



**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOANÁLISIS  
ESCUELA DE BIOANÁLISIS  
DEPARTAMENTO DE BIOANÁLISIS CLÍNICO  
CÁTEDRA DE HEMATOLOGÍA**



**NIVELES DE HEMOGLOBINA Y HEMATOCRITO EN  
CORRESPONDENCIA CON EL CONTADOR HEMATIMÉTRICO 7100 EN  
MUJERES SANAS QUE ASISTEN AL LABORATORIO CLÍNICO SALUD Y  
VIDA DEL ESTADO MÉRIDA**

**Autores:**

Hectmer José Mercado Márquez

M<sup>a</sup> de los Ángeles González Gil

**Tutora:** Prof<sup>a</sup> Carmen Lozano

**Co-tutora:** Prof<sup>a</sup> Rossy Ramírez

**Mérida, Marzo de 2020**



**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOANÁLISIS  
ESCUELA DE BIOANÁLISIS  
DEPARTAMENTO DE BIOANÁLISIS CLÍNICO  
CÁTEDRA DE HEMATOLOGÍA**



**NIVELES DE HEMOGLOBINA Y HEMATOCRITO EN  
CORRESPONDENCIA CON EL CONTADOR HEMATIMÉTRICO RAYTO  
7100 EN MUJERES SANAS QUE ASISTEN AL LABORATORIO CLÍNICO  
SALUD Y VIDA DEL ESTADO MÉRIDA**

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

**Autores:**

Hectmer José Mercado Márquez

M<sup>a</sup> de los Ángeles González Gil

**Tutora:** Prof<sup>a</sup> Carmen Lozano

**Co-tutora:** Prof<sup>a</sup> Rossy Ramírez

**Mérida, Marzo de 2020**

## DEDICATORIA

A mis padres Juan y Marisela por enseñarme el correcto camino en la vida, y cuidar de mí.

A mis hermanas Inírida y María Eugenia, por su cariño y apoyo en mi carrera universitaria.

A mis sobrinos, que son mi motivación para crecer día a día y ser un buen ejemplo.

A toda mi familia, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo un apoyo incondicional en todo momento.

A mis amigos más cercanos por demostrarme lo que es una verdadera amistad.

www.bdigital.ula.ve María de los Ángeles

## DEDICATORIA

A mis padres Héctor e Isabel por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluye este.

Dedico de manera especial a mi hermana Isamar Mercado pues ella fue la principal inspiradora para la formación de mi vida profesional, formó en mí el deseo de superación y crecimiento, en ella tengo el espejo en el me quiero reflejar pues sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarla cada día más.

A mi hermana Milagro Mercado gracias por estar siempre presente, acompañándome y aconsejándome, este logro te lo debo a ti también.

Gracias Dios por concederme las mejores hermanas.

A mi hermana Marioly Mercado y mi sobrina hermosa Vicmary Vera que son mi motivación para crecer día a día y ser un buen ejemplo de superación para ellas.

A toda mi familia, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo un apoyo incondicional en todo momento.

A mis amigos más cercanos por demostrarme lo que es una verdadera amistad.

Hectmer José

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por permitirnos acabar una etapa más en nuestras vidas y ponernos obstáculos para poder seguir superándolos.

Agradecemos a nuestra Alma Máter, Universidad de los Andes en especial a la Escuela de Bioanálisis, por abrirnos las puertas para estudiar en tan prestigiosa universidad.

A todos los profesores que nos han instruido, tanto para ser buenos profesionales como grandes seres humanos.

Al Laboratorio Clínico que nos permitió realizar la investigación.

A toda nuestra familia, por todos los esfuerzos realizados para que logremos escalar un peldaño más en nuestras vidas.

A nuestros amigos por estar y permanecer cada día.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
VEREDICTO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
TABLA DE CONTENIDO	vi
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes del Problema	1
El Problema	6
Marco Teórico	7
Trabajos Previos	7
Antecedentes Históricos y Epistemológicos	13
Bases Teóricas	15
<i>Teoría monofilética de la hematopoyesis</i>	15
Aproximaciones Teóricas	16
<i>Hemograma</i>	16
<i>Generalidades de la sangre</i>	18
<i>Composición y función de la sangre</i>	19
<i>Hematopoyesis</i>	19
<i>Eritropoyesis</i>	21
<i>Glóbulos rojos o eritrocitos</i>	22
<i>Hemoglobina</i>	22
<i>Estructura de la hemoglobina</i>	23
<i>Función de la hemoglobina</i>	25
<i>Formación de la hemoglobina</i>	25

<i>Síntesis de la globina</i>	26
<i>Síntesis del hem</i>	26
<i>Hematocrito</i>	26
<i>La automatización en hematología</i>	27
<i>Contador hematimétrico RAYTO 7100</i>	29
<i>Componentes básicos del contador hematimétrico</i>	30
Definición operacional de términos	31
Operacionalización del evento de estudio	33
Objetivos de la Investigación	34
<i>Objetivo General</i>	34
<i>Objetivos Específicos</i>	35
MATERIALES Y MÉTODOS	36
Tipo de Investigación	36
Diseño de la Investigación	36
Población y Muestra	37
<i>Unidad de investigación</i>	37
<i>Selección del Tamaño de la Muestra</i>	38
Variables de la Investigación	38
Instrumento de Recolección de datos	38
Recursos	39
Procedimiento de la investigación	39
<i>Estudio Clínico-Epidemiológico</i>	40
<i>Recolección de la Muestra</i>	40
<i>Análisis de los niveles de hemoglobina y hematocrito</i>	41
Diseño de Análisis	42
Variables Estadísticas	42
Sistematización de los Resultados	43
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	44

DISCUSIONES	53
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS	64
Anexo 1. Consentimiento informado	65
Anexo 2. Estudio Clínico-Epidemiológico	66
Anexo 3. Procedimientos de la Investigación	67

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## LISTA DE TABLAS

	Pp
<b>Tabla 1.</b> Operacionalización del evento de estudio hemoglobina	33
<b>Tabla 2.</b> Operacionalización del evento de estudio hematocrito.	34
<b>Tabla 3.</b> Variables estadísticas según la naturaleza, escala de medida e indicadores estadísticos.	30
<b>Tabla 4.</b> Distribución de la población estudiada de acuerdo a la edad	44
<b>Tabla 5.</b> Distribución de los datos según los rangos de hemoglobina y hematocrito obtenidos	46
<b>Tabla 6.</b> Valores de hemoglobina y hematocrito en las pacientes evaluadas, discriminados por la edad.	48
<b>Tabla 7:</b> Estadística descriptiva global de los valores de Hemoglobina y hematocrito	52

## LISTA DE FIGURAS

	Pp.
<b>Figura 1.</b> Tipos de hemograma	17
<b>Figura 2.</b> Componentes de la sangre.	18
<b>Figura 3.</b> Hematopoyesis.	21
<b>Figura 4.</b> Valores referenciales de la Hemoglobina	23
<b>Figura 5.</b> Estructura de la hemoglobina	25
<b>Figura 6.</b> Valores referenciales de Hematocrito	27
<b>Figura 7.</b> Esquema básico del contador hematimétrico	31
<b>Figura 8.</b> Distribución de la población según la edad	45
<b>Figura 9.</b> Distribución de los valores según la frecuencia relativa de cada parámetro evaluado.	46
<b>Figura 10.</b> Apuntamiento de las curvas en comparación con la distribución normal de hemoglobina y hematocrito.	47
<b>Figura 11.</b> Valores de Hemoglobina en las pacientes evaluadas discriminados por la edad.	49
<b>Figura 12.</b> Valores de Hematocrito en las pacientes evaluadas discriminados por la edad	50
<b>Figura 13.</b> Análisis de correlación entre la edad y los niveles de hemoglobina en las pacientes evaluadas.	51

<b>Figura 14.</b> Análisis de correlación entre la edad y los niveles de hematocrito en las pacientes evaluadas	51
<b>Figura 15.</b> Análisis de correlación entre el hematocrito y los niveles de hemoglobina en las pacientes evaluadas.	52

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN  
ÁREA DE HEMATOLOGÍA  
NIVELES DE HEMOGLOBINA Y HEMATOCRITO EN  
CORRESPONDENCIA CON EL CONTADOR HEMATIMÉTRICO RAYTO  
7100 EN MUJERES SANAS QUE ASISTEN AL LABORATORIO CLÍNICO  
SALUD Y VIDA DEL ESTADO MÉRIDA.**

**Autores:**

Hectmer José Mercado Márquez

María de los A. González Gil

**Tutora:** Prof<sup>a</sup> Carmen Lozano

**Co-tutora:** Prof<sup>a</sup> 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 permita mejorar la interpretación de sus resultados, la calidad del diagnóstico, seguimiento y tratamiento de las diferentes patologías. Por consiguiente, esta investigación planteó analizar los niveles de hemoglobina y hematocrito en correspondencia con el contador hematimétrico RAYTO 7100 en mujeres sanas entre 25 y 35 años de edad. La investigación fue de tipo analítica, contemporánea, transeccional y multivariable. La n de estudio fue de 100. Los índices hematimétricos de hemoglobina y hematocrito fueron de  $14,00 \pm 1,08$  g/dL y  $42,00 \pm 3,30\%$ . Para los valores de hemoglobina se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson ( $R^2$ ) de 0,0004 y un valor de p de 0,1792. Para valores de hematocrito  $R^2$  de 0,0005 y un valor de p de 0,038, con respecto a la edad, la significancia estadística se consideró para valores de  $p < 0,05$ . El 15% de mujeres presentaron discordancia entre la relación hemoglobina/hematocrito. En este grupo de estudio no hubo diferencia significativa respecto a la variabilidad biológica de acuerdo a la edad.

**Palabras Clave:** Hemograma, Hemoglobina, hematocrito, mujeres sanas, contador hematimétrico.

# INTRODUCCIÓN

## Antecedentes del Problema

El hemograma, también conocido como cuadro hemático, biometría hemática o recuento de células sanguíneas, junto con la glicemia y el uroanálisis, es una de las pruebas más solicitadas al laboratorio clínico y uno de los estudios que mayor información aporta al médico sobre la homeostasis de un individuo. A través del tiempo, el hemograma ha sido objeto de múltiples modificaciones en cuanto a los parámetros que lo componen, la forma de obtenerlos, los grados de precisión y exactitud y la manera de interpretarlo<sup>1</sup>. 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 (Hto), índices hematimétricos: volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HCM) y concentración de hemoglobina corpuscular media (CHMC) y la fórmula leucocitaria<sup>2</sup>.

El hemograma es un estudio que se ha caracterizado por abarcar poblaciones con una amplia variabilidad biológica, lo cual lo convierte en una prueba que requiere establecer valores de referencia que lo definan. La hemoglobina (Hb), es uno de los parámetros del hemograma que varía según la edad y sexo del paciente. Su determinación es de gran importancia, ya que indica el grado de oxigenación del individuo, debido a que es la proteína presente en los glóbulos rojos y se encarga del transporte de O<sub>2</sub> del aparato respiratorio hacia los tejidos periféricos; y del transporte de CO<sub>2</sub> y protones (H<sup>+</sup>) de los tejidos periféricos hasta los pulmones para ser excretados, también participa en la regulación de pH de la sangre. Su valor es expresado en g/dl de sangre, y es proporcional a la cantidad y calidad de hematíes (masa eritrocitaria). Dicha proteína ocupa un tercio del volumen total del eritrocito, por lo tanto su valor influye directamente sobre el valor del

hematocrito en condiciones fisiológicas<sup>2</sup>. De tal manera, el hematocrito se ha definido como la cantidad de volumen que ocupan los glóbulos rojos en la sangre total en relación con la cantidad del plasma, su valor es expresado en porcentaje, y conjuntamente con la hemoglobina varía según la edad y sexo del paciente. El valor del hematocrito no solo está influenciado por la cantidad de glóbulos rojos circulantes, también guarda estrecha relación con su tamaño y su forma<sup>3-5</sup>.

En estudios realizados sobre el análisis de los niveles de hemoglobina y hematocrito, se ha demostrado que los mismos pueden variar en relación a las características individuales como el sexo, la edad, la actividad física, las condiciones del entorno y en general, la altura sobre nivel del mar donde reside una población. Específicamente, en la población femenina se ha observado un comportamiento menor de los valores de hemoglobina y hematocrito a diferencia de los hombres, esto se puede explicar debido a la presencia de andrógenos en el sexo masculino, los cuales son inductores del sistema eritropoyético, así como los estrógenos son supresores del mismo. Asimismo, las diferencias significativas de la serie roja entre hombres y mujeres adultos también se ven afectadas por la existencia de masa muscular en los hombres y de tejido adiposo 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. En mujeres en edad fértil, también se pueden ver afectados estos valores por la menstruación, en general, las mujeres pierden 80 mL de sangre cada mes, lo que implica una ligera descompensación de hierro y hemoglobina principalmente. Por otra parte, la Organización Mundial de la Salud ha tabulado valores de referencia en relación con los grupos etarios y existe una diferencia significativa entre el grupo de edades entre infantes y adultos. Actualmente estos parámetros se pueden analizar de forma automatizada, lo cual se traduce en resultados más rápidos con menor error que en los

procedimientos manuales, con datos altamente reproducibles, con sistemas prácticos para el control de calidad, indudable contribución a la bioseguridad al disminuir o eliminar la manipulación directa de las muestras, la utilización de la informática apoyando los controles estadísticos de los pacientes y datos en general. Específicamente, la hematología es una de las áreas donde ha evolucionado continuamente la automatización, encontrándose diferentes equipos que han facilitado el procesamiento de las muestras, uno de ellos es el contador hematimétrico RAYTO 7100, un analizador automático y multiparamétrico diseñado para utilizarse en el diagnóstico *in vitro* de los laboratorios clínicos. La finalidad de uso de este equipo es la de efectuar mediciones hematológicas empleando sangre anticoagulada con EDTA (Ácido etilendiaminotetraacético)<sup>6</sup>.

Una vez descrito el evento de estudio representado por los niveles de hemoglobina y hematocrito en correspondencia con el contador hematimétrico RAYTO 7100 en mujeres sanas, es importante destacar las teorías y las aproximaciones teóricas que le dan existencia a esta investigación, la misma estará sustentada por la teoría monofilética de la hematopoyesis y diferentes aproximaciones teóricas. Especialmente, la teoría monofilética del desarrollo de las células sanguíneas propone un precursor celular común, la célula progenitora pluripotencial, la cual bajo la influencia de factores humorales, puede dar origen a los principales tipos de células sanguíneas. Por otra parte, dentro de las otras aproximaciones teóricas, el hemograma, ya mencionado anteriormente, es una de las pruebas más importantes del laboratorio clínico que aporta de manera crucial en la evaluación de un paciente, es un examen básico del recuento de células sanguíneas que se obtiene mediante una muestra de sangre venosa brindando información acerca de las tres series celulares ya mencionadas. Cada uno de estos parámetros cumple con funciones específicas. Además del hematocrito, la hemoglobina y los índices eritrocitarios, ayudan a determinar las causas de síntomas como fatiga, debilidad y hematomas, en

casos más exhaustivos anemia, infección, cáncer o leucemias.<sup>7</sup> Asimismo, se conoce que la sangre es un tejido líquido renovable, considerado como una variedad de tejido conectivo especializado<sup>8</sup>. Como todo tejido, la sangre se compone de células y componentes extracelulares (su matriz extracelular), estas dos fracciones tisulares vienen representadas por los elementos formes o células sanguíneas y el plasma<sup>9-10</sup>.

En cuanto a la hematopoyesis, comprende la formación, el desarrollo y la especialización de todas las células sanguíneas funcionales<sup>11</sup>, del mismo modo, la eritropoyesis es un proceso complejo encaminado a la producción de eritrocitos, que fundamentalmente está regulado por la hormona eritropoyetina, que a su vez está regulada por la cantidad de oxígeno que llega a los tejidos<sup>12</sup>. Por otra parte, en el área de hematología, la aplicación de la mecanización y posterior automatización del trabajo analítico, aumentó considerablemente las potencialidades de procesamiento del laboratorio clínico, permitió la realización de un mayor número de determinaciones en menor tiempo, incrementó los indicadores de calidad (precisión y exactitud) a cifras nunca antes alcanzadas mediante el trabajo manual, disminuyó de forma significativa los costos y acortó el tiempo de entrega de los resultados al cliente<sup>13</sup>. Es por ello que se considera a la hematología, como una de las principales líneas de trabajo del laboratorio clínico, ya que ha permanecido enlazada con el desarrollo de la automatización y se ha observado gran incremento de sus potencialidades diagnósticas con el surgimiento y perfeccionamiento de los contadores o analizadores hematológicos<sup>14</sup>. Es por ello que para la correspondencia de nuestro trabajo de investigación, utilizamos el contador hematimétrico RAYTO 7100, un analizador automatizado de muestras biológicas que emplea reactivos específicos para el procesamiento de sangre anticoagulada y que usa un volumen de 30  $\mu$ L de aspirado por muestra. Es rápido, preciso y permite un acceso conveniente a los resultados del paciente a través de un sistema de administración de datos<sup>15</sup>.

Varios autores han publicado en revistas de divulgación primaria antecedentes actuales sobre el evento de estudio. Al respecto, Pabón<sup>16</sup> determinó los valores de referencia de Hemoglobina y Hematocrito en estudiantes del sexo femenino de la facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de los Andes. Mejía *et al*<sup>17</sup> determinaron intervalos biológicos de referencia (IBR) para adultos en un equipo hematológico BC-5000 Por otra parte, Roque y Santisteban<sup>18</sup>, relacionaron la hemoglobina, hematocrito vs índice de masa corporal en escolares de 3 a 15 años del AAHH "NUEVO PACHACUTEC". Martínez y López<sup>19</sup>, evaluaron la validez y precisión del hemograma automatizado (CELL-DYN 1600) en enfermedades hematológicas.

Varios aspectos han sido discutidos sobre el evento de estudio por varios autores, en los últimos años. La discusión ha focalizado la importancia del análisis de niveles de hemoglobina y hematocrito en correspondencia con equipos automatizados, algunos autores manifestaron que en la hematología los métodos manuales de laboratorio para medición de los niveles de hemoglobina, hematocrito, plaquetas y leucocitos, siguen siendo considerados de referencia internacional (prueba estándar) para la validación de los analizadores automáticos<sup>19</sup>.

Conocida la situación actual del problema, es importante señalar que la Justificación de una investigación debe responder a los por qué o razones que la motivaron. Específicamente, estas razones pueden ser categorizadas como necesidades, curiosidades y preocupaciones, motivaciones, intereses, valores, potencialidades, oportunidades, tendencias, contradicciones. Es por ello que, se considera importante la determinación de valores hematológicos. La hemoglobina y el hematocrito son los parámetros más solicitados dentro del hemograma debido al aporte diagnóstico que ofrecen para la determinación de patologías eritrocitarias. Sin embargo, el hematocrito debe ser evaluado debido a las discrepancias que existen entre el método manual y el automatizado<sup>5</sup>. Es por ello que definir cifras límites normales, inferiores y

superiores en un grupo de mujeres no es una tarea fácil, ya que difieren según la variabilidad biológica interindividual en algunos factores como el sexo, la edad y el estado nutricional de las pacientes analizadas.

Los investigadores de este estudio encontraron razones que les interesaron e inquietaron, las cuales justifican la realización de esta investigación, dentro de ellas, la tendencia de que en la mayoría de los laboratorios clínicos se utilizan equipos automatizados o semiautomatizados con la finalidad de estandarizar el procedimiento analítico, es por esto que, en el área de hematología la introducción de métodos automatizados con el consiguiente aumento de la precisión y fiabilidad junto con la disminución del tiempo requerido para su proceso, ha facilitado su uso, ampliando sus aplicaciones clínicas.

Revelada la importancia de esta investigación a través de la justificación, los autores reconocen el alcance predeterminado. Al respecto, el alcance de una investigación está relacionado con la profundidad del estudio y el logro del proceso indagatorio. Por tanto, esta investigación tiene un alcance analítico, ya que se analizó la relación de correspondencia entre los niveles de hemoglobina y hematocrito mediante el uso del contador hematimétrico RAYTO 7100.

Entre otros aspectos, las investigaciones podrían tener limitaciones. Estas han sido identificadas como teóricas, técnicas y económicas. Durante las fases de la investigación relacionadas con el proyecto, se han encontrado limitaciones para la búsqueda de trabajos previos. No se encontraron limitaciones técnicas que evitaran la realización de la investigación.

## **El Problema**

Una vez planteada la situación del evento de estudio sobre los niveles de hemoglobina y hematocrito en correspondencia con el contador

hematimétrico RAYTO 7100, los autores de esta investigación formularon el siguiente enunciado holopráxico:

¿Cuáles son los niveles de hemoglobina y hematocrito en correspondencia con el contador hematimétrico RAYTO 7100 en mujeres sanas que asisten al Laboratorio Clínico Salud y Vida del Estado Mérida, desde Enero hasta Marzo de 2020?

## **Marco Teórico**

### **Trabajos Previos**

Pabón E<sup>16</sup>. Realizó, durante el año 2019, un trabajo de investigación titulado: Valores de referencia de Hemoglobina y Hematocrito en estudiantes de la Universidad de los Andes. La investigación tuvo como objetivo determinar los valores de referencia de Hemoglobina y Hematocrito en estudiantes del sexo femenino de la facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de los Andes. El diseño básico de esta investigación fue de campo. La “n” estuvo representada por estudiantes del sexo femenino que cursaban el octavo semestre de la carrera de Bioanálisis en la Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de los Andes en edades comprendidas entre 23 y 30 años de edad durante el periodo de Septiembre 2017 a febrero 2019. Se analizaron 40 muestras de sangre completa, obtenidas por punción venosa del antebrazo, mezcladas con el anticoagulante EDTA. La evaluación estadística de los datos se realizó con un nivel de confianza del 98% según el comportamiento de la muestra Gaussiano, utilizando frecuencias absolutas y relativas como la media, desviación estándar, valor mínimo y valor máximo para los dos analitos correspondientes (hemoglobina y hematocrito). En los resultados obtenidos se determinó que los valores de referencia para hematocrito en esta población son de 38,31% a 45,39% y para la hemoglobina es de 12,01 g/dl a

15,68 g/dl. El autor concluye que los valores promedios de Hematocrito y Hemoglobina encontrados en las muestras de 40 estudiantes del sexo femenino de edades comprendidas entre 24 a 30 años en la Facultad de Farmacia y Bioanálisis, oscilan en un rango de 41,8 % de hematocrito y un 13,8 g/dl de hemoglobina. Los resultados obtenidos en dicho estudio, le permitieron al autor determinar los valores de referencia para el Hematocrito, encontrándose que para las estudiantes del sexo femenino de 24 a 30 años, resultaron de 38,31 a 45,39%. Se estableció como valores referencias para la Hemoglobina de 12,01 a 15,68g/dl. Esta investigación respalda nuestro estudio, ya que, fue realizado en mujeres y determina las variables de Hemoglobina y Hematocrito.

Mejía *et al*<sup>17</sup> publicaron en la revista IATREIA de la Facultad de Medicina de la Universidad de Antioquia, Medellín (2017) un artículo científico titulado: Determinación de intervalos biológicos de referencia para adultos en el equipo hematológico BC-5000 de la Escuela de Microbiología de la Universidad de Antioquia, Medellín 2017. El objetivo fue determinar intervalos biológicos de referencia (IBR) para adultos en un equipo hematológico BC-5000. El diseño de investigación fue descriptivo y transversal. La “n” estuvo representada por 111 donantes del banco de sangre de la Escuela de Microbiología de la Universidad de Antioquia (U de A), seleccionados consecutivamente entre el mes de agosto y septiembre de 2017. Para cada donante se recolectaron 2 muestras de sangre, un tubo tapa lila con anticoagulante EDTA para realizar el hemograma y un tubo seco tapa roja para realizar las pruebas de ferritina y PCR. Los donantes cumplieron con los siguientes criterios de inclusión: ser mayor de 18 y menor de 62 años, residente de la ciudad de Medellín y no ser donante repetitivo; además de cumplir con los requisitos de selección del banco de sangre. Los hemogramas fueron procesados en el equipo Mindray BC-5000® del laboratorio de docencia de la Escuela de Microbiología. El equipo hematológico fue verificado según la guía EP15-A3 VERIFICACIÓN DE LA

PRECESIÓN Y ESTIMACIÓN DEL SESGO del CLSI, cumpliendo con las especificaciones del fabricante para los parámetros evaluados. Para el análisis de los parámetros del hemograma se eliminaron valores atípicos con métodos gráficos y estadísticos: caja de bigotes y estadística de Grubbs, respectivamente, para evitar desproporcionar los resultados y asegurar una interpretación correcta. La descripción se hizo a través de medidas de tendencia central (media, mediana) y dispersión (desviación estándar y rangos intercuartílicos); la variable sexo se describió a través de frecuencias absolutas y relativas. Dentro de los resultados se obtuvo que, la población femenina representó el 61,1 % (n = 111) y el 50 % de los participantes tenían entre 20 y 30 años, con una media de 26 años ( $\pm 9$  DS), la edad mínima fue de 18 años y la máxima de 55. Se obtuvo una media de  $4,79 \times 10^6$  / $\mu$ L para el recuento de eritrocitos, 14,63 g/dL para la concentración de hemoglobina, además de una media de 42,49 para el hematocrito. Los IBR calculados mediante la fórmula  $X \pm (DS * 1,96)$  mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ) entre hombres y mujeres para los parámetros de hemoglobina y hematocrito. Estas diferencias confirman la importancia de la variable sexo en el cálculo de los IBR del hemograma. Las variaciones por sexo en el caso del recuento eritrocitario, el cual fue menor en mujeres que en hombres, se pueden explicar por la presencia de andrógenos en el sexo masculino, que son inductores del sistema eritropoyético, así como los estrógenos son supresores del mismo. Los autores concluyeron que la diferencia en los IBR entre mujeres y hombres obtenidas en este y otros estudios confirma la obligación de establecer valores de referencia adecuados para la población de acuerdo con sus características: el sexo, la edad, altitud de residencia y actividad física, para así tomar decisiones clínicas más acertadas. Este trabajo respalda nuestra investigación porque fue realizado en mujeres sanas y determinaron valores de Hemoglobina y Hematocrito mediante equipo automatizado.

Roque y Santisteban<sup>18</sup> realizaron, durante el año 2017, un trabajo de investigación titulado: Relación de hemoglobina, hematocrito vs índice de masa corporal en escolares de 3 a 15 años del AAHH "NUEVO PACHACUTEC". Su objetivo fue establecer la relación entre los parámetros hematimétricos de Hemoglobina y Hematocrito con el parámetro índice de Masa Corporal en escolares de 3 a 15 años del "AA.HH NUEVO PACHACUTEC", desde Enero hasta Octubre de 2016. El diseño de investigación fue tipo observacional, correlacional, descriptivo, prospectivo, transversal, cuantitativo y no experimental. La "n" estuvo representada por los escolares del AAHH "Nuevo Pachacútec", aproximadamente 300 escolares y se consideró estadísticamente una muestra de 120 escolares entre 3 a 15 años de edad del AAHH "Nuevo Pachacútec". Los autores utilizaron el método de la cianometahemoglobina para la obtención de hemoglobina y el método de microhematocrito para la obtención de hematocrito, debido a que la población estudiada no pasa más de la mitad de un hemoglobina normal (43%) y hematocrito normal (47 %), con ello se obtiene que, el 49% de diferentes edades presenta hemoglobina con valores elevados y solo el 8% presenta hemoglobina disminuida. Con respecto al hematocrito se obtuvo que el 28% presenta hematocrito con valores elevados y solo el 20% presenta hematocrito disminuido. En cuanto al nivel de IMC observados según edad y sexo, el 4% presenta sobrepeso y el 48% presenta bajo peso y normopeso. Encontrándose que el grupo etario más afectado con bajo peso es en escolares de 3 a 4 años con un 80%. Los autores concluyeron que del total de 120 escolares se observa que, el 49% de niños de diferentes edades presentan hemoglobina con valores elevados y solo el 8% presenta hemoglobina disminuida, el 43% es normal. El nivel de hematocrito se presenta con valores elevados en un 28% de escolares y disminuido en un 20% de escolares según su edad. Encontrándose el hematocrito en valores normales en un 53% del total de la población escolar estudiada. Asimismo, al correlacionar los parámetros hematológicos con el

IMC mediante la prueba de Chi - cuadrado obtuvieron valores inferiores al 5%, en la distribución de IMC con Hto el valor es de 0.022 y en la distribución de IMC con Hb el valor fue de 0.004, confirmando de esta manera que si existe la relación entre el IMC y los parámetros hematológicos. Este trabajo respalda este estudio, a pesar de que fue realizado en escolares, ya que investigaron e interpretaron valores de hemoglobina y hematocrito.

Martínez y López<sup>19</sup>, publicaron en la revista Acta Médica Colombiana (2016) un artículo original titulado: Evaluación de la validez y precisión del hemograma automatizado (CELL-DYN 1600) en enfermedades hematológicas. El objetivo fue evaluar la validez y precisión del hemograma analizado automáticamente por el sistema CELL-DYN 1600, en enfermedades hematológicas. El diseño de investigación fue de campo y de laboratorio. La “n” estuvo representada por pacientes con enfermedades hematológicas que asistieron al Laboratorio de la Unidad de Hematología del Hospital San Juan de Dios de Santa Fe de Bogotá, en colaboración con el Laboratorio Central de la misma institución. Se recolectaron 2000 muestras sanguíneas, a cada paciente se le tomó una muestra por punción con jeringa de plástico y recolectando 5 mL de sangre venosa en tubo de vidrio que contenía anticoagulante EDTA. En cada muestra de sangre se determinaron los niveles de hemoglobina, hematocrito, recuento de leucocitos y recuento de plaquetas, mediante análisis automatizado en el sistema CELLDYN 1600 (Abbott Laboratories) y mediante técnica hematológica manual, considerada técnica estándar. Respecto a los métodos manuales estándar, la determinación fotocolorimétrica de la concentración de hemoglobina se realizó según normas del International Committee for Standardization in Haematology (ICSH) por el método de la cianometahemoglobina. La determinación del hematocrito mediante centrifugación se realizó siguiendo las recomendaciones del ICSH para la técnica del micrométodo. Se procesaron las muestras por métodos automatizado y manual, y consignaron los resultados en forma independiente para posterior análisis. Se emplearon

medias y medianas como medidas descriptivas de la posición central de la distribución para variables distribuidas de manera normal y asimétrica, respectivamente. Como medida de dispersión de las variables y con finalidad comparativa entre ellas (variación relativa), se empleó el coeficiente de variación. Se evaluaron en forma consecutiva 2.000 muestras sanguíneas, con un promedio de 10,4 muestras por día. Únicamente mostraron distribuciones simétricas con ambos métodos de medición las variables hemoglobina y hematocrito. Los autores concluyen que en hematología los métodos manuales de laboratorio para medición de los niveles de hemoglobina, hematocrito, plaquetas y leucocitos, siguen siendo considerados de referencia internacional (prueba estándar) para la validación de los analizadores automáticos. En pacientes con alteraciones hematológicas que obligaron la consulta al servicio de Hematología del Hospital San Juan de Dios de Santa Fe de Bogotá, la concordancia entre los dos métodos de recuento hematológico fue alta. No obstante, el promedio de la diferencia de los recuentos de leucocitos y plaquetas así como la variación (desviación estándar) en la diferencia promedio de ambos recuentos, hacen clínicamente inaceptable el método automatizado. Los límites de concordancia encontrados para recuentos de leucocitos y plaquetas superan los límites de utilidad clínica. El método automatizado puede informar resultados de recuentos plaquetarios de  $160 \times 10^9/L$  por debajo o  $237 \times 10^9/L$  por encima de los valores del método manual y recuentos leucocitarios  $10 \times 10^9/L$  por debajo o  $13 \times 10^9/L$  por encima de los resultados del método manual. Por ende, no puede generalizarse la práctica del método automatizado de medición de recuentos de plaquetas y leucocitos como prueba exclusiva para el tamizaje y seguimiento de pacientes con alteraciones cuantitativas hematológicas; se recomienda siempre corroborar mediante prueba manual estándar las mediciones de recuentos plaquetarios y de leucocitos hechas por métodos automatizados. Esta investigación respalda nuestro trabajo, pese que no estudiaron solo la

población femenina, su estudio relacionó los valores de Hemoglobina y Hematocrito obtenidos de forma manual y automatizada.

### **Antecedentes Históricos o Epistemológicos**

Durante siglos se ha considerado a la sangre como la esencia de la vida. Uno de los escritos de Hipócrates que data de aproximadamente 400 a.C. describía al organismo como compuesto por cuatro humores: bilis negra, sangre, flema y bilis amarilla. Fahraeus, un médico sueco del siglo XX, sugirió que esta teoría provenía de la observación de las cuatro capas distintas en la sangre coagulada. En el proceso de coagulación, la sangre se separa en un coagulo gelatinoso rojo oscuro, casi negro, una capa delgada de células rojas oxigenadas, una capa de células blancas y plaquetas así como una capa de suero amarillento. Se creía que tanto la salud como la enfermedad eran el resultado de una alteración en el equilibrio de dichos humores.

La composición celular de la sangre no se descubrió sino hasta la invención del microscopio. Con la ayuda de un instrumento primitivo compuesto por lentes biconvexas, Leeuwenhoek (1632-1723) descubrió y midió minuciosamente los eritrocitos (glóbulos rojos). Como complemento a estas observaciones de las células sanguíneas, Karl Vierordt, en 1852, informó los primeros resultados cuantitativos del análisis de las células sanguíneas. Estos procedimientos de cuantificación eran tediosos y consumían demasiado tiempo. La sangre se depositaba por medio de una pipeta capilar calibrada en una laminilla de cristal, la cual contenía un líquido diluyente. Se contaban todas las células en la mezcla sanguínea con la ayuda de un micrómetro en la lente del microscopio. Más tarde, en el siglo XIX, se pudieron observar las plaquetas y diferenciar las subpoblaciones leucocitarias mediante la tinción con anilinas. Después de varios años, se hicieron intentos para correlacionar el conteo de células

sanguíneas con varias enfermedades. Los métodos de análisis de la sangre optimizados en la década de 1920 y los avances tanto en el conocimiento de la fisiología sanguínea como de los órganos hematopoyéticos en la década de 1930 permitieron que se pudieran estudiar, con una base racional, las anemias y otros trastornos de la sangre<sup>20</sup>.

La evolución de la instrumentación en hematología se inició a mediados de la década de 1950. Los profesionales del laboratorio clínico practicaban en ese tiempo manualmente conteos de eritrocitos en el hematocitómetro, hematocritos con centrifugación, hemoglobinas determinadas espectrofotométricamente y exámenes microscópicos de frotis de sangre. Años después, en 1978, con el advenimiento del primer contador automático simple de células sanguíneas se sustituyeron los conteos manuales de las células sanguíneas en el hematocitómetro para eritrocitos y leucocitos<sup>20-23</sup>.

Los primeros contadores celulares, aunque constituyeron un avance importante, solo eran capaces de realizar conteos electrónicos globales de eritrocitos y menos satisfactoriamente, de leucocitos; no obstante, marcaron la ruta para la innovación y perfeccionamiento de varias generaciones de estos equipos. El surgimiento y desarrollo de los programas informáticos, los ordenadores, la robotización, la mecanización y diversos métodos de detección, entre otras tecnologías, han contribuido al aumento de las potencialidades de estos equipos<sup>24</sup>.

La influencia del desarrollo tecnológico sobre los contadores celulares ha posibilitado el surgimiento de una gran diversidad de modelos. No obstante, todos estos equipos exhiben un diseño mecánico y electrónico similar<sup>25</sup>. Partiendo de esto empezaron a diseñar diferentes tipos de contadores hematimétricos. Ahora estos métodos manuales tradicionales (que siguen siendo los de referencia) han sido sustituidos por otros más ventajosos, tanto del punto de vista de la rentabilidad y habilidad y condiciones de trabajo, como son los contadores electrónicos que permiten realizar el hemograma a partir de sangre total anticoagulada con EDTA tripotasico y que son capaces

de analizar miles de células en pocos segundos, incluyendo la determinación de hemoglobina y hematocrito<sup>6</sup>.

Por otra parte, la hemoglobina ha jugado un papel histórico en la química, la biología y la medicina. En 1849 se convirtió en la primera proteína en ser cristalizada y asociada con una función fisiológica específica. La diferencia morfológica entre los cristales de hemoglobina de diferentes organismos proporcionó por primera vez evidencia contundente acerca de la especificidad en la expresión proteica entre las especies. Además, se encuentra entre las primeras proteínas cuyo peso molecular fue determinado correctamente. En 1958 se convirtió en la primera proteína eucariota en ser sintetizada *in vitro*, trabajo que permitió comprobar que el mecanismo de síntesis proteica en eucariotas es similar al de *Escherichia coli*. Su estructura se estableció en 1960. El ARN mensajero de la globina fue el primer mensajero eucariota en ser aislado y en tener una secuencia nucleótida determinada<sup>26</sup>.

www.bdigital.ula.ve

## **Bases Teóricas**

### ***Teoría monofilética de la hematopoyesis***

La teoría monofilética del desarrollo de las células sanguíneas propone un precursor celular común, la célula progenitora pluripotencial, la cual bajo la influencia de factores humorales, puede dar origen a los principales tipos de células sanguíneas. Esta célula pluripotencial es capaz de autorreproducirse, proliferar y diferenciarse en todos los tipos de células hematopoyéticas.

La prueba clínica y experimental apoya de manera definitiva esta teoría. De acuerdo con dicha prueba, las células hematopoyéticas pueden dividirse en tres compartimientos celulares de acuerdo con su madurez. En orden de madurez ascendente, estos compartimientos son: 1) células primitivas multipotenciales capaces de autorrenovación y diferenciación en todos los

tipos de células sanguíneas, 2) células progenitoras asignadas destinadas a proliferar y desarrollarse en cualquiera de los tipos celulares, y 3) células maduras con funciones especializadas que han perdido la capacidad para proliferar<sup>20</sup>.

## **Aproximaciones teóricas**

### ***Hemograma***

El hemograma o cuadro hemático es una de las pruebas que más se solicita al laboratorio clínico, y sin duda alguna, la prueba de laboratorio que más aporta al clínico en la evaluación de un paciente. Desde el punto de vista técnico se reconocen 6 tipos de hemograma (Figura 1), que van desde los tradicionales que se hacen con métodos manuales hasta los más sofisticados que se hacen con métodos electrónicos que utilizan una combinación de tecnologías. El hemograma ha sido objeto de múltiples modificaciones en cuanto a los parámetros que lo componen, la forma de obtenerlos, los grados de precisión y de exactitud y la manera de interpretarlo. Como prueba de laboratorio, el hemograma permite tener una visión global de la homeostasis del sistema hematopoyético, de ahí la importancia de que se evalúen el mayor número de parámetros y, sobretodo, de que éstos tengan la mayor precisión y exactitud posible, características que fácilmente se pueden lograr gracias a los grandes avances en el laboratorio de hematología mediante la incorporación de auto analizadores de hematología de alta eficiencia<sup>27</sup>.

La sangre periférica constituye el objeto del hemograma, análisis que reúne las mediciones, en valores absolutos y porcentuales y agrega el aspecto morfológico de las tres poblaciones celulares sanguíneas. Las magnitudes que constituyen un hemograma son fundamentalmente todas las relacionadas con el recuento celular (eritrocitos, leucocitos y plaquetas), la

concentración de hemoglobina, hematocrito, índices hematimétricos (VCM, HCM y CHMC) y la fórmula leucocitaria. Sin embargo, a pesar de que los contadores hematológicos automatizados pueden procesar un mayor número de muestras sanguíneas con alta precisión analítica y en un tiempo reducido, sigue siendo indispensable la observación del frotis sanguíneo para poder detectar las alteraciones de los elementos celulares de la sangre que no son capaces de distinguir los analizadores<sup>28</sup>.

Hemogram a tipo I	Hemograma tipo II	Hemograma tipo III	Hemogram a tipo IV	Hemogram a tipo V	Hemogram a tipo VI
Hb, hct, recuento de eritrocitos, índices eritrocitarios (VCM, HCM, CHCM), recuento total de leucocitos, y recuento diferencial de leucocitos y morfología por métodos manuales.	Hb, hct, recuento de eritrocitos, índices eritrocitarios (VCM, HCM, CHCM), recuento total de leucocitos, recuento diferencial de leucocitos, recuento de plaquetas y morfología por métodos manuales..	Hb, hct, recuento de eritrocitos, índices eritrocitarios (VCM, HCM, CHCM), recuento total de leucocitos, y recuento diferencial de leucocitos, recuento de plaquetas por métodos semiautomáticos y morfología por métodos manuales.	Hb, hct, recuento de eritrocitos, índices eritrocitarios (VCM, HCM, CHCM), ancho de distribución de los eritrocitos, recuento total de leucocitos, recuento diferencial de leucocitos, recuento de plaquetas y morfología de sangre periférica por métodos electrónicos y manuales.	Hb, hct, recuento de eritrocitos, índices eritrocitarios (VCM, HCM, CHCM), ancho de distribución de los eritrocitos, recuento total de leucocitos, recuento diferencial de leucocitos, recuento de plaquetas, índices plaquetarios (volumen medio plaquetario, ancho de distribución de las plaquetas, plaquetocrito) y morfología de sangre periférica por métodos electrónicos y manuales	Hb, hct, recuento de eritrocitos, índices eritrocitarios (VCM, HCM, CHCM), ancho de distribución de los eritrocitos, recuento de reticulocitos, índices reticulocitarios, hemoglobina reticulocitaria, recuento total de leucocitos, recuento diferencial de leucocitos, recuento de plaquetas, índices plaquetarios (volumen medio plaquetario, ancho de distribución de las plaquetas, plaquetocrito), plaquetas reticuladas y morfología de sangre periférica por métodos electrónicos y manuales.

Figura 1. Tipos de hemograma. Campuzano G<sup>1</sup>

## **Generalidades de la sangre**

La sangre es un tejido líquido renovable, considerado como una variedad de tejido conectivo especializado. Tiene una fase sólida (elementos formes), que incluye a los eritrocitos, leucocitos y las plaquetas, y una fase líquida, representada por el plasma sanguíneo (Figura 2). La sangre funciona principalmente como medio logístico de distribución e integración sistémica, cuya contención en los vasos sanguíneos admite su distribución hacia casi todo el cuerpo<sup>29</sup>.

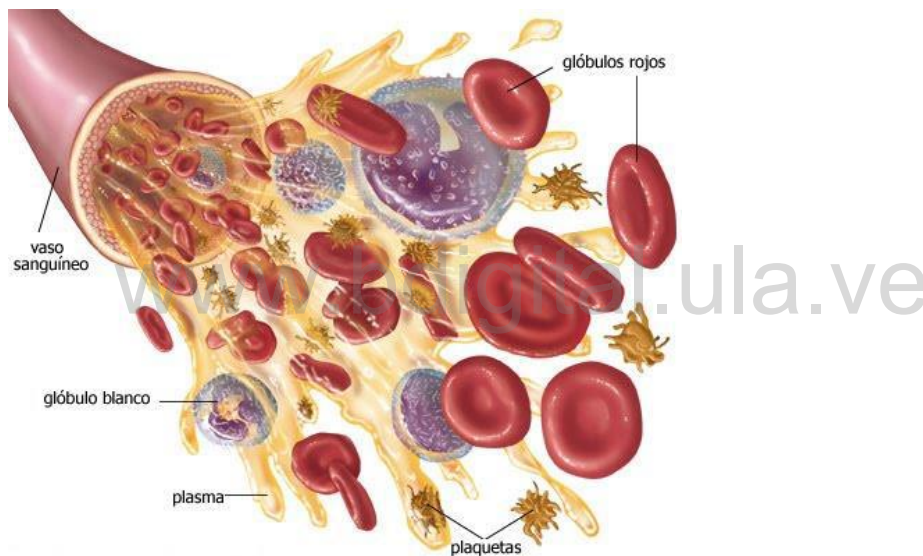


Figura 2. Componente de la sangre. Christensen R, Ohls R.<sup>29</sup>

La cantidad de sangre de una persona está en relación con su edad, peso, sexo y altura. Una persona adulta tiene alrededor de 4-5 litros de sangre y constituye aproximadamente el 7% del peso corporal. La sangre actúa manteniendo la composición adecuada y casi constante de los líquidos corporales, permitiendo la nutrición, el crecimiento y la función de las células del organismo<sup>9</sup>.

## ***Composición de la Sangre***

Como todo tejido, la sangre se compone de células y componentes extracelulares (su matriz extracelular), estas dos fracciones tisulares vienen representadas por:

### ***-Elementos formes o células sanguíneas***

Constituyen alrededor del 45% de la sangre y están representados por células y componentes derivados de células. Los glóbulos rojos o eritrocitos constituyen aproximadamente el 96 % de los elementos figurados y el resto lo componen los leucocitos y plaquetas<sup>30</sup>.

### ***-Plasma sanguíneo***

El plasma sanguíneo, es un fluido translúcido y amarillento que representa la matriz extracelular líquida en la que están suspendidos los elementos formes. Es el mayor componente de la sangre, representando un 55 % del volumen total de la sangre, con unos 40-50 ml/kg peso. Está compuesto por: agua, electrolitos, proteínas (albúmina, fibrinógeno, globulinas), nutrientes (glucosa, lípidos, aminoácidos), sustancias nitrogenadas no proteicas (urea, creatinina), sustancias reguladoras (hormonas, vitaminas)<sup>31</sup>. Cuando se coagula la sangre y se consumen los factores de la coagulación, la fracción fluida que queda se denomina suero sanguíneo<sup>10</sup>.

## ***Hematopoyesis***

La hematopoyesis es el mecanismo fisiológico, responsable de la formación continuada de los distintos tipos de elementos formes sanguíneos, que los mantiene dentro de los límites normales en sangre periférica. Normalmente está regulada, por factores de crecimiento e interleucinas de gran complejidad, en los cuales las células hematopoyéticas interaccionan

entre sí, con su microambiente y con la matriz extracelular. Requieren un gran número de receptores de la superficie celular, en general glicoproteínas altamente especializadas que son factores de crecimiento indispensables para el desarrollo de las células<sup>32</sup>. Proceden de una célula progenitora común indiferenciada no comprometida, denominada célula stem, o célula madre pluripotencial, esta se puede diferenciar a distintos precursores, llamados células unipotenciales, o unidades formadoras de colonias, los cuales producen glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas<sup>1</sup> (Figura 3). La célula madre pluripotencial se encuentra localizada en un tejido altamente especializado denominado hematopoyético<sup>16</sup>.

La localización del tejido hematopoyético en el organismo humano, varía con el desarrollo. En individuos adultos sanos, se lleva a cabo solo en la médula ósea; en el feto, las células hematopoyéticas se encuentran en altas proporciones en el hígado, el bazo y la sangre, inmediatamente después del nacimiento, la producción de células sanguíneas se desplaza progresivamente hacia la médula ósea. En los recién nacidos, el contenido de células hematopoyéticas en la sangre circulante es relativamente elevada; estas células también se encuentran, aunque en cantidades muy bajas, en la sangre del adulto. En el niño pequeño se encuentra una médula hematopoyética activa tanto en el esqueleto axial (cráneo, costillas, esternón, vertebras y pelvis) como en los huesos de las extremidades; en los adultos la médula hematopoyética está limitada al esqueleto axial y a los extremos proximales del fémur y del humero, mientras que el resto se ha ido reemplazando por tejido adiposo<sup>33</sup>.

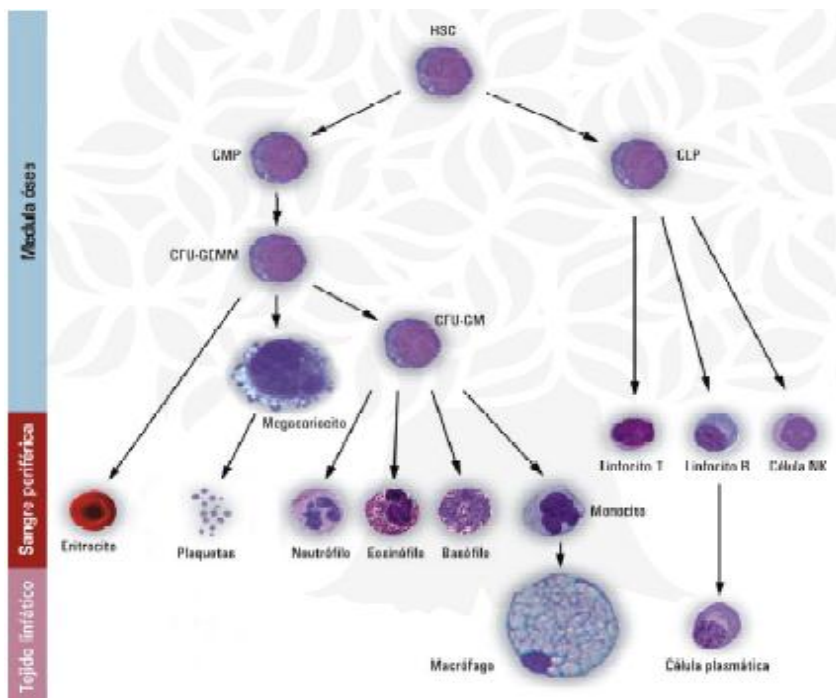


Figura 3. Hematopoyesis. Convenciones: HSC: célula madre hematopoyética; CMP: célula progenitoramieloide; CLP: célula progenitora linfoides; CFU-GEMM: unidad formadora de colonias granulocíticas, eritroides, megacariocíticas y monocíticas; CFU-GM: unidad formadora de colonias granulocíticas y monocíticas<sup>1</sup>.

### **Eritropoyesis**

La eritropoyesis estimula la proliferación y diferenciación de los precursores eritroides, es controlada por importantes mecanismos sensibles que operan incrementando la producción cuando disminuye el número de eritrocitos o la formación de éstos, es decir, es un sistema de renovación que depende de la hormona eritropoyetina acelerando la producción de eritrocitos en la médula ósea, que a su vez está regulada por la cantidad de oxígeno que llega a los tejidos. Para la producción de eritrocitos se requiere cianocobalamina y folatos, los cuales son nutrientes necesarios para la síntesis de hemoglobina<sup>29</sup>.

## **Glóbulos Rojos o eritrocitos**

Un eritrocito es un disco bicóncavo que mide de 6-8  $\mu\text{m}$  de diámetro x 1  $\mu\text{m}$  de grosor, carecen de núcleo y de orgánulos envueltos en membrana. Los eritrocitos tienen un citoesqueleto adosado a la cara interna de la membrana celular que mantiene su forma bicóncava, brindándole una gran flexibilidad permitiéndose circular a través de los capilares más estrechos<sup>34</sup>. Contiene hemoglobina que le confiere al glóbulo rojo un aspecto homogéneo, un poco granular supone el 90% del contenido del eritrocito. Su principal función es tomar el  $\text{O}_2$  de los alveolos pulmonares, y llevarlos hasta las células de todo el organismo, una vez dejado el  $\text{O}_2$ , toma  $\text{CO}_2$  resultante del metabolismo celular y lo lleva a los pulmones, desde allí es expulsado al exterior. En su membrana plasmática presenta glicoproteínas que definen a los distintos grupos sanguíneos y otros identificadores celulares<sup>35</sup>.

## **Hemoglobina (Hb)**

La hemoglobina es una proteína globular constituida por cuatro subunidades proteicas. Cada subunidad, denominada cadena de hemoglobina, está formada por una cadena polipeptídica denominada globina, que está unida de modo no covalente a un grupo hem que contiene hierro y le da el color rojo al eritrocito<sup>11</sup>. La hemoglobina es la principal proteína de transporte de oxígeno en el organismo, es capaz de fijar eficientemente el oxígeno a medida que este entra en los alveolos pulmonares durante la respiración, también es capaz de liberarlo al medio extracelular cuando los eritrocitos circulan a través de los capilares de los tejidos. Cada gramo de hemoglobina puede llevar 1,34 mL de oxígeno<sup>12</sup>.

Representa 90% del peso seco total de la célula. Por ser una molécula pesada (con peso molecular: 64.458 Dalton), contribuye sustancialmente al peso de la sangre ya que ocupa 33% del volumen total del eritrocito. Cada

célula contiene entre 27 y 32 pg de hemoglobina<sup>36</sup>. Según la recomendación de la OMS, se tomará como punto de corte para los valores referenciales de hemoglobina los expuestos en la figura 4.

VALORES REFERENCIALES	
Nacimiento	14 – 24 g/dL
Tres meses	14.5 g/dL
Niños de 3 a 5 años	11,0 - 14 g/dL
Niños de 5-15 años	11,4-13,7 g/dL
Adulto femenino	12 – 16 g/dL
Adulto masculino	14 - 18 g/dL

Figura 4. Valores referenciales de la Hemoglobina<sup>28</sup>.

### **Estructura de la Hemoglobina**

Estructuralmente, la Hb es una proteína de 68 kDa, formada por cuatro subunidades proteicas (globinas), con un grupo hem en cada una de ellas (Figura 5). Existen seis tipos de cadenas globínicas que se denominan alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), gamma ( $\gamma$ ), delta ( $\delta$ ), épsilon ( $\epsilon$ ) y zeta ( $\zeta$ ), y cada molécula de Hb posee cuatro de ellas, iguales dos a dos. La cadena  $\alpha$  contiene 141 aminoácidos, dispuestos en una secuencia lineal y unidos por enlaces peptídicos covalentes, y la cadena  $\beta$  es más larga y está compuesta por 146 aminoácidos<sup>37</sup>. Estas cadenas son codificadas por genes diferentes y tienen estructuras primarias diferentes. En el caso de las cadenas  $\delta$  y  $\gamma$  de otros tipos de hemoglobina humana, como la hemoglobina fetal (HbF) es muy similar a la cadena  $\beta$ . La estructura tetrámera de los tipos comunes de hemoglobina humana son las siguientes: HbA1 tiene  $\alpha_2\beta_2$ , HbF tiene  $\alpha_2\gamma_2$  y HbA2 (tipo menos común en los adultos) tiene  $\alpha_2\delta_2$ <sup>38</sup>.

Las cuatro cadenas polipeptídicas de la Hb contienen cada una un grupo prostético hem. Un grupo prostético es la porción no polipeptídica de una proteína. El hem es una molécula de porfirina que contiene un átomo de hierro en su centro. El tipo de porfirina de la Hb es la protoporfirina IX; contiene dos grupos ácidos propiónicos, dos vinilos y cuatro metilos como cadenas laterales unidas a los anillos pirrólicos de la estructura de la porfirina. El átomo de hierro se encuentra en estado de oxidación ferroso (+2) y puede formar cinco o seis enlaces de coordinación dependiendo de la unión del O<sub>2</sub> (u otro ligando) a la Hb (oxiHb, desoxiHb)<sup>37</sup>.

La estructura secundaria es muy similar: cada una exhibe 8 segmentos helicoidales designados con las letras A a la H. Entre ellos se encuentran 7 segmentos no helicoidales: NA, AB, CD, EF, FG, GH Y HC. Esta distinción es fundamental pues los segmentos helicoides son rígidos y lineales, mientras que los no helicoidales son flexibles. Como el hierro del hem forma un puente covalente con la histidina proximal (F8) y el O<sub>2</sub> se une de forma covalente al hem y a la histidina distal (E7), el hem queda suspendido en una hendidura no polar entre los helicoides E y F<sup>36</sup>. La disposición espacial que genera el plegamiento de la cadena polipeptídica y de sus estructuras helicoidales constituye la estructura terciaria de la hemoglobina.

Las subunidades proteínicas, al unirse entre ellas, forman una estructura globular conocida como estructura cuaternaria de la hb. Esta estructura dispone de cavidades en las que se alojan los grupos hem, y en su región central delimitan un espacio para que el 2,3-difosfoglicerato (2,3-DPG), pueda realizar su función reguladora del transporte de oxígeno<sup>37</sup>.

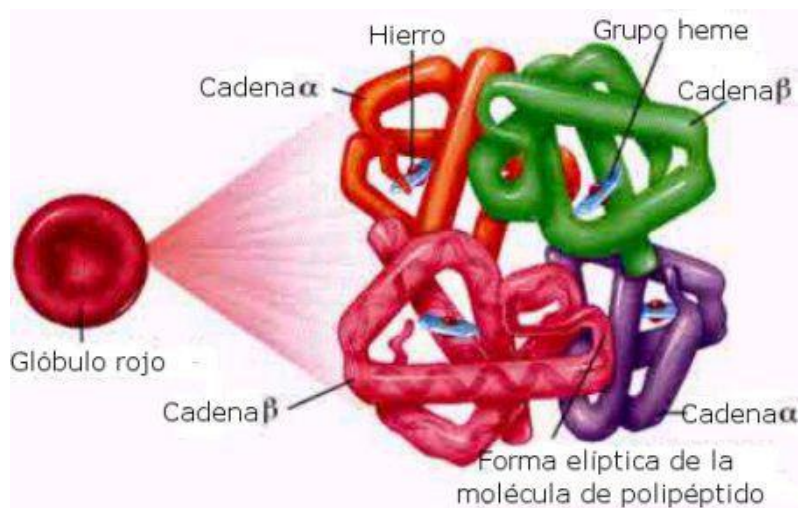


Figura 5. Estructura de la hemoglobina. (Roque y Santisteban, 2017).

### ***Función de la hemoglobina***

La principal función de la hemoglobina es transportar oxígeno desde los pulmones (donde la tensión es elevada) hacia los tejidos (tensión es baja) a medida que circula por todo el organismo, también se encarga del transporte de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que es el producto de desecho del proceso de producción de energía, que se dirige desde los tejidos hasta los pulmones para que pueda ser eliminado el CO<sub>2</sub> por éstos. Asimismo, y gracias a su capacidad amortiguadora, interviene en la regulación del pH sanguíneo<sup>37</sup>.

### ***Formación de la hemoglobina***

La síntesis de la hemoglobina (Hb) se origina en los eritroblastos y continúa lentamente incluso durante la etapa de reticulocitos, porque cuando éstos dejan la médula ósea y pasan a la sangre siguen formando cantidades muy pequeñas de hemoglobina durante un día más, aproximadamente<sup>38</sup>. Se realiza a través de dos vías metabólicas diferente pero estrechamente relacionadas en lo que refiere a regulación metabólica: la síntesis de la globina y la síntesis del grupo hem.

### ***Síntesis de la globina***

La síntesis de globina esta codificada por genes situados en los cromosomas 11 y 16. La cadena polipeptídica de globina se sintetiza en los polirribosomas, en el citoplasma de los normoblastos y reticulocitos. Las cadenas polipeptídicas se sintetizan y son liberadas de los ribosomas y son plegadas espontáneamente en sus configuraciones tridimensionales<sup>37</sup>.

### ***Síntesis del Hem***

Se da en la mayoría de las células del cuerpo pero más a menudo en los precursores eritroides (eritroblastos), excepto en los hematíes maduros, tiene lugar en las mitocondrias a partir del ácido acético y glicina. Cuando 4 moléculas de hem se combinan con 1 cadena globina, forma una subunidad de hemoglobina llamada cadena de hemoglobina, con un peso molecular aproximado de 16.000 c/u y a su vez cuatro de ellas se unen entre sí para formar la molécula de hemoglobina completa<sup>39</sup>.

### ***Hematocrito***

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, 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)<sup>40</sup>. En este proceso, se pueden apreciar dos niveles, los corpúsculos formes que se sedimentan, y el plasma total que flota<sup>11</sup>. El valor del hematocrito no solo está influenciado por la cantidad de glóbulos rojos circulantes, también guarda estrecha relación con su tamaño y su forma, por lo cual su utilidad clínica se puede ver

disminuida. El valor del hematocrito también es utilizado como un indicador del estado corporal de hidratación<sup>5</sup>.

Según la recomendación de la OMS, se tomará como punto de corte los valores referenciales de hematocrito descritos en la figura 6. Su valor guarda una relación proporcional con la hemoglobina por lo cual se le puede considerar como un parámetro simple para un diagnóstico rápido de anemia o poliglobulia<sup>1</sup>

<b>VALORES REFERENCIALES</b>	
<b>Niños de 3 a 5 años</b>	36 – 43 %
<b>Niños de 5-15 años</b>	35 – 49 %
<b>Adulto femenino</b>	36 – 45 %
<b>Adulto masculino</b>	42 – 50 %

Figura 6. Valores referenciales de Hematocrito<sup>28</sup>.

### ***La automatización en hematología***

La Hematología fue una de las primeras áreas de laboratorio en automatizarse, debido, entre otras razones, al aumento de los volúmenes de muestras hospitalarias y a la necesidad cada vez más apremiante de la rapidez de los resultados, especialmente en las salas de Emergencias y de cuidados intensivos. Un factor importante fue el riesgo biológico potencial en el manejo de la muestra, especialmente desde el inicio de la epidemia del VIH y otros virus, y además de la necesidad de reducir la variación interlaboratorial de una misma muestra.

La realización del hemograma mediante el proceso automatizado se realiza a través de una secuencia de pasos que se inicia desde la aspiración de la muestra con volúmenes que pueden variar entre los 30 a los 100  $\mu$ L

dependiendo del equipo y su dilución en un buffer específico para llevar a determinar generalmente los siguientes parámetros: Cuantificación de la hemoglobina (Hb), cuantificación de hematocrito (Hct), cuantificación de los eritrocitos (RBC), cuantificación de los reticulocitos y de los RBC nucleados, cuantificación de los leucocitos (WBC), cuantificación plaquetaria. La influencia del desarrollo tecnológico sobre los contadores celulares ha posibilitado el surgimiento de una gran diversidad de modelos. Fue a partir del descubrimiento patentado por Wallace Coulter (1956), que la compañía *Coulter* lanzó el primer contador de células en los años 1978. No obstante, todos estos equipos exhiben un diseño mecánico y electrónico similar<sup>41</sup>.

En la actualidad, los dos principios del conteo de células sanguíneas más usados por los instrumentos de hematología son la impedancia y la dispersión óptica de la luz. El principio de la impedancia en el conteo de las células sanguíneas se basa en el aumento de la resistencia producida cuando una célula sanguínea con baja conductividad pasa a través de un campo eléctrico. El número de intermitencias indica la cifra de células sanguíneas, y la amplitud de cada intermitencia es proporcional al volumen de la célula. Los ejemplos de los instrumentos que usan este principio son el *Contador Coulter*, *TOA Sysmex*, *Abbott Cell-Dyn* y *RAYTO*.

El principio de la dispersión óptica de la luz en el conteo de las células sanguíneas se basa en las mediciones de la dispersión de la luz obtenidas de una sola célula sanguínea que pasa a través de un haz de luz (óptico o laser). Las células sanguíneas crean una dispersión hacia adelante y una lateral las cuales se detectan mediante fotodetectores. El grado de dispersión hacia adelante es una medición del tamaño de la célula, mientras que el grado de dispersión lateral es una medición de la complejidad o granularidad de la célula. Este principio es usado por los instrumentos *Technicon H System*<sup>20</sup>.

### **Contador Hematimétrico RAYTO 7100**

Es un analizador automatizado de muestras biológicas que emplea reactivos específicos para el procesamiento de sangre anticoagulada y que usa un volumen de 30  $\mu\text{L}$  de aspirado por muestra. Es rápido, preciso y permite un acceso conveniente a los resultados del paciente a través de un sistema de administración de datos. Su sistema utiliza resistencia a la impedancia para medir las células humanas al tiempo que incorpora la placa patentada von Behrens para reducir los recuentos de coincidencia de cada muestra. El aparato aspira y diluye muestras de sangre total, transportando y analizando las diluciones preparadas y enjuagues de componentes de fluidos en la preparación de la muestra.

El dispositivo de medida consta de un detector situado detrás de un capilar por el que circula un flujo continuo de sangre diluida; que es un citómetro de flujo. Un rayo láser atraviesa el capilar y se dirige hacia el detector. Cuando no pasan células a lo largo del capilar, el rayo láser incide sobre el detector, pero si una célula pasa a través del capilar, el rayo láser es interceptado por ella y deja de incidir sobre el detector. El número de interferencias indica el número de células presentes en la sangre, y el grado de interferencia que produce cada célula a su paso es directamente proporcional a su tamaño.

Puede manejar hasta 10.000 muestras con el sistema de gestión de datos expandido. Incorpora un diferencial de 3 partes y un conteo sanguíneo de 18 parámetros. Se puede usar un código de barras opcional listo para eliminar errores de entrada de datos de transcripción y que los datos salgan a las impresoras de inyección de tinta y/o de matriz de puntos. El RAYTO 7100 utiliza solo 3 reactivos, incluido el de lisado diferencial sin cianuro, que reduce los riesgos biológicos y reduce los riesgos de bioseguridad, el detergente CDS y un diluyente hematológico CDS, los cuales se monitorean

individualmente para eliminar el desperdicio y mejorar la bioseguridad del operador<sup>15</sup>.

### ***Componentes básicos del contador hematimétrico***

- Diluidor: sistema que reduce la concentración de las células sanguíneas y las suspende en soluciones conductoras isotónicas para adecuarla a las capacidades de medida del dispositivo.
- Aspirador: sistema que toma la muestra diluida y la conduce hacia el dispositivo de medida.
- Sistema de fluidos: transporta las suspensiones celulares hacia el dispositivo de medida o la cámara de recuento.
- Cámara de recuento o dispositivo de medida: constituye la parte central o zona sensible del equipo, donde ocurren los fenómenos ópticos, eléctricos o ambos, medidos posteriormente.
- Transductor o detector: son los dispositivos que generan linealmente pulsos eléctricos cuando las células pasan la zona sensible, óptica o eléctrica, del equipo.
- Discriminador: discrimina los pulsos eléctricos generados por los transductores en correspondencia con el tipo celular medido.
- Amplificador: amplifica la señal eléctrica que sale del discriminador para su posterior procesamiento.
- Convertidor analógico-digital: convierte las señales eléctricas en digitales.
- Ordenador: procesa las señales digitales y las convierte en datos que serán mostrados en pantalla y que pueden ser impresos. La parte electrónica del equipo está compuesta por el amplificador, el convertidor y el ordenador<sup>42</sup>. En la Figura 7 se muestra el esquema básico de un contador hematológico.

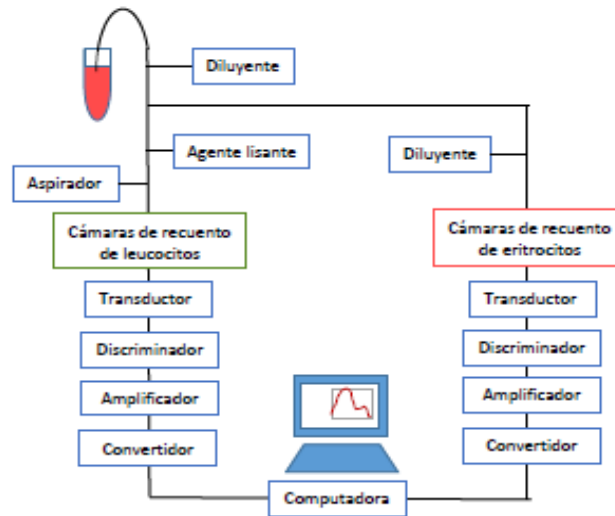


Figura 7. Esquema básico del Contador hematimétrico. Castillo R.<sup>44</sup>

### Definición Operacional de Términos

#### Automatización

Es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operarios humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. El mayor beneficio que tiene el trabajo automatizado, aparte de sustituir el trabajo del hombre, es el de optimizar la utilización de recursos como energía y materiales. Además, también incrementa la calidad, velocidad y precisión de la producción en serie. En ella se presentan dos partes, una de mando, la cual consiste en un autómata programable, es decir, un sistema tecnológico que funciona sin la necesidad de que un humano lo controle directamente y una parte operativa que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada<sup>43</sup>.

#### Hematología

Estudio de la sangre y los tejidos formadores de sangre<sup>20</sup>.

### **Eritropoyetina**

Hormona secretada por el riñón que regula la producción de eritrocitos al estimular a la célula progenitora de la médula ósea para que madure a eritrocito. Su efecto primario es en la célula progenitora asignada, UFC-E<sup>20</sup>.

### **Variabilidad biológica**

Cuando se analiza el mismo parámetro en varias personas se espera obtener resultados diferentes para cada una de ellas, a esta variación se le conoce como interindividual. La variación biológica interindividual justifica por qué los valores medios de una magnitud concreta son diferentes entre los distintos individuos de una población y es la causa de que se deban determinar valores de referencia para todas las poblaciones dependiendo de las características que comprenden cada una de ellas. Los factores que con más frecuencia causan este tipo de variación en las magnitudes de laboratorio son: la edad, la raza, el sexo, el ciclo menstrual, la gestación, la lactancia, la menopausia, la alimentación, el ejercicio físico, la masa muscular, la obesidad, la localización geográfica, entre otras<sup>44</sup>.

### **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<sup>20</sup>.

## Operacionalización del evento de estudio y criterio de análisis

Las variables de una investigación se operacionalizan con el fin de transformar los conceptos abstractos en empíricos. Para tal fin, se utilizan las bases teóricas, las cuales permiten reconocer los indicadores que revelan la presencia de la variable. Por lo tanto, se relaciona la definición conceptual y la definición operacional, con el fin de identificar las dimensiones y los indicadores específicos<sup>45-46</sup> (Tablas 1-2)

**Tabla 1.** Operacionalización del evento de estudio hemoglobina

1.Evento	2.Definición Conceptual ¿Qué es?	3.Definición operacional ¿Cómo se mide?
Hemoglobina	Se define como la cantidad de hemoglobina presente en sangre, la cual transporta O <sub>2</sub> <sup>20</sup> .	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: Mercado, González y Lozano, 2020.

**Tabla 2.**Operacionalización del evento de estudio hematocrito.

<b>Variable</b>	<b>2.Definición Conceptual ¿Qué es?</b>	<b>3.Definición operacional ¿Cómo se mide?</b>
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 <sup>5</sup> .	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.
<b>4.Dimensiones</b>	<b>5.Indicador</b>	
-Anemia -Dentro del valor de referencia -Poliglobulia	- Porcentaje de glóbulos rojos en sangre (%).	

Fuente: Mercado, González y Lozano, 2020.

## **Objetivos de la Investigación**

### ***Objetivo General***

Analizar los niveles de hemoglobina y hematocrito en correspondencia con el contador hematimétrico RAYTO 7100, en mujeres sanas que asisten al Laboratorio Clínico Salud y Vida del Estado Mérida, desde Enero a Marzo de 2020.

### ***Objetivos Específicos***

- Determinar los principios correspondientes para la determinación de hemoglobina y hematocrito mediante el uso del contador hematimétrico RAYTO 7100.
- Cuantificar los valores hematológicos (hemoglobina, hematocrito) en mujeres sanas que asisten al Laboratorio Clínico Salud y Vida del Estado Mérida.
- Identificar y analizar los resultados de los valores de hemoglobina y hematocrito en la unidad de investigación.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Tipo de investigación**

Según Hurtado<sup>47</sup>, el tipo de investigación está relacionado con lo que se quiere saber y tiene correspondencia con el objetivo de la investigación. A su vez, las investigaciones de tipo analítica tienen como fin estudiar la estructura de los fenómenos, ya que no están a simple vista. En tal sentido, esta investigación será de tipo analítica porque el objeto de estudio está relacionado con un criterio de análisis representado por los niveles de hemoglobina y hematocrito en correspondencia con el contador hematimétrico RAYTO 7100. Además, existe un factor de correlación representado por las mujeres sanas.

### **Diseño de la investigación**

Los diseños de investigación responden al dónde, cuándo y a la amplitud de la información que se quiere recolectar<sup>47</sup>. Respecto al dónde, el diseño de esta investigación fue de campo y de laboratorio, ya que los datos se recolectaron en la realidad representada por el Laboratorio Clínico Salud y Vida del Estado Mérida. La investigación de campo es aquella en la que se obtiene información directamente de los sujetos investigados. En cuanto al cuándo, esta investigación tendrá un diseño contemporáneo y transeccional, ya que los datos se recolectarán en el presente mientras se realiza la investigación, y una sola vez en cada unidad de investigación. Según la amplitud de la información a recolectar, el diseño será multivariable.

## **Población y Muestra**

### ***Unidad de Investigación***

El grupo de investigación estuvo representado por mujeres sanas que asistieron al Laboratorio Clínico Salud y Vida del Estado Mérida, en edades comprendidas entre los 25 a 35 años. La distribución de cada grupo se realizó de forma estratégica tomando en cuenta los criterios de inclusión y exclusión, de tal manera, se aseguró la comparabilidad de las edades mencionadas y se disminuyó las posibilidades de intervención de factores externos.

#### **Criterios de inclusión**

- Mujeres en edades comprendidas entre los 25 a 35 años.
- Mujeres que declararon libremente su deseo de participar en esta investigación con el consentimiento y autorización firmada.
- Mujeres que presentaron ayuno de 8 a 10 horas antes de obtener la muestra.
- Mujeres que no presentaran el periodo de menstruación al momento de la toma de muestra.
- Mujeres que no hayan sido diagnosticadas con enfermedades hematológicas.

#### **Criterios de Exclusión**

- Muestras hemolizadas.
- Muestras con escasa cantidad para el análisis.
- Pacientes con diagnóstico de enfermedades agudas, virales o bacterianas.
- Pacientes con diagnóstico de proceso inflamatorio agudo o enfermedad hematológica.

- Pacientes sometidas a tratamiento anti-anémico en los últimos 6 meses.
- Paciente con antecedentes quirúrgicos (últimos 3 meses).

### ***Selección del Tamaño de la Muestra***

El tamaño de la muestra estuvo representado por 100 mujeres sanas que acudieron al Laboratorio Clínico Salud y Vida del Estado Mérida que cumplieron con los criterios de inclusión mínimos de la investigación y que expresaron su deseo de participar en la carta de consentimiento (Anexo 1), donde indicaron estar de acuerdo en que se realizaran dichos estudios.

### **Variables de la Investigación**

Las variables de esta investigación son las siguientes: Niveles de hemoglobina y niveles de 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 datos fueron los insumos que se emplearon para recoger y almacenar la información. Ciertos autores indican que un instrumento de medición adecuado es utilizado para registrar datos observables representando verdaderamente los conceptos o las variables definidas por el investigador<sup>46-48</sup>. En función a lo anteriormente descrito, la técnica de recolección de datos que se utilizó fue la encuesta, y el 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, antecedentes quirúrgicos, embarazo, diagnóstico

de alguna enfermedad y consumo de medicamentos), estado antropométrico (peso, talla e IMC), pruebas de laboratorio (hemoglobina y hematocrito).

### ***Recursos: materiales, equipos y reactivos***

#### **Materiales**

- Tubos estériles tapa morada EDTA K3. VacuumDiagnostics, 13 x 75 mm.
- Jeringas de plástico desechables. Marca: SERI'S, 5 mL/cc, 22G x 1½.
- Guantes de Nitrilo, estériles, desechables. Marca: NOVAPLUS.
- Banda elástica para torniquetes.
- Alcohol absoluto.
- Torundas de algodón.
- Gradillas.

#### **Equipos**

- Rotador automático.
- Contador Hematimétrico RAYTO 7100.
- Balanza de peso corporal digital.
- Tallímetro.

#### **Reactivos**

- Ácido Etilendiaminotetraacético (EDTA).
- Diluyente Hematológico CDS.
- Rinse CDS.
- Diluyente lisina 3 diferenciales.
- CDS detergente.

## **Procedimientos de la Investigación**

Se obtuvo el censo poblacional de las mujeres sanas que asistieron al Laboratorio Clínico Salud y Vida del Estado Mérida. Se les suministró información escrita a dicha población a cerca de los objetivos de la investigación, con el propósito de que declararán de forma voluntaria, su deseo de participar en el presente estudio, para finalmente solicitar su consentimiento informado por escrito.

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). En este sentido, se indicó a cada paciente fecha y hora en la cual le correspondió estar en el laboratorio de acuerdo a la programación. A todas las mujeres que acudieron al laboratorio se le realizó la anamnesis correspondiente para el llenado del estudio clínico-epidemiológico, además de las siguientes evaluaciones: estado antropométrico y pruebas de laboratorio.

### ***Estudio Clínico-Epidemiológico***

Una vez obtenida la carta de consentimiento de las pacientes, se recolectaron los datos clínico-epidemiológicos considerados en el instrumento valorado por el juicio de expertos. Particularmente, los datos clínicos serán recolectados por medio del instrumento validado (Anexo 2).

### ***Recolección de la muestra***

A todas las mujeres que acudieron al laboratorio se le realizó la anamnesis correspondiente para el llenado del estudio clínico-

epidemiológico, además de las siguientes evaluaciones: Estado antropométrico y pruebas de laboratorio.

A cada paciente se le tomó una muestra de sangre venosa (5 mL) de la región ante-braquial, en condiciones de ayuno (8 a 10 horas), posteriormente la muestra fue colocada en el tubo tapa morada que contenía el anticoagulante adecuado (EDTA: ácido etilendiaminotetraacético), para la determinación de los niveles de hemoglobina y hematocrito

### ***Análisis de los niveles de hemoglobina y hematocrito en correspondencia con el contador hematimétrico***

Las muestras sanguíneas se procesaron antes de cumplirse 40 minutos, en el Laboratorio Clínico Salud y vida. La determinación cuantitativa de la hemoglobina y hematocrito en sangre se ejecutó por un método automatizado, a través del contador hematimétrico RAYTO 7100 (Anexo 3). Para llevar a cabo el análisis se ejecutaron las siguientes acciones:

- Se revisaron previamente los reactivos y el equipo, para así garantizar la confiabilidad del ensayo, a través de la calibración del equipo y asegurándonos de que los reactivos eran aptos para la prueba.
- Se verificó la fecha de vencimiento y en qué condiciones estos estaban almacenados (temperatura, sometidos a luz o no) según las indicaciones de la casa comercial.
- Se calibró el equipo, para estandarizar el instrumento y garantizar la confiabilidad de los ensayos, a través del ingreso de factores calibración utilizando el teclado del mismo.
- Una vez realizado el control de calidad se procedió a tomar el tubo con la muestra, el cual fue previamente rotado suavemente, para evitar la coagulación de la sangre y el daño de las células que en ella se encuentran.

- Se observó que la palabra MODO TEST se iluminará en el panel indicador del estado del analizador, al estar listo, se mostró en la pantalla el cuadro de estado.
- Se introdujo el tubo sin tapa en la aguja de muestreo del equipo asegurando su posición y profundidad, para un aspirado correcto.
- El volumen necesario de sangre entera anticoagulada se aspiró a través de la aguja de muestreo una vez presionada la placa táctil para iniciar el ciclo.
- La palabra LAMP del panel indicador se iluminó de color verde.
- Al subir la aguja, retiramos el tubo
- La palabra FIN DEL TEST apareció en la pantalla una vez completado el ciclo, los resultados de los análisis de Hb y Hto se mostraron en la pantalla.
- El procedimiento se realizó continuamente y de igual forma para cada muestra en el menor tiempo posible.

www.bdigital.ula.ve

### **Diseño de Análisis de los datos**

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 fueron analizados a través de un enfoque cuantitativo y se midieron matemáticamente<sup>45</sup>. En tal sentido, los datos relacionados con el problema de investigación, Niveles de hemoglobina y hematocrito en correspondencia con el contador hematimétrico RAYTO 7100, se expresaron cuantitativamente y se interpretaron estadísticamente.

## **Variables Estadísticas**

Las variables estadísticas de esta investigación serán clasificadas desde su naturaleza y escala de medida. El fin es identificar el indicador estadístico pertinente (Tabla 3).

**Tabla 3.** Variables estadísticas según la naturaleza, escala de medida e indicadores estadísticos.

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	Si	No	No	Si	No	Medidas de tendencia central y dispersión
Factor epidemiológico: Edad	Si	No	No	Si	Si	No	No	Medidas de tendencia central y dispersión

Fuente: González, Mercado y Lozano, 2020.

## **Sistematización de los Resultados**

Los datos cuantitativos se representaron a través de tablas y gráficos de cajas y bigotes; las frecuencias de los datos cualitativos se mostraron en tablas. El análisis de correlación (regresión lineal) 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 y comparándolos con las pruebas de Mann Whitney. Las diferencias entre los datos cualitativos se evaluaron con la prueba Chi cuadrado, la significancia estadística se consideró para valores de  $p < 0,05$ . Los análisis estadísticos se realizaron con el programa

SPSS versión 21 (IBM Corporation, New York, US), los gráficos con el programa Excel 2010 (Microsoft Corporation, Redmond, US) y GraphPadPrism versión 5 (GraphPad Software, Inc, La Jolla, USA).

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

El estudio realizado estuvo orientado a analizar los niveles de hemoglobina y hematocrito en mujeres jóvenes en edades comprendidas entre 25 y 35 años, las cuales asistieron al laboratorio clínico Salud y Vida, durante los meses de Enero a Marzo del 2020. La muestra la conformaron un total de 100 mujeres que cumplieron con los criterios de inclusión preestablecidos. Los resultados fueron analizados estadísticamente según el comportamiento gaussiano que presentaron los datos obtenidos.

En la Tabla 4 se muestran los valores de frecuencia absoluta y relativa de la distribución de la población estudiada. Se evidencio que el grupo más grande de mujeres lo formaba aquellas que tenían 26 años de edad con un 16% de representación, el menor grupo fue el de mujeres de 34 años de edad con solo 2%, dos grupos estuvieron conformados por 11 y 13%, lo que permitió constatar una distribución heterogénea dentro de todo el rango de edades estudiadas, por lo que los valores obtenidos son representativos para dicho rango de edades (Figura 8).

**Tabla 4.** Distribución de la población estudiada de acuerdo a la edad

EDAD	N° DE PAC	%
25	11	11
26	16	16
27	6	6
28	11	11
29	13	13
30	9	9
31	5	5
32	8	8
33	13	13
34	2	2
35	6	6
TOTAL	100	100

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

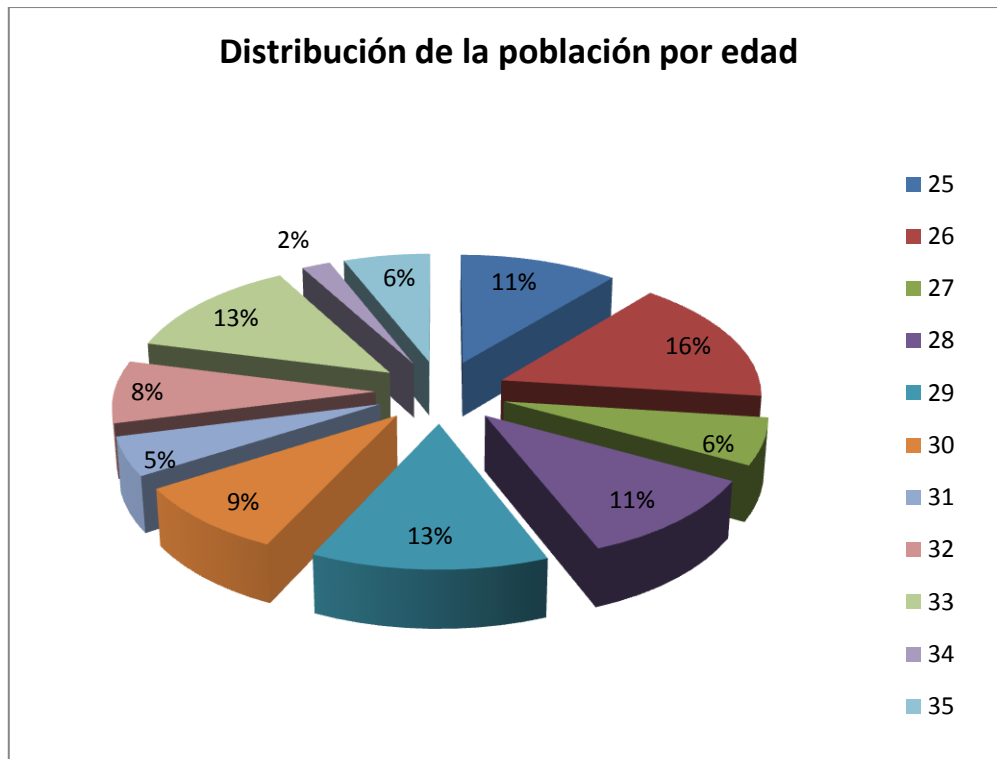


Figura 8: Distribución de la población según la edad.

Ahora bien, al organizar los datos según intervalos de clase para cada parámetro evaluado (Tabla 5), se observó que el 35% de las mujeres presentaron niveles de hemoglobina entre 14 y 15 g/dL, siendo esta la prevalencia en la muestra estudiada. La menor frecuencia se ubicó en niveles de hemoglobina igual o mayores a 16 g/dL. Asimismo, para los niveles de hematocrito se evidenció la mayor frecuencia relativa en un 43% para el rango de 42 a 45, la menor frecuencia estuvo representada por el intervalo de la clase 1 (33-36), lo que corresponde a que solo 3 mujeres del grupo de 100 presentaron hematocrito por debajo de 36. Se demostró una diferencia significativa en la clase 5, en relación a los valores de hemoglobina y hematocrito. De las 19 mujeres que presentaron valores de hemoglobina entre 16 y 15 g/dL, 10 de ellas presentan diferencia en los niveles de hematocrito menores de 45%. Igualmente 3 de las 5 mujeres con hematocrito entre 48 y 50 % presentan niveles de hemoglobina por debajo de 16 g/dL.

**Tabla 5.** Distribución de los datos según los rangos de hemoglobina y hematocrito obtenidos

	<b>Rango de Hb g/dL</b>	<b>%</b>	<b>Rango de Hto %</b>	<b>%</b>
1	[11-12)	0	[33-36)	3
2	[12-13)	20	[36-39)	21
3	[13-14)	24	[39-42)	19
4	[14-15)	35	[42-45)	43
5	[15-16)	19	[45-48)	9
6	[16-17]	2	[48-50]	5
	<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>100</b>

Se muestran los valores relativos de los intervalos de hemoglobina y hematocrito obtenidos.

En la Figura 9 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.

www.bdigital.ula.ve

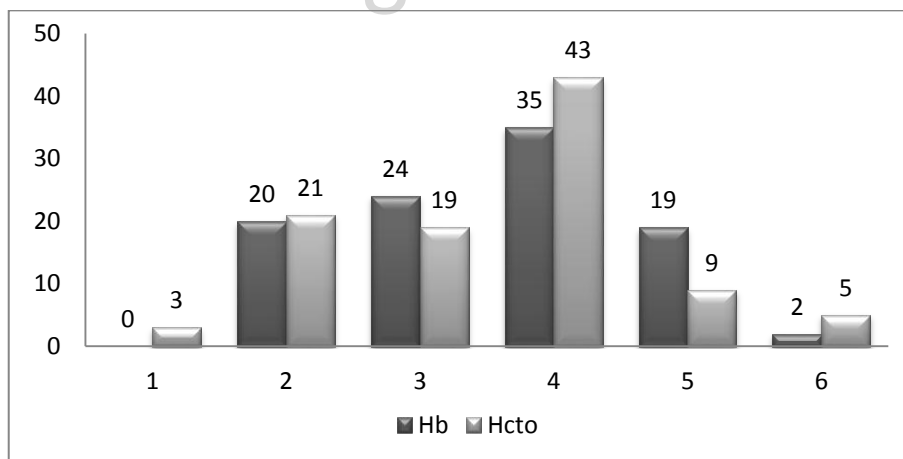


Figura 9. Distribución de los valores según la frecuencia relativa de cada parámetro evaluado.

De acuerdo a esto, el apuntamiento de la curva en comparación a la distribución normal de los valores de los parámetros evaluados se observó el pico máximo de 14 – 15 g/dL y 42-45 % tanto para hemoglobina como para

hematocrito, respectivamente. Aunque se pudo apreciar un comportamiento mesocurtico de la curva de la hemoglobina en comparación a la curva de hematocrito que tiende a ser leptocurtica (Figura 10).

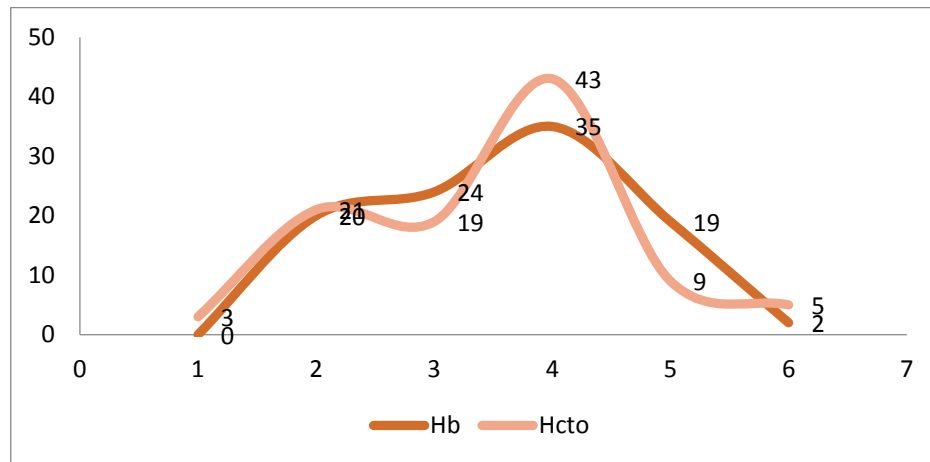


Figura 10. Apuntamiento de las curvas en comparación con la distribución normal de hemoglobina y hematocrito.

Por otra parte, en la Tabla 6, se adjuntan los valores de la mediana de hemoglobina y hematocrito más la desviación estándar obtenidos, correspondiente para cada grupo de edad. Se pudo notar que el rango de variación de hemoglobina es similar para casi todo el grupo, excepto para el grupo de 31 y 34 años. La más alta variabilidad se pudo observar en los grupos de 27 y 35 años de edad. Cabe señalar que, aunque ambos grupos estuvieron representados por una población menor a los demás, en ellos se detectaron niveles de hemoglobina que se aproximaban hacia los valores máximos y mínimos de cada rango. Las mujeres de 28, 31 y 34 años de edad mantuvieron una relación estrecha tanto en niveles de hemoglobina como en hematocrito, a diferencia de las mujeres de 35 años que conservan una relación tanto de hemoglobina como de hematocrito más amplia.

**Tabla 6.** Valores de hemoglobina y hematocrito en las pacientes evaluadas, discriminados por la edad.

EDAD	Hemoglobina (g/dL)	Hematocrito (%)
25	13,95 ± 1,00	41,21 ± 2,45
26	13,52 ± 1,12	40,41 ± 3,42
27	14,70 ± 1,38	43,10 ± 3,85
28	14,28 ± 0,71	42,93 ± 1,88
29	13,95 ± 1,21	42,02 ± 4,08
30	14,27 ± 0,78	42,86 ± 2,44
31	14,12 ± 0,57	41,30 ± 1,79
32	13,35 ± 1,10	39,55 ± 3,25
33	13,85 ± 1,10	41,79 ± 3,53
34	13,25 ± 0,49	38,40 ± 0,57
35	14,12 ± 1,63	42,28 ± 4,82
TOTAL	14,00 ± 1,08	42,00 ± 3,30

Se muestran los valores promedios ± la desviación estándar.

Gráficamente, en la Figura 11 se puede observar el comportamiento de los valores de hemoglobina en cuanto a su distribución. Se percibió una variación aleatoria en razón a las diferencias de la mediana. La amplitud entre los valores máximos y mínimos varía significativamente en relación al intervalo de referencia determinado por los percentiles. Así pues, se muestra que los grupos de 25, 26, 27, 29, 32, 33 y 35 fueron más amplios con respecto a los grupos 28, 30, 31 y 34. Sin embargo, se pudo notar que los valores de hemoglobina de las mujeres con 25, 26, 29 y 32 años de edad se encuentran bien distribuidos por todo el rango entre los valores máximos y mínimos, comparadas con el 27 y 33 que tienden hacia el valor máximo de hemoglobina y el 35 que tienden hacia el valor mínimo. Se observó 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 27 y el grupo de 35 años.

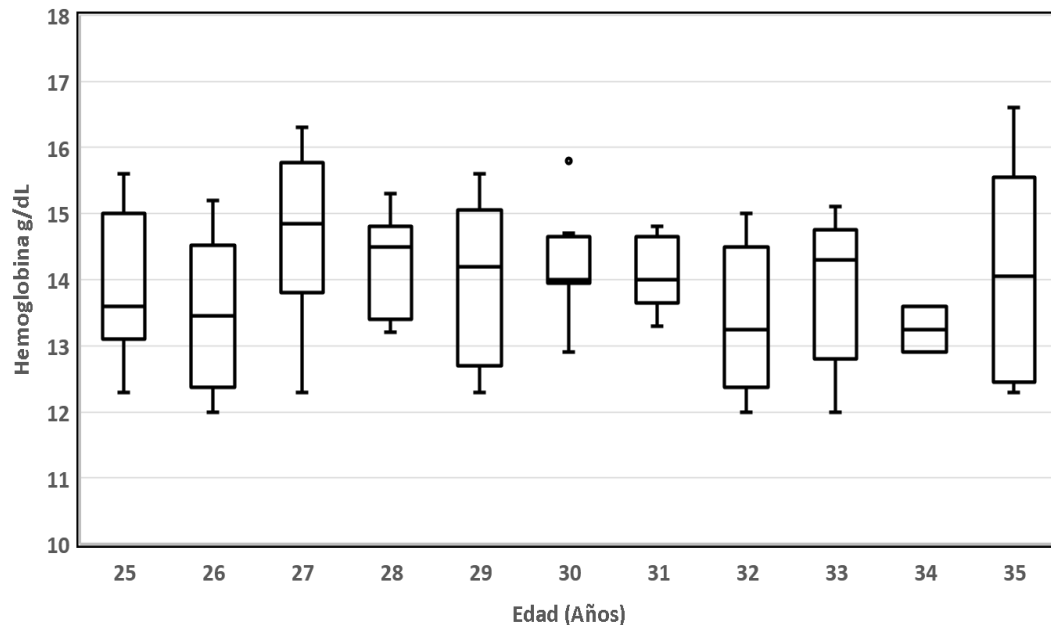


Figura 11. Valores de Hemoglobina en las pacientes evaluadas discriminados por la edad. El grafico de cajas y bigotes representa los valores máximos, mínimos (bigotes) y la distribución de los datos entre los percentiles 25 y 75 (cajas), se muestra además el valor del percentil 50 o mediana. Las diferencias entre las medianas se evaluaron con la prueba de Mann Whitney, se obtuvo un valor de p de 0,0964. La significancia estadística se consideró para valores de  $p < 0,05$ .

Igualmente, la Figura 12, muestra el comportamiento de los niveles de hematocrito del grupo de 100 mujeres con respecto al rango de edad entre 25 y 35 años. Los valores de este parámetro muestran cierta correlación con respecto al comportamiento de la hemoglobina. Aunque, según el valor de p las diferencias entre las medianas muestran significancia estadística para valores de p igual a 0,006. Asimismo, se evidenció cómo los datos se inclinan hacia un lado de la mediana, sin conservar una distribución normal para cada rango de edad, aunque esta diferencia es menor para el hematocrito que para la hemoglobina. Cabe señalar la homogeneidad que existe en cuanto al rango de edad de 30, ya que se evidenció que la amplitud del intervalo es corta y sus datos lo abarcan casi por completo, tomando en cuenta que el número de mujeres en este rango es significativo (9%).

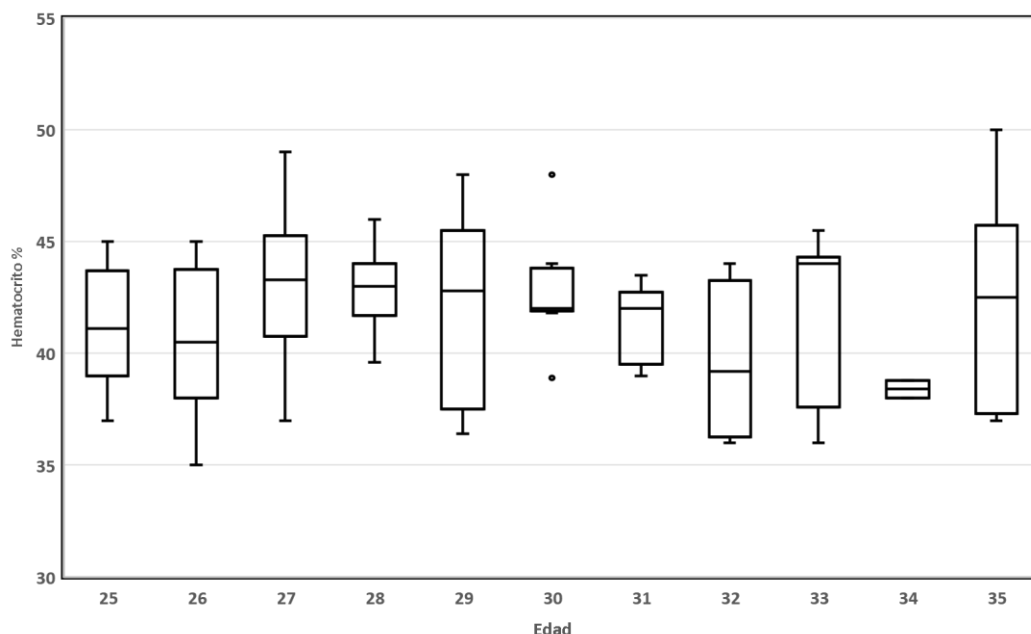


Figura 12. Valores de Hematocrito en las pacientes evaluadas discriminados por la edad. El grafico de cajas y bigotes representa los valores máximos, mínimos (bigotes) y la distribución de los datos entre los percentiles 25 y 75 (cajas), se muestra además el valor del percentil 50 o mediana. Las diferencias entre las medianas se evaluaron con la prueba de Mann Whitney, se obtuvo un valor de p de 0,006. La significancia estadística se consideró para valores de  $p < 0,05$ .

La Figura 13, revela la dispersión de todos los valores de hemoglobina obtenidos con respecto a la mediana, se puede notar que son pocos los valores que conservan un comportamiento mediana. Existe mayor número de mujeres que presentaron valores de hemoglobina por encima de 14 g/dL, concentradas entre los 25 y 30 años de edad. La concentración de los valores por debajo de la mediana se evidencia entre los 30 y 35 años de edad. Aunque es de notar que el valor máximo de hemoglobina obtenido se agrupo para este último grupo de 35 años. Asimismo, en la Figura 14 se muestra la dispersión de los valores de hematocrito obtenidos con respecto a la edad, según la determinación de la mediana. En este caso se visualiza como los datos se aproximan más hacia la mediana, con una distribución más simétrica comparada con la de hemoglobina.

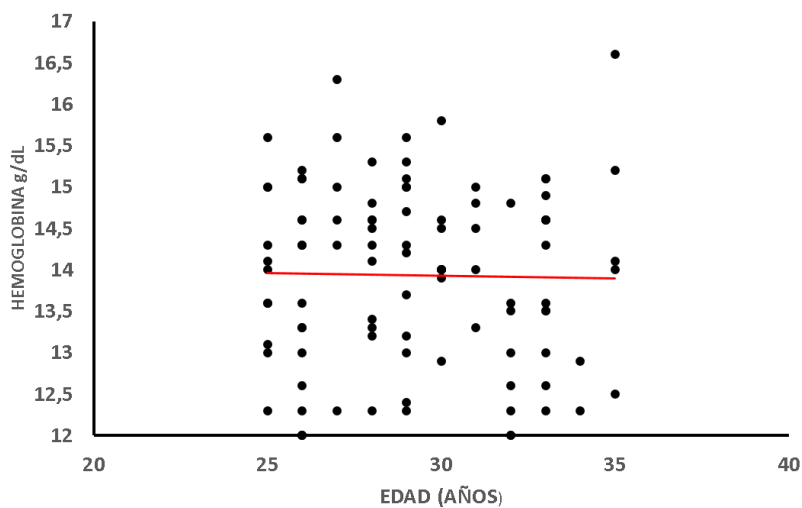


Figura 13. Análisis de correlación entre la edad y los niveles de hemoglobina en las pacientes evaluadas. Se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson ( $R^2$ ) de 0,0004 y un valor de p de 0,1792. La significancia estadística se consideró para valores de  $p < 0,05$ .

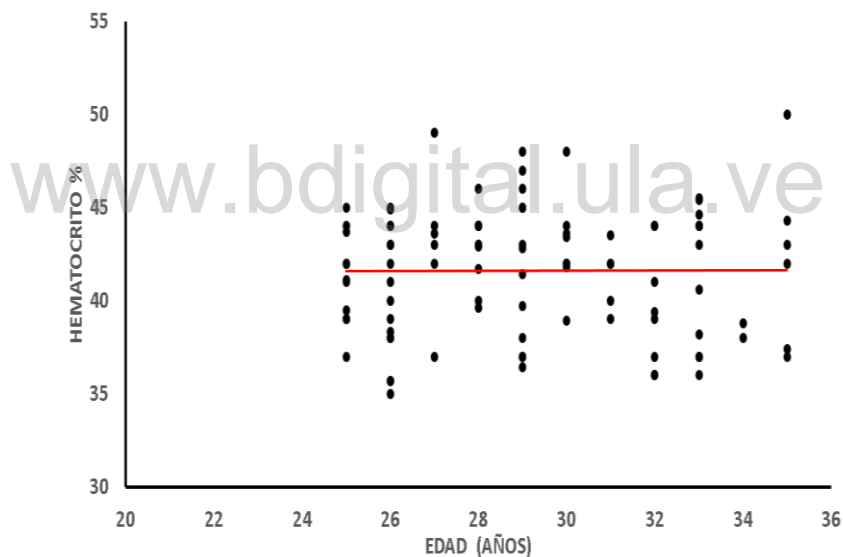


Figura 14. Análisis de correlación entre la edad y los niveles de hematocrito en las pacientes evaluadas. Se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson ( $R^2$ ) de 0,0005 y un valor de p de 0,038. La significancia estadística se consideró para valores de  $p < 0,05$ .

Sin embargo, relacionando los valores de hematocrito con los niveles de hemoglobina obtenidos, se pudo constatar que ambos parámetros conservan un comportamiento exponencial. La curva se muestra de manera lineal

creciente, el eje longitudinal de la misma demuestra la tendencia central que tiene uno en relación al otro (Figura 15).

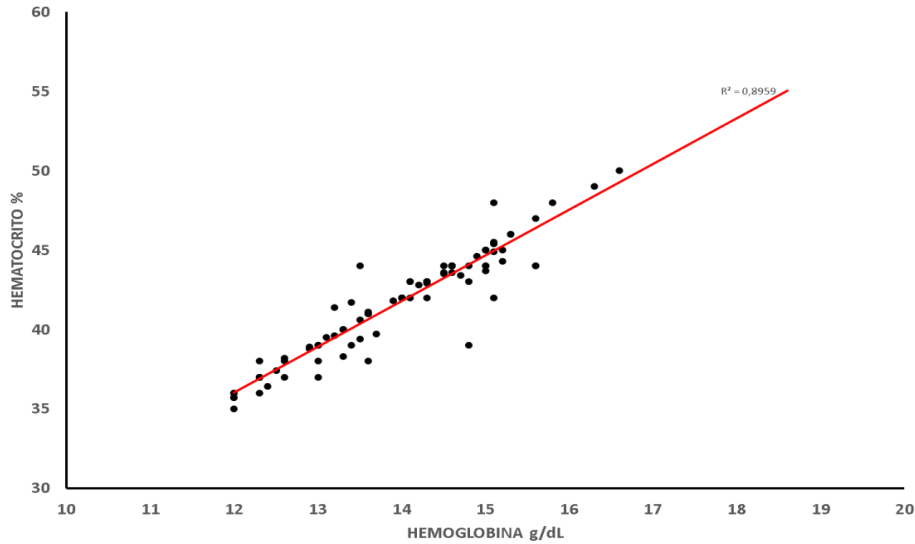


Figura 15. Análisis de correlación entre el hematocrito y los niveles de hemoglobina en las pacientes evaluadas. Se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson ( $R^2$ ) de 0,8959 y un valor de  $p < 0,0510$ . La significancia estadística se consideró para valores de  $p < 0,05$ .

Por último, en la Tabla 7 se presentan los valores estadísticos globales obtenidos. Para la hemoglobina, el valor de la mediana fue de 14,0 g/dL, con una desviación estándar de 1,08 con un valor de  $p$  de 0,0964. El intervalo de confianza para este parámetro fue considerado entre 12,92 y 15,08. Para los valores de hematocrito sí se evidenció una diferencia estadística con un valor de  $p$  de 0,006, obteniéndose una mediana de 42% y un intervalo de confianza entre 35,70 a 45,30.

**Tabla 7:** Estadística descriptiva global de los valores de Hemoglobina y hematocrito

PARAMETRO	MEDIANA	DE	MIN	MAX	INTERVALO DE CONFIANZA	VALOR DE $p$
HEMOGLOBINA	14,00	1,08	12,00	16,60	12,92-15,08	0,0964
HEMATOCRITO	42,00	3,30	35	50	35,70-45,30	0,006

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

## DISCUSIONES

Este trabajo de investigación se realizó con la finalidad de analizar los niveles de hemoglobina y hematocrito en correspondencia con el contador hematimétrico RAYTO 7100, en mujeres sanas con edades comprendidas entre 25 y 35 años, que asistieron al Laboratorio Clínico Salud y Vida durante los meses de Enero y Marzo del 2020. Para el análisis de los resultados obtenidos fue necesario estratificar los parámetros evaluados por grupo etario.

No obstante, Molina *et al*, afirman que los valores de los parámetros hematológicos no varían significativamente en muestras poblacionales homogéneas con respecto a las edades de 18 a 55 años<sup>49</sup>. Para Castillo, los valores de hemoglobina y hematocrito en mujeres mayores a los 20 años de edad van desde 11,70 – 16,30 g/dL y 35,40 - 49,40 %, respectivamente<sup>44</sup>. Los valores de referencia obtenidos por Pabón en mujeres jóvenes del estado Mérida fueron de 38,31% a 45,39% para el hematocrito y de 12,01 g/dl a 15,68 g/dl para la hemoglobina<sup>16</sup>. Asimismo, Mejía *et al*, obtuvieron una media de 14,63 g/dL para la concentración de hemoglobina, además de una media de 42,49 % para el hematocrito<sup>18</sup>.

En efecto, los resultados obtenidos demuestran que dicha aseveración es cierta con respecto al grupo estudiado. Se pudo constatar una variación muy parecida para cada grupo con un intervalo de confianza establecido entre 12,92-15,08 g/dL para hemoglobina y 35,70-45,30% en hematocrito. Sin embargo, existen factores que influyen en la variabilidad biológica interindividual modificables o no, que son causa de alteraciones en la determinación tanto de hemoglobina como hematocrito.

La altitud es uno de los factores que afectan más notablemente a los valores de la citometría hemática, debido a las diferencias en la concentración de oxígeno y la presión atmosférica, por lo que se deben de contar con valores de referencia de la hematología completa para

poblaciones que residen en regiones geográficas a gran altitud<sup>50</sup>. Cabe señalar que la ciudad de Mérida se encuentra ubicada a 1600 m.s.n.m aproximadamente, en consecuencia, Hurtado *et al*, reportan valores de  $14,5\pm 0,88$  g/dL para valores de hemoglobina en altitud aproximada a los 1860 m.s.n.m. y valores de hematocrito de  $40\pm 5\%$ . Comparados con los valores obtenidos, se puede apreciar que los niveles de hemoglobina en las mujeres evaluadas son menores a los reportados en otros lugares con altitud similares, mientras que los niveles de hematocrito se mantienen en un rango similar.

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. En caso de deshidratación, la hemoglobina y el hematocrito se elevan de manera falsa. Con ciertas deficiencias vitamínicas o minerales (por ejemplo hierro), el número o tamaño de los GR disminuyen, por lo que disminuye el Hto y la Hb. Una dieta rica en grasas o en su defecto, un ayuno menor a 8 horas antes de la toma de la muestra sanguínea puede recaer en una marcada elevación de las concentraciones de lípidos ( $>2000$  mg/dL) que da lugar a que los equipos de recuento automatizado indiquen cifras altas de hemoglobina<sup>49,52</sup>.

Del mismo modo, el ejercicio demasiado intenso produce a veces destrucción acelerada de eritrocitos que a su vez, estimula la eritropoyesis. Estudios han comprobado que el intenso trabajo muscular en competencias deportivas se acompaña de una reducción en el recuento eritrocítico, y que con el reposo las cifras se normalizan. Por otra parte, se considera que el incremento de la Hb, Hto y recuento de GR se debe a la pérdida del agua del plasma<sup>49</sup>. Se pudo constatar que un gran número de mujeres del grupo de estudio practican algún deporte de rutina, aunque este factor no se asumió

como variable de estudio al analizar los datos, pero cabe resaltar su posible influencia sobre los resultados obtenidos.

Análogamente, aunque uno de los criterios de inclusión constaba de no presentar el periodo de menstruación en el momento de la toma de muestra, este factor es incidente sobre los resultados que se obtienen en estudios sobre mujeres en edad fértil, ya que para las mujeres en edad fértil no embarazadas, los requerimientos promedio de hierro se han estimado en 1,4 mg/día, la mitad de los cuales es utilizado para reemplazar las pérdidas menstruales. Las pérdidas de sangre menstrual son muy constantes mes a mes en la misma mujer, pero presentan una variación muy marcada de una mujer a otra. Esto determina que en 10% de las mujeres el requerimiento sobrepase los 2,3 mg diarios y en 5% los 2,8 mg. El tipo de método anticonceptivo influye en las pérdidas menstruales: los dispositivos intrauterinos aumentan al doble las pérdidas normales, mientras que los hormonales las disminuyen<sup>53</sup>. Por lo tanto, esto se traduce en variaciones importante en la determinación de los valores hematimétricos.

Igualmente, el tabaquismo aumenta el hematocrito, la masa globular y la viscosidad sanguínea en relación con los niveles de monóxido de carbono y carboxihemoglobina. Con el abandono del tabaquismo, el hematocrito puede disminuir, pero la viscosidad y deformación globular pueden persistir<sup>49</sup>.

Por otra parte, de acuerdo a la relación de los valores de la hemoglobina con respecto a los valores de hematocrito obtenidos se evidenció que no siempre se cumple una correlación simétrica de uno con respecto al otro. En esta investigación se pudo constatar que de las 100 mujeres estudiadas el 15% presentaron diferencia significativa en cuanto a la relación del hematocrito con respecto a la hemoglobina, con un valor de  $p$  igual a 0.006, lo que indica que esta relación no siempre se mantiene.

## CONCLUSIONES

Después de analizar los resultados obtenidos se llegó a las conclusiones siguientes:

- Los índices hematimétricos de hemoglobina y hematocrito fueron de  $14,0 \pm 1,08\text{g/dL}$  y  $40,6 \pm 3,30\%$ , respectivamente, dando así respuesta a la pregunta de investigación formulada.
- El 15% de mujeres presentaron discordancia entre la relación hemoglobina/hematocrito.
- No existe variabilidad biológica interindividual significativa por edad que mantenga una relación exponencial por grupo etario.
- Hubo una diferencia significativa para los valores de hemoglobina y hematocrito en relación con la altura en correspondencia con valores en lugares geográficamente más bajos.
- Variables como la dieta, tabaquismo, menstruación, menarquía, obesidad, ejercicio físico, pueden causar ligeros cambios en los intervalos de referencia.
- Las posibilidades que brinda la automatización permiten mejorar la fiabilidad del método, la rapidez en la obtención de los resultados, la bioseguridad del operador, y todo con un costo razonable. Sin embargo, en hematología los métodos manuales de laboratorio para medición de los niveles de hemoglobina, hematocrito, plaquetas y leucocitos, siguen siendo considerados de referencia internacional (prueba estándar) para la validación de los analizadores automáticos<sup>20</sup>.

## RECOMENDACIONES

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

- Analizar otros parámetros hemáticos, como los índices hematimétricos, dentro de una población similar a la estudiada, para así evaluar el comportamiento de la hemoglobina con respecto a los valores de hematocrito y la variación del mismo.
- Realizar estudios tomando en cuenta la situación geográfica de nuestro estado, buscando estandarizar valores de referencia que incluya esta variabilidad biológica.
- Realizar estudios de estos parámetros sobre población con sobrepeso, fumadoras y menopáusicas.
- Realizar estudios de comparabilidad intralaboratorio para cuantificar el error del equipo automatizado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Campuzano G. Del hemograma manual al hemograma de cuarta generación. En: La clínica y el laboratorio. 22<sup>nd</sup> ed. Colombia: Universidad de Antioquia; 2007. p. 511-520.
2. Parreño J, Medina M, Naucapoma E. Determinación de hemoglobina, hematocrito y número de glóbulos rojos e índice de masa corporal en adultos mayores que acudieron al Servicio Académico Asistencial de Análisis Clínicos-UNMSM , de 2008 a 2009. Revista de Investigación de la Universidad Norbert Wiener. 2013; 36(5):83-92.
3. Sáenz, K., Narváez G, L., & Cruz, M. Valores de referencia hematológicos en población altoandina ecuatoriana establecidos con el uso del analizador Sysmex XE-2100. Rev Mex Patol Clin. 2008. 207-215.
4. Vives J, Aguilar A. Manual de técnicas en el laboratorio de hematología. 4<sup>a</sup> ed. España; 2014. p.293-312.
5. Lecumberri R, Rodríguez P. Hematología clínica. En: La clínica y el laboratorio. 22<sup>nd</sup> ed. Colombia: Universidad de Antioquia; 2007. p. 3-12.
6. Tapia S, Olga N. Identificación de un factor de corrección para hematocrito y hemoglobina, realizado entre un método automatizado y un método manual. Tesis de pregrado. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador; 2013.
7. Hernández J. El hemograma: nueva clasificación y perspectivas. Rev Cuba Hematol Inmunol Hemoter. 2014[Consultado 29 Enero 2020]; 30(1). Disponible en: <http://www.revhematologia.sld.cu/index.php/hih/article/view/139/10>

8. Carmona M, Rojas M, Delgado L. Anemia de Fanconi [Internet]. [Consultado 29 Enero 2020] Disponible en: [https://libroslaboratorio.files.wordpress.com/2011/09/anemia\\_de\\_fanconi.pdf](https://libroslaboratorio.files.wordpress.com/2011/09/anemia_de_fanconi.pdf).
9. Coy L, Castillo M, Mora A, Munemar A, Peña Y. Características hematológicas de donantes de sangre de Bogotá, Colombia. *Revista medica*. (2007); 20(4): 40-47.
10. Jaime J, Gómez D. Hematología: La sangre y sus enfermedades. McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A; 2005 [Revisado 29 Enero 2020] Obtenido de <http://myslide.es/documents/131724854-hematologia-la-sangre-y-sus-enfermedades.html>
11. Fuentes X, Castiñeiras M, Queraltó J. Bioquímica clínica y patología molecular. 2da Edición. Barcelona: Editorial Reverté; 1997.
12. Sans-Sabrafen J, Besses C, Vives J. Hematología Clínica. 5ta Ed.. España: Editorial Elsevier; 2006.
13. Devlin T. Bioquímica. 4ª Edición. Paris: Reverte; 2006.
14. "La ciencia del diagnóstico de laboratorio" John Crocker – David Burnett McGraw Hill. 2º Edición
15. RAYTO 7100. Manual de Operaciones al usuario. Versión 1.0 del Software. Pp:5-12,18.
16. Pabón E. Valores de referencia de Hemoglobina y Hematocrito en estudiantes del sexo femenino de la facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de los Andes. Tesis de pregrado. Universidad de los Andes, 2019.
17. Mejía S, Redón P, Bossio F, Sánchez E, Jaramillo L, Acevedo P. Determinación de intervalos biológicos de referencia para adultos en el equipo hematológico BC-5000 de la Escuela de Microbiología de la Universidad de Antioquia, Medellín. IATREIA [Internet] 2020 [2 Feb 2020]; 32(2). Disponible en:

<http://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/iatreia/article/view/333253>

18. Roque B, Santisteban G. Relación de hemoglobina, hematocrito vs Índices de masa corporal en escolares de 3 a 15 años del AAHH “NUEVO PACHACUTEC”. Tesis de pregrado. Universidad Wiener, 2017.
19. Martínez O, López M. Evaluación de la validez y precisión del hemograma automatizado (*CELL DYN 1600*) en enfermedades hematológicas. Acta Med. Colombiana [Internet] 2016 [03 Feb 2020]; 36(3). Disponible en: <http://www.actamedicacolombiana.com/anexo/articulos/03-1997-03-.pdf>
20. McKenzie S. Hematología Clínica. 2da Ed. México: Manual Moderno; 2000.
21. Cruz-Rodríguez C. Automatización del laboratorio clínico. En: Suardiá J, Cruz C, Colina A. Laboratorio Clínico. La Habana: Ciencias Médicas; 2004. p. 56-9.
22. González de Buitrago JM. Tecnología y métodos de laboratorio clínico. 3a ed. Barcelona: Elsevier Masson; 2010.
23. Bentahar A, Izasa S. Nuevas aplicaciones clínicas en los analizadores hematológicos de la serie LH. Hematológica (ed. española). 2006;91(1).
24. Villarrubia J. Avances en el diferencial leucocitario automatizado. Criterios para la revisión del hemograma y sistemas expertos de validación automática. Hematológica (edición española) 2002 Oct;87(supl 1):138-42.
25. Seo T, Lee S, Kim S. Performance evaluation of the new hematology analyzer Sysmex XN-series. International Journal of Laboratory Hematology [Internet] 2015 [Consultado 31 Enero 2020]; 37(2). Disponible en: <https://doi.org/10.1111/ijlh.12254>

26. Perutz MF. Structure and mechanism of haemoglobin. Br Med Bull 1976; 32: 195-208.
27. Hernández. El hemograma: nueva clasificación y perspectivas. Rev Cuba Hematol Inmunol Hemoter. 2014 Marzo; 30(1) Disponible en:<http://www.revhematologia.sld.cu/index.php/hih/article/view/139/10>).
28. Torrens, M. Interpretación clínica del hemograma. Rev. Med. Clin. Condes;2015. 26(6) 713-725
29. Christensen R, Ohls R. Desarrollo del sistema hematopoyético. En: Kliegman, Behrman, Editores. Nelson Tratado de Pediatría. Vol 1. 19a ed. España: Elsevier; 2013. P. 1714.
30. Klever F, Narvaez L, Cruz M. Valores de referencia hematológicos en población altoandina ecuatoriana. Revista Mexicana Patología Clínica[Internet] 2008 [03 Feb 2020]; 55(4). Obtenido de : <http://www.medigraphic.com/pdfs/patol/pt-2008/pt084e.pdf>
31. Vives J. Aguilar J. Determinación del hematocrito mediante centrifugación. En: Vives JL1. Aguilar JL1. Manual de técnicas de laboratorio en hematología. Salvat Editores Colombiana S.A. 1989: 108-114
32. Del Busto F, García, M. *Enfermería y urgencias*. España: Aran Ediciones, S.A. 2001.
33. Gal B, López M, Martín A., Prieto S. *Bases de la fisiología*. España: Tébar; 2007.
34. Ojeda G. *Estructura y funciones del eritrocito*. 2011. Obtenido de UNNE.
35. Florensa L, Woessner S. Hematopoyesis. Morfología de los elementos formes de la sangre y órganos hematopoyéticos. En: Sans-Sabrafen J, Besses C, Vives J. (eds). Hematología Clínica. 5ta Ed. España: Editorial Elsevier;2006. p.1-8.

36. Jaime, J. (2009). *Hematología de la sangre y sus enfermedades*. 2da. ed., México D.F.-México., Mc Graw Hill., Pp. 17-21.
37. Vives Corrons J. Introducción al estudio de la patología eritrocitaria. En Sans-Sabrafen J, Besses C, Vives J (eds). *Hematología Clínica*. 5ta Ed. España: Editorial Elsevier; 2006. p.88-95.
38. Lehmann H, Carrell RW. Variations in the structure of human hemoglobin. With particular reference to the unstable haemoglobins. *Br Med Bull* 1969; 25: 14-23.
39. Chamba Y, Guerrero J. Valores referenciales de hematocrito y hemoglobina en escolares del sexo femenino de la ciudad de Loja. Tesis de grado de licenciada no publicada, Universidad Nacional de Loja. Ecuador, 2009.
40. Clavo J. Determinación de 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 Prácticas Pre-Profesionales para obtener el título de químico farmacéutico. Perú. 1991. 18-19, 23.
41. Juo JM. Análisis automatizado de las poblaciones eritrocitarias: su aplicación en el diagnóstico de las anemias. *Haematologica* (ed. española). 2002 Oct;87(supl 1):120-34.
42. Orfao A, Ruiz A. Citometría de flujo y su aplicación en Hematología. En: López Borrascá A, ed. *Enciclopedia Iberoamericana de Hematología I*. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca; 1992. p. 161-75.
43. Almaguer-Gaona C. Interpretación clínica de la biometría hemática. *Medicina Universitaria*. 2003;5(18):35-40.
44. Castillo R. Variabilidad biológica de la citometría hemática en estudiantes del nivel superior de la UAEMEX. Tesis de pregrado. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Química, 2016.

45. Palella S, Martins F. La Metodología o Marco Metodológico. En metodología cuantitativa. Segunda edición. Caracas: FEDUPEL; 2006.p.73-81.
46. Pérez A. Marco Metodológico para Diseños de Campo y Proyecto Factibles. En: Guía de Metodología para Anteproyecto de Investigación. Tercera edición. Caracas: FEDUPEL; 2009.p.67-94.
47. Hurtado J. El proyecto de investigación comprensión holística de la metodología de la investigación. 8va ed. Caracas: GAVILAN; 2015, p. 45-55.
48. Pérez A. Pasos para la Elaboración del Anteproyecto de Investigación. En: Guía Metodológica para Anteproyectos de Investigación. Caracas: FEDUPEL; 2009. p. 54-57.
49. Molina K, Vargas E, Tavera S, Pérez R, Mantilla Y, Cardona J. Intervalos biológicos de referencia del hemograma en personas sanas, Medellín, 2012. *Medicina & Laboratorio*, 2013;19(5-6):267-81.
50. García M, Contreras I, Estrada J. Valores de referencia del hemograma completo en escolares de 8 a 12 años de edad residentes a 2.760 m sobre el nivel del mar. *An Pediatr (Barc)*. 2014; 80(4):221-228.
51. Hurtado M, Mellado O, Flores R, Vargas V. Semiología de la citometría hemática. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM*. 2010; 53 (4): 36-43.
52. Pagana K, Pagana T. Laboratorio clínico: indicaciones e interpretación de resultados. 1ª ed. México: El Manual Moderno; 2015.
53. Cortés F, Hertramf E, Castro R, Uauy R. Importancia de la nutrición preconcepcional y de los contaminantes químicos y microbiológicos sobre el pronóstico reproductivo. En: Guías de alimentación para la mujer. Universidad de Chile. Chile, 2015. p. 39-50.

# Anexo

## 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 “Salud y Vida”, para que se me realice la toma de muestra antes mencionada y las pruebas requeridas por los investigadores.

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 CON LA EXPLICACIÓN.

\_\_\_\_\_  
**Firma del Paciente**

\_\_\_\_\_  
**Firma de los Tesistas**

## Anexo 2. Estudio Clínico-Epidemiológico

N° de paciente: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

### Datos personales del paciente:

Nombre y apellido: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

Sexo: \_\_\_\_\_ Fecha de nacimiento: \_\_\_\_\_ Cédula: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_ Dirección: \_\_\_\_\_

### Antecedentes Familiares:

Maternos: \_\_\_\_\_

Paternos: \_\_\_\_\_

### Antecedentes Personales:

Patológicos: Hipertensión: \_\_\_\_\_ Hemorragias: \_\_\_\_\_ Menstruación: \_\_\_\_\_

Alérgicos: \_\_\_\_\_

Quirúrgicos: \_\_\_\_\_

Medicación actual: \_\_\_\_\_

Otros: \_\_\_\_\_

Firma del Paciente: \_\_\_\_\_

### Anexo 3. Procedimiento de la Investigación

