuento de segmentados, presentando valores altos con respecto al rango de referencia con desviación estándar de..., en aquellos que trabajan en el área de mamografía con un 100% en los que llevan expuestos a las radiaciones ionizantes de 26 a 31 en un 100% y en el personal que no utiliza el mandil plomado como dispositivo de protección radiológica personal en un 71.4%, no existiendo significancia estadística porque los valores obtenidos de p son mayores a 0.05

Tabla 10.31 Relación de los valores del recuento de linfocitos del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores externos. Sucre 2011

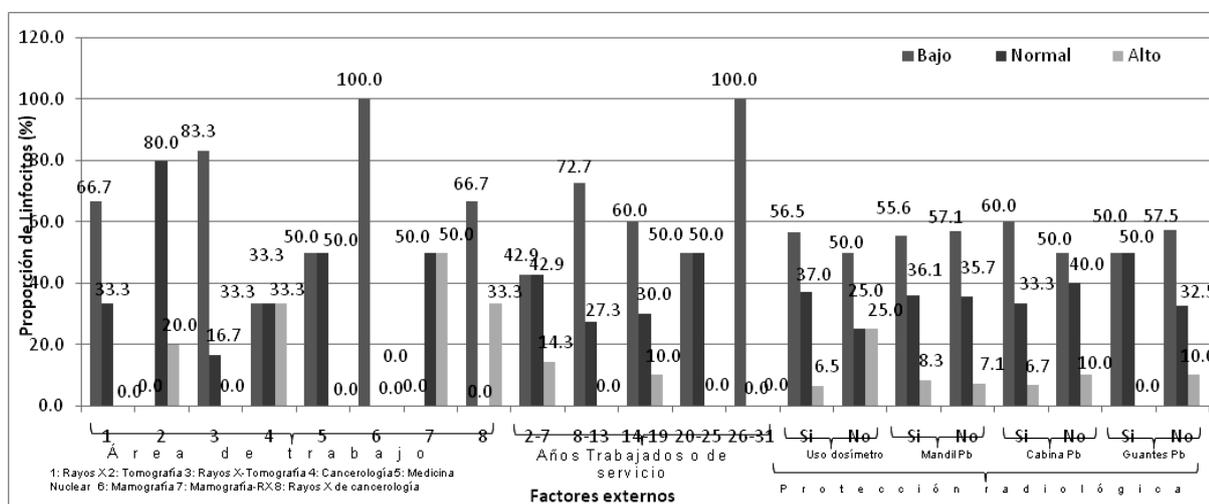
Linfocitos	Área de Trabajo ¹²															
	1		2		3		4		5		6		7		8	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Bajo	14	66,7	0	0,0	5	83,3	1	33,3	4	50,0	2	100,0	0	0,0	2	66,7
Normal	7	33,3	4	80,0	1	16,7	1	33,3	4	50,0	0	0,0	1	50,0	0	0,0
Alto	0	0,0	1	20,0	0	0,0	1	33,3	0	0,0	0	0,0	1	50,0	1	33,3
Total	21	100,0	5	100,0	6	100,0	3	100,0	8	100,0	2	100,0	2	100,0	3	100,0
Chi cuadrado	25,0130															
P	0,0344															

1=Rayos X, 2= Tomografía, 3= Rayos X-Tomografía, 4=Cancerología, 5= Medicina nuclear, 6=Mamografía, 7=Mamografía – Rayos X, 8= Rayos X cancerología

Años trabajos o de servicio									
2-7		8-13		14-19		20-25		26-31	
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
9	42,9	8	72,7	6	60,0	3	50,0	2	100,0
9	42,9	3	27,3	3	30,0	3	50,0	0	0,0
3	14,3	0	0,0	1	10,0	0	0,0	0	0,0
21	100,0	11	100,0	10	100,0	6	100,0	2	100,0
6,2170									
0,6230									

Protección radiológica															
Dosímetro				Mandil Pb				Cabina Pb				Guantes Pb			
Si		No		Si		No		Si		No		Si		No	
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
26	56,5	2	50,0	20	55,6	8	57,1	18	60,0	10	50,0	5	50,0	23	57,5
17	37,0	1	25,0	13	36,1	5	35,7	10	33,3	8	40,0	5	50,0	13	32,5
3	6,5	1	25,0	3	8,3	1	7,1	2	6,7	2	10,0	0	0,0	4	10,0
46	100,0	4	100,0	36	100,0	14	100,0	30	100,0	20	100,0	10	100,0	40	100,0
1,7450				0,0230				0,5290				1,7610			
0,4180				0,9886				0,7676				0,4146			

Gráfico 10.29 Relación de los valores del recuento de linfocitos del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, según factores externos. Sucre 2011



El personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes presentaron alteraciones en el recuento de linfocitos con una desviación estándar de ± 5.47 . Presentando mayor porcentaje en valores bajos aquel personal que trabaja en el área de mamografía en un 100%, aquellos que trabajan de 26 a 31 años en una 100% y aquellos que utilizan como protección radiológica la cabina en un 60%. Presentaron valores altos el personal que trabaja en el área de mamografía – rayos X en un 50%, aquellos que trabajan de 2 a 7 años en 14.3% y aquellos que no tienen dosímetro en un 25%

Relación de los valores del hemograma con los valores de la dosimetría física

Tabla 10.32 Relación de los valores del hemograma de la serie roja con los valores de la dosimetría física del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en hospitales del tercer nivel. Sucre 2011

Serie roja		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Eritrocitos 4,2-5,40 10 ⁶ /mm ³	No tiene: ≤0,2 msv	4	4,788	0,692	0,346	3,687	5,888	3,80	5,30
	Aceptable: 0,3-5.0 msv	45	5,030	0,400	0,060	4,910	5,150	3,88	5,66
	Inaceptable: >5 msv	1	4,550					4,55	4,55
	Total	50	5,001	0,426	0,060	4,880	5,122	3,80	5,66
Hemoglobina 13,0-18,0 g/dl	No tiene: ≤0,2 msv	4	14,138	1,997	0,999	10,960	17,315	11,25	15,62
	Aceptable: 0,3-5.0 msv	45	14,897	1,298	0,194	14,507	15,287	11,56	18,58
	Inaceptable: >5 msv	1	13,440					13,44	13,44
	Total	50	14,807	1,356	0,192	14,422	15,193	11,25	18,58
Hematocrito 39,0-54,0 %	No tiene: ≤0,2 msv	4	45,250	6,397	3,198	35,072	55,428	36	50
	Aceptable: 0,3-5.0 msv	45	47,400	3,893	0,580	46,230	48,570	37	54
	Inaceptable: >5 msv	1	43,000					43	43
	Total	50	47,140	4,101	0,580	45,975	48,305	36	54
Vcm 80-97 fl	No tiene: ≤0,2 msv	4	94,550	0,729	0,364	93,390	95,710	93,69	95,43
	Aceptable: 0,3-5.0 msv	45	94,266	1,985	0,296	93,670	94,863	88,00	101,81
	Inaceptable: >5 msv	1	94,500					94,50	94,50
	Total	50	94,294	1,891	0,267	93,756	94,831	88,00	101,81
Hem 26,5-33,5 pg	No tiene: ≤0,2 msv	4	29,538	0,227	0,113	29,177	29,898	29,27	29,81
	Aceptable: 0,3-5.0 msv	45	29,479	0,595	0,089	29,301	29,658	27,20	31,81
	Inaceptable: >5 msv	1	29,540					29,54	29,54
	Total	50	29,485	0,566	0,080	29,324	29,646	27,20	31,81
Ccmh 31,5-35,0 g/dl	No tiene: ≤0,2 msv	4	31,243	0,005	0,003	31,235	31,250	31,24	31,25
	Aceptable: 0,3-5.0 msv	45	31,440	0,342	0,051	31,337	31,542	30,50	32,50
	Inaceptable: >5 msv	1	31,250					31,25	31,25
	Total	50	31,420	0,329	0,047	31,327	31,514	30,50	32,50
Rdw <15%	No tiene: ≤0,2 msv	4	2,000	0,016	0,008	1,974	2,026	14,3	14,7
	Aceptable: 0,3-5.0 msv	45	2,006	0,043	0,006	1,993	2,019	13,4	14,2
	Inaceptable: >5 msv	1	2,000					14,3	14,5

	Total	50	2,005	0,041	0,006	1,994	2,017	13.4	14.7
Vsg h 0-15 mm m 0-25 mm	No tiene: ≤0,2 msv	4	9,250	8,770	4,385	-4,705	23,205	3	22
	Aceptable: 0,3-5.0 msv	45	7,644	3,990	0,595	6,446	8,843	2	21
	Inaceptable: >5 msv	1	18,000					18	18
	Total	50	7,980	4,614	0,652	6,669	9,291	2	22
Reticulocitos h. 0,5-1,0% m. 0,5-2,5%	No tiene: ≤0,2 msv	4	0,625	0,236	0,118	0,249	1,001	,30	0,80
	Aceptable: 0,3-5.0 msv	45	0,778	0,330	0,049	0,679	0,877	,30	1.00
	Inaceptable: >5 msv	1	0,700					,70	0,70
	Total	50	0,464	0,321	0,045	0,673	0,855	,30	1.00

Tabla 10.33 Relación de los valores del hemograma de la serie blanca con los valores de la dosimetría física del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en hospitales del tercer nivel. Sucre 2011

Serie blanca		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Leucocitos 5,0-10,0 10 ³ /mm ³	No tiene: ≤0,2 msv	4	5,223	0,988	0,494	3,650	6,795	4,52	6,65
	Aceptable: 0,3-5.0 msv	45	4,931	1,009	0,150	4,628	5,234	2,30	10,10
	Inaceptable: >5 msv	1	3,520					3,52	3,52
	Total	50	4,926	1,010	0,143	4,639	5,213	2,30	10,10
Basófilos	No tiene: ≤0,2 msv	4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00
	Aceptable: 0,3-5.0 msv	45	0,222	0,471	0,070	0,081	0,364	0,00	2,00
	Inaceptable: >5 msv	1	1,000					1,00	1,00
	Total	50	0,220	0,465	0,066	0,088	0,352	0,00	2,00
Eosinófilos 0-2 %	No tiene: ≤0,2 msv	4	2,000	0,816	0,408	0,701	3,299	1,00	3,00
	Aceptable: 0,3-5.0 msv	45	2,244	1,540	0,230	1,782	2,707	,00	8,00
	Inaceptable: >5 msv	1	0,000					,00	0,00
	Total	50	2,180	1,508	0,213	1,752	2,608	,00	8,00
Segmentados 32 - 65%	No tiene: ≤0,2 msv	4	67,250	6,652	3,326	56,665	77,835	59	74
	Aceptable: 0,3-5.0 msv	45	67,956	5,200	0,775	66,393	69,518	55	76
	Inaceptable: >5 msv	1	72,000					72	72
	Total	50	67,980	5,231	0,740	66,493	69,467	55	76
Bastonados 1 - 4%	No tiene: ≤0,02 msv	4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0
	Aceptable: 0,03-5.0 msv	45	0,244	0,645	0,096	0,051	0,438	0	3
	Inaceptable: >5 msv	1	3,000					3	3

Linfocitos 25- 35 %	Total	50	0,280	0,730	0,103	0,073	0,487	0	3
	No tiene: ≤0,2 msv	4	29,000	7,789	3,894	16,606	41,394	23	40
	Aceptable: 0,3-5.0 msv	45	26,467	4,818	0,718	25,019	27,914	20	41
	Inaceptable: >5 msv	1	22,000					22	22
Monocitos 0 – 8%	Total	50	26,580	5,047	0,714	25,146	28,014	20	41
	No tiene: ≤0,2 msv	4	1,750	2,062	1,031	-1,530	5,030	0	4
	Aceptable: 0,3-5.0 msv	45	2,778	1,833	0,273	2,227	3,328	0	7
	Inaceptable: >5 msv	1	2,000					2	2
	Total	50	2,680	1,834	0,259	2,159	3,201	0	7

Tabla 10.34 Relación de los valores del hemograma de la serie megacariocítica con los valores de la dosimetría física del personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales del tercer nivel. Sucre 2011

Plaquetas	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo	
					Límite inferior	Límite superior			
Plaquetas 150-350 10 ³ /mm ³	No tiene: ≤0,2 mSv	4	226,250	62,899	31,449	126,164	326,336	160	280
	Aceptable: 0,3-4,9 mSv	45	227,644	45,391	6,766	214,008	241,281	153	320
	Inaceptable: >=5 mSv	1	210,000					210	210
	Total	50	227,180	45,810	6,479	214,161	240,199	153	320

Estas tablas demuestran la relación entre los valores del dosímetro y los valores del hemograma, demostrando que:

Los valores obtenidos de la serie roja en función a los valores de la dosimetría, muestran que los valores medios se encuentran dentro del rango referencial, pero los valores mínimos se encuentran dentro del límite aceptable de la dosimetría física.

La relación de la serie blanca con los valores de la dosimetría demuestra, que los valores medios de los leucocitos se encuentran por debajo del límite referencial, y los segmentados presentan valores encima del valor referencial, además muestran que los valores alterados ya sean valores mínimos o máximos se encuentran dentro de los límites aceptables de la dosimetría.

Las plaquetas presentan valores normales

Podríamos llegar a la conclusión de que no existe relación entre los valores del dosímetro y los valores del hemograma, pero también se puede demostrar que los valores inaceptables de la dosimetría física presentaron valores mínimos en el hemograma, demostrando que a mayor radiación menor concentración de células sanguíneas

Es importante hacer notar que existen 4 personas que trabajan expuestos a radiaciones ionizantes, que no cuentan con dosímetro, por tanto no se les realiza la dosimetría física

10.7 Discusión

El conocimiento de estos fenómenos físicos constituyen ya una evidencia establecida y representativa de un riesgo laboral, porque los profesionales que trabajan en ambientes irradiados, están expuestas a las radiaciones ionizantes del medio ambiente y las de la fuente laboral:

Incluso, los enfermos que se someten a un estudio radiológico, para tomarse una radiografía y tomografía, están expuestos inexorablemente a la irradiación. Ejemplo una tomografía axial computarizada de pelvis equivale a tomarse 500 radiografías de tórax.

Los efectos resultantes de la irradiación pueden aparecer casi inmediatamente o a lo largo de un periodo considerado de tiempo, por eso se habla de efectos tempranos, refiriéndonos al daño hematológico.

Basándonos en la literatura decimos que: el sistema hematopoyético está compuesto por la médula ósea, la sangre en circulación y el tejido linfoide.

El principal efecto de la radiación en este sistema es el descenso en el número de glóbulos blancos en la circulación periférica, la lesión letal en las células precursoras origina la depleción de estas células maduras circulantes, los efectos dependen de la radiosensibilidad de las células y de su capacidad de regeneración, así como de su supervivencia en la sangre.

Al saber que los efectos a la célula dependen de su capacidad de regeneración y sobre todo de supervivencia en la sangre podemos decir que los leucocitos se encuentran de paso entre el sitio donde se produjeron y los tejidos donde realizan sus funciones., por tanto se pudo demostrar, en el estudio que existe correlación negativa entre la cantidad de leucocitos y el tiempo de exposición a la radiación medidos en años, esto quiere decir que a mayor tiempo de exposición, menor cantidad de leucocitos encontrándose un valor de la prueba de chi cuadrado de $p > 0.0055$ (significativo), lo cual confirma que si existe correlación negativa, presentándose estas alteraciones en aquel personal que trabaja tanto en el área de rayos x como de tomografía y en aquellos que trabajan en el área de mamografía.

Esto puede deberse a que el personal que trabaja en el área de rayos y tomografía reciben dosis de radiación muy altas entre 150 – 450 KV y el área de mamografía porque se pudo observar que en este servicio no existe ningún dispositivo de protección contra las radiaciones, es decir se encuentran totalmente expuestos a las radiaciones.

Estas alteraciones se presentan con mayor magnitud entre las edades de 35 a 56 años en el 100% con un valor de $p > 0.0009$ (significativo), como menciona la literatura, las personas con más años de edad, son más radiosensibles, por la disminución de las defensas y de los procesos reparativos del organismo. En cuanto el sexo se dice que las mujeres pueden soportar de 5 a un 10% más de radiación que los varones; pero en nuestro estudio se puede demostrar que existe una diferencia del 1.2% en relación al sexo masculino.

Nuestro estudio sugiere que existe asociación entre, la tendencia a la leucopenia y la mayor exposición en años a las radiaciones ionizantes en el personal .

En la fórmula leucocitaria se puede resaltar que 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 como protección radiológica la cabina.

Recordemos que los linfocitos son las células mas radiosensibles siendo letales las dosis más bajas y que ante la exposición son los primeros en descender, es evidente que el descenso va en función a los años expuestos a las radiaciones ionizantes y que la razón de que el personal de mamografía sea el más afectado es como ya se menciono que no tienen ningún dispositivo de protección contra las radiaciones

Las cabinas que tienen algunos de los hospitales del tercer nivel no son del todo adecuadas para la protección contra las radiaciones, es decir algunas no son blindadas o la infraestructura no es adecuada, la cual puede ser la razón de que el personal tenga recuento de linfocitos bajos

Al existir el descenso de los linfocitos existe un aumento de los neutrófilos o segmentados presentándose en el 62% del personal de estudio obteniéndose un promedio de 67.98%, un valor mínimo de 55% y valor máximo de 76% con una desviación estándar de ± 5.231 , esto puede deberse a que, experimentan un rápido aumento de número, si la dosis es moderada puede producirse un aumento transitorio o en otro caso la cifra tarda unos 2 meses en normalizarse, esto pasaría si el personal dejara su fuente de trabajo.

En el recuento de eosinófilos presentaron alteraciones que pudieron deberse a que la persona este cursando por una alergia u otros casos. En cuanto a los basófilos bastonados y monocitos no se observo alteraciones.

Los eritrocitos tienen una supervivencia de 120 días en circulación, mucho más tiempo que los leucocitos es razón por la cual son los últimos en alterarse, por lo que en el personal expuesto a radiaciones ionizantes, solo un 6% del total del personal presenta valores bajos y un 2% valores altos al igual que la hemoglobina y el hematocrito

Respecto a los índices eritrocitarios sólo existe alteraciones en el volumen corpuscular medio (VCM) en un 6.7% del personal que presentan valores por encima de lo referencial, CCMH un 44% presentan valores discretamente bajos con una desviación estándar de ± 329 . Los índices de HCM y RDW no presentaron alteraciones.

Los reticulocitos son aquellos que dan un parámetro de la funcionalidad de la médula ósea, del personal expuesto a radiaciones ionizantes del cual un 14 % presentan valores bajos es decir una médula arregenerativa, presentándose en mayor porcentaje en el servicio de mamografía con un valor de $p > 0.0017$ (significativo).

Al igual que los leucocitos a mayor tiempo trabajando menor la cantidad de reticulocitos con un valor de $p > 0.0160$ (significativo), siendo más afectados aquellos que no utilizan el mandil plomado ya que los reticulocitos son uno de los primeros en descender, ante una primera exposición a las radiaciones ionizantes.

Del personal de estudio 2 personas del sexo femenino presentaron anemia las mismas pertenecen al área de mamografía, a las cuales se les realizó el cálculo de índice de producción reticulocitaria donde los valores que se obtuvieron fueron un valor de RPI menor a 1, para poder confirmar que estas alteraciones se deben a la exposición de las radiaciones ionizantes se deben realizar estudios específicos que demuestren tales efectos.

En nuestro medio, el tema de la protección radiológica es primitiva e incipiente, por no existir conocimiento sobre el tema y por no contar con el material apropiado: por ejemplo, el profesional de salud expuesto debe utilizar el mandil plomado de protección, protectores gonadales y de la glándula tiroidea, por ser órganos muy sensibles al efecto de la radiación, pero se observó que no se realiza tales acciones

En cuanto a la vigilancia dosimétrica tiene muchas limitaciones que no permiten establecer los efectos biológicos en el organismo producidas por las radiaciones ionizantes, comprobándose esto porque el 90% del personal presentaron valores aceptables en la dosimetría física en el último trimestre, pero los valores del hemograma no tienen relación con estos valores, es decir si se presenta valores aceptables en la dosimetría física, quiere decir que el personal no está siendo totalmente expuesto, lo que significa que no va a presentar alteraciones en el organismo, pero en el estudio realizado se observó que el valor mínimo del recuento de células se encuentran dentro de los límites aceptables de la dosimetría física. Por tanto los dosímetros no son la mejor forma de realizar vigilancia el personal expuesto a radiaciones ionizantes.

Los trabajadores expuestos deben tener un seguimiento biológico adicional a la dosimetría. De tal forma que la prevención se debe convertir en la principal herramienta para la protección de los trabajadores expuestos crónicamente a bajas dosis de radiación ionizantes, donde el seguimiento biológico forme parte importante de la vigilancia epidemiológica

La Ley de seguridad y protección radiológica aprobada en el año 1982 mediante Decreto Ley N° 19 menciona que al personal se le debe realizar una evaluación previa de su salud mediante estudios para clínicos los cuales deben incluir el hemograma, TSH, examen físico y antecedentes familiares de enfermedades previa contratación., pero al personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes en los hospitales del tercer nivel no se realizó estos estudios en la totalidad del personal y no se les realiza un control médico ahora (Anexo N 13), siendo un problema de relevancia para la salud pública.

10.8 Conclusiones

- Participaron en el estudio 50 personas del área de la salud que trabajan expuestos a radiaciones ionizantes en los hospitales de tercer nivel de la ciudad de Sucre.
- Existen variaciones en el hemograma que se realizó al personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes. por tanto las radiaciones probablemente tengan importante repercusión sobre las células sanguíneas.

- Los valores obtenidos del hemograma realizado al personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes mediante métodos automáticos y manuales son:
 - En el recuento de eritrocitos, la hemoglobina y el hematocrito el 6.0% presentaron valores bajos y el 2% valores altos
 - En la VSG el 8% del personal presentaron valores acelerados
 - En los índices eritrocitarios: VCM un 2% presentaron valores altos. CCMH un 44% presentaron valores bajos. HCM y RDW, el 100% presentaron valores normales
 - En el recuento de retículos un 14% presentaron valores bajos
 - En el recuento de plaquetas el 100% presentaron valores normales.
 - En el recuento de leucocitos el 76% presentaron valores bajos y un 2% valores altos
 - En la formula leucocitaria: Eosinófilos el 10% presentaron valores bajos y un 6% valores altos. Segmentados, el 62% presentaron valores altos. Linfocitos un 56% presentaron valores bajos y un 8% valores altos. Basófilos, bastonados y monocitos no presentaron ninguna alteración en el recuento.
- En la relación de los valores del hemograma y los factores internos: edad y sexo, se llega a la conclusión que la concentración de las células sanguíneas sí se ve influenciada por la edad, es decir a mayor edad menor recuento de células sanguíneas.
- Pero en cuanto al sexo se evidencio que no existe una diferencia significativa, es decir que tanto el sexo femenino como el masculino sufren las mismas variaciones influenciadas por otros factores.
- En la relación de los valores del hemograma con los factores externos: área de trabajo, tiempo trabajado expresado en años y la protección radiológica personal, se evidencio que estos factores si influyen el recuento de las células sanguíneas, es decir que respecto al tiempo trabajando sí existe una correlación negativa entre el tiempo expuesto a radiaciones ionizantes y la concentración de las células sanguíneas. Respecto al área de trabajo aquellos que se encuentran expuestos a radiaciones más altas en el servicio y el personal que no cumple correctamente el sistema de protección radiológica personal presentaron variaciones en el hemograma.
- En la relación de los valores del hemograma y de la dosimetría física, se demuestra que, no existe relación con estos valores, ya que el 90% del personal presentaron valores dentro de los límites aceptables, pero en el estudio realizado se observo que el valor mínimo del recuento de células se encuentran dentro de los límites aceptables de la dosimetría física.
- Por tanto los dosímetros no son la mejor forma de realizar vigilancia el personal expuesto a radiaciones ionizantes.

- Del personal de estudio 2 profesionales del sexo femenino, del área de mamografía presentaron anémia a las cuales se les realizó el cálculo de índice de producción reticulocitaria donde los valores que se obtuvieron fueron un valor de RPI menor a 1, para poder confirmar que estas alteraciones se deben a la exposición de las radiaciones se deben realizar estudios específicos que demuestren tales efectos.

10.9 Recomendaciones

- Implementar un sistema de vigilancia epidemiológica para la prevención y protección a la exposición a las radiaciones ionizantes, los cuales se encarguen de realizar controles periódicos que detecten precozmente eventos nocivos de las radiaciones ionizantes en los empleados expuestos del área, pretendiendo aminorar cada vez más el riesgo ocupacional, incluyendo datos sobre los resultados de la dosimetría y de análisis de laboratorio, hemograma como mínimo y que la determinación de TSH se realice de forma rutinaria para poder hacer comparación con estudios anteriores para poder correlacionar clínicamente en casos necesarios,
- Se recomienda realizar pruebas más específicas para demostrar el efecto de las radiaciones ionizantes en el organismo como las dosimetrías citogenéticas o el test de micro-núcleos entre otros.
- Capacitar frecuentemente a los trabajadores sobre los riesgos que se presentan con la exposición a radiaciones ionizantes, manteniendo en ellos una cultura de auto cuidado, protección, capacitación y seguridad
- Realizar un control estricto de dosimetrías externas para todos los trabajadores con exposición.
- En cuanto a la vigilancia médica se recomienda que sea realizada por un equipo multidisciplinario con experiencia en radiaciones ionizantes, lo que se considera una exigencia necesaria.

10.10 Agradecimiento

La investigadora agradece a la Facultad de Ciencias Químico Farmacéuticas y Bioquímicas de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca por el apoyo brindado en el desarrollo del presente trabajo.

10.11 Referencias

- Arguelles Ruiz Guillermo J. "Fundamentos de Hematología" 1era edición, Editorial médica Panamericana Buenos aires-Argentina 1994
- Arguelles Ruiz Guillermo J. "Fundamentos de Hematología" 3era edición, Editorial médica Panamericana Buenos aires-Argentina 2003
- Bedregal, Freddy. Manual de Hematología. Sucre-Bolivia 2009
- Bushong, Stewart, "Manual de Radiología para técnicos. Física Biológica y Protección Radiológica". 6ta edición, Editorial Harcourt Brace. Madrid – España. 1998
- Calderón F. Ana Shirley. Guía Práctica de Técnicas de Hematología. Sucre Bolivia
- Casa, Antonio, Salve María Luisa, Amich, Silvia, Prieto Santiago."Laboratorio clínico de hematología". Editorial Mc Graw- Hill- Interamericana
- Cruz Omar "Técnica Radiológica". Texto Guía
- García, Benjamín, Rubio-Faustina, Carrasco- Manuel "Hematología I" Edición Paraninfo
- Gumiel Torricos Mario "Métodos y Técnicas de Investigación". Sucre 2001
- INLASA, Manual de Procedimientos Técnicos de la Red de Hematología.
- Jacob William "Técnica Radiológica" 5ta. Edición Editorial El Ateneo. 1999
- John Bernard Henry, M.D. "Diagnóstico y tratamiento clínicos por el laboratorio". 8va. Edición, Editorial Salvat. 1991
- Manual de Merck. Medicina Interna. Editorial Mosby 11^a. Edición España , 2007
- Mckenzie Shirlyn B. "Hematología Clínica"2da. Edición, Editorial Manual Moderno. 2000
- Mosby. "Diccionario Mosby de medicina y ciencias de la salud"5ta edición. Editorial Mosby/Doyma Libros.2008
- Organización mundial de la salud."Manual de técnicas básicas para a un laboratorio de salud. "OPS, publicación científica N°439. 1992
- Organización Panamericana de la Salud. Primer seminario-taller de diseño y blindaje de instalaciones de servicios de radiología. Departamento de Salud Radiológica, CSS. 1992
- Rodak Bernadette F."Hematología. Fundamentos y Aplicaciones Clínicas". 2da edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires-Argentina. 2010
- Saloma Bullain Mario "Física de las Radiaciones". Texto guía. 2000
- Sociedad Radiológica argentina "Protección Radiológica"

Turgeon Louise Mary "Hematología Clínica, teoría y procedimientos" Editorial El Manual moderno S.A de C.V. México d.f.. 2006

Vilca Ismael Quispe "Protección Radiológica". Programa Semipresencial de Nivelación a licenciatura en radiología e Imagenología. 2009

Vives, Corrons, Yoan, Lluís, Aguilar, Bascompte, Yosep, Lluís "Manual de técnicas de laboratorio en hematología" 3ra Edición. Editorial Masson S:A. Barcelona. 2006