



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOANÁLISIS
ESCUELA DE BIOANÁLISIS
DEPARTAMENTO DE BIOANÁLISIS CLÍNICO



**NIVELES DE HEMOGLOBINA Y HEMATOCRITO EN ADULTOS
JÓVENES CON EDADES ENTRE 20-25 AÑOS, QUE ASISTEN AL
LABORATORIO CLÍNICO DEL HOSPITAL I DR. HERIBERTO ROMERO,
SANTA CRUZ DE MORA, MUNICIPIO ANTONIO PINTO SALINAS,
ESTADO MÉRIDA, PERÍODO MARZO-MAYO DE 2023.**

Autor:

Leonardo David García Moreno

Tutores: Prof. Carmen Lozano

Co-tutora: Prof. Rossy Ramirez

Mérida, Junio de 2023



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOANÁLISIS
ESCUELA DE BIOANÁLISIS
DEPARTAMENTO DE BIOANÁLISIS CLÍNICO



**NIVELES DE HEMOGLOBINA Y HEMATOCRITO EN ADULTOS
JÓVENES CON EDADES ENTRE 20-25 AÑOS, QUE ASISTEN AL
LABORATORIO CLINICO DEL HOSPITAL I DR. HERIBERTO ROMERO,
SANTA CRUZ DE MORA, MUNICIPIO ANTONIO PINTO SALINAS,
ESTADO MÉRIDA, PERÍODO MARZO-MAYO DE 2023.**

www.bdigital.ula.ve

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Licenciado en Bioanálisis**

Autor:

Leonardo David García Moreno

Tutores: Prof. Carmen Lozano

Co-tutora: Prof. Rossy Ramirez

Mérida, Junio de 2023

DEDICATORIA

A Dios Padre Todo Poderoso que con su gran Amor ha guiado cada paso de mi vida y de mi carrera. Cada día obrando en mí. Llenándome de fuerzas en mis momentos de debilidad, llenándome de valentía para superar todos los obstáculos que se pudieran presentar, que toda la gloria sea para ti Jehová.

A mi familia, mi vida entera, mi mundo entero, mi razón de vivir y de salir adelante.

A mis padres Leonardo García y mi madre Sulay Moreno a ustedes les debo todo lo que soy, me siento el hijo más afortunado del universo por tenerlos a ustedes como padres.

A mi padre por su sacrificio para conmigo, su abnegación, su apoyo incondicional en mi carrera y en todas las áreas de mi vida, poniendo siempre mis necesidades por encima de cualquier cosa, incluso de las suyas. A ti dedico este trabajo y todos los triunfos de mi vida. Gracias por siempre estar a mi lado. En tus palabras siempre encuentro refugio, en tus consejos siempre la fuerza para seguir adelante.

A mi madre por ser el pilar de mi vida, por apoyarme en cada proceso de mi existencia, por los valores que me inculcó, por su amor inagotable que me llena el corazón de gozo y el alma de alegría, por su dedicación y esfuerzo para sacarme adelante, por estar siempre para mí, ayudándome cuando pensaba que no podía, cuando caía siempre me ayudaste a levantar, siempre motivándome, por ti y para ti todos mis logros.

A mi bella hermana que de alguna u otra manera siempre ha estado para mí.

A mi gran amigo Jampier por ser parte de este proceso.

AGRADECIMIENTO

A la ilustre Universidad de Los Andes, por ingresarme como estudiante y ahora egresarme como profesional.

A la Facultad de Farmacia y Bioanálisis, en cuyas aulas encontré un sin fin de conocimientos que ahora me corresponde poner en práctica, a fin de mejorar las condiciones de salud de la población venezolana. Ahora me corresponde la gran tarea de dejar en alto el nombre de esta Facultad. .

A los trabajadores de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis, vigilantes, secretarias, aseadores, que día a día ponen su granito de arena y sin cuyo trabajo no sería posible completar la misión de formación de nuestros profesionales.

Al cuerpo de profesores de la Escuela de Bioanálisis quienes sin mezquindad alguna y con un gran compromiso compartieron todos sus saberes con nosotros, esperando siempre obtener un producto de alta calidad.

A la Prof. Rossy Hernández, no tengo palabras para expresar todo mi agradecimiento. Gracias por darme la oportunidad de aprender de usted, por llenarme de sus conocimientos, de su experiencia, por regalarme su tiempo para ayudar en mi formación. Agradezco a Dios la siga llenado de éxitos en su experiencia como profesora y seguro estoy que va a alcanzar todas las metas que usted se proponga. Finalmente quiero expresarle el gran respeto y admiración que a usted me unen y desearle una lluvia de bendiciones para usted y su familia.

A la Prof. Carmen Lozano, gracias por permitirme haber sido su tesista, espero haber estado a la altura del compromiso que asumí. Es para mí un gran privilegio y placer que una profesional de su nivel sea mi mentora. No me queda más que pedirle a Dios que la colme de bendiciones y le dé larga vida para que siga formando a los Bioanalistas de este país.

Al Prof. José Gregorio Hernández, por su impecable formación en el componente de investigación que me ayudó en el desarrollo de esta tesis. Para usted mi respeto y admiración por su labor abnegada en la formación de profesionales de excelencia.

Leonardo David García Moreno

ÍNDICE DE CONTENIDO

VEREDICTO	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA	3
Planteamiento del Problema.....	3
Justificación de la Investigación.....	5
Objetivos de la Investigación.....	7
<i>Objetivo General</i>	7
<i>Objetivos Específicos</i>	7
Alcances y Limitaciones de la Investigación.....	7
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	9
Trabajos Previos.....	9
Antecedentes Históricos.....	13
Bases Teóricas.....	16
<i>Hemoglobina</i>	16
<i>Globinas</i>	19
<i>Grupo Hemo</i>	19
<i>Hematocrito</i>	19

<i>Método de microhematocrito</i>	20
<i>Método de la cianometahemoglobina</i>	25
Definición operacional de Términos.....	30
Operacionalización de las Variables.....	31
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	33
Tipo de la Investigación.....	33
Diseño de la Investigación.....	33
Población y Muestra.....	33
Unidad de investigación.....	33
<i>Criterios de inclusión y exclusión</i>	34
<i>Selección del Tamaño de la Muestra</i>	34
Sistema de Variables.....	34
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	35
Procedimientos de la investigación.....	35
Diseño de Análisis	37
Variables Estadísticas.....	39
Sistematización de los Resultados.....	40
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES	40
Análisis de resultados.....	40
Discusiones.....	53
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
BIBLIOHEMEROGRAFÍA.....	58
ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

	Pp
Tabla 1: Diluciones de la solución de referencia de cianometahemoglobina	28
Tabla 2. Operacionalización de la variable continua: hemoglobina	31
Tabla 3. Operacionalización de la variable discreta: hematocrito	32
Tabla 4. Variables Estadísticas de la investigación	39
Tabla 5. Población estudiada según la edad	40
Tabla 6. Valores de hemoglobina y hematocrito en los pacientes evaluados, discriminados por sexo.	42
Tabla 7. Valores de hemoglobina y hematocrito en los pacientes evaluados, discriminados por edad.	43
Tabla 8. Distribución de los datos según los rangos de hemoglobina y hematocrito.	44
Tabla 9: Estadística descriptiva global de los valores de Hemoglobina y hematocrito.	50

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pp.
Figura 1. Marcelo Malpighi	14
Figura 2. Representación Esquemática de la Hemoglobina	17
Figura 3. Cambios Moleculares de la Hemoglobina	17
Figura 4. Cursos de Disociación de la Hemoglobina	18
Figura 5. Síntesis de la Hemoglobina	18
Figura 6. Distribución de la Población Según la Edad	41
Figura 7. Rangos de Hemoglobina y Hematocrito	44
Figura 8. Valores de Hemoglobina en los sujetos evaluados discriminados por sexo	45
Figura 9. Valores de Hematocrito en los sujetos evaluados discriminados por sexo	46
Figura 10. Valores de Hemoglobina en los sujetos evaluados discriminados por grupo de edad	47
Figura 11. Valores de Hematocrito en los sujetos evaluados discriminados por grupo de edad.	48
Figura 12. Distribución de hemoglobina y hematocrito.	49
Figura 13. Análisis de correlación entre el hematocrito y los niveles de hemoglobina en las pacientes evaluadas	49

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
HEMATOLOGÍA
NIVELES DE HEMOGLOBINA Y HEMATOCRITO EN ADULTOS
JOVENES CON EDADES COMPRENDIDAS ENTRE 20-25 AÑOS, QUE
ASISTEN AL LABORATORIO CLINICO DEL HOSPITAL I DR.
HERIBERTO ROMERO, SANTA CRUZ DE MORA, MUNICIPIO ANTONIO
PINTO SALINAS, ESTADO MÉRIDA, PERÍODO MARZO-MAYO DE 2023.

Autor: Leonardo David García Moreno

Tutor: Prof. Carmen Lozano

Cotutora: Prof. Rossy Ramírez

RESUMEN

La interpretación de los valores atribuidos a los parámetros del hemograma requiere conocer la influencia de las variabilidades biológicas tanto desde el punto de vista individual como colectivo. Por lo tanto, cada laboratorio debe contar con parámetros propios y confiables, que permitan mejorar la interpretación de sus resultados, la calidad del diagnóstico, seguimiento y tratamiento de las diferentes patologías. Tuvo como objetivo la presente investigación la determinación de los niveles de hemoglobina y hematocrito en la población joven, con edades comprendidas entre los 20-25 años de edad, que asisten al Laboratorio Clínico del Hospital I Dr. Heriberto Romero, Santa Cruz de Mora, municipio Antonio Pinto Salinas, estado Mérida. Los métodos usados fueron el de la cianometahemoglobina para la determinación de hemoglobina y el método del microhematocrito para la determinación del hematocrito. La investigación fue de tipo analítica, de campo, de laboratorio, transversal, contemporáneo-multivariable. La n de estudio fue de 60 individuos. Los resultados obtenidos en los índices hematimétricos de hemoglobina y hematocrito fueron de $12,30 \pm 0,82$ g/dL y $39 \pm 2,79$ % para el grupo de mujeres, para los hombres los valores obtenidos fueron de $14,40 \pm 1,29$ g/dL y $45,06 \pm 2,82$ %. Para los valores de hemoglobina con respecto a la edad y sexo se obtuvo un valor de p de 0,085 y 0,0002 respectivamente, y para el hematocrito una p de 0,074 y 0,0002, la significancia estadística se consideró para valores de $p < 0,05$. El 33,33% de los pacientes presentaron discordancia entre la relación hemoglobina/hematocrito.

Palabras Clave: Hemograma, Hemoglobina, Hematocrito, Adultos Jóvenes, Cianometahemoglobina, Microhematocrito.

INTRODUCCIÓN

La Hematología es una especialidad médica destinada al estudio, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades de la sangre y de todas aquellas patologías que directa o indirectamente se relacionan con los elementos hematopoyéticos. La primera prueba que se usa para diagnosticar dichas enfermedades es un hemograma completo. En el hemograma se examinan diferentes componentes de la sangre como son la hemoglobina y el hematocrito. La hemoglobina es la proteína rica en hierro que se encuentra dentro de los glóbulos rojos y que transporta el oxígeno por el cuerpo. El hematocrito es una medida del porcentaje de la sangre representado por los glóbulos rojos (Marín, 2008).

Los valores hematológicos son de particular importancia en la práctica diaria en el laboratorio, pues a partir de ello se toman decisiones, diagnósticas, terapéuticas y/o de monitoreo. Las magnitudes que constituyen un hemograma son fundamentalmente todas las relacionadas con el recuento celular (eritrocitos, leucocitos y plaquetas), la concentración de hemoglobina (Hb), hematocrito (Hct), índices hematimétricos: volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM) y concentración de hemoglobina corpuscular media (CHMC) y la fórmula leucocitaria (Marín, 2008).

Mateo, R. (2001) considera que los valores de hematocrito varían en relación a características individuales como: la edad, el sexo, la raza, así como, la altitud geográfica y la actividad física.

Los parámetros hematológicos son por su comportamiento de variación biológica, analitos de poca individualidad, es decir que la variación esperada intra e inter individual, frente a la variación total del grupo poblacional son próximas, lo que les hace analitos particularmente aptos para la aplicación del concepto poblacional de “valor de referencia” (Ortubé, 2014).

Los valores de los índices eritrocitarios varían ligeramente con el método hematológico utilizado para efectuar su determinación. Esto obedece a que existen pequeñas diferencias en el procedimiento empleado para calcular los valores hematológicos (Mantilla, Pérez y Cardona, 2013).

El método de referencia para la medición de la hemoglobina es el de la cianometahemoglobina y fue aceptado por el Comité Internacional de Estandarización de Hematología (ICSH) en 1967. Es el método que generalmente utilizan los analizadores hematológicos automáticos (Cegarra, 2012).

El método del microhematocrito, usado para la determinación del hematocrito, llamado también volumen de glóbulos rojos centrifugado (VGC) o porcentaje de volumen sanguíneo ocupado por eritrocitos, es uno de los métodos más sencillos y valiosos en la hematología, constituye una prueba simple para el diagnóstico de enfermedades hemáticas. Su valor normal en el varón es de 40-50% y de 37-47% en la mujer (González, 2010).

Las anteriores consideraciones reafirman la necesidad de establecer valores de referencia de estos parámetros hematimétricos para cada población y laboratorio en específico, según la metodología y tecnología utilizada para estas pruebas. De allí la importancia que tuvo realizar la investigación usando para ello el método de la cianometahemoglobina para la determinación de hemoglobina y el método de microhematocrito para la determinación de hematocrito, a fin de poder establecer valores de referencia de los analitos evaluados para una población de adultos jóvenes que asisten al laboratorio Clínico del Hospital I Dr. Heriberto Romero, Santa Cruz de Mora, municipio Antonio Pinto Salinas, estado Mérida.

Este proyecto de investigación ha sido estructurado en 5 Capítulos. El Capítulo I denominado El Problema, contiene los siguientes elementos: Planteamiento del Problema, Justificación e Importancia, Objetivos, Alcances y Limitaciones de la Investigación. El Capítulo II Marco Teórico, que abarca: Trabajos Previos, Antecedentes Históricos, Bases Teóricas y Operacionalización de las variables. El Capítulo III Marco Metodológico comprende los siguientes puntos: Tipo de Investigación, Diseño de la Investigación, Población y Muestra, Instrumento de Recolección de Datos, Procedimientos de la Investigación y Diseño de Análisis. El Capítulo 4 Resultados y Discusión y finalmente el Capítulo 5 Conclusiones y Recomendaciones. Todo con el fin de compilar el conocimiento, datos e información fundamental para el logro de los objetivos planteados.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

La sangre es un fluido bombeado por el corazón a través del sistema arterial, venoso y capilar. La principal función de la sangre es transportar el oxígeno y sustancias nutritivas a las células y eliminar de ellas el dióxido de carbono y otros productos de desecho para su detoxificación y eliminación. Está compuesta por células y plasma sanguíneo. Dentro de los elementos figurados de la sangre o células que lo conforman se encuentran los eritrocitos, leucocitos y las plaquetas (Guerra, 2005; López y Serra, 2001).

Los eritrocitos son discos bicóncavos, carecen de movimiento propio que soportan gran deformación y contienen hemoglobina constituida por una proteína llamada globina formada por 4 cadenas polipeptídicas, cada una de ellas unida a una parte del grupo hem que contiene hierro, la cuales imparten el color rojo a la molécula y se forma en los eritrocitos en desarrollo dentro de la médula ósea. Por ser una molécula pesada (con peso molecular: 64.458 Dalton), contribuye sustancialmente al peso de la sangre ya que representa el 33% del volumen total del eritrocito, siendo su contenido normal en la sangre de 13 a 16 g/dL en el hombre, 11 a 15 g/dL en la mujer y en los niños (varia con la edad) es de 12 a 14 g/dL (Bernard, 1984; Blakeslee, 2013; Guyton, 2001; Harrison, 1991).

El hematocrito describe el porcentaje de células transportadoras de oxígeno con respecto al volumen total de sangre, refleja el porcentaje que ocupan los eritrocitos en un volumen de sangre centrifugado. Sus valores de referencia oscilan de 42 a 50% en hombres, de 36 a 45% en mujeres y en los niños (varía con la edad) de 35 a 49%. En este proceso, se pueden apreciar dos niveles, los corpúsculos formes que se sedimentan, y el plasma total que flota (Clavo, 1991).

La biimetría hemática es uno de los estudios de laboratorio que permite evaluar información detallada de las células importantes presentes en la sangre como los glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas, ya que de aquí se deriva información que proporcionará una idea muy confiable del estado de salud del paciente, así como también, el diagnóstico y seguimiento de enfermedades (Tapia, O y Tinajero, M. 2013).

Los valores de referencia de la biimetría hemática son particularmente críticos de determinar para las diversas poblaciones. Así, en regiones de altura la disminución de la presión parcial de oxígeno, asociada a una disminución de la presión barométrica, estimula la eritropoyesis, lo que ocasiona policitemia fisiológica e incrementa entonces los valores de los indicadores con ella relacionada (Sáenz, Narváez y Cruz, 2008).

Sin embargo, en regiones donde la altitud se encuentra a nivel del mar, o a pocos metros de ella, se han establecido valores de referencia estándares según el sexo y la edad, estimando que estos no varían en magnitud, de igual forma se han establecido valores límites, por debajo de los cuales se considera a una persona con un grado de anemia, sea esta leve, moderada o grave. No obstante, en una población característica donde un grupo de personas estadísticamente significativo presentan niveles hematológicos por debajo de los establecidos, es preciso confirmar si corresponden a estados de anemia o establecer valores de referencia que se ajusten a dicha población. Santa Cruz Mora es una ciudad de Venezuela ubicada al pie de los Andes en el estado Mérida al oeste del país. Es la capital del municipio Antonio Pinto Salinas y se encuentra a 520 m.s.n.m, situada en una terraza aluvional andina. En este municipio no se tienen registros de investigaciones realizadas sobre los niveles de hemoglobina y hematocrito en personas adultas “sanas” que se hayan reportado y establecido como valores de referencia en dicha población, solo se manejan los datos del laboratorio clínico del Hospital I Dr. Heriberto Romero de manera mecánica sin que ello proporcione información científica, existen valores de hematología de años anteriores que pudieran servir para una investigación retrospectiva, sin embargo, el investigador

se decantó por realizar un estudio prospectivo en adultos jóvenes en el periodo comprendido entre Marzo-Mayo y establecer los valores de referencia.

Una vez planteada la situación del evento de estudio sobre los niveles de hemoglobina y hematocrito en correspondencia con el método de la cianometahemoglobina para la determinación de hemoglobina y el método del microhematocrito para la determinación del hematocrito, se formuló el siguiente enunciado holopráxico:

¿Cuáles son los niveles de hemoglobina y hematocrito en correspondencia con el método de la cianometahemoglobina para la determinación de hemoglobina y el método del microhematocrito para la determinación del hematocrito, en adultos jóvenes que asisten al Laboratorio Clínico del Hospital I Dr. Heriberto Romero, en Santa Cruz de Mora?

Justificación de la investigación

La mala clasificación de los valores del hemograma u otros parámetros hematimétricos que facilitan el diagnóstico de enfermedades, pueden estar sujetos a la presencia de sesgo de medición. A esto se suma el uso arbitrario de factores de corrección establecidos por los ministerios de salud de distintos países, tomando como referencia valores por estudios realizados en Estados Unidos, país donde las condiciones geográficas, ambientales, epidemiológicas y socioeconómicas, contrastan con la realidad que se vive en las regiones latinoamericanas, los valores del hemograma dependen de muchos factores como: edad, sexo, altura sobre el nivel del mar, estado nutricional, entre otros (USAID, 2002).

El estudio de laboratorio clínico es clave en el diagnóstico de enfermedades hematológicas e incluso de no hematológicas; la biometría hemática es la que se solicita con mayor frecuencia para realizar estudios de rutina de mayor importancia, ya que la información que de aquí se deriva proporciona una idea muy confiable del estado general de salud del paciente.

A través de esta investigación se podrán proporcionar resultados con mayor precisión y confiabilidad para que el médico pueda conocer el estado de salud del

paciente, establecer un diagnóstico, establecer un pronóstico, decidir el tratamiento y seguir el curso de un padecimiento.

Los valores de hemoglobina y hematocrito en la población general no necesariamente son los mismos que en poblaciones especiales. Determinar si un individuo está sano o enfermo, en el campo de la salud y la medicina, es un trabajo complejo. Por lo tanto, es necesario conocer y establecer los límites de referencia en las diferentes poblaciones según su ubicación geográfica.

El desarrollo de la presente investigación se basó en el creciente interés por comprender las marcadas variaciones en los valores hematológicos primarios de la serie roja que caracterizan a la población de Santa Cruz de Mora, Estado Mérida, principalmente en el rango altitudinal de un piso climático de 520 m.s.n.m, debido a la discrepancia que existe entre los límites definidos internacionalmente para estados de anemia en individuos con niveles de hemoglobina por debajo de 12 g/dL y hematocrito de 33%, específicamente en estas regiones de bajas alturas. La Organización Mundial de la Salud (OMS), estableció unos límites para diagnosticar la anemia y su severidad. Se hace necesario definir los valores normales de hemoglobina y hematocrito en la población de Santa Cruz de Mora, municipio Antonio Pinto Salinas, estado Mérida. La necesidad de establecer parámetros de normalidad en las variables [Hb], Hct con fines diagnósticos y de caracterización de la población de Santa Cruz de Mora estado Mérida, justificó la realización de esta investigación.

Los resultados de este estudio son relevantes para la población de este municipio, porque permitirán establecer parámetros propios de la zona. El hecho de que el municipio Antonio Pinto Salinas no cuenta con investigaciones sobre los niveles de hemoglobina y hematocrito que generen valores de referencia acorde a la edad, condición geográfica, características alimentarias de la población, entre otros, convierte en obligatoria la investigación enunciada anteriormente.

Objetivos de la investigación

Objetivo General

Analizar los niveles de hemoglobina y hematocrito en adultos jóvenes que asisten al Laboratorio Clínico del Hospital I Dr. Heriberto Romero en Santa Cruz de Mora, municipio Antonio Pinto Salinas, estado Mérida, en el período Marzo-Mayo del 2023.

Objetivos Específicos

- Determinar los niveles de hemoglobina y hematocrito en adultos jóvenes.
- Interpretar los valores obtenidos de hemoglobina y hematocrito medidos de acuerdo a la edad y sexo de la población estudiada.
- Comprobar si se cumple la relación hemoglobina/hematocrito en la población sana objeto de estudio.

Alcances y Limitaciones de la Investigación

Esta investigación tuvo un alcance muy importante para el ámbito público, pues se analizó la relación de correspondencia entre los niveles de hemoglobina mediante el uso del método de la cianometahemoglobina y el método del microhematocrito para la determinación del hematocrito. En la actualidad debido a la depresión económica en el país, la mayoría de los equipos automatizados en el sector público están deteriorados por falta de personal técnico capacitado y por falta de recursos para su reparación, y aunado a esto no ha sido posible la adquisición de nuevos equipos, se hace necesario el uso de técnicas manuales para la determinación de la biometría

hemática generando intervalos de referencia para la población nativa de este municipio.

Además representa esta información una biometría hemática para análisis futuros en cuanto al fenómeno de variabilidad que se da en esta región, y en todo el país, de acuerdo a los parámetros evaluados. Esta investigación tiene importancia social, ya que impulsa a buscar opciones para la realización de análisis de importancia hospitalaria como la biometría hemática.

En relación a las limitaciones, se encontró que existe información relacionada con los niveles de hemoglobina y hematocrito en el país, sin embargo, en el estado Mérida la información es escasa y nula en el municipio Antonio Pinto Salinas. Desde el punto de vista documental, la falta de información y acceso a los trabajos realizados dentro del estado Mérida no permite relacionar los datos obtenidos con valores más parecidos a nuestro entorno. Sin embargo, se hizo énfasis en las estandarizaciones a nivel internacional como base referencial para las discusiones y conclusiones del estudio realizado.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Trabajos Previos

Donado, J., Ramírez, J., Trujillo, S., Barco, G. y Jaramillo, S. (2013), realizaron un estudio observacional descriptivo con una muestra de 103.690 participantes, compuesta por hombres y mujeres adultos que donaron hemoderivados de forma voluntaria en el banco de sangre del Hospital Pablo Tobón Uribe (HOTU). Las variables evaluadas en el estudio fueron sexo, edad, valores de hemoglobina y hematocrito. El 50,7% de la muestra estuvo compuesta por el sexo masculino, el 90,7% de los donantes reside en Medellín, la edad promedio fue de 32,5 (+/- 11,5) años. En hombres el promedio para hemoglobina y hematocrito fue 15,96 g/dL (+/- 1,11) y 48% (+/- 3,16) respectivamente, en mujeres el promedio fue 14,10 g/dL (+/- 1,00) y 41,64% (+/-2,96), respectivamente.

Trompetero, A., Cristancho, E., Benavides, W., Serrato, M., Landinez, M. y Rojas, J. (2015), analizaron el comportamiento de la concentración de hemoglobina, el hematocrito y la saturación de oxígeno en una población universitaria en Colombia a diferentes alturas” (970 m.s.n.m, 1.520 m.s.n.m, 1.728 m.s.n.m, 1.923 m.s.n.m, 2.180 m.s.n.m y 2.600 m.s.n.m), con el fin de aportar conocimiento sobre la fisiología de la altura y al campo clínico para apoyar el diagnóstico de anemia. La “n” muestral estuvo representada por 264 participantes, de ambos sexos, entre 18 y 30 años de edad, clínicamente sanos, con nivel bajo de actividad física y reporte de consumo de alimentos con contenido de hierro. Las muestras se obtuvieron de sangre de la vena antecubital y del lóbulo de la oreja y fueron analizadas en un radiómetro. Se realizó un análisis estadístico no paramétrico. Los autores concluyeron que con el incremento de la altitud los valores de [Hb] y Hct se incrementaron, mientras la saturación de oxígeno descendió. Los hombres presentaron valores más altos que las mujeres en [Hb] y Hct, relacionado con valores más bajo de SO_2 que las mujeres. No se

evidenció un umbral de las variables, quizás por la pequeña distancia entre las alturas. Los valores reportados fueron similares, pero no iguales a otros estudios, lo que podría deberse a la diversidad genética entre poblaciones.

A su vez, Mejía, Quiñones, Gomero y Pérez (2017), determinaron los Cambios en la hemoglobina (Hb) de trabajadores mineros expuestos a gran altura y factores asociados provenientes de las ciudades de Lima y Trujillo, Perú. El objetivo fue determinar la variación de la Hb en dos grupos de trabajadores mineros a diferentes altitudes. El tipo de investigación fue analítica longitudinal, realizado en una empresa privada. La Hb se obtuvo de los exámenes de entrada y los controles anuales de los trabajadores en dos sedes: a nivel del mar y en la serranía peruana (4100 msnm); por personal capacitado y con equipos calibrados a las condiciones ambientales. Se analizó su variación en el transcurso de los años con la prueba estadística PA-GEE y se obtuvieron los valores de p . La “ n ” muestral estuvo conformada por 376 trabajadores, de los cuales el 89% (322) eran hombres, la mediana de edad era 32 años (rango: 20-57) y el 84% (304) laboraba a gran altura. En el análisis multivariado, ser varón ($p < 0.001$), el índice de masa corporal (IMC) ($p = 0.021$) y trabajar a gran altura ($p < 0.001$) se asociaron a la mayor variación de la Hb en el tiempo, ajustado por edad, antigüedad y tipo de trabajo. Los autores concluyeron que el cambio de la Hb en mineros se asoció a ser varón, el IMC y trabajar a gran altura.

Vásquez, (2019), analizó la variación del hematocrito entre los métodos manual y automatizado asociados con el grado de anemia en el Hospital II Essalud Chocope. La investigación fue de tipo descriptiva-correlacional. La autora consideró como población y muestra a los usuarios con diagnóstico de anemia de ambos sexos entre las edades de 0 a 99 años que se atendieron en el laboratorio del Hospital Essalud II-Chocope en Perú. La “ n ” estuvo representada por 373 pacientes. Como resultados logró determinar que el sexo más predominante fue el femenino (220), siendo el grupo de edades con mayor proporción de pacientes las de 19 – 40 años (134 casos). Se concluyó que no existía relación entre el sexo y el método manual ($p=0,277$) y el método automatizado ($p=0,243$), existiendo relación significativa entre las edades y el método manual ($P=0,012$) y edades con el método automatizado ($P=0,016$); así como

también, logró comprobar que la diferencia de los valores de las medias del grado de anemia moderada determinadas para el método manual y el método automatizado fue de 1,57%, con diferencia en la desviación estándar de 0,72% y con coeficiente de variación más consistente en los resultados determinados aplicando el método automatizado de 1,13% respecto a los resultados del método manual, presentando menor dispersión de datos en la aplicación del primer método.

Arana, C. (2013), determinó los valores de hemoglobina (Hb) y hematocrito (Hto) en pobladores adultos de ambos sexos, atendidos en el Puesto de Salud de Buenos Aires Sur, del Distrito de Víctor Larco. Se realizó la determinación de Hb y Hto de 78 personas de ambos sexos. La determinación de hemoglobina se realizó por el método de la metahemoglobina y el hematocrito por microcentrifugación. Los resultados fueron procesados utilizando medidas para datos nominales (porcentajes). En la determinación de Hb el 85,90% de los pobladores presentaron valores normales, el 3,85% valores disminuidos y el 10,25% valores aumentados. En el sexo femenino el 1,28% presentó valores disminuidos, entre la edad de 58-67 años, el 69,23% estuvieron dentro de los valores normales, de los cuales el 16,67% corresponde al grupo de edad comprendido entre los 38 a 47 años y los valores aumentados se presentaron en el grupo de personas con edades entre 48 a 67 años, con un valor de 6,41% de hemoglobina. En el sexo masculino el 10,23% tuvo valores disminuidos, entre la edad de 58 a 67 años, el 12,8% estuvieron entre los valores normales que correspondieron a todas las edades y no se presentaron valores aumentados. Los porcentajes de hemoglobina-hematocrito tienen una estrecha correlación, la disminución se debe a anemias y/o hemorragias graves.

Ambuludí, (2013), determinó en la Provincia de Loja en el año 2010, que los índices de anemia eran del 64,1% en niños y niñas menores de 5 años. En este estudio se determinó el porcentaje de hematocrito y valores de hemoglobina e índices eritrocitarios y hierro sérico mediante la aplicación del método manual y colorimétrico, relacionando los niveles de hierro, con los parámetros hematológicos obtenidos, con la finalidad de contribuir al diagnóstico presuntivo de anemia ferropénica. La investigación fue de tipo descriptivo, incluyó 62 niños que

cumplieron con los criterios de inclusión, para lo cual se obtuvo un consentimiento informado; con los resultados obtenidos se llegó a la conclusión de que el 31% de los niños/as presentaron valores de hematocrito, hemoglobina e índices eritrocitarios disminuidos, 35% presentaron valores disminuidos de hierro sérico y, estableciendo una relación entre los valores obtenidos de hierro sérico con los valores hematológicos se encontró que el 31% de la población de estudio se encontraban dentro de un presunto diagnóstico de anemia ferropénica.

Calle, (2021), determinó los valores tanto de hemoglobina como de hematocrito y validó los puntos de corte para definir anemia en la población infantil indígena, menor de cinco años a diferentes niveles de altura en los cantones de Riobamba, Guamate, Guano, Colta de la Provincia de Chimborazo en el período febrero 2018 – febrero 2020. En este estudio se incluyeron a 209 niños indígenas menores de 5 años de la provincia de Chimborazo que cumplían los criterios de inclusión y que poseían valores de hemoglobina, hematocrito, así como de la altura a nivel del mar donde habitan. El autor determinó la normalidad de las variables: hemoglobina, hematocrito, índices hemáticos y altura en metros sobre nivel del mar (m.s.n.m), mediante prueba de Shapiro-Wilk. Realizó mediante regresión lineal simple la predicción de los puntos de corte para hemoglobina y hematocrito. Correlacionó los valores de hemoglobina [Hb] y Hto con la altura del lugar de residencia, a través de correlación de Pearson y Spearman. Los indicadores de media y tendencia central de las variables en estudio obtenidos fueron: altura de residencia con una media de 3.104,61 m y una desviación estándar de 239,730. Hemoglobina con media de 13,4770 y una desviación estándar de 0,89456. Hematocrito con media de 40,6225 y una desviación estándar de 2,62690. Hemoglobina Corpuscular Media con media de 27.7938.6225 y una desviación estándar de 1,52609. Concentración de hemoglobina corpuscular media con media de 33,7545 y una desviación estándar de 0,93165. Y el volumen corpuscular medio con una media 81,6962 de y una desviación estándar de 3,74881. Se evidenció una correlación positiva y estadísticamente significativa, tal como se había esperado. Se determinó el valor de ajuste de la hemoglobina, donde por cada 1 aumento en la altura sobre el nivel del mar, incrementa 0,001 puntos el

valor de la hemoglobina. Se obtuvo la siguiente formula: Hemoglobina = $9.987 + \text{edad en meses} * 0.036 + \text{altura sobre el nivel del mar} * 0.001$ donde se evidencia a mayor edad del niño y a mayor altura se incrementa los valores de hemoglobina calculada. Se determinó que los valores de hemoglobina y hematocrito, en la población infantil indígena, menor de cinco años a diferentes niveles de altura en los cantones de Riobamba, Guamote, Guano, Colta de la Provincia de Chimborazo en el período febrero 2018–febrero 2020, se encuentran afectados directamente por variables como la altura a nivel del mar, edad, peso, talla del niño y de la edad materna.

Herrera S. y Willian G. (2019), realizaron un estudio descriptivo, transversal que tuvo por objetivo determinar el nivel de hemoglobina en pacientes que acuden al Servicio de Emergencia del Hospital II de Huamanga, durante el periodo de agosto a diciembre del año 2017. Se evaluaron 2822 pacientes constituida en 66,8% por varones. La edad promedio fue de $36,3 \pm 22,3$ años y las procedencias más frecuentes fueron de los distritos de Ayacucho, San Juan Bautista, Carmen Alto y Andrés A. Cáceres. El nivel de hemoglobina fue de $14,4 \pm 1,5$ g/dL, y su concentración presento diferencias significativas según procedencia, sexo y grupos etarios ($p < 0.05$, pruebas de Mann-Whitney y Kruskal-Wallis); más no así para la altitud. El análisis de regresión lineal evidenció que la edad y el sexo son variables que se asocian significativamente a la concentración de hemoglobina ($p < 0,01$, prueba de Wald), con coeficientes de 0,018 y -1,181 g/dL. Se concluye que la hemoglobina presenta un nivel de 14,4 g/dL y sus factores asociados son la edad y el sexo.

Antecedentes Históricos

Descubrimiento de los Eritrocitos

Una vez que Marcello Malpighi (1628–1694) (Figura 1) encontró la comunicación microscópica entre los vasos arteriales y venosos a través de los capilares, quedó claro que la sangre no se regeneraba constantemente a partir del hígado como pensaba Galeno dieciséis siglos antes, sino que el contenido del sistema vascular se mantenía

constante en volumen gracias al movimiento del corazón. Ya conocido el aspecto iatromecánico de la circulación, el interés se orientó a descifrar la composición del líquido hemático y durante los años que siguieron a la invención del microscopio, varios observadores encontraron partículas diminutas en la sangre. El propio Malpighi abordó su análisis lavando algunos coágulos encontrados en el corazón. En el líquido rojo que obtiene, observa una miríada de átomos rojos. Sin duda, es una de las primeras descripciones de los eritrocitos. En una carta a Giovanni Alfonso Borelli (1608–1679) escrita en 1661 y publicada en 1687, Malpighi menciona: "... por sangre, yo no entiendo el agregado de los cuatro humores comunes: las dos bilis, sangre y flema, sino todo lo que fluye continuamente a través de las venas y arterias, que consiste de un infinito número de partículas. Todas parecen estar comprendidas en dos partes, la parte blanquecina, llamada suero, y la parte roja". Malpighi también observó los eritrocitos en los vasos del erizo, valiéndose de excelentes microscopios contruidos por el astrónomo y óptico Eustachio Divini (De Micheli A. 1997).



Figura 1. Marcelo Malpighi (1628–1694)

En Holanda, tanto Antonio van Leeuwenhoek (1632–1723) como Jan Swammerdam (1637–1680), describieron partículas al estudiar gotas de sangre y las

llamaron glóbulos rubiscentes, aunque este último dudó que realmente estuvieran en el interior de los vasos. Leeuwenhoek dio a conocer sus observaciones sobre las partículas de la sangre en 1674 en la publicación de la Real Sociedad de Londres *Transacciones Filosóficas* (Wintrobe, M. 1980).

En Suiza, Albrecht von Haller (1708–1777) describió su forma lenticular, y Lázaro Spallanzani (1729–1799), en Italia, diferenció a los vertebrados de los invertebrados por la presencia de los glóbulos rojos. El propio von Haller observó otros glóbulos más grandes, incoloros, que pudieron haber sido los leucocitos (Lain–Entralgo, P., Albarracín, A. y Gracia, D. 1973).

El estudio de los átomos rojos llevó a Doménico Gusmano María Galeazzi (1686–1775) al descubrimiento del hierro en la sangre, al demostrar la abundancia de partículas metálicas extraídas por un imán desde las cenizas de sangre. La ubicación del hierro en los eritrocitos y no en el suero o en los coágulos lavados se debe a Vincenzo Menghini (1704–1759). Así, dentro de la escuela de Malpighi establecida en Bolonia, la sangre deja de ser un humor para convertirse en una mezcla de suero, fibrina y partículas rojas que contienen hierro (Belloni, L. 1973).

Descubrimiento de la Hemoglobina

El descubrimiento de la hemoglobina se remonta a principios del siglo XIX. El anatomista alemán Franz Von Nasse descubrió en 1820 que los glóbulos rojos eran responsables del color rojo de la sangre. Sin embargo, no fue hasta 1840 cuando el fisiólogo alemán Friedrich Miescher aisló por primera vez la hemoglobina a partir de la sangre de animales. A partir de ese momento, los científicos comenzaron a investigar la estructura y función de la hemoglobina. En 1959, el químico británico Max Perutz determinó la estructura tridimensional de la hemoglobina, lo que le valió el Premio Nobel de Química en 1962 (Diagnóstico Oportuno, 2023).

Métodos para Contar las Células de la Sangre

Los intentos por cuantificar las células sanguíneas fueron hechos por vez primera por Karl Vierordt (1818–1884), quien ocupó diversas cátedras en Alemania. En 1852

publicó un método para contarlas, con el que obtuvo cuentas de eritrocitos prácticamente idénticas a las actuales (Major R., 1938).

Herman Welcker (1822–1897) mejoró el método y describió variaciones en la cantidad de células sanguíneas en diversas enfermedades. (Wintrobe M. 1985)

En los siguientes años se hicieron numerosas aportaciones, entre ellas las de George Hayem y Eduard Potain (1825–1901), en Francia; y de Sir William Gowers (1845–1915), en Inglaterra (Verso M., 1938; Bard L. 1908).

En 1882, Richard Thomas (1847–1923) introdujo pipetas para diluir la sangre y facilitar la cuenta de células y usó ácido acético al 0.5% para destruir los eritrocitos y contar solamente los leucocitos. Wilhelm Türk (1871–1915), de Viena, construyó una cámara para contar células y describió las células irritativas (Verso M., 1971; Weil, B. 1934).

Bases Teóricas

Hemoglobina

Es una proteína globular que se encuentra en grandes cantidades dentro de los glóbulos rojos y es de vital importancia fisiológica para el aporte normal de oxígeno a los tejidos. Es uno de los parámetros más importantes dentro de la biometría hemática y se mide en g/dL. Sus valores de referencia dependen de variables fisiológicas como: edad, sexo, raza, altitud sobre el nivel del mar (msnm), lugar de residencia, embarazo, actividad muscular, entre otras. (Jones, 2008; Saenz, Narvaez y Cruz, 2008; Fernández, Bustamante y García, 2006; Rodríguez y col. 2012)

La hemoglobina representa aproximadamente un tercio del volumen del eritrocito (Figura 2). Es una molécula de 68 kDa constituida por cuatro subunidades, cada una de ellas compuesta por una cadena de globina (subunidad proteica) y por un grupo hemo (Moraleda, J. 2017).

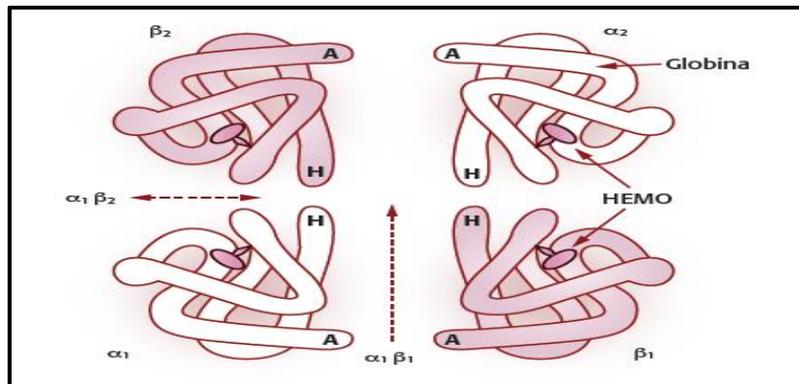


Figura N° 2. Representación esquemática de la hemoglobina y de la relación entre las cadenas alfa y beta. Fuente: Moraleda, J. (2017)

Las cuatro cadenas de globina se disponen en parejas de dos globinas idénticas (p. ej., $\alpha_2 \beta_2$), y forman una estructura globular con unos huecos o cavidades donde se ubican los grupos hemo. Cada uno de estos está compuesto por un anillo de protoporfirina y hierro que se une a la cadena de globina por un enlace covalente en sitios específicos de la cadena polipeptídica. Las cadenas de globina dejan también un espacio en su región central, para el 2,3-difosfoglicerato (2,3-DPG) de gran importancia funcional (Figura 3 y 4) (Moraleda, J. 2017).

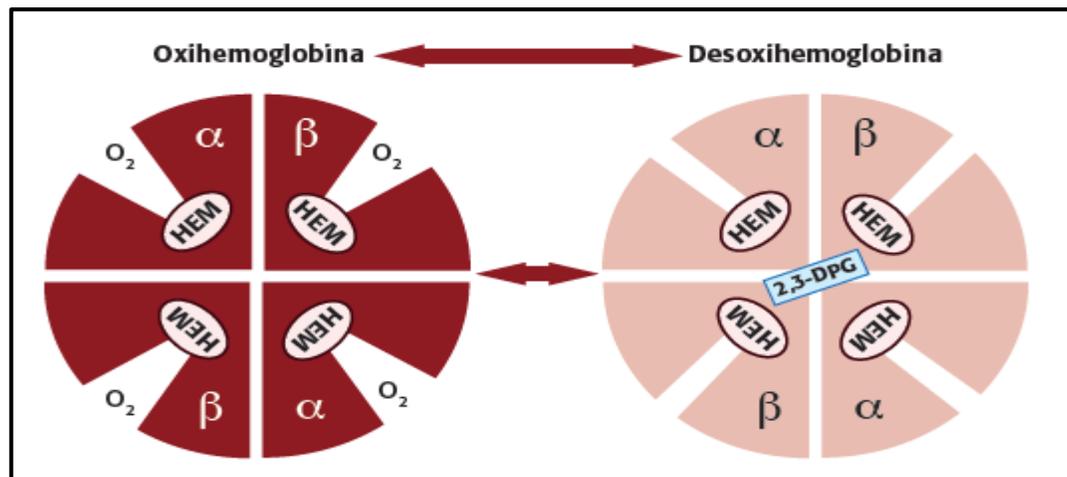


Figura N° 3. Cambios moleculares de la hemoglobina. 2,3-DPG: 2,3-difosfoglicerato. Fuente: Moraleda, J. (2017)

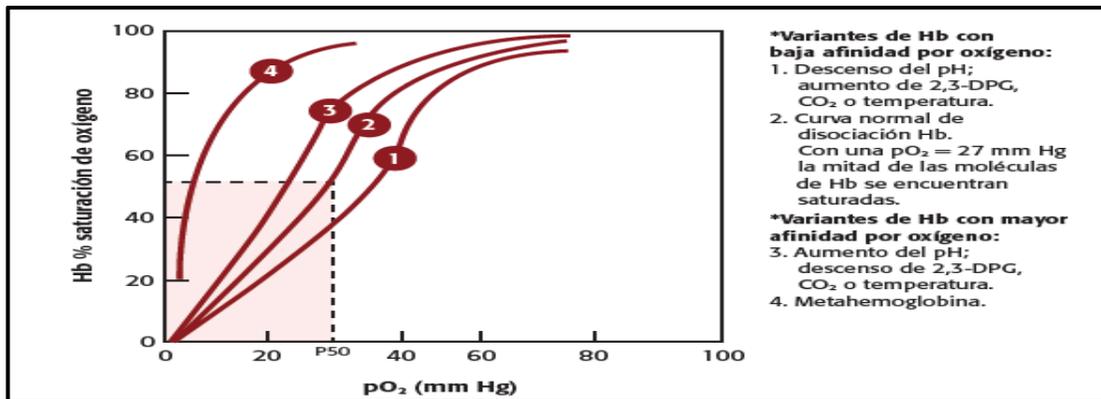


Figura 4. Cursos de disociación de la hemoglobina en diferentes condiciones.
 2,3-DPG: 2,3-difosfoglicerato; Hb: hemoglobina; pO₂: presión parcial de oxígeno.

Fuente: Moraleda, J. (2017)

El 65 % de la hemoglobina se sintetiza en el eritroblasto, y el 35 % en el reticulocito (Figura. 5) (Moraleda, J. 2017).

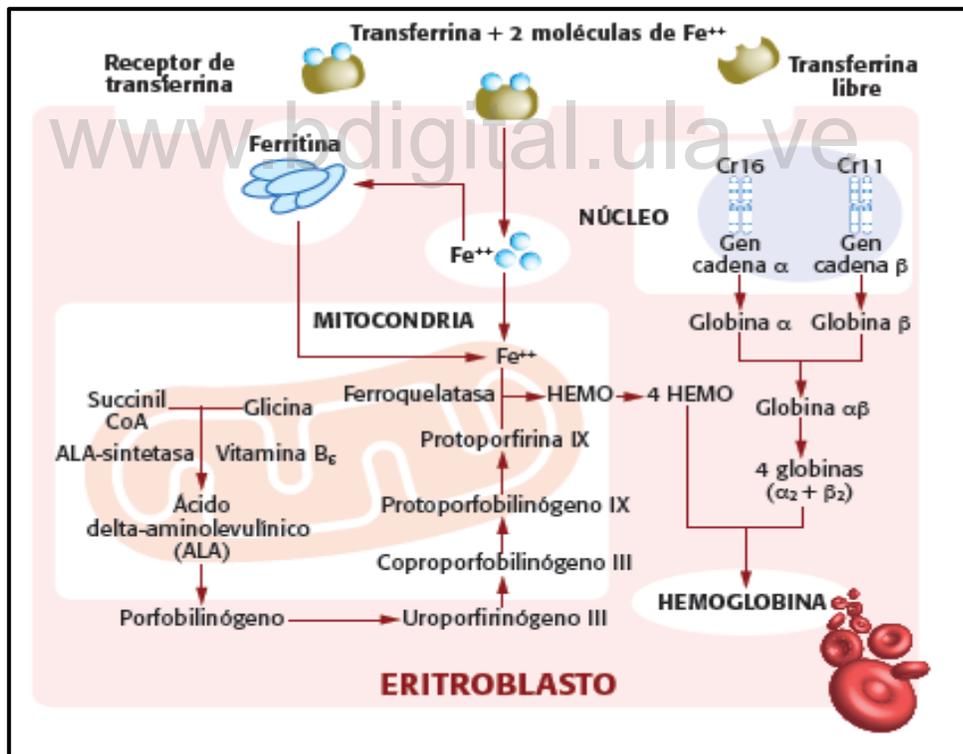


Figura N° 5. Síntesis de hemoglobina en el eritroblasto. *Fuente: Moraleda, J. (2017)*

Valor de Referencia para la Hemoglobina

Según la OMS el valor de referencia de [Hb] a nivel del mar es de 12,0 g/dL para las mujeres y de 13,0 g/dL para los hombres. De acuerdo a los niveles definidos se deben realizar ajustes en los niveles de hemoglobina de acuerdo a la altitud en la que habita el individuo, esperándose un incremento de la misma de 0,9 g/dl y 0,6 g/dL en hombres y mujeres respectivamente por cada 1000 msnm. Por lo tanto para quienes habitan a 2500 msnm se esperaría encontrar un incremento de 1,3 g/dl sobre el valor estándar. (Jones, 2008; Saenz, Narvaez y Cruz, 2008; Fernández, Bustamante y García, 2006)

Globinas

El ser humano puede sintetizar seis tipos diferentes de cadenas de globina: alfa (α), beta (β), gamma (γ), delta (δ), épsilon (ϵ) y zeta (ζ), codificadas por genes situados en los cromosomas 11 y 16. Cada molécula de hemoglobina contiene cuatro cadenas, iguales dos a dos. La síntesis de las diferentes cadenas de globina va cambiando durante el desarrollo, de manera que en el feto predomina la hemoglobina F ($\alpha_2\gamma_2$), mientras que en el adulto el 96 % es hemoglobina A ($\alpha_2\beta_2$). El conocimiento de la secuencia de aparición de las cadenas de globina permite comprender la patogenia y clínica de los síndromes talasémicos (Moraleda, J. 2017).

Grupo Hemo

Compuesto por protoporfirina IX y Fe^{++} . La síntesis de protoporfirina se realiza en las mitocondrias tras múltiples reacciones enzimáticas a partir de la glicina y el succinil-CoA, que son transformados en ácido delta-aminolevulínico (ALA) por medio del ALA-sintetasa y la vitamina B6. El hierro en estado reducido (Fe^{++}) se incorpora al anillo de la porfirina por acción de la enzima hemosintetasa o ferroquelatasa. Cuando al grupo hemo se oxida (Fe^{+++}), la hemoglobina se convierte en metahemoglobina y pierde su capacidad de unión con el oxígeno (Moraleda, J. 2017).

Hematocrito

Indica la masa eritrocitaria respecto al volumen total de sangre, por lo que su valor es influido, tanto por la técnica que se aplique para su determinación, como por las

circunstancias que originen un aumento o una disminución del volumen plasmático (hemodilución o hemoconcentración). Valores de hematocrito superiores al 60% o inferiores al 30% deben considerarse inicialmente como patológicos (Castiñeiras, 2008).

Es una fracción volumétrica de hematíes. Indicador clave del estado corporal de hidratación, anemia o pérdida grave de sangre, así como la capacidad de la sangre para transportar oxígeno. Una lectura reducida indica hiperhidratación que aumenta el volumen plasmático, o a una reducción en la cantidad de hematíes debido a anemias o a hemorragias. Un hematocrito alto puede deberse a pérdida de fluidos, como por ejemplo una deshidratación, un tratamiento con diuréticos o quemaduras o bien a un aumento de los hematíes tal como sucede en los trastornos cardiovasculares y renales, la policitemia y los problemas de ventilación (Jiménez, 2010).

Valores de Referencia del Hematocrito

Los valores de referencia del Hematocrito oscilan de 42 a 50% en hombres, de 36 a 45% en mujeres y en los niños (varia con la edad) de 35 a 49%. Valores de hematocrito superiores al 60% o inferiores al 30% deben considerarse inicialmente como patológicos. (Clavo, 1991; Castiñeiras, 2008; Jaime P., y Gómez A., 2012). Una lectura reducida indica hiperhidratación que aumenta el volumen plasmático, o a una reducción en la cantidad de hematíes debido a anemias o a hemorragias. Un hematocrito alto puede deberse a pérdida de fluidos, como por ejemplo una deshidratación, un tratamiento con diuréticos o quemaduras o bien a un aumento de los hematíes tal como sucede en los trastornos cardiovasculares y renales, la policitemia severa y los problemas de ventilación (Jiménez, 2010).

Método del Microhematocrito

El método del microhematocrito se realiza con la sangre contenida en tubos capilares de 75 mm de longitud y con un diámetro interno de aproximadamente 1 mm. Pueden ser tubos simples para su uso con muestras sanguíneas anticoaguladas, o revestidos internamente con 1 UI de heparina para la recogida directa de la sangre capilar. La centrifuga utilizada para los tubos capilares proporciona una fuerza centrífuga de 12.000 g y una centrifugación de 5 min permite obtener un Hto constante. Cuando el

Hto es mayor de 0,5 puede ser necesario centrifugar durante otros 5 min. Hay que dejar que la sangre, procedente de una muestra bien mezclada o fluyendo libremente de una punción cutánea, penetre en el tubo por capilaridad, dejando al menos 15 mm vacíos. Después, se sella el tubo con un sello plástico. No se recomienda el sellado del tubo por medio de calor pues el sello tiende a estrecharse progresivamente y existe la probabilidad de que se produzca lisis. Después de la centrifugación de 5 min, se mide la proporción de células con respecto a la columna total (es decir, el Hto) utilizando un dispositivo de lectura (International Council for Standardization in Haematology, 1980).

Fundamento

Se basa en la separación de los eritrocitos del plasma por acción de la fuerza centrífuga, obteniendo hematíes aglomerados, por lo que son medidos en relación al volumen total de la sangre contenida en el capilar.

Precisión del Microhematocrito

El método del microhematocrito tiene un nivel adecuado de exactitud y precisión para resultar de utilidad clínica. Sin embargo, hay que prestar atención a diversos factores que pueden producir un resultado inexacto (International Council for Standardization in Haematology, 1980).

Anticoagulantes

Se recomienda el uso del K2-EDTA, porque el K3-EDTA produce la contracción de los eritrocitos, reduciendo el Hto en cerca de un 2%. Una concentración de anticoagulante por encima de los 2,2 mg/ml puede producir también un Hto falsamente bajo como resultado de la contracción celular (International Council for Standardization in Haematology, 1980).

Muestra sanguínea

Como el Hto aumenta gradualmente con el almacenamiento, la prueba debe realizarse antes de las 6 h de recogida la muestra sanguínea, aunque se acepta un retraso de hasta 24 h si se conserva la sangre a 4 °C. Si no se mezcla la muestra sanguínea adecuadamente, obtendremos un resultado inexacto. El grado de oxigenación de la sangre afecta también al resultado porque el Hto de la sangre venosa es ~2% más alto

que el de la sangre totalmente oxigenada (que ha perdido el CO₂ y captado O₂). Para asegurar la oxigenación y la adecuada mezcla de la sangre, el espacio con aire libre sobre la muestra debe ser >20% del volumen del contenedor (International Council for Standardization in Haematology, 1980).

Tipo de Tubos capilares

La variación del calibre de los tubos puede originar errores graves si no se encuentra dentro de los límites estrechos definidos por las características que deben cumplir los fabricantes: longitud $75 \pm 0,5$ mm; diámetro interno 1,07-1,25 mm; grosor de la pared 0,18-0,23 mm y estrechamiento del calibre que no exceda el 2% del diámetro interno en toda la longitud del tubo (WHO, 2000).

Características de la Centrífuga

Las centrífugas deben revisarse a intervalos periódicos (al menos anualmente) con un tacómetro para la velocidad y con un cronómetro para la exactitud del temporizador. Hay que comprobar también la eficacia del apilamiento mediante el centrifugado de muestras de sangre normal y policitémica durante tiempos diferentes, de 5 a 10 min, para determinar el tiempo mínimo necesario para un apilamiento completo de los eritrocitos (WHO, 2000).

Lectura

La prueba debe leerse tan pronto como sea posible tras la centrifugación, porque los eritrocitos comienzan a hincharse y la interfaz se vuelve cada vez más indiferenciada. Para evitar los errores de la lectura con el dispositivo de lectura especial, se debe utilizar una lente de aumento. Hay que excluir tanto como sea posible los leucocitos y las plaquetas (la capa de leucocitos) de la lectura de los eritrocitos apilados. Si no se dispone de un dispositivo de lectura especial, la proporción de la columna eritrocitaria con respecto a la columna total puede calcularse mediante la medición obtenida colocando el tubo contra un papel gráfico aritmético o contra una regla (WHO, 2000).

Plasma atrapado

La cantidad de plasma atrapado entre los eritrocitos, sobre todo en el extremo inferior de la columna eritrocitaria, se contrarresta, por lo general, con la deshidratación de los eritrocitos durante la centrifugación y, habitualmente, el error producido por el

plasma atrapado no es superior a las 0,01 unidades de Hto. Por lo tanto, en la práctica de rutina, no es necesario hacer correcciones para el plasma atrapado pero, si se necesita el Hto para calibrar un analizador de células sanguíneas o para calcular el volumen de sangre, el Hto observado debe reducirse con un factor de corrección del 2% después de la centrifugación durante 5 o 10 min con sangre policitémica. No obstante, es preferible utilizar el método de referencia sustituto. El plasma atrapado aumenta en las anemias macrocíticas, las esferocitosis, la talasemia, las anemias hipocrómicas y la anemia de células falciformes; pudiendo llegar hasta el 20% en la anemia de células falciformes si todas las células son deformes (England, J., Walford, D. y Waters, D. 1972).

Diagnóstico de Laboratorio de Hemoglobina

Existen métodos automatizados y manuales, para la determinación de hematocrito, hemoglobina.

Diagnóstico Automatizado de Hemoglobina

La citometría hemática automatizada se basa en la combinación de varias técnicas para la realización de un conteo celular apropiado. En la actualidad, los dos principios del conteo de células sanguíneas más usados por los instrumentos de hematología son la impedancia eléctrica y la dispersión óptica de la luz, conocida esta última, como citometría de flujo.

Impedancia eléctrica

También se le conoce como resistencia a la corriente continua (CC) de bajo voltaje o principio Coulter, ya que fue desarrollada por Wallace Coulter (en 1950). Este método se basa en la detección y la medición de cambios en la resistencia eléctrica producida por las células cuando atraviesan una apertura pequeña. Las células suspendidas en un diluyente conductor de la electricidad, como solución fisiológica, se arrastran a través de una apertura (orificio) en un tubo de vidrio. En la cámara de recuento, o ensamblaje del transductor, se aplica la corriente eléctrica de baja frecuencia entre un electrodo externo (suspendido en la dilución celular) y uno interno (alojado dentro del tubo de apertura). La resistencia eléctrica entre los dos electrodos, o la impedancia en la corriente, se produce a medida que las células

atraviesan la apertura, que tiene sensores y produce pulsos de voltaje medibles. Al pasar cada célula a través del orificio causa un cambio en la resistencia eléctrica que genera un pulso de voltaje cuya altura o amplitud será proporcional al tamaño o volumen de la célula. El número de pulsos eléctricos generados se relaciona con la cantidad de células que atraviesan la abertura (Carbia, Fink y Lazarowski, 2015).

Citometría de flujo

Se trata de un sistema de dispersión óptica que incorpora un capilar a través del cual se hace pasar un líquido isotónico que actúa a modo de funda, con una velocidad de 500-4000 partículas/segundo por medio del enfoque hidrodinámico; esta muestra pasa por un canal de cuarzo sobre el que impacta la luz “centrada”. La fuente de luz puede ser de dos tipos, un láser (de helio y neón) o una lámpara de arco (luz halógena, de tungsteno, etc.). Los citómetros de rayos láser tienen más aplicaciones en Inmunología y Hematología por su facilidad de excitación de los fluorocromos que se usan para marcar las partículas (March y Eiros, 2012).

A medida que las células circulan por la “región sensora”, la luz impacta sobre ellas y se interrumpe el flujo lumínico unidireccional. La luz se dispersa en todas direcciones con ángulos de desvío relativos a las características (densidad y tamaño) del cuerpo golpeado (Figura 8). Se generan a su vez procesos de absorción, difracción y de dispersión lumínica, que se convierten en señales eléctricas por fotoelectrodos y en ángulos específicos. La dispersión frontal de luz (0°) se correlaciona con el volumen celular (tamaño), debido sobre todo a la difracción de la luz. En tanto, la dispersión ortogonal de la luz (90°), o dispersión “lateral”, es consecuencia de la refracción y reflexión lumínica, provenientes de las estructuras más grandes presentes dentro de la célula (núcleo) y se correlaciona con el grado de “complejidad” de dichas estructuras (Carbia, Fink y Lazarowski, 2015).

Diagnóstico Manual de Hemoglobina

Método de la Cianometahemoglobina (Hemoglobina)

El método del cianuro de hemoglobina (cianometahemoglobina) es el método internacionalmente recomendado para la determinación de la concentración sanguínea de hemoglobina (International Committee for Standardization in Haematology, 1996).

La base del método consiste en la dilución de sangre en una solución que contiene cianuro y ferrocianuro potásicos. La hemoglobina, la Hi y la HbCO, pero no la SHb, se convierten en HiCN. La absorbancia de la solución se mide con un espectrómetro a una longitud de onda de 540 nm o con un colorímetro fotoeléctrico con un filtro amarillo-verde (Lewis, S., Bain, B. y Bates, I. 2008).

Fundamento

La hemoglobina en presencia de ferrocianuro se oxida (el ferrocianuro convierte el hierro ferroso en hierro férrico), que a su vez se combina con iones cianuro a pH de 7,2 convirtiéndolo en cianuro de hemoglobina (cianometahemoglobina), causando una coloración en 3 minutos, luego se le lleva al espectrofotómetro a una longitud de onda de 540 nm.

Tipo de Diluyente

El reactivo original (Drabkin) debe tener un pH de 8,6. La solución fue modificada posteriormente, siguiendo recomendaciones del International Committee for Standardization in Haematology, pH de 7,0-7,4. Tiene menos tendencia a causar turbidez por precipitación de las proteínas del plasma y necesita un tiempo de conversión más corto (3-5 min) que la solución de Drabkin original, pero tiene la desventaja de que el detergente produce algo de espuma. Los componentes del Drabkin son: Ferrocianuro de potasio (0,607 mmol/L), 200 mg; Cianuro de potasio (0,768 mmol/L), 50 mg; Potasio dihidrógeno fosfato (1,029 mmol/L), 140 mg de detergente no iónico, 1 ml; agua destilada o desionizada hasta 1 L.

Los detergentes no iónicos adecuados son: Nonidet P40 y Triton X-100. El diluyente debe ser claro y tener un color amarillo pálido. Al medirlo utilizando el agua como blanco en un espectrómetro a una longitud de onda de 540 nm, la absorbancia debe ser cero. Si se almacena a temperatura ambiente en una botella de vidrio marrón de borosilicato, la solución se mantiene durante varios meses. Si la temperatura ambiente es superior a los 30 °C, se debe conservar la solución en el refrigerador y llevarla a temperatura ambiente antes de utilizarla. No hay que dejar que se congele. Se debe desechar el reactivo si se vuelve turbio, si el pH está fuera del rango de 7,0-7,4 o si su absorbancia es distinta de cero a 540 nm contra el agua como blanco (Lewis, S., Bain, B. y Bates, I. 2008).

Patrón de Referencia de la Cianometahemoglobina

La llegada de la solución de HiCN, que es estable durante muchos años, ha ocasionado que otros patrones queden desfasados (Van Assendelft, Buursma y Zijlstra, 1996).

El International Committee for Standardization in Haematology ha definido las características, en base a la masa molecular relativa (peso molecular), de la hemoglobina humana de 64458 (es decir, 16114 como monómero) y un área de absorbancia milimolar (coeficiente de extinción) de 11,0. Algunos patrones se preparan a partir de la sangre de buey, que tiene el mismo coeficiente de extinción pero un peso molecular de 64532 (16133 como monómero). Estas características han sido ampliamente adoptadas; la Organización Mundial de la Salud (OMS) las ha establecido en una norma internacional y se dispone también de un material de referencia comparable del European Community Bureau of Reference (BCR). Hay preparaciones, realizadas en conformidad con estas características internacionales, disponibles comercialmente. Contienen entre 550 y 850 mg de hemoglobina por litro y la concentración exacta se indica en la etiqueta. La solución de HiCN se dispensa en ampollas selladas de 10 ml y se considera una dilución de sangre completa. La Hb original que representa se obtiene multiplicando la cifra indicada en la etiqueta por la dilución que se aplicará a la muestra sanguínea. De esta forma, si la solución estándar

contiene 800 mg (0,8 g) de hemoglobina por litro, tendrá la misma densidad óptica que una muestra de sangre que contenga 160 g/L de hemoglobina si está diluida al 1 por 200, o que una que contenga 200 g/L de hemoglobina diluida al 1 por 250. La preparación de referencia de la HiCN está diseñada fundamentalmente para ser comparada directamente con la sangre transformada en HiCN. También puede utilizarse para la normalización de un patrón de sangre completa con el método de la HbO₂ (analizado más adelante) (Lewis, S., Bain, B. y Bates, I. 2008).

Se diluye la sangre en una solución de ferricianuro potásico y cianuro potásico: se añaden 20 microlitros de sangre en 5ml de disolvente. Tapar el tubo que contiene la solución e invertirlo varias veces. Colocar vertical la muestra de sangre y dejarla a temperatura ambiente durante al menos 10 min (para asegurar la transformación completa de hemoglobina en cianmetahemoglobina) y después verterla en un tubo y leer la absorbancia en un espectrómetro a 540 nm o en un colorímetro fotoeléctrico con un filtro adecuado (Ilford 625, Wratten 74 o Chance 0 Gr1) contra un blanco de reactivo. La absorbancia de la muestra que se prueba debe medirse dentro de las 6 horas siguientes a su dilución inicial. También hay que comparar la absorbancia de un patrón de HiCN comercialmente disponible (expuesto a temperatura ambiente en caso de estar almacenado anteriormente en un refrigerador) con un blanco de reactivo en el mismo espectrómetro o colorímetro fotoeléctrico que la muestra del paciente. El patrón debe conservarse en la oscuridad, y para garantizar que no está contaminado, hay que desechar cualquier solución no utilizada al finalizar el día en que se abrió la ampolla (Lewis, S., Bain, B. y Bates, I. 2008).

Cálculo de la Concentración de Hemoglobina

$$\text{Hb (g/l)} = \frac{A^{540} \text{ de la prueba de la muestra}}{A^{540} \text{ del patrón}} \times \text{Concentración del patrón} \times \frac{\text{Factor de dilución (201)}^d}{1.000}$$

Preparación del gráfico estándar y de la tabla estándar

Cuando hay que analizar varias muestras sanguíneas, es conveniente leer los resultados en un gráfico estándar o en una tabla relacionada con las lecturas de la absorbancia de la hemoglobina en g/L para cada instrumento individual. Este gráfico debe prepararse cada vez que se utilice un nuevo fotómetro o cuando se sustituya una bombilla o cualquier otro componente. Puede prepararse de la siguiente forma.

Preparar cinco diluciones del patrón de referencia de HiCN (o de una preparación equivalente) (llevado a temperatura ambiente) con el reactivo cianuro-ferrocianuro según la tabla 1, (Lewis, S., Bain, B. y Bates, I. 2008).

Tabla N° 1. Diluciones de la solución de referencia de la cianmetahemoglobina (HiCN) para la preparación de un gráfico estándar

Tubo	Hemoglobina ^a (%)	HiCN volumen (ml)	Reactivo volumen (ml)
1	100 (potencia total)	4,0 (nítido)	Ninguno
2	75	3,0	1,0
3	50	2,0	2,0
4	25	1,0	3,0
5	0	Ninguno	4,0 (nítido)

^a Como porcentaje de la hemoglobina en la solución de referencia.

Fuente: Lewis, S., Bain, B. y Bates, I. (2008)

Dado que el gráfico se utilizará para determinar las concentraciones de hemoglobina, es esencial que las diluciones se realicen de forma precisa. La concentración de hemoglobina de la preparación de referencia en cada tubo se representará gráficamente contra la medición de la absorbancia. Por ejemplo, si la etiqueta de la preparación de referencia indica que contiene 800 mg/L (es decir, 0,8 g/L) y el método para medir la hemoglobina utiliza una dilución de 1:201, las respectivas

concentraciones de hemoglobina de los tubos 1-5 serían 160 g/L, 120 g/L, 80 g/L, 40 g/L y 0 g/L. Utilizando un papel de gráfico lineal, representar los valores de la absorbancia en el eje vertical y los valores de la hemoglobina en el eje horizontal. (Si las lecturas se dan según el porcentaje de transmitancia, utilizar un papel semilogarítmico con la transmitancia registrada en la vertical correspondiente a la escala logarítmica.) Los puntos deben ajustarse a una línea recta que pase por el origen. Siempre que el patrón se haya diluido correctamente, esto nos servirá para comprobar que la calibración del espectrofotómetro sea lineal. A partir del gráfico se puede construir una tabla con las lecturas y los valores de la hemoglobina correspondientes. La tabla resulta más práctica que leer los valores en un gráfico cuando se analizan muchas muestras. Es importante que las prestaciones del instrumento no varíen y que su calibración permanezca constante en relación con las determinaciones de hemoglobina. Para garantizarlo, se debe valorar la preparación de referencia a intervalos frecuentes, preferiblemente con cada lote de muestras sanguíneas. Las principales ventajas del método de la HiCN para la determinación de la hemoglobina son que permite una comparación directa con el patrón de referencia y que no hay que hacer las lecturas inmediatamente después de la dilución, por lo que se pueden agrupar las muestras en lotes. Tiene también la ventaja de que, a excepción de la SHb, todas las formas de hemoglobina se convierten rápidamente en HiCN. La velocidad de transformación de la sangre que contiene HbCO es notablemente lenta. Esta dificultad puede soslayarse prolongando el tiempo de reacción hasta los 30 min antes de la lectura¹. La diferencia entre las lecturas a los 5 y los 30 min se puede utilizar como un método semicuantitativo para calcular el porcentaje de HbCO en la sangre. Como hemos mencionado antes, se puede emplear el lauril sulfato 5 o la azida sódica 3 como sustitutos no peligrosos del cianuro potásico. Sin embargo, no disponemos de patrones estables para estos métodos, por lo que necesitamos tener una muestra de sangre, con un valor de hemoglobina asignado inicialmente por el método de la HiCN, para utilizarla como un patrón secundario. Las proteínas plasmáticas anómalas o el recuento leucocitario elevado pueden producir turbidez cuando la sangre se diluye con el reactivo tipo Drabkin. Esta turbidez puede evitarse

centrifugando la muestra diluida o incrementando la concentración del potasio dihidrógeno fosfato hasta los 33 mmol/l (4,0 g/l) (Lewis, S., Bain, B. y Bates, I. 2008).

Definición Operacional de Términos

Glóbulo rojo

Son las células sanguíneas más numerosas y la hemoglobina que contiene es la responsable de su color rojo. Se forma en la médula ósea que se haya dentro de los huesos del esqueleto, de donde son liberados en el torrente sanguíneo. Su función es transportar el oxígeno desde los pulmones a los diferentes tejidos del cuerpo para que la célula respire, también elimina los residuos producidos por la actividad celular (anhídrido carbónico) (RODAK, 2004).

Plasma

Líquido compuesto por agua, proteínas, sales minerales y otras sustancias necesarias para el funcionamiento normal del organismo y en donde se encuentra “nadando” la célula sanguínea (RODAK, 2004).

Anemia

Es la concentración baja de hemoglobina en la sangre. No es correcto definirla como disminución de los glóbulos rojos, pues en ocasiones el número de estos es normal y sin embargo existe anemia, no es una enfermedad, es un signo que puede estar orientado por múltiples causas, fisiológicamente las anemias se dividen en tres grupos, a saber, por déficit en la producción eritrocitaria o eritropoyesis disminuida, debida posiblemente a deficiencia nutritiva o por insuficiencia en médula ósea, por pérdida de sangre aguda o crónica, por hemólisis aumentada, ya sea, por trastornos hemolíticos hereditarios o trastornos hemolíticos adquiridos (Varona y Saenz, 2015).

Hematología

Es la rama de la ciencia médica que se encarga del estudio de los elementos formes de la sangre y sus precursores, así como de los trastornos estructurales y bioquímicos de estos elementos, que puedan conducir a una enfermedad. Es una ciencia que

comprende el estudio de la etiología, diagnóstico, tratamiento, pronóstico y prevención de las enfermedades de la sangre y órganos hemolinfoprodutores (Carr, R. 2010).

Valores de referencia

Se refiere a las medidas que han sido observadas en personas “normales” o en buen estado de salud, estos valores se pueden usar para definir estados fisiológicos, como es el caso de diferentes ambientes, condiciones posturales o condiciones sin o con medicamentos. Los valores de referencia pueden también determinarse en personas con una enfermedad, o en pacientes que están en diferentes estados de enfermedad (McKenzie, 2000).

Operacionalización de las Variables

Las variables de esta investigación fueron: Hemoglobina y Hematocrito.

www.bdigital.ula.ve
Tabla 2. Operacionalización de la variable hemoglobina

1.Variable	2.Definición Conceptual ¿Qué es?	3.Definición operacional ¿Cómo se mide?
Hemoglobina	La hemoglobina (HB) es una proteína globular, que está presente en altas concentraciones en los glóbulos rojos y se encarga del transporte de O ₂ del aparato respiratorio hacia los tejidos periféricos; y del transporte de CO ₂ y protones (H ⁺) de los tejidos periféricos hasta los pulmones para ser excretados. (Carr, R. 2010).	Se puede medir manualmente mediante el método de la cianometahemoglobina, o de forma automatizada mediante un contador Hematimétrico

4.Dimensiones	5.Indicador
-Anemia -Dentro del valor de referencia -Poliglobulia	Cantidad de oxígeno en la hemoglobina (gr/dL).

Fuente: Lozano, C., Ramírez, R. y García, L. 2023

Tabla 3. Operacionalización de la variable hematocrito

Variable	2.Definición Conceptual ¿Qué es?	3.Definición operacional ¿Cómo se mide?
Hematocrito	El volumen de eritrocitos separados de los otros elementos de la sangre después de la centrifugación, en relación con el volumen de la sangre total expresada en porcentaje.	Se puede determinar por centrifugación de sangre con EDTA en un tubo de microhematocrito, por el método de wintrobe y a través de un analizador automático.
4.Dimensiones	5.Indicador	
-Anemia -Dentro del valor de referencia -Poliglobulia	- Porcentaje de glóbulos rojos en sangre (%).	

Fuente: Fuente: Lozano, C., Ramírez, R. y García, L. 2023

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Tipo de investigación

El tipo de investigación es analítica, las cuales están dirigidas a analizar la correspondencia del evento de estudio con un criterio de análisis y su clasificación (Hurtado, 2010).

Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue de campo, de laboratorio y transversal. Según Tamayo, (2001) la investigación de campo es aquella en la que se obtiene información directamente de los sujetos investigados, o la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular deliberadamente las variables, es decir, este tipo de diseño lo que pretende es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. Además, la investigación transversal mide los criterios de uno o más grupos de unidades en un momento dado, sin pretender evaluar la evolución de esas unidades.

POBLACIÓN Y MUESTRA

Unidad de Investigación

La unidad de investigación estuvo representada por individuos sanos que asistieron al Laboratorio Clínico del Hospital I DR. Heriberto Romero, Santa Cruz de Mora, municipio Antonio Pinto Salinas, estado Mérida. La distribución de cada grupo se realizó de forma estratégica tomando en cuenta un mismo número de personas según el sexo, que cumplieran los criterios de inclusión. De esta forma, se aseguró la comparabilidad de las edades mencionadas y se disminuyó las posibilidades de intervención de factores externos.

Selección del Tamaño de la Muestra

El tamaño de la muestra estuvo representado por 60 individuos sanos, de los cuales 50% correspondían al sexo femenino y 50% al sexo masculino, es decir, 30 pacientes femeninas y 30 pacientes masculinos, con edades comprendidas entre los 20-25 años de edad, que asistieron al Laboratorio Clínico del Hospital I DR. Heriberto Romero, Santa Cruz de Mora, y que cumplieron con los siguientes criterios de inclusión y exclusión de la investigación, además que expresaron su deseo de participación en una carta de consentimiento (Anexo 1), donde indicaron estar de acuerdo en que se realizaran dichos estudios. Los procedimientos fueron llevados a cabo según los lineamientos establecidos en la Declaración de Helsinki para investigación en seres humanos, reseñada en el Código de Bioética y Bioseguridad del Fondo Nacional para la Ciencia y Tecnología (2008). Los datos clínicos fueron recolectados por medio de instrumento validado (Anexo 2).

Criterios de inclusión

- Edad comprendida entre 20 a 25 años, ambos sexos aparentemente sanos.
- Declararon libremente su deseo de participar en esta investigación.
- Ayuno de 8 a 10 horas.
- Sin enfermedades sanguíneas diagnosticadas.

Criterios de Exclusión

- Muestras hemolisadas.
- Muestras en cantidad insuficiente para el análisis.
- Mujeres en estado de gestación o menstruación (2 días pre o post-menstruación).
- Pacientes con diagnóstico de enfermedades agudas virales o bacterianas.
- Pacientes con diagnóstico de proceso inflamatorio agudo o enfermedad hematológica.
- Pacientes sometidos a tratamiento anti-anémico los últimos 6 meses.
- Paciente con antecedente quirúrgico (últimos 3 meses).

SISTEMA DE VARIABLES

Las variables de esta investigación fueron: Niveles de hemoglobina y hematocrito. Estas variables no fueron sistematizadas como dependiente e independiente, ya que fue una investigación analítica.

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los instrumentos de recolección de la información fueron la encuesta médica y como instrumento el cuestionario, para registrar toda la información pertinente al estudio, diseñado por los investigadores, en el mismo se incluyó: datos clínico-epidemiológicos, anamnesis (nombre, apellido, edad, sexo, fecha de la última menstruación, embarazo, diagnóstico de alguna enfermedad, práctica de algún ejercicio físico, consumo de medicamentos o tabaco, alcohol y/o algún tipo de drogas de abuso), estado antropométrico (peso y talla) (Anexo 2). Estos instrumentos están en correspondencia con los enumerados por Hernández, Fernández y Batista, (2008), que indican que un instrumento de medición adecuado es el utilizado para registrar datos observables representando verdaderamente los conceptos o variables definidos por el investigador.

PROCEDIMIENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

Obtención de la muestra

Para obtener la muestra de sangre, se citó a los pacientes voluntarios, los cuales acudieron al Laboratorio Clínico del Hospital I, Dr. Heriberto Romero, en ayuno, en un horario de 7:00-9:00 am, a quienes se les entregó una hoja de Consentimiento Informado (Anexo 1), el cual devolvieron debidamente firmado, autorizando así a

realizarle los estudios correspondientes. Luego se les realizó una encuesta (Anexo 2), que permitió recoger datos personales, antecedentes de salud y condiciones alimenticias del paciente.

Se colocó al paciente en posición cómoda de reposo, se procedió a tomar la muestra por punción venosa de la región anterior de la flexura del codo, para ello primeramente se limpia la zona de extracción con una torunda con alcohol, se aplica un torniquete y se extrae la muestra en un tubo de ensayo; obtenida la cantidad suficiente se coloca una torunda de algodón en la región de la punción.

Determinación de Hemoglobina

Procedimiento

En tres tubos marcados (Standar) y (Desconocido), usando la micropipeta se colocó de la siguiente manera:

COMPONENTES/TUBO	B	D	S
Reactivo para Hemoglobina	5 ml	5 ml	5 ml
Estándar de Hemoglobina	-	-	20 µL
Muestra	-	20 µL	-

Con el reactivo se enjuagó y se agitaron los tubos por inversión, dejándose reposar 3 minutos, finalmente se lee en el espectrofotómetro a 540nm.

Obtención del Factor de Calibración

Se obtuvo dividiendo la concentración del estándar entre la absorbancia del mismo. Además, la cantidad de hemoglobina se obtuvo, al multiplicar el valor de la lectura del desconocido por el factor de calibración.

Cálculo

$$\text{Factor} = \frac{14,5 \text{ Estándar}}{\text{Lectura Estándar}}$$

$$\text{Hemoglobina (g/l)} = D * \text{Factor}$$

Valores Normales de Hemoglobina en Adultos

Varones: 13-16 g en 100 ml

Mujeres: 11-15 g en 100 ml

Determinación del Hematocrito

Procedimiento

Se llenó aproximadamente el 70% del tubo capilar con sangre y se procedió a taponar con arcilla moldeada (plastilina). El capilar así cargado se colocó en la centrífuga durante 30 minutos a 2500 rpm. Finalmente se retiró de la centrífuga, llevándose luego a leer la porción del volumen ocupado por los hematíes, en la cartilla para lectura de hematocrito, obteniéndose así directamente el porcentaje.

Varones: 39-51 g en 100 ml

Mujeres: 36-45 g en 100 ml

DISEÑO DE ANÁLISIS

La información que se obtuvo de la recolección de datos se estructuró, clasificó y tabuló en una base de datos. En cuanto a las técnicas de análisis, éstas fueron seleccionadas de acuerdo con la naturaleza analítica y cuantitativa de la investigación. Los resultados analizados a través de un enfoque cuantitativo se midieron matemáticamente (Palella y Martins, 2010). En tal sentido, los datos relacionados con el problema de investigación se expresaron cuantitativamente y se interpretaron

estadísticamente. Las variables estadísticas de esta investigación fueron clasificadas desde su naturaleza y escala de medida, con el fin de identificar el indicador estadístico pertinente (Tabla 4).

Sistematización de los Resultados

El análisis de correlación se realizó determinando los coeficientes de correlación (R^2) y su significancia estadística asociada (valor de p). Las diferencias entre los datos cuantitativos se evaluaron con medidas de tendencia central y dispersión. La significancia estadística se consideró para valores de $p < 0,05$. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS versión 20 (IBM Corporation, New York, US), los gráficos con el programa Excel 2018 (Microsoft Corporation, Redmond, US).

www.bdigital.ula.ve

Tabla 4. Variables Estadísticas de la investigación

Variables	Tipo de variables			Escala de medida				Indicador Estadístico
	Cualitativa	Cuantitativa		Nominal	Ordinal	Intervalo	Razón	
		Discreta	Continua					
Hemoglobina	No	No	Si	No	No	Si	No	Medidas de tendencia central y dispersión
Hematocrito	No	Si	No	No	No	Si	No	Medidas de tendencia central y dispersión
Factor epidemiológico: Edad/Sexo	Si	No	No	Si	Si	No	No	Medidas de tendencia central y dispersión

Fuente: Fuente: Lozano, C., Ramírez, R. y García, L. 2023

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Análisis de Resultados

La investigación realizada estuvo enfocada a determinar los niveles de hemoglobina y hematocrito en adultos jóvenes sanos en edades comprendidas entre 20 y 25 años, de la población de Santa Cruz de Mora, municipio Antonio Pinto Salinas, estado Mérida, los cuales asistieron al Laboratorio Clínico del Hospital I Dr. Heriberto Romero, durante el mes de Marzo y Mayo del 2023. La muestra la conformaron un total de 60 pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión preestablecidos. Los resultados fueron analizados estadísticamente según el comportamiento gaussiano que presentaron los datos obtenidos.

Tabla 5. Población estudiada según la edad

EDAD	N° DE PAC	%
20	14	23,33
21	6	10,00
22	9	15,00
23	8	13,33
24	9	15,00
25	14	23,33
TOTAL	60	100,00

Se muestran las frecuencias absolutas y los valores relativos (porcentajes).

En la Figura 6 se muestran los valores de frecuencia absoluta y valores relativos de la distribución de la población estudiada según la edad. De acuerdo a estos datos, se observó que el mayor porcentaje lo ocupan los pacientes con 20 y 25 años de edad representando el 23,33% respectivamente lo cual suma el 46,66 del total de la población objeto de estudio, el menor porcentaje de la población estudiada se ubicó en los pacientes con 21 años de edad representando el 10%. El 43,33% de la población objeto de estudio estuvo representada por los pacientes con edades de 22, 23, 24 años, lo que permitió constatar una distribución heterogénea dentro de todo el rango de edades estudiadas, por lo tanto, se considera que los valores obtenidos son representativos para dichos rangos de edades.

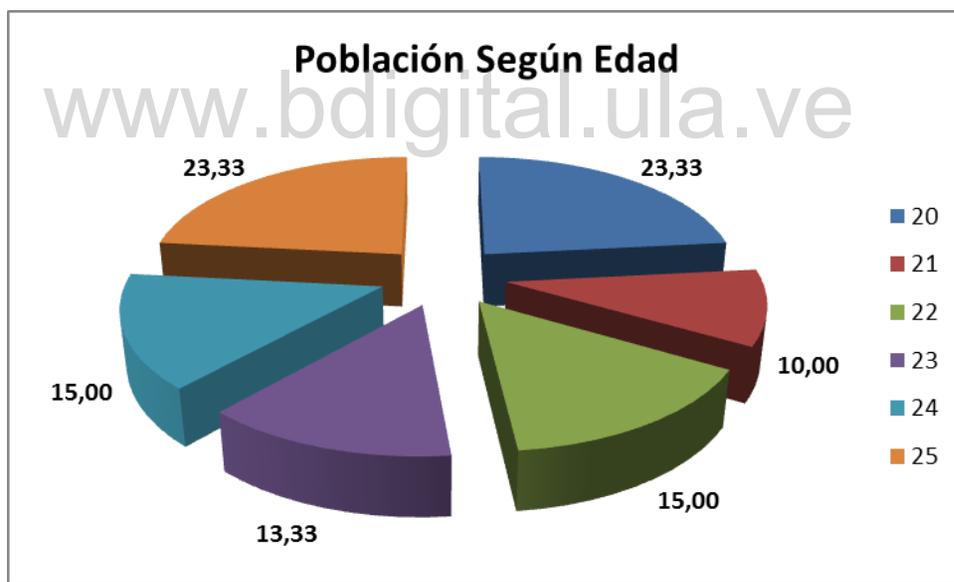


Figura 6. Distribución de la población según la edad.

En la tabla 6 se muestran los resultados obtenidos con respecto al promedio de hemoglobina y hematocrito evaluados según el sexo. De acuerdo a la desviación estándar entre cada grupo se pudo constatar que el femenino presentó un rango de

hemoglobina entre, 11,48 a 13,12 g/dL. En el caso del género masculino el rango varió de 13,11 a 15,69 g/dL. El intervalo global para este criterio fue de 11,81 a 14,79 g/dL. Asimismo, los valores de hematocrito obtenidos conservaron una desviación más amplia. Para el grupo femenino el rango fue de 36,21 – 41,79% y para el masculino de 41,18 - 48,82%. De manera general, el rango de hematocrito de todo el grupo fue de 37,69 a 46,31%.

Tabla 6. Valores de hemoglobina y hematocrito en los pacientes evaluados, discriminados por sexo.

Sexo	Hemoglobina (g/dL)	Hematocrito (%)
<i>Femenino</i>	12,3 ± 0,82	39 ± 2,79
<i>Masculino</i>	14,4 ± 1,29	45 ± 3,82
<i>Total</i>	13,3 ± 1,49	42 ± 4,31

Se muestran los valores promedios ± la desviación estándar.

La tabla numero 7 muestra, la desviación estándar de los valores de hemoglobina según la edad en estudio, se evidencia una variación en todos los rangos, mostrando el mayor valor de desviación estándar tanto en la hemoglobina como en el hematocrito en la edad de 22 años con 2,01 g/dL y 5,66%, respectivamente. La menor desviación estándar en la hemoglobina la presenta el grupo de 20 años con 0,93 g/dL y en el hematocrito la presenta el grupo de 21 años con 3,33%. Para los pacientes de 22 años el valor de hemoglobina osciló entre 11,27-15,29 g/dL y el de hematocrito oscilo entre 35,90-47,22%. En el caso de los pacientes de 20 años el valor de la hemoglobina osciló entre 10,71-12,57 g/dL, en el caso del grupo de 21 años el hematocrito osciló entre 38,17-44,83%. Puede observarse que la variación de los niveles de hematocrito en las edades antes descritas es significativa

Tabla 7. Valores de hemoglobina y hematocrito en los pacientes evaluados, discriminados por edad.

Grupo de edad (años)	Hemoglobina (g/dL)	Hematocrito (%)
20	11,64±0,93	39,79±3,58
21	13,10±1,19	41,50±3,33
22	13,28±2,01	41,56±5,66
23	13,99±1,53	44,00±3,96
24	13,77±1,52	42,00±4,09
25	13,77±1,40	43,00±4,45
<i>Total</i>	13,34±1,49	41,87±4,31

Se muestran los valores promedios ± la desviación estándar.

La Tabla 8, se muestran los valores relativos de los intervalos de hemoglobina y hematocrito obtenidos. Puede observarse que el rango de hemoglobina de 12,10-12,70 g/dL, reúne a 10 de los pacientes estudiados, esto representa el 16,67% de la población, siendo esta la prevalencia en la muestra estudiada. El rango de hemoglobina que corresponde con una relación directa hemoglobina-hematocrito el de 37,40-39,20%, que contiene 11 pacientes para una frecuencia de 18,33%. El rango de hematocrito que agrupa el mayor número de pacientes es el de 42,80-44,60% con un total de 12 pacientes que representa el 20% de la población estudiada. El intervalo hemoglobina que agrupa el menor número de pacientes es el de 10,30-10,90 g/dL con una frecuencia absoluta de 1 y una frecuencia relativa de 1,67 y que corresponde directamente al hematocrito que presenta un intervalo 32,00-33,80, también con una frecuencia absoluta de 1 y una frecuencia relativa de 1,67%. De lo anterior se evidencia que no existe una relación directa hemoglobina-hematocrito, pues la discrepancia calculada alcanza el 33,33%.

En la Figura 7 se muestra gráficamente la distribución de los valores según la frecuencia relativa de los mismos, evidenciándose la relación inter e intra parámetro con respecto a la hemoglobina y hematocrito.

Tabla 8. Distribución de los datos según los rangos de hemoglobina y hematocrito

	Rango de	fa	%	Rango de	fa	%
	Hb g/dL			Hto %		
1	[10,30-10,90)	1	1,67	[32,00-33,80)	1	1,67
2	[10,90-11,50)	5	8,33	[33,80-35,60)	2	3,33
3	[11,50-12,10)	8	13,33	[35,60-37,40)	7	11,67
4	[12,10-12,70)	10	16,67	[37,40-39,20)	11	18,33
5	[12,70-13,30)	9	15,00	[39,30-41,00)	6	10,00
6	[13,30-13,90)	4	6,67	[41,00-42,80)	4	6,67
7	[13,90-14,50)	7	11,67	[42,80-44,60)	12	20,00
8	[14,50-15,10)	7	11,67	[44,60-46,40)	6	10,00
9	[15,10-15,70)	5	8,33	[46,40-48,20)	9	15,00
10	[15,70-16,30]	4	6,67	[48,00-50,00]	2	3,33
	Total	60	100,00	Total	60	100,00

fa: frecuencia absoluta.

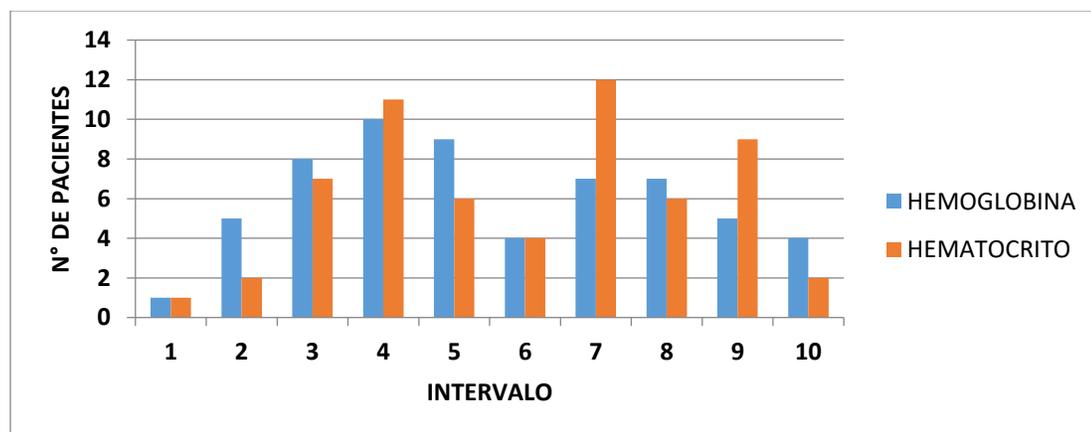


Figura 7. Rangos de hemoglobina y hematocrito obtenidos

En la gráfica de la figura 8 se muestra un gráfico de cajas y bigote con la distribución de los niveles de hemoglobina por sexo con la correspondiente mediana. En los hombres se observó que el valor mínimo de hemoglobina fue de 11,50 g/dL, el máximo 16,10 g/dL, y el valor de la mediana fue de 14,75 g/dL. Se evidencia que la mediana tiende hacia el límite superior. De igual modo puede observarse que en la distribución de los niveles de hemoglobina de las mujeres el valor mínimo fue de 10,30 g/dL, el máximo 13,70 g/dL, mientras que la mediana mostró un valor de 12,30 g/dL, con tendencia hacia el límite superior. En el grafico también se evidencia que al sumar los niveles de distribución de hemoglobina de mujeres y hombres la mediana también tiende al límite superior.

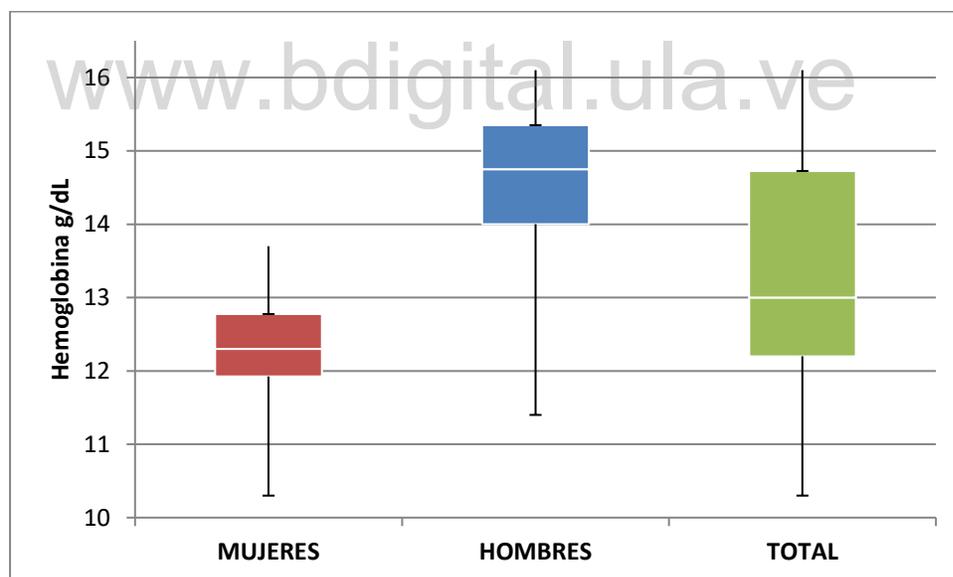


Figura 8. Valores de Hemoglobina en los sujetos evaluados discriminados por sexo. El gráfico de cajas y bigotes representa los valores máximos, mínimos (bigotes) y la distribución de los datos entre los percentiles 25 y 75 (cajas), se muestra además el valor del percentil 50 o mediana. Las diferencias entre las medianas, se evaluó con la prueba de Mann Whitney, se obtuvo un valor de p de 0,0002 La significancia estadística se consideró para valores de $p < 0,05$.

En la gráfica de la figura 9 se muestra un gráfico de cajas y bigotes con la distribución de los niveles de hematocrito por sexo con su correspondiente mediana. En los hombres se observó que el valor mínimo de hematocrito fue de 34%, el máximo 50%, y el valor de la mediana fue de 45%. Se evidencia que la mediana tiende hacia el límite superior. De igual modo puede observarse que en la distribución de los niveles de hematocrito de las mujeres el valor mínimo fue de 32%, el máximo 45%, mientras que la mediana mostró un valor de 39%, con tendencia hacia el límite superior. En el grafico también se evidencia que al sumar los niveles de distribución de hemoglobina de mujeres y hombres la mediana también tiende al límite superior.

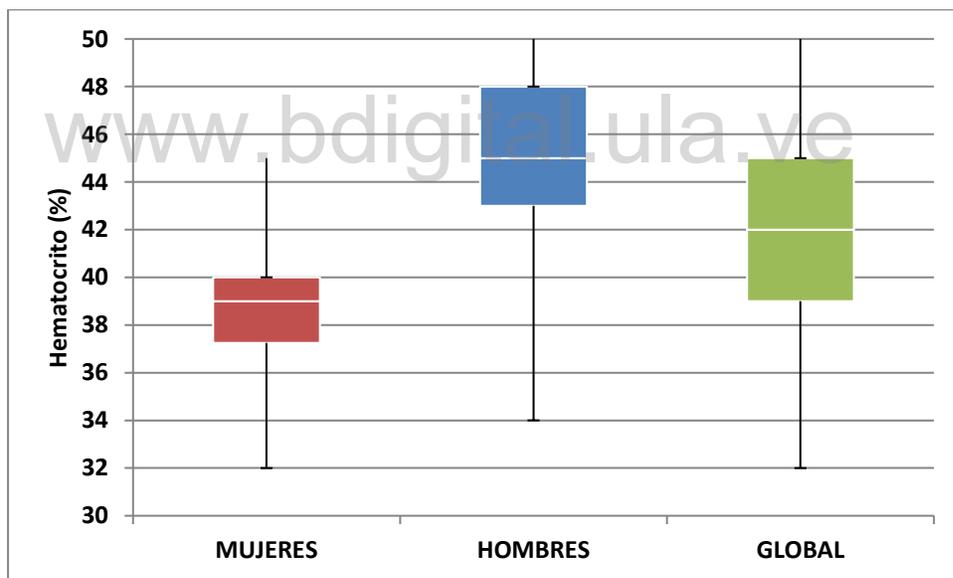


Figura 9. Valores de Hematocrito en los sujetos evaluados discriminados por sexo. El grafico de cajas y bigotes representa los valores máximos, mínimos (bigotes) y la distribución de los datos entre los percentiles 25 y 75 (cajas), se muestra además el valor del percentil 50 o mediana. Las diferencias entre las medianas se evaluaron con la prueba de Mann Whitney, se obtuvo un valor de p de 0,0002. La significancia estadística se consideró para valores de $p < 0,05$.

En la Figura 10 se muestra el comportamiento de los valores de hemoglobina por grupos etarios. Se observó una tendencia ascendente de la mediana con un valor

mínimo de 12,35 g/dL para el grupo de 20 años y un valor máximo de 14 g/dL para los grupos de 24 y 25 años. La amplitud entre los valores máximos y mínimos varía significativamente. Se muestra que los grupos de 22, 23, 24 y 25 años fueron más amplios con respecto a los grupos de 20 y 21 años. Sin embargo, se pudo notar que los valores de hemoglobina de los pacientes de 24 años de edad se encuentran bien distribuidos por todo el rango entre los valores máximos y mínimos, comparadas con los grupos de 22 y 25 años que tienden hacia el valor máximo de hemoglobina y los grupos de 20, 21 y 23 que tienden hacia el valor mínimo. Se percibió que son pocos los que tienen una distribución normal con respecto a la mediana, debido a que la mayoría se encuentra o por encima o por debajo de la mediana, exceptuando el grupo de 24 años que presenta una distribución normal.

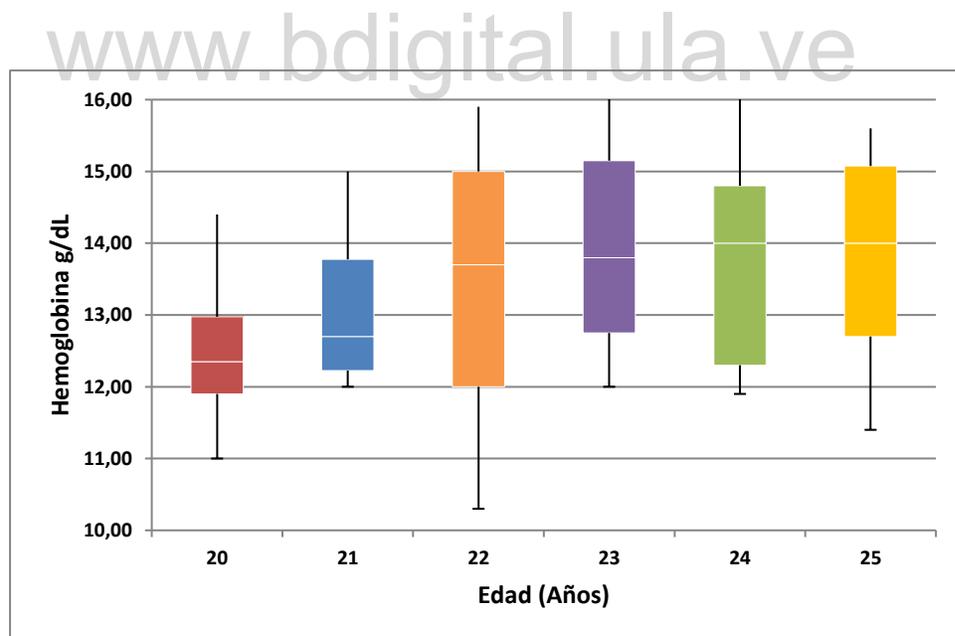


Figura 10. Valores de Hemoglobina en los sujetos evaluados discriminados por grupo de edad. El gráfico de cajas y bigotes representa los valores máximos, mínimos (bigotes) y la distribución de los datos entre los percentiles 25 y 75 (cajas), se muestra además el valor del percentil 50 o mediana. Las diferencias entre las medianas se evaluaron con la prueba de Mann Whitney, se obtuvo un valor de p de 0,085. La significancia estadística se consideró para valores de $p < 0,05$.

La Figura 11, muestra el comportamiento de los niveles de hematocrito del grupo de los 60 pacientes con respecto al rango de edad entre 20 y 25 años. Los valores de este parámetro muestran cierta correlación con respecto al comportamiento de la hemoglobina, aunque, es evidente que las amplitudes de los valores son mayores para hematocrito. Según el valor de p las diferencias entre las medianas no muestran significancia estadística para valores de p igual a 0,074. Asimismo, se evidenció cómo los datos se inclinan hacia un lado de la mediana, sin conservar una distribución normal para cada rango de edad.

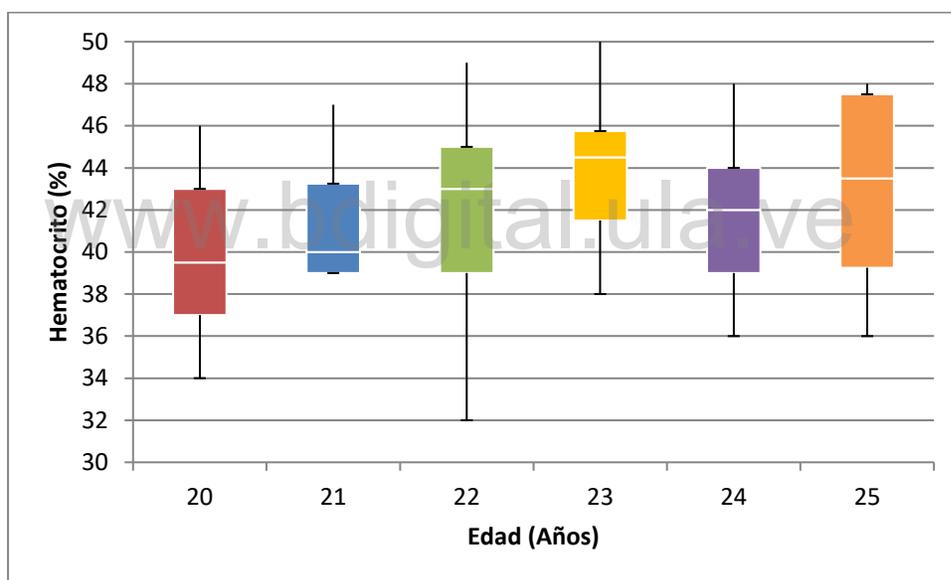


Figura 11. Valores de Hematocrito en los sujetos evaluados discriminados por grupo de edad. El gráfico de cajas y bigotes representa los valores máximos, mínimos (bigotes) y la distribución de los datos entre los percentiles 25 y 75 (cajas), se muestra además el valor del percentil 50 o mediana. Las diferencias entre las medianas se evaluaron con la prueba de Mann Whitney, se obtuvo un valor de p de 0,074. La significancia estadística se consideró para valores de $p < 0,05$.

La figura 12, muestra el comportamiento de la mediana de las hemoglobinas y hematocritos en relación a la edad. La misma muestra un máximo de hemoglobina y de hematocrito para el grupo de 23 años, con un valor de 13,99 g/dL y 44 %, respectivamente.

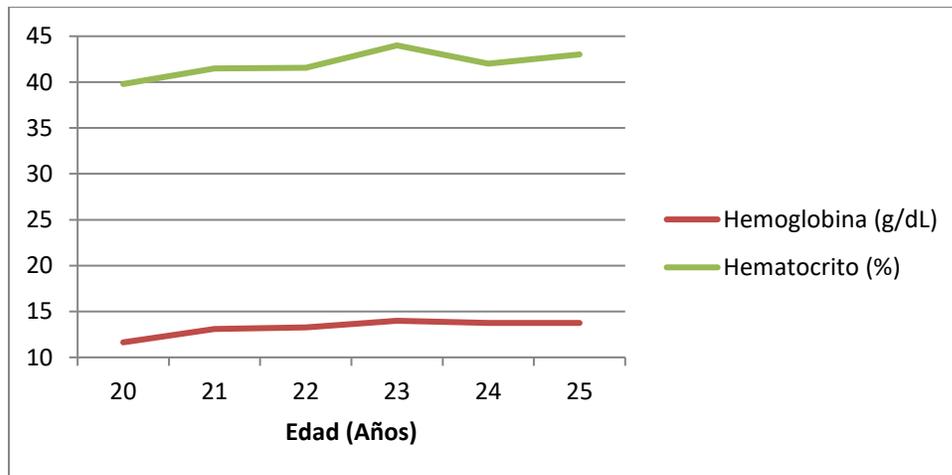


Figura 12. Distribución de hemoglobina y hematocrito.

En la Figura 13 se muestra la tendencia que presenta la relación entre hemoglobina y el hematocrito. El comportamiento es lineal con pendiente positiva, es decir, creciente. El coeficiente de correlación de Pearson observado fue de 0,8752.

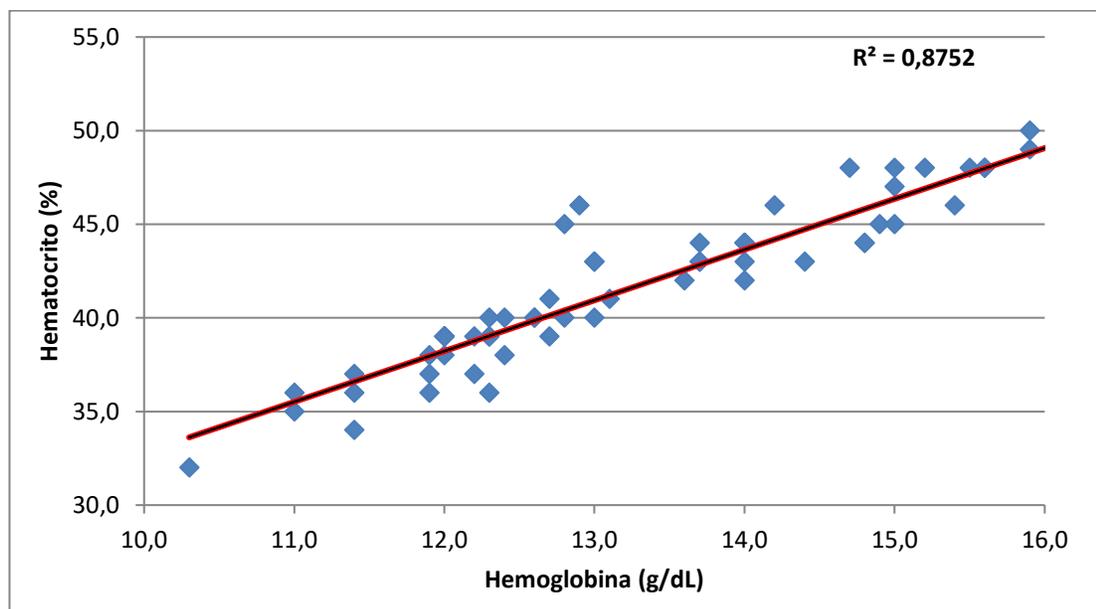


Figura 13. Análisis de correlación entre el hematocrito y los niveles de hemoglobina en las pacientes evaluadas. Se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson (R^2) de 0,993 y un valor de p 0,996. La significancia estadística se consideró para valores de $p < 0,05$.

La Tabla 9 presentan los valores estadísticos globales. La mediana de la hemoglobina fue de 13 g/dL, con una desviación estándar de 1,49 con un valor de p de 0,650. El intervalo de confianza estuvo entre 11,51 y 14,49. La mediana obtenida para el hematocrito fue de 42 con una desviación estándar de 4,31 y un intervalo de confianza entre 37,69 y 46,31.

Tabla 9: Estadística descriptiva global de los valores de Hemoglobina y hematocrito

PARAMETRO	MEDIANA	DE	MIN	MAX	INTERVALO DE CONFIANZA	VALOR DE p
HEMOGLOBINA	13,00	1,49	10,30	16,10	11,51-14,49	0,650
HEMATOCRITO	42,00	4,31	32,00	50,0	37,69-46,31	0,650

La significancia estadística se consideró para valores de $p < 0,05$. DE: desviación estándar MIN: valor mínimo. MAX: valor máximo

www.bdigital.ula.ve

DISCUSION

En el estudio de los niveles de hemoglobina y hematocrito en la población joven entre 20 y 25 años que acuden al Laboratorio Clínico del Hospital I Dr. Heriberto Romero de la población de Santa Cruz de Mora, municipio Antonio Pinto Salinas, estado Mérida, 2023, se realizaron los hallazgos que a continuación se mencionan:

Se dedujo que los grupos de edad con mayor representación es el de 20 y 25 años con 23,33% cada uno y el grupo de edad con menor representación fue el de 21 años con el 10% de la población participante. Estos resultados tienen coincidencia con los obtenidos por Trompetero y col. (2015), quienes demostraron que el grupo con mayor representación fue el de 22 a 24 años con el 40, 62% del total de la muestra.

El valor de hemoglobina obtenido para la población femenina fue de 12,30, con una desviación estándar de 0,82 g/dL. Por su parte la población masculina mantiene una hemoglobina de 14,4 con desviación estándar de 1,29 g/dL. En relación al hematocrito los valores obtenidos fueron de 39 con una desviación estándar de 2,79 g/dL., para las femeninas y de 45 con una desviación estándar de 3,82% para la población masculina. Estos resultados contrastan con los obtenidos por Donado y col. (2013) para quienes el valor de hemoglobina obtenido en el grupo femenino fue de 14,10 con una desviación estándar de 1 g/dL, y los masculinos 15,96 con una desviación estándar de 1,11 g/dL., en un piso climático de 1495 msnm. Este comportamiento tiene explicación en el hecho de que a medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar se produce un descenso de la presión parcial de oxígeno generando hipoxia. Ante estos cambios el organismo activa sistemas de compensación para mantener la homeostasis, se incrementa la eritropoyesis, incrementando la concentración de hemoglobina. (Uscamayta, 2007; Trompetero, y col., 2015).

Los hombres presentaron niveles de hemoglobina superiores a los del grupo de las femeninas. Esta variación concuerda con lo indicado por Rodríguez, Mina, Inchaustegui, Hernández, Lee, Hernández y Martínez, 2012; Saenz, Narváez y Cruz, 2008; Fernández, Bustamante y García, 2006, en el sentido de que la hemoglobina del sexo masculino es superior a la del femenino en 2 g/dL aproximadamente y responde a factores que afectan directamente a este parámetro hematológico como: la cantidad de masa muscular en el hombre y las pérdidas sanguíneas durante la menstruación en las mujeres. La presencia de masa muscular en los hombres exige mayor índice de oxigenación y mayor riesgo sanguíneo y debido a esto la hemoglobina y el número de glóbulos rojos tiende a mantenerse por encima de los límites normales de una mujer. Aunado a lo anterior se conoce que la presencia de andrógenos en el sexo masculino, son inductores del sistema eritropoyético, así como los estrógenos de las femeninas, son supresores del mismo. Las diferencias significativas de la serie roja entre hombres y mujeres adultos también se ven afectadas por la existencia de tejido adiposo en las mujeres.

En relación al comportamiento de los niveles de hemoglobina con la edad (Tabla 7) se obtuvo una variación significativa de los niveles de hemoglobina, obteniéndose una media de la concentración de hemoglobina de 13,34 g/dL con una desviación estándar de 1,49 g/dL. Se observó un aumento del nivel de hemoglobina desde los 20 hasta los 23 años. A partir de los 23 años el nivel de hemoglobina disminuye para los grupos de 24 y 25 años, obteniéndose un valor de 13,77 g/dL con una desviación estándar de 1,52 y 1,40 g/dL, respectivamente. El hematocrito presentó una media de 41,87% con una desviación estándar de 4,31%. Estos resultados coinciden con los encontrados por Arana, C. (2013), quien demostró, en una población con edades comprendidas entre los 38 y 67 años, que los valores de hemoglobina varían con la edad, evidenciándose un aumento del nivel de hemoglobina en el grupo de edad de 48 a 67 años. Este comportamiento tiene asidero en el hecho de que la hemoglobina

cambia con situaciones fisiológicas que cursan con un aumento del volumen plasmático en las que se produce una disminución relativa en la concentración de hemoglobina y en el valor del hematocrito, por hemodilución, sin que esto represente un estado patológico y sin que afecte la oxigenación tisular (Moraleda, 2017). Las variaciones identificadas en esta investigación también pueden ser asumidas como efecto de la dieta y alimentación actual de la población. La hemoglobina y el hematocrito son parámetros fácilmente alterables por el consumo de líquidos en la dieta, si hay una hidratación excesiva habrá disminución de éstos (Mejías y col., 2017). La citometría hemática también puede variar debido a factores como la variabilidad biológica (Castillo, 2016).

La tabla 8, contiene la información relacionada con la distribución de los datos según los rangos de hemoglobina y hematocrito, se confirma que no hay una correlación directa de estos parámetros, todo lo anterior en virtud de que la discrepancia calculada para los 10 intervalos obtenidos muestra un valor significativo de 33,33%. Existe discrepancia de esta información de este resultado y los encontrados por Pérez y Hernández, (2020), quienes demostraron que existe una relación lineal hemoglobina-hematocrito, con un coeficiente de Pearson de 0,9928.

En la Figura 13 se muestra la gráfica de la línea de tendencia de la relación hemoglobina-hematocrito. En la misma se aprecia un comportamiento lineal, con pendiente positiva, es decir, creciente, con valor del coeficiente de correlación de Pearson de 0,8752. Se observa que el coeficiente de Pearson de la relación hemoglobina-hematocrito es bajo, por lo que para mejorar el comportamiento de esta gráfica y aumentar R^2 al valor indicado en la literatura (0,9-1), los autores sugieren eliminar los datos con mayor dispersión, es decir, 2 pacientes que presentan una hemoglobina-hematocrito de 12,8 g/dL y 45%, respectivamente, y un segundo paciente con una relación de 12,9 g/dL y 46%, respectivamente. Con este ajuste se incrementaría el valor de R^2 a 0,9202, pudiendo así generar una gráfica que

ejemplifique mejor el comportamiento de la relación hemoglobina-hematocrito de la población joven de Santa Cruz de Mora, municipio Antonio Pinto Salinas del estado Mérida.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Una vez finalizada la presente investigación se resumen las siguientes conclusiones:

Los niveles de hemoglobina y hematocrito para la población joven que asiste al Laboratorio Clínico del Hospital I Dr. Heriberto Romero, municipio Antonio Pinto Salinas, Estado Mérida, desde Marzo a Mayo del 2023, mediante el uso de los métodos manuales de la cianometahemoglobina para la determinación de los niveles de hemoglobina y del microhematocrito para la determinación del hematocrito fueron $13,3 \pm 1,49$ g/dL y $42 \pm 4,31$ %, respectivamente, se da así respuesta al enunciado holopráxico de investigación.

Los valores de hemoglobina y hematocrito de la población femenina joven que asiste al Laboratorio clínico del Hospital I Dr. Heriberto Romero, municipio Antonio Pinto Salinas, Estado Mérida, desde Marzo a Mayo del 2023, mediante el uso del método de la cianometahemoglobina y el microhematocrito fue de $12,3 \pm 0,82$ g/dL y $39 \pm 2,79$ %.

Los valores de hemoglobina y hematocrito de la población masculina joven que asiste al Laboratorio clínico del Hospital I Dr. Heriberto Romero, municipio Antonio Pinto Salinas, Estado Mérida, desde Marzo a Mayo del 2023, mediante el uso del método de la cianometahemoglobina y del microhematocrito fue de $14,4 \pm 1,29$ g/dL y $45 \pm 3,82\%$.

En cuanto a la relación hemoglobina/hematocrito de los casos estudiados no se observó una línea de tendencia lineal, es decir, que el coeficiente de Pearson R^2 es menor a 0,9.

Las características sociodemográficas de la población, como el género y la edad intervienen directamente sobre los valores de hemoglobina y hematocrito. Por tanto, la población evaluada en esta investigación presentó variabilidad biológica en relación a estos parámetros.

Hubo una diferencia significativa para los valores de hemoglobina y hematocrito en relación con la altura en correspondencia con valores en lugares geográficamente más altos.

La situación económica del país ha impactado los servicios públicos de laboratorio clínico, el gran cementerio de equipos automatizados inoperativos no ha sido reparado y mucho menos se han adquirido nuevos equipos, esta dramática situación obliga a hacer uso de los métodos manuales para no dejar desprovista de atención a la población, por tanto, es necesario generar valores de referencia de hemoglobina-hematocrito haciendo uso de esta alternativa.

Recomendaciones

Partiendo de los resultados de la investigación, los autores recomiendan:

- Realizar comparaciones entre procedimientos manuales y automatizados para determinar la variación que existe entre cada método.
- Continuar las investigaciones sobre los valores de hemoglobina-hematocrito en diferentes grupos etarios, ya que estos estudios contribuirán con la paraclínica y diferenciar parámetros hematológicos según la región, el estado de salud y el grupo etario.
- Comparar estos resultados con laboratorios privados de la zona a fin de evaluar la reproducción de resultados similares, estandarizar valores de referencia en la población de Santa Cruz de Mora y en todo el municipio y/o cuantificar y corregir errores.
- Si bien es cierto, que las instituciones de salud requieren de equipos de tecnología de punta, está demostrado que el estado por su abandono ha levantado un cementerio de equipos automatizados, se convierten entonces los métodos manuales en una alternativa de suma importancia para atender a la población.
- Cada centro de salud, de acuerdo a las zonas geográficas, debe desarrollar investigaciones que puedan generar valores de referencia que permitan estandarizar los niveles de hemoglobina-hematocrito, pues los valores establecidos por organismos internacionales no pueden ser generalizados para la población mundial.
- Evitar errores en estos métodos manuales para así mejorar la calidad y confiabilidad de los datos obtenidos.
- Implementar programas de control interno y someterse a evaluación externa de calidad.
- Los autores consideran que los valores de hemoglobina no pueden ser estimados a partir de la conversión del hematocrito, varios estudios han

indicado una alta imprecisión de dicha estimación, lo cual afectaría el diagnóstico de anemia, conduciendo a sobrestimarla o subestimarla lo cual repercute de forma considerable sobre los parámetros que puedan reportarse.

www.bdigital.ula.ve

BIBLIOHEMEROGRAFÍA

- Ambuludi, Danixa. (2013). Hematocrito, Hemoglobina, Índices Eritrocitarios y Hierro Sérico Como Parámetros en la Ayuda Diagnóstica y Preventiva de Anemia Ferropénica en los Niños del Barrio Pasallal-Cantón Calvas. Tesis para optar al título de Licenciado en Laboratorio Clínico. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. **Disponible en línea:** <http://dspae.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17833/1/Hematocrito%2c%20Hemoglobina%2c%20indices%20eritrocitario...pdf>. [Consultado el 15 de Abril de 2023]
- Arana, Carlos. (2013). Niveles de Hemoglobina y Hematocrito en Pobladores Adultos de Ambos Sexos que Asisten al Puesto de Salud de Buenos Aires, Distrito Víctor Larco, Noviembre 2012. Tesis para Optar al Título de Químico Farmacéutico. Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Farmacia y Bioquímica. **Disponible en Línea:** <http://creativecommons.org>. [Consultado el 15 de Abril de 2023].
- Bard L. (1908). *Precis des examens de laboratoire*. Paris: Masson & Cie Editeurs. p. 505–20.
- Belloni L. (1973). El microscopio y la anatomía. En: Lain Entralgo P (ed.). *Historia Universal de la Medicina*. Barcelona: Salvat; 1973, (4): p. 219–29.
- Bernard J. (1984). *Diagnóstico y Tratamiento Clínico por el Laboratorio*. 7° ed. ED. Salvat–Barcelona. España 1984. Pp. 146-152.
- Blakeslee S. (2013). Nuevas ideas sobre Hemoglobina. [Revista de internet] [Acceso 15 de Abril de 2023]. **Disponible en Línea:** https://www.elpaís.com/artículo/sociedad/nuevas/ideas/hemoglobina/elpepisoc/199911elpepisoc_157test.
- Carr, R. (2010). *Atlas de Hematología Clínica*. 3° Edición, Médica Panamericana. Pág. 35-38-55. Idioma: Español.
- Castillo, R. (2016). Variabilidad biológica de la citometría hemática en estudiantes del nivel superior de la UAEMÉX. (Tesis de grado). Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Química. Toluca, Estado de México.

- Castiñeiras J. Bioquímica clínica y Patología Molecular; 2da Edición, Editorial Reverté; 2008. Pág. 768.
- Cegarra, V. (2012) comparación de 3 métodos de medición de hemoglobina en cirugía cardiaca. Trabajo de suficiencia investigadora Universidad autónoma de Barcelona. Disponible en línea: https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2012/hdl_2072_203376/TR-CegarraSanmartin.pdf. Consultado 3 de abril del 2023
- Clavo J. (1991). Determinación del Volumen de Hemoglobina y Hematocrito en muestras de niños menores de 12 años de edad en pacientes atendidos del Hospital las Mercedes de Chiclayo. Información de Practicas Pre-Profesionales para obtener el título de químico farmacéutico. Perú. 18-19, 23.
- De Micheli A. (1997). Contribuciones Italianas a la Integración y Difusión de la Doctrina Circulatoria. En: Kumate J (ed.). Italia en la Medicina. México: El Colegio Nacional; 1997, p. 337-56.
- Diagnóstico Oportuno. (2023). Los Secretos de la Hemoglobina: Desde su Descubrimiento Hasta su Uso en la Medicina Moderna. **Disponible en Línea:** <https://www.diagnosticorapido.mx/los-secretos-de-la-hemoglobina-desde-su-descubrimiento-hasta-su-uso-en-la-medicina-moderna/#:~:text=Historia%20del%20descubrimiento%20de%20la%20hemoglobina&text=El%20anatomista%20alem%C3%A1n%20Franz%20von,de%20la%20sangre%20de%20animales>.
- Donado, J., Ramírez, J., Trujillo, S., Barco, G. y Jaramillo, S. (2013). Valores de Hemoglobina y Hematocrito en más de 100 mil Donantes del Banco de Sangre del Hospital Pablo Tobón Uribe, Medellín-Colombia (1538 msnm). Medicina UPB, 32(2), 138-143.
- England, J., Walford, D., Waters, D. (1972). Reassessment of the reliability of the haematocrit. British Journal of Haematology 23:247-256.
- Fernández, L.; Bustamante, Y. y García, G. (2006). Valores de referencia obtenidos con el autoanalizador Coulter Gen S. Scielo. Vol. 29, N°: 1.

- Gonzales A. (2010). Principios de Bioquímica Clínica y Patología Molecular. 1ª Ed. Editorial Elsevier, España.
- Guerra M. (2005). Aportes Tecnológicos en las intervenciones nutricionales poblacionales. Anuales Venezolanos de Nutrición; 18 (1): 55-63.
- Guyton A. (2001). Tratado de la Fisiología Médica. 10º ed. ED. Interamericana McGraw-Hill. Barcelona. España 2001. Pp. 465-466.
- Harrison C. (1991). Principios de medicina interna. Tomo 2. 12º ed. ED. Interamericana McGraw-Hill. México. 1991. pp. 189.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2008) Metodología de la investigación (4ª. Ed.). México: McGraw-Hill.
- Herrera S. William G. (2019). Determinación de Hemoglobina y sus Factores Asociados en Pacientes que Acuden al Servicio de Emergencia del Hospital de Huamanga, Agosto a Diciembre Del 2017". Tesis para optar al Título de Licenciado en Tecnología Médica. Universidad Alas Peruanas. Consultado en Línea: <http://repositorio.uap.edu.pe/bistream/handle.pdf>
- Hurtado J. (2010). El proyecto de investigación comprensión holística de la metodología de la investigación. 8va ed. Caracas: GAVILAN; p. 45-55.
- International Committee for Standardization in Haematology. (1996). Recommendations for Reference Method for Haemoglobinometry in Human Blood (ICSH Standard 1995) and Specifications for International Haemoglobinocyanide Standard, 4th ed., Journal of Clinical Pathology 49, 271-274
- International Council for Standardization in Haematology. (1980). Recommendations for reference method for determination by centrifugation of packed cell volume of blood. Journal of Clinical Pathology 33:1-2.
- Jaime, P. y Gómez, A. (2012). Hematología: la sangre y sus enfermedades. 3ª ed. México: Editorial Mc Graw Hill.
- Jiménez, M. (2010). Medicina de Urgencias. 3ra Edición, Barcelona; Elsevier. p. 27-28.
- Jones G, Barker A. Reference Intervals. Clin. Biochem. 2008, Vol. 29.

- Lain–Entralgo P, Albarracín A, Gracia D. Fisiología de la Ilustración. En: Laín–Entralgo P (ed.). Historia Universal de la Medicina. Barcelona: Salvat Editores; 1973, (5): p. 54.
- Lewis, S., Bain, B. y Bates, I. (2008). Dacie y Levis. Hematología Práctica. Edición en español de la 10.a edición de la obra original en inglés Dacie and Lewis. Practical Haematology. Elsevier Ltd. España.
- López M, Serra D. (2001). Anales de Pediatría: Publicación Oficial de la Asociación Española de Pediatría (AEP), 74(6) pag. 15-21.
- Mantilla, C., Pérez, R. y Cardona, J. (2013). Concordancia de Tres Métodos para la Determinación de la Hemoglobina en Donantes de un Banco de Sangre de Medellín, Colombia. Investigaciones Andinas. Volumen 15. Número 27. Pereira, Colombia.
- Marin, G. (2008). Hematología, 1° Edición, Buenos Aires. Pág: 1-2.
- Mateo, R. (2001). Análisis de hemoglobina. Disponible en http://www.wikilearning.com/articulo/análisis_clínicos_hematológicos_de_rutina-la_hemoglobina_i/16784-4.
- Major RH. Karl Vierordt. (1938). Evolución del conocimiento sobre la sangre y su movimiento. Ann Med Hist. 10: 463–73.
- McKenzie, S. (2000). Hematología Clínica. 2da Ed. México: Manual Moderno.
- Mejía, C., Quiñones, D., Gomero, R. y Pérez, L. (2017). Cambios en la hemoglobina (Hb) de trabajadores mineros expuestos a gran altura y factores asociados. *Gac Med Mex*; 153:166-72
- Moraleda J., J. (2017). Pregrado de Hematología, 4.ª Edición. Sociedad Española de Hematología y Hematoterapia. ISBN: 978-84-7989-874-8
- Ortubé, C. (2014). Determinación de valores de referencia de la hematimetría en una población entre 15 a 49 años de las localidades de Tarabuco (3284 m.s.n.m) y Zudáñez (2200 m.s.n.m). Chuquisaca 2011. En Tópicos Selectos de Química. Bolivia: ECORFAN. P. 50-105.

- Palella, S. y Martins, F. (2010). La Metodología o Marco Metodológico. En metodología cuantitativa. Segunda edición. Caracas: FEDUPEL. p.73-81.
- Rodríguez, M., Mina, D., Inchaustegui, J., Hernández, B., Lee, F., Hernández, E. y Martínez, L. (2012). Análisis de los indicadores hematológicos en donadores que acuden al banco de sangre del Hospital General de Tapachula (Chiapas, México) de Enero- Marzo 2011. *Hig. Sanid. Ambient*; 12(1): 846-852.
- Sáenz, K., Narváez, L. y Cruz, M. (2008). Valores de referencia hematológicos en población altoandina ecuatoriana establecidos con el uso del analizador Sysmex XE-2100. *Rev Mex Patol Clin*; 55(4): p. 207-215
- Tamayo, M. (2001). El proceso de investigación científica (4a ed.). México: Limusa.
- Tapia, S. y Olga N. (2013). Identificación de un factor de corrección para hematocrito y hemoglobina, realizado entre un método automatizado y un método manual. (Tesis de grado). Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.
- Trompetero, A., Cristancho, E., Benavides, W., Serrato, M., Landinéz, M. y Rojas, J. (2015). Comportamiento de la concentración de hemoglobina, el hematocrito y la saturación de oxígeno en una población universitaria en Colombia a diferentes alturas. *NutrHosp*; 32(5):2309-2318
- United States Agency for International Development (USAID). (2002) The International Nutritional Anemia Consultative Group (INACG), Adjusting Hemoglobin Values in Program Surveys. US, 2002. Disponible en: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnacq927.pdf consultado el 20 de marzo del 2023
- Uscamayta Quispe NF. Eritrocitosis de altura patológica. Sociedad Científica de Estudiantes de Medicina U.M.S.A. 2007 Septiembre 5;(Nº5): p. 50-51
- Van Assendelft OW, Buursma A, Zijlstra WG. (1996). Stability of Haemoglobin Cyanide Standards. *Journal of Clinical Pathology* 49:275-277
- Vásquez, N. (2019). Variación del hematocrito entre los métodos manual y automatizado asociados con el grado de anemia Hospital II Essalud Chocope (Tesis de grado). Universidad Nacional de Jaén. Jaén, Perú.

- Verso ML. (1938). The evolution of blood-counting techniques. *Med Hist.* 8: 149–58.
- Verso ML. (1971). Some nineteenth century pioneers of hematology. *Med Hist* 1971; 15: 55–67.
- Weil E, Bloch M. (1934). Enfermedades de la sangre y de los órganos hematopoyéticos. En: Bezancon F, Labbé M, Bernard L, et al. *Tratado de Patología Médica*. Barcelona: Editorial Pubul. p. 16–29.
- World Health Organization (WHO). (2000). Recommended method for the determination of packed cell volume by centrifugation (Prepared by Expert Panel on Cytometry of the International Council for Standardization in Haematology) Document WHO/DIL/00.2:1-9, WHO, Geneva.
- Wintrobe M. (1980). Milestones on the path of progress. Anton van Leeuwenhoek. En: *Blood, pure and eloquent*. New York: McGraw–Hill; 1980, p. 7–11.
- Wintrobe M. (1985). Introduction of quantification. In: *Hematology, the blossoming of a science*. Philadelphia: Lea & Febiger. Pag: 51–3.

www.bdigital.ula.ve

ANEXO 1

Consentimiento Informado para la recolección de datos del trabajo de investigación

Yo _____ Mayor de edad,
Con cédula de identidad n°: _____, con domicilio en:
_____, Teléfono n°: _____ y Dirección: _____
_____.

Requiero y autorizo al Laboratorio Clínico del Hospital I Dr. Heriberto Romero, para que se me realice la toma de muestra y las pruebas requeridas por el investigador, para que se lleven a cabo los estudios pertinentes a la investigación.

Confirmando que se me ha explicado detalladamente, en palabras comprensibles, el efecto y la naturaleza del procedimiento a efectuar, incluyendo posibles molestias que se puedan sentir en el proceso. Han sido contestadas a mi satisfacción todas las preguntas que libremente he formulado acerca de todo procedimiento.

DOY FÉ DE NO HABER OMITIDO O ALTERADO DATOS AL EXPONER MI HISTORIAL Y ANTECEDENTES CLÍNICOS.

DOY EL CONSENTIMIENTO PARA EL PROCEDIMIENTO Y ESTOY SATISFECHO(A) CON LA EXPLICACIÓN.

Firma del Paciente

Firma del Tesista

ANEXO 2

Historia Clínico-Epidemiológica

N° de historia: _____

Fecha: _____

Datos personales del paciente:

Nombre y apellido: _____ Edad: _____

Sexo: _____ Fecha de nacimiento: _____ Cedula: _____

Grupo: _____ Teléfono: _____

_____ Dirección: _____

Antecedentes Familiares:

Maternos: _____

Paternos: _____

Antecedentes Personales:

Patológicos: Hipertensión:___ Hemorragias:___ Menstruación:___

Alérgicos: _____

Quirúrgicos: _____

Medicación actual: _____

Otros: _____

Firma del Paciente: _____