



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



**NIVELES DE HEMOGLOBINA Y HEMATOCRITO EN  
CORRESPONDENCIA CON EL CONTADOR HEMATIMÉTRICO CELL-DYN  
1800 EN ESTUDIANTES ADOLESCENTES**

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

**Autores:**

Aczel A. Pérez M.

Carmen V. Hernández

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

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

**Mérida, febrero de 2020**



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



**NIVELES DE HEMOGLOBINA Y HEMATOCRITO EN  
CORRESPONDENCIA CON EL CONTADOR HEMATIMÉTRICO CELL-DYN  
1800 EN ESTUDIANTES ADOLESCENTES**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de  
Licenciados en Bioanálisis**

**Autores:**

Aczel A. Pérez M.

Carmen V. Hernández

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

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

**Mérida, febrero de 2020**

## **DEDICATORIA**

*A Dios todopoderoso quien siempre está junto a mí, siempre escuchando mis oraciones.*

*A mi madre Yelitza Materán, mi padre César Pérez y mis hermanas quienes siempre han estado allí en las buenas y en las malas, para que siga adelante, siempre con la mejor actitud ante cualquier situación y obstáculo que se presentó durante la carrera y mi vida.*

*A mi Familia en general quienes son gran apoyo y motivación en mi vida.*

*Profesores de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Escuela de Bioanálisis de la ULA, quienes con su pasión por nuestra carrera inspiran a cientos de estudiantes a querer ser mejores profesionales.*

*A mis ángeles en el cielo Luciana Victoria y Enriqueta Materán, que siempre me cuidan y me protegen.*

*Finalmente a todos aquellos familiares y amigos que han contribuido en mi formación profesional.*

**Aczel Pérez**

## **DEDICATORIA**

*Lo dedico principalmente a Dios por ser Él quien me guió por este trayecto y puso gracia en mí para alcanzar esta gran meta.*

*A mis amados padres Frank Hernández y Zomaira Gutiérrez, quienes son mi motor, mi apoyo incondicional, MI TODO! Gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí. Es un orgullo y privilegio ser su hija.*

*A mi hermoso hermano por estar siempre presente, por motivarme y por ser el compañero incondicional en maravillosas ocurrencias y anécdotas. ¡Eres el mejor regalo que me ha dado Dios!*

*A las grandes personas que Dios puso en mi camino por medio de esta carrera a quienes hoy puedo llamar AMIGOS.*

*A todos los profesores que han compartido sus valiosos conocimientos para formar una excelente profesional.*

**Carmen Hernández**

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios Todopoderoso por darnos sabiduría y entendimiento para poder alcanzar esta meta.*

*A la Ilustre Universidad de los Andes, por abrir sus puertas y formarnos como profesionales.*

*A la Facultad de Farmacia y Bioanálisis y a todos los profesores que hacen vida en esta facultad y nos impulsan a ser mejores profesionales cada día, aportando su vocación, dedicación y conocimiento para nuestra formación.*

*Al la cátedra de Hematología y a todos los profesores que la integran, quienes fueron base fundamental en el desarrollo de este estudio.*

*Al Laboratorio ACZEL por el valioso apoyo prestado en el desarrollo y culminación de la investigación.*

*A nuestros familiares, quienes con su amor, apoyo, cuidado y sabiduría nos han guiado por este sendero y han sido pilares para lograr con éxito nuestros objetivos.*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
VEREDICTO	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I EL PROBLEMA.....	3
Planteamiento del Problema.....	3
Justificación de la Investigación.....	6
Objetivos de la Investigación.....	7
<i>Objetivo General</i> .....	7
<i>Objetivos Específicos</i> .....	7
Alcances y Limitaciones de la Investigación.....	8
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	9
Trabajos Previos.....	9
Antecedentes Históricos.....	12
Bases Teóricas.....	14
<i>Biometría Hemática</i> .....	14
<i>La Sangre</i> .....	15
<i>Hemoglobina</i> .....	19
<i>Metabolismo de la Hemoglobina</i> .....	20
<i>Hematocrito</i> .....	21
<i>Valores o rangos de referencia</i> .....	22
<i>Automatización en hematología</i> .....	24
<i>Contador Hematimétrico CELL-DYN 1800</i> .....	27

Definición operacional de Términos.....	29
Operacionalización de las Variables.....	30
<b>CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>32</b>
Tipo de la Investigación.....	32
Diseño de la Investigación.....	32
Población y Muestra.....	32
Unidad de investigación.....	33
<i>Criterios de inclusión y exclusión.....</i>	<i>33</i>
Selección del Tamaño de la Muestra.....	34
Sistema de Variables.....	34
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	35
Procedimientos de la investigación.....	36
Diseño de Análisis.....	38
Análisis Estadístico.....	38
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>40</b>
Análisis de resultados.....	40
Discusiones.....	48
<b>CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>BIBLIOHEMEROGRAFÍA.....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>62</b>
Anexo 1: Consentimiento informado.....	63
Anexo 2: Historia clínico-epidemiológica.....	64
Anexo 3: Procedimiento de la Investigación.....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pp
<b>Tabla 1:</b> Índices hematológicos de acuerdo con la edad	23
<b>Tabla 2.</b> Operacionalización de la variable hemoglobina	30
<b>Tabla 3.</b> Operacionalización de la variable hematocrito.	31
<b>Tabla 4.</b> Valores de hemoglobina y hematocrito en los pacientes evaluados, discriminados por sexo y por grupo de edad.	40
<b>Tabla 5.</b> Valores de hemoglobina y hematocrito en los pacientes evaluados, discriminados por sexo	45
<b>Tabla 6.</b> Valores de hemoglobina y hematocrito en los pacientes evaluados, discriminados por grupo de edad.	46

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

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pp.
<b>Figura 1.</b> Componentes de la sangre.	16
<b>Figura 2.</b> Componentes principales de un contador hematológico.	26
<b>Figura 3.</b> Valores de Hemoglobina en los sujetos evaluados discriminados por sexo	41
<b>Figura 4.</b> Valores de Hemoglobina en los sujetos evaluados discriminados por grupo de edad	42
<b>Figura 5.</b> Valores de Hematocrito en los sujetos evaluados discriminados por sexo.	43
<b>Figura 6.</b> Valores de Hematocrito en los sujetos evaluados discriminados por grupo de edad.	44
<b>Figura 7.</b> Análisis de correlación entre la edad y los niveles de hemoglobina en los jóvenes evaluados.	47
<b>Figura 8.</b> Análisis de correlación entre la edad y los niveles de hematocrito en los jóvenes evaluados.	47
<b>Figura 9.</b> Análisis de correlación entre el hematocrito y los niveles de hemoglobina en los jóvenes evaluados.	48

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN  
HEMATOLOGÍA  
NIVELES DE HEMOGLOBINA Y HEMATOCRITO EN  
CORRESPONDENCIA CON EL CONTADOR HEMATIMÉTRICO CELL-DYN  
1800 EN ESTUDIANTES ADOLESCENTES**

**Autores:**

Aczel A. Pérez M.

Carmen V. Hernández

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

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

**RESUMEN**

La interpretación de los valores atribuidos a las magnitudes 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 diagnóstica, seguimiento y tratamiento de las diferentes patologías. Por consiguiente, la esta investigación planteó determinar los niveles de hemoglobina y hematocrito en correspondencia con el contador hematimétrico CELL-DYN 1800 en estudiantes adolescentes. La investigación fue de tipo analítica, transversal, de campo. La muestra fueron 30 adolescentes con edades entre 15 y 18 años. Los índices hematimétricos de hemoglobina y hematocrito para el grupo femenino fueron de  $13,6 \pm 0,9$  g/dL y  $40,6 \pm 2,8\%$ , y de  $14,9$  g/dL  $\pm 1,1$  y  $44,7 \pm 3,1\%$  para el masculino. Para los valores de hemoglobina se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson ( $R^2$ ) de 0,0078 y un valor de p de 0,64. Para valores de hematocrito  $R^2$  de 0,0128 y un valor de p de 0,550, con respecto a la edad, la significancia estadística se consideró para valores de  $p < 0,05$ . En este grupo de estudio no hubo diferencia significativa respecto a la variabilidad biológica de acuerdo a la edad.

**Palabras clave:** Hemograma, Hemoglobina, hematocrito, adolescentes, contador hematimétrico.

## INTRODUCCIÓN

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

Los valores hematológicos se usan como rutina para ayudar en el diagnóstico y control de enfermedades. La determinación de valores hematológicos es de mucha importancia y de difícil establecimiento. Definir cifras límites normales, inferiores y superiores en un grupo de adolescentes no es una tarea fácil, ya que dependen de diferentes parámetros clínicos, el sexo, la edad y el estado nutricional de los pacientes analizados. (Urdaneta, 2013).

Asimismo, los valores de referencia de los índices eritrocitarios varían ligeramente según el analizador hematológico utilizado para efectuar su determinación. Esto obedece a que existe pequeñas diferencias entre los equipos en el procedimiento empleado para calcular el valor hematocrito. Algunos equipos ofrecen un valor de hematocrito real, sin embargo, los valores suministrados por estos instrumentos varían ligeramente en relación con los obtenidos por centrifugación.

De manera que es necesario establecer los valores de referencia de estos parámetros hematimétricos para cada laboratorio en específico, según la metodología y tecnología utilizada para estas pruebas. De allí la importancia que tuvo realizar la investigación con la ayuda de un contador hematimétrico

automatizado, tal es el caso del contador hematimétrico CELL-DYN 1800, un analizador hematológico automático y multiparamétrico diseñado para utilizarse en el diagnóstico *in vitro* de los laboratorios clínicos. (Tapia, 2013).

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

## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **Planteamiento del Problema**

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

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

El hematocrito describe el porcentaje de células transportadoras de oxígeno con respecto al volumen total de sangre, refleja el porcentaje que ocupan los eritrocitos en un volumen de sangre centrifugado. Sus valores de

referencia oscilan de 42 a 50% en hombres, de 36 a 45% en mujeres y en los niños (varía con la edad) de 35 a 49%. En este proceso, se pueden apreciar dos niveles, los corpúsculos formes que se sedimentan, y el plasma total que flota. (Clavo, 1991).

La biometría hemática es uno de los estudios de laboratorio que permite evaluar información detallada de las células importantes presentes en la sangre como los glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas, ya que aquí se deriva información que proporcionará una idea muy confiable del estado de salud del paciente, así como también el diagnóstico y seguimiento de enfermedades. En un principio la biometría hemática se realizaba de forma manual, lo que exigía numerosas manipulaciones pero con el reconocimiento que en ciertas enfermedades, cambiaba el número y el tipo de células en sangre periférica. (Tapia, 2013).

Ahora estos métodos manuales tradicionales, han sido sustituidos por otros más ventajosos. El avance de la automatización 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. El contador hematimétrico CELL-DYN 1800 es un analizador hematológico automático y multiparamétrico diseñado para utilizarse en el diagnóstico *in vitro* de los laboratorios clínicos. La finalidad del uso de este equipo es la de efectuar mediciones hematológicas en sangre anticoagulada con EDTA (Ácido etilendiaminotetraacético). (Tapia, 2013)

En Ecuador en la ciudad de Ambato, Tapia en el 2012, realizó la identificación de un factor de corrección para hematocrito y hemoglobina, realizado entre un método automatizado y uno manual, para garantizar la calidad de los resultados obtenidos, proporcionar resultados con un alto nivel de precisión y confiabilidad. Los métodos manuales utilizados para la

determinación de estos parámetros hematológicos fueron el de macrohematocrito o método de wintrobe y microhematocrito y el método de la cianometahemoglobina, en cuanto a los métodos automatizados hicieron un uso del analizador de hematología HUMACOUNT, es un contador de células totalmente automatizado y tiene una capacidad de almacenamiento de 2000 muestras incluyendo histogramas.

Por otra parte, en la ciudad de Cuenca, Cedeño y Molina en el 2014, determinaron la prevalencia del estado nutricional y su asociación con pruebas hematológicas y bioquímicas en escolares. Investigaron los valores hematológicos, proteínas, albumina y hierro sérico en estudiantes de diferentes escuelas. Se utilizó muestras sanguíneas para los análisis bioquímicos y hematológicos. De los 594 escolares investigados, el 25% presentó malnutrición en la relación al índice de masa corporal (IMC); 54% fueron hombres y el 46% mujeres. El mayor grupo de edad fue el de 10 años con el 22%. En el recuento de glóbulos rojos se encontró anemia en el 14%; disminución de hemoglobina 0.51% y disminución del hematocrito 2.69%.

Alvarado y Aroca en el 2014 en la ciudad de Trujillo, Perú, determinaron los niveles de hemoglobina y hematocrito en niños menores de 9 años de edad del Sector Buenos Aires Sur del Distrito Víctor Larco-Trujillo durante el mes de Junio del 2013. Siendo la muestra conformada por niños de ambos sexos, 13 hombres y 16 mujeres. El método utilizado fue el de cianometahemoglobina y microhematocrito. En cuanto a los resultados obtenidos se determinaron los valores de hemoglobina 41.4% (12 niños) niveles normales y 58,6% (17 niños) niveles disminuidos; y en hematocrito 41.4% (12 niños) niveles normales y 58,6 (17 niños) niveles disminuidos, también se determinaron los valores de IMC con un total de bajo peso 13.8%, estaban normales 62%, sobrepeso 3.4% y obesidad 20.8%. Concluyeron que los niños que se encuentran con niveles disminuidos posiblemente puedan tener cuadros de anemia.

Estudios anteriores han demostrado que valores alterados de hemoglobina y hematocrito en niños y adolescentes se debe en mayor parte a la malnutrición, en muchos casos disminuyendo la concentración de hemoglobina en la sangre, causando anemia, la cual puede acompañarse de otros parámetros alterados, como lo es el hematocrito. En otros casos pueden verse elevados estos valores, ocasionando una hemoconcentración o una policitemia. Muchos de los trabajos realizados incluyen la combinación de una o dos variables mencionadas anteriormente y todas han sido desarrolladas en infantes, hasta la fecha no existe alguna investigación publicada en estudiantes adolescentes venezolanos. En este contexto se planteó el siguiente problema de investigación:

¿Cuáles son los niveles de hemoglobina y hematocrito en correspondencia con el contador hematimétrico CELL-DYN 1800, en estudiantes adolescentes del Colegio Generalísimo “Francisco de Miranda” de la ciudad de Barinas desde septiembre de 2019 hasta noviembre de 2019?

### **Justificación de la investigación**

Los valores hematológicos se usan como rutina para ayudar al diagnóstico de enfermedades o como control de salud. La determinación de valores hematológicos es de mucha importancia y de difícil establecimiento. Definir cifras límites normales, inferiores y superiores en un grupo de adolescentes no es una tarea fácil, ya que dependen de diferentes parámetros clínicos, el sexo, la edad y el estado nutricional de los pacientes analizados (Urdaneta 2013).

Desde el punto de vista teórico, esta investigación se consideró trascendental, ya que se analizarán parámetros de hemoglobina y hematocrito en una población adolescente, la cual contribuyo al conocimiento y mejores prácticas en el área de la salud. Desde una perspectiva social, la

investigación se consideró relevante, ya que se obtuvieron los valores de hemoglobina y hematocrito en una población determinada, los cuales permitieron ofrecer valores de referencia, ya que en Venezuela existe un limitado conocimiento de la relación entre estas dos variables que son importantes en el área de la medicina preventiva.

Considerando todo lo anterior, ésta investigación generó un cúmulo de conocimientos obtenidos a través del método científico de una manera sistemática, automatizada, objetiva y controlada, lo cual sirvió de referencia para el desarrollo y ampliación de líneas de investigación, así como de apoyo para otros investigadores interesados en este estudio.

## **Objetivos de la investigación**

### ***Objetivo General***

Analizar los niveles de hemoglobina y hematocrito en correspondencia con el contador hematimétrico CELL-DYN 1800, en estudiantes adolescentes del Colegio Generalísimo “Francisco de Miranda” de la Ciudad de Barinas, desde septiembre de 2019 hasta noviembre de 2019.

### ***Objetivos Específicos***

- Examinar la hemoglobina en correspondencia con el contador hematimétrico automatizado CELL-DYN 1800, en la unidad de estudio.
- Distinguir los niveles de hematocrito en correspondencia con el contador hematimétrico automatizado CELL-DYN 1800, en estudiantes adolescentes del Colegio Generalísimo “Francisco de Miranda” de la ciudad de Barinas.
- Interpretar lo niveles de hemoglobina y hematocrito en correspondencia con el contador hematimétrico automatizado CELL-DYN 1800, en

estudiantes adolescentes del Colegio Generalísimo “Francisco de Miranda” de la ciudad de Barinas.

## **Alcances y Limitaciones de la Investigación**

### ***Alcances de la Investigación***

El proyecto en desarrollo tuvo como alcance analizar los niveles de hemoglobina y hematocrito en correspondencia con el contador hematimétrico CELL-DYN 1800, en estudiantes adolescentes del Colegio Generalísimo “Francisco de Miranda” de la Ciudad de Barinas, desde septiembre de 2019 hasta noviembre de 2019.

Éste estudio fue factible porque los autores elaboraron un cronograma adecuado para su realización, con autorización de los padres, representantes y docentes del referido colegio. Asimismo, se contó con los recursos humanos y económicos generados para realizar dicha investigación. Por otra parte, se contó con el apoyo del Laboratorio Bioanalítico “ACZEL”, el cual suministró los equipos y recursos económicos para procesar las muestras hematológicas.

### ***Limitaciones de la Investigación***

Sin limitaciones aparentes para la ejecución de la parte experimental de la investigación. Desde el punto de vista documental, la falta de información y acceso a los trabajos realizados dentro del territorio nacional no permitió que se pudieran relacionar los datos obtenidos con valores más parecidos a nuestro entorno. Sin embargo, se hizo énfasis de las estandarizaciones a nivel internacional como base referencial para las discusiones y conclusiones del estudio realizado.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### Trabajos Previos

**Mejías y col. (2019)**, realizaron la “Determinación de intervalos biológicos de referencia (IBR) para adultos en el equipo hematológico BC-5000 de la Escuela de Microbiología de la Universidad de Antioquia, Medellín 2017” el estudio se basó en un diseño descriptivo transversal con 111 donantes entre 18 y 62 años de un banco de sangre de Medellín. Se realizó un hemograma, proteína C reactiva y ferritina. Se calcularon los IBR siguiendo las recomendaciones de la Federación Internacional de Química Clínica. La comparación de los IBR según sexo se realizó con la prueba T-student. Los IBR calculados mediante la fórmula  $X \pm (DS * 1,96)$  mostraron diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres para el recuento de la mayoría de los parámetros. Se obtuvieron medias estadísticas mayores en mujeres para el recuento de leucocitos y plaquetas, recuentos absolutos y relativos de algunas células blancas, volumen plaquetario medio (VPM) y plaquetocrito (PCT). La presencia de andrógenos en el sexo masculino, inductores del sistema eritropoyético, así como los estrógenos y el período menstrual, supresores del mismo, pueden explicar los valores menores en el recuento eritrocitario, en los rangos de hemoglobina, hematocrito y glóbulos rojos en las mujeres. Las altas cargas de estrógenos e interleucinas 6 y 10 en las mujeres amplían la vida media de células como linfocitos, explicando la diferencia en el recuento leucocitario a expensas de linfocitos encontrados en el presente estudio. Los resultados del presente estudio comparados con

los realizados en otros países muestran diferencias en la mayoría de los parámetros hematológicos, sustentando la aseveración de que cada laboratorio debe establecer sus respectivos valores de referencia, de acuerdo a la población a la que presta sus servicios. 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.

Por su parte, **Cacarin (2019)**, evaluó algunos parámetros indicadores de salud en jóvenes amparados por la fundación cristiana Unbound de Quito; durante el periodo enero – mayo 2018. La investigadora buscó evaluar si existen problemas de anemia, hipercolesterolemia e hipertrigliceridemia, parasitosis e infecciones de vías urinarias en una población de 171 personas de 11 a 26 años de edad, amparados por la Fundación Cristiana UNBOUND Quito; se aplicó pruebas de laboratorio clínico con metodología manual (hemoglobina, hematocrito, colesterol, triglicéridos, elemental y microscópico de orina y coproparasitario) y toma de medidas antropométricas (peso, talla, diámetro abdominal). Los resultados de la prueba usada para la determinación de la concentración de hemoglobina, muestra que el valor promedio fue de  $16,36 \pm 2,183$  g/dl, valor que indica una concentración NORMAL en la población escolar; mientras que la prueba usada para la determinación del porcentaje de hematocrito, muestra que el valor promedio fue de  $49,08 \pm 6,543$  mg/dl, valor que indica una concentración LIGERAMENTE ALTA en la población escolar; es decir la población escolar no sufre de problemas de anemia de la Fundación Cristiana UNBOUND, lo cual descarta proceder al cálculo de prevalencia de anemia.

**Vásquez (2019)**, analizó la variación del hematocrito entre los métodos manual y automatizado asociados con el grado de anemia en el Hospital II Essalud Chocope. La investigación fue de tipo descriptiva correlacional que consideró como población y muestra a los usuarios con diagnóstico de

anemia de ambos sexos entre las edades de 0 a 99 años que se atienden en el laboratorio del Hospital Essalud II-Chocope, los mismos que fueron 373. Como resultados se logró determinar que: el sexo más predominante es el femenino (220), siendo el grupo de edades con mayor proporción de pacientes las de 19 – 40 años (134 casos). Se concluye que no existe relación entre el sexo y el método manual ( $p=0,277$ ) y el método automatizado ( $p=0,243$ ), existiendo relación significativa entre las edades y el método manual ( $P=0,012$ ) y edades con el método automatizado ( $P=0,016$ ); así como también, indicar que la diferencia de los valores de las medias del grado de anemia moderada determinadas para el método manual y el método automatizado fue de 1,57%, con diferencia en la desviación estándar de 0,72% y con coeficiente de variación más consistente en los resultados determinados aplicando el método automatizado de 1,13% respecto a los resultados del método manual, presentando menor dispersión de datos en la aplicación del primer método.

Asimismo, **Sánchez y Sánchez (2018)**, evaluaron la “serie roja e índices hematimétricos en los escolares de los centros educativos del área urbana del cantón santa isabel-2017” mediante investigación de tipo descriptiva y de corte transversal, en donde el universo fue de 1653 y la muestra de 312 escolares. Las muestras sanguíneas fueron procesadas en el contador hematológico Horiba ABX micros ES60 del Laboratorio Clínico del Centro de Diagnóstico y de Especialidades Médicas de la Universidad de Cuenca. De los 312 escolares investigados el 56,1 % fueron mujeres, con edades comprendidas entre de 6 a 13 años, el grupo etario de mayor prevalencia en ambos géneros es el de 9 a 11 años, de ellos el recuento de eritrocitos representa el 6,7 % anemia y el 3,2% poliglobulia; según la determinación de hemoglobina, el 3,2% refleja un valor bajo y el 1,0% alto para la edad; con la misma clasificación en Hematocrito con el 4,5% y 1,0%; Volumen Corpuscular Medio (VCM), el 1,6% y 1,0%; Hemoglobina Corpuscular Media (HCM) con el 9,9% y 0,3% y Concentración media de Hemoglobina

Corpuscular (CHCM) el 1,3% y el 0,6% respectivamente. La información obtenida en esta investigación permitió determinar el estado de salud de la población escolar de Santa Isabel, en relación a la serie roja y sus alteraciones.

Similarmente, **Azogue y Flores (2018)**, estudiaron la biometría hemática y sideremia como ayuda al diagnóstico de anemia en escolares de 5 - 8 años de la Unidad Educativa Simón Rodríguez de Licán, en donde se trabajó con una muestra de 174 estudiantes siendo los mismos beneficiarios. Se realizó un estudio de tipo descriptivo, cuasi experimental, de corte transversal utilizando como instrumento el reporte de resultados. Para llevar a cabo los análisis se utilizaron métodos automatizados, Según los resultados obtenidos durante esta investigación tras haber realizado los pertinentes análisis de biometría hemática, así como también de hierro sérico, se constató que existe un 26,4% de anemia presente en la población escolar estudiada catalogando a la biometría hemática y al hierro sérico como pruebas de gran importancia que nos ayudan a dar un diagnóstico de anemia, a su vez se considera necesario la realización de otras pruebas que den un diagnóstico más certero de anemia.

### **Antecedentes Históricos**

El desarrollo del proceso de automatización en el laboratorio clínico fue discreto durante los siglos XVIII, XIX y primera mitad del XX. Los primeros reportes sobre el conteo de células hemáticas datan del año 1794, cuando utilizando un dispositivo de lentes rudimentarias se realizó la primera descripción precisa de los glóbulos rojos. Más tarde, en el siglo XIX, se pudieron observar las plaquetas y diferenciar las subpoblaciones leucocitarias mediante la tinción con anilinas. El primer método para el recuento electrónico de células sanguíneas fue publicado en 1934; en esta

técnica el conteo se realizaba mediante la detección fotoeléctrica de la luz dispersada. (González, 2010).

Las potencialidades de estos procedimientos no encontraron en aquella época aplicación en la hematología. En un principio la biometría hemática se realizaba de forma manual, lo que exigía numerosas manipulaciones, pero con el reconocimiento que, en ciertas enfermedades, cambiaba el número y el tipo de células en sangre periférica, el número de peticiones aumento considerablemente. Partiendo de esto empezaron a diseñar los primeros contadores hematimétricos automatizados. Ahora estos métodos manuales tradicionales (que siguen siendo los de referencia) fueron 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. (Tapia, 2013).

Los primeros contadores hematológicos fueron desarrollados por Coulter y Crosland-Taylor, con diferente basamento en la medida. No fue hasta 1956, luego de la segunda guerra mundial, que ante la escasez de personal calificado, el aumento de la carga de trabajo y la necesidad en los laboratorios de hematología de ofrecer un recuento celular cada vez más fiable y rápido, se diseñó el primer contador automático de células utilizando los modelos creados en años anteriores. Esto representó el nacimiento del primer contador *Coulter* modelo A. (Villarrubia, 2002; Cruz, 2004; González, 2010).

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. (Bentahar e Izasa, 2006). La mayoría de los contadores

hematológicos usados hoy en día, en centros asistenciales de alta complejidad o de referencia, tienen incorporaciones tecnológicas de avanzada. Por ejemplo: al método tradicional para el recuento de células, denominado impedancia o resistencia eléctrica se le han agregado algunas modificaciones técnicas tales como Editing (circuito revisor de pulsos que en combinación con un transductor Von Behrens reduce la recirculación de células) y Focusing (enfoque hidrodinámico, método que controla la orientación y el número de células que pasan a través de la apertura). Esta combinación de tecnologías proporciona un alto grado de precisión en los resultados, tanto en muestras normales como patológicas (Canalejo y col., 2007).

Actualmente, luego de que se ha usado el recuento diferencial por más de 75 años, la confiabilidad y la exactitud del instrumental automatizado ha alcanzado niveles muy altos. Por ello, donde se dispone de los mismos no es conveniente reemplazarlos por el recuento manual basado en la revisión de solo 100 células. Cada laboratorio debe establecer criterios para revisar los extendidos, basado en las alarmas del instrumento, pero por lo general la revisión está más relacionada con la observación de la morfología de eritrocitos o de plaquetas que a un problema en el recuento diferencial leucocitario (Fink, 2005).

## **Bases Teóricas**

### ***Biometría hemática***

La biometría hemática, también conocida como citometría hemática o hemograma, es uno de los exámenes solicitado al laboratorio con mayor frecuencia, ya que, constituye un examen de apoyo diagnóstico y de gran utilidad, que no solo se restringe a las enfermedades hematológicas sino también a enfermedades de diferentes órganos y sistemas, además de ser

una herramienta de estudio que aporta mayor información al médico sobre la homeostasis de un individuo, al proveer un análisis cuantitativo y cualitativo (Mejía y col., 2019), además de representar la forma de estudio inicial del paciente, también se utiliza para su control evolutivo y terapéutico.

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 (Torrens, 2015). Las magnitudes que constituyen un hemograma son fundamentalmente todas las relacionadas con el recuento celular (eritrocitos, leucocitos y plaquetas), la concentración de Hb, hematocrito (HCT), índices hematimétricos (volumen corpuscular medio -VCM-, hemoglobina corpuscular media -HCM- y concentración de hemoglobina corpuscular media -CHMC-) y la fórmula leucocitaria (Maydana, 2017).

### **La sangre**

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

La sangre es un fluido bombeado por el corazón a través del sistema arterial, venoso y capilar. Tiene el aspecto de un líquido viscoso de color rojo, con un PH ligeramente alcalino de 7,4. La principal función de la sangre es transportar el oxígeno y sustancias nutritivas a las células y eliminar de ellas el dióxido de carbono y otros productos de desecho para su detoxificación y eliminación. La sangre como todo tejido, se compone de células y componentes extracelulares, estas dos fracciones tisulares vienen representadas por: Los elementos formes, también llamados elementos figurados, los cuales son elementos semisólidos y particulados (corpúsculos) representados por células y componentes derivados de células; y el plasma sanguíneo, un fluido translúcido y amarillento que representa la matriz extracelular líquida en la que están suspendidos los elementos formes; que constituyen alrededor de un 45% de la sangre. Tal magnitud porcentual se conoce con el nombre de hematocrito, adscribibles casi en totalidad a la

masa eritrocitaria. El otro 55% está representado por el plasma sanguíneo. (Guerra, 2005; Merino, 2014).

Los elementos formes de la sangre son variados en tamaño, estructura y función, se agrupan en: Las células sanguíneas, que son los glóbulos blancos o leucocitos, células que "están de paso" por la sangre para cumplir su función en otros tejidos; y los derivados celulares, que no son células estrictamente sino fragmentos celulares, están representados por los eritrocitos y las plaquetas, siendo los únicos componentes sanguíneos que cumplen sus funciones estrictamente dentro del espacio vascular (Figura 1).

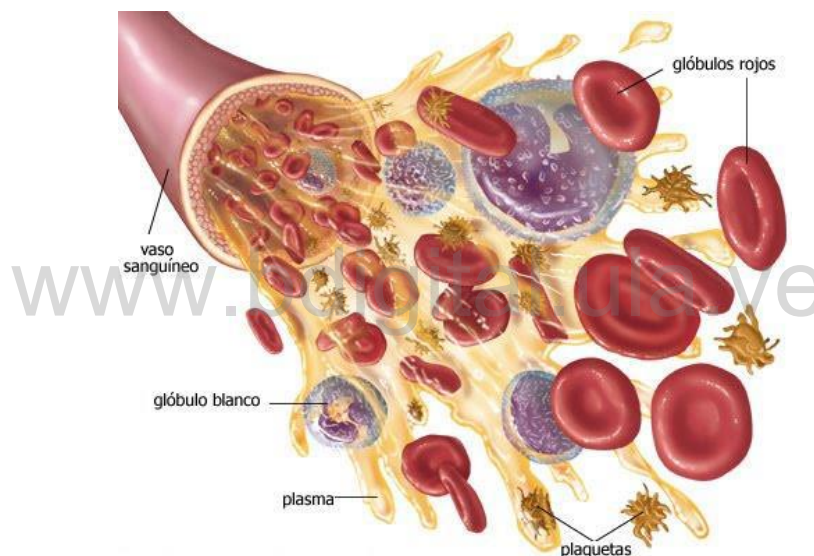


Figura 1. Componentes de la sangre. (Paca y Yerbabuena, 2015).

### **Eritrocito**

Los glóbulos rojos, hematíes o eritrocitos constituyen aproximadamente el 96% de los elementos figurados. Los eritrocitos en humanos adultos se forman en la médula ósea. Su valor normal en sangre en la mujer está entre 4.800.000 y en los hombres 5.400.400 hematíes por  $\text{mm}^3$ . Estos corpúsculos carecen de núcleo y orgánulos, por lo cual no pueden ser considerados estrictamente como células. Los glóbulos rojos maduros carecen de núcleo,

precisamente, porque lo expulsan en la médula ósea antes de entrar en el torrente sanguíneo. (Betancourt y Wilmary, 2013; Sachdev y cols, 2005). En la membrana plasmática de los eritrocitos están las glucoproteínas, que definen a los distintos grupos sanguíneos y otros identificadores celulares. Los eritrocitos tienen forma de disco bicóncavo, deprimido en el centro; esta forma aumenta la superficie efectiva de la membrana. Además, contienen algunas vías enzimáticas y su citoplasma está ocupado casi en su totalidad por la hemoglobina. (Castillo y cols, 2005).

### ***Índices eritrocitarios***

Los índices eritrocitarios establecidos por Wintrobe en los años 30 indican con precisión cuánto mide un eritrocito promedio, en volumen, peso y concentración de hemoglobina (Torrens, 2015). Los índices de glóbulos rojos son parte del conteo sanguíneo completo (CSC) y se utilizan para ayudar a diagnosticar la causa de anemia, una afección en la cual hay muy pocos glóbulos rojos. Los índices abarcan:

- Volumen corpuscular medio (VCM), representa el tamaño promedio de los glóbulos rojos.
- Hemoglobina corpuscular media (HCM), es la cantidad de hemoglobina por glóbulo rojo.
- La cantidad de hemoglobina relativa al tamaño de la célula (concentración de hemoglobina) por glóbulo rojo (CHCM). (Wagner, G., 2005).

#### ***Volumen Corpuscular Medio (VCM)***

Expresa el tamaño de los eritrocitos, es decir, el volumen que tiene un eritrocito por término medio. Se determina por medio de los contadores electrónicos el valor directo de este índice y del número de eritrocitos para así calcular a través de ellos el valor de hematocrito. Sin embargo, por la

técnica clásica, el cálculo es al revés, es decir, se divide el volumen globular comprendido en mm<sup>3</sup> de sangre entre el número de eritrocitos que hay en ese mismo volumen. Para ello se utiliza la fórmula siguiente:

$$VCM = \frac{\text{Hematocrito} * 10}{N \text{ Eritrocitos}} = ( ) fL$$

La unidad de medida es fentolitro (fL) y de acuerdo al resultado permite clasificar en normocítica (78-92 fL), microcítica (< 78 fL) y macrocítica (>92 fL). El valor normal depende de la edad. En neonatos pueden alcanzar valores hasta de 109.6 a 128.4 fL (fentolitro por hematíe), alcanzándose los 80 fL al año, y de 83 a 97 fL para el adulto. (Wagner, 2005; Domellöf, 2007).

#### *Hemoglobina Corpuscular Media (HCM)*

Indica el contenido de hemoglobina que hay en cada eritrocito aproximadamente. Su cálculo se lleva a cabo dividiendo la cantidad de hemoglobina existente en un volumen de sangre por el número de eritrocitos que corresponden a ese mismo volumen, según se expresa en la fórmula siguiente:

$$HCM = \frac{\text{Hemoflobina} * 10}{N \text{ Eritrocito}} = ( ) pg$$

La unidad de medida es el picogramo (pg) y de acuerdo al resultado permite clasificar en normocrómico, hipocrómico e hiperocrómico. Sus valores normales cursan de 33 a 38 pg para el recién nacido, 27 pg en el año de vida del niño, y de 27 a 31 pg para el adulto. (Moy, R., 2006).

#### *Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media (CHCM)*

Corresponde al contenido medio o concentración de hemoglobina por unidad de volumen eritrocitario, es decir, comparado con el hematocrito, el

cual representa el valor comprendido entre el promedio de la concentración de hemoglobina en 100 ml de glóbulos rojos. La unidad de medida es gramos /decilitro (g/dL) y de acuerdo al resultado permite clasificar en normocrómico, hipocrómico e hiperocrómico. Esta concentración se calcula como:

$$CHCM = \frac{\text{Hemoglobina} * 100}{\text{Hematocrito}} = (\ )g/dL$$

Sus valores normales van de 29.7 a 33.5 g/dl para el recién nacido, 34 gr/dL en el año de vida, y de 32 a 36 gr/dL para el adulto. (WHO, 2001).

Los recuentos celulares y hemoglobina pueden ser medidos en forma directa por los autoanalizadores utilizando diferentes métodos como impedancia, difracción de luz, láser y otros, y sus sistemas de cálculo integrado permiten obtener los índices eritrocitarios en forma automática (Torrens, 2015).

### **Hemoglobina**

La hemoglobina contenida exclusivamente en los glóbulos rojos, es una proteína globular intracelular altamente especializada, esférica 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 prostético (Hem), formado por hierro y protoporfirina. Es una proteína tetrámera, que consta de cuatro cadenas polipeptídicas con estructuras primarias diferentes (Mckenzie, 2000).

Según el autor Mckenzie (2000), la hemoglobina presente en los adultos (HbA) tiene dos cadenas  $\alpha$  y dos cadenas  $\beta$ . La cadena  $\alpha$  consta de 141 aminoácidos y una secuencia específica, mientras que la cadena  $\beta$  consiste de 146 aminoácidos con una estructura primaria diferente. 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 tetramérica 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  $\alpha_2\delta_2$ .

La hemoglobina es responsable en realizar el transporte de oxígeno ( $O_2$ ) del aparato respiratorio hacia los tejidos periféricos; y del transporte del dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y protones ( $H^+$ ) de los tejidos periféricos hasta los pulmones para ser excretados. Cada gramo de hemoglobina puede llevar 1,34 mL de oxígeno. Por ser una molécula pesada (con peso molecular: 64.458 Dalton), contribuye sustancialmente al peso de la sangre ya que representa el 33% del volumen total del eritrocito, siendo su contenido normal en la sangre de 13 a 16 g/dL en el hombre, 11 a 15 g/dL en la mujer y en los niños es de 12 a 14 g/dL. Participa en el 90% del peso seco total de la célula. (Mckenzie, 2000; López y Serra, 2001; Jaime, 2009).

### ***Metabolismo de la Hemoglobina***

La síntesis de la hemoglobina se inicia en los eritroblastos a través de dos vías metabólicas diferentes: síntesis del grupo hemo y síntesis de la globina. El grupo hemo está formado por una porfirina (protoporfina IX) que posee un átomo de hierro (II) unido a sus cuatro nitrógenos, y se sintetiza principalmente a partir de succinil coenzima A y glicina. La mayor parte de esta síntesis tiene lugar en la mitocondria. La síntesis de la globina esta codificada por genes situados en los cromosomas 11 y 16. La cadena polipeptídica de globina se sintetiza en los ribosomas. El grupo hemo y la cadena polipeptídica de globina se unen de forma no covalente para formar una cadena de hemoglobina. Dos cadenas de hemoglobina se unen entre si

dando lugar a un dímero. La unión mediante interacciones no covalentes de estos dímeros da lugar a la molécula de hemoglobina (Jaime, 2009).

La degradación de la hemoglobina se produce en el sistema reticuloendotelial donde tiene lugar la fagocitosis de los eritrocitos maduros. La hemoglobina liberada se escinde en globina y grupo hemo. Posteriormente se produce la apertura del anillo de hemo para formar biliverdina y se separa del hierro del tetrapirrol, que es metabolizado a bilirrubina. En los macrófagos el hierro procedente de la degradación de la hemoglobina es reutilizado en la eritropoyesis para formación de hemoglobina, previo transporte a la médula ósea por la transferrina. Mientras que la cadena polipeptídica de globina es digerida y sus aminoácidos son utilizados en diferentes vías metabólicas. (John y Marek, 2011).

### ***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). En este proceso, se pueden apreciar dos niveles, los corpúsculos formes que se sedimentan, y el plasma total que flota. Sus valores de referencia oscilan de 42 a 50% en hombres, de 36 a 45% en mujeres y en los niños (varia con la edad) de 35 a 49%. Valores de hematocrito superiores al 60% o inferiores al 30% deben considerarse inicialmente como patológicos. (Clavo, 1991; Castiñeiras, 2008; Jaime, 2009).

Asimismo, el hematocrito es una fracción volumétrica de hematíes e indicador clave del estado corporal de hidratación, anemia o pérdida grave de sangre, así como la capacidad de la sangre para transportar oxígeno. Una

lectura reducida indica hiperhidratación que aumenta el volumen plasmático, o a una reducción en la cantidad de hematíes debido a anemias o a hemorragias. Un hematocrito alto puede deberse a pérdida de fluidos, como por ejemplo una deshidratación, un tratamiento con diuréticos o quemaduras o bien a un aumento de los hematíes tal como sucede en los trastornos cardiovasculares y renales, la policitemia severa y los problemas de ventilación (Jiménez, 2010).

### ***Valores o rangos de referencia***

Los valores de referencia se definen como un grupo de cantidades mensurables obtenidas ya sea de un grupo de individuos o de un individuo que se encuentra en una situación de salud definida. Para establecer intervalos de referencia es fundamental emplear una muestra representativa de la población a cuantificar (resulta ideal el muestreo aleatorio) y utilizar un tamaño adecuado que permita efectuar las estimaciones con precisión (Iñiguez, 2010).

Existen múltiples publicaciones con valores de referencia para cada una de las poblaciones celulares del hemograma. Los rangos de referencia deben ser establecidos por cada laboratorio de acuerdo a su propia población normal, considerando sexo y edad (Torrens, 2015). Algunos países a nivel mundial han desarrollado investigaciones sobre estandarización de valores referenciales, un ejemplo de ello son los valores normales internacionales que presenta la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Tabla 1).

**Tabla 1:** Índices hematológicos de acuerdo con la edad

Edad	Hb (g/dL)	Hto (%)	VCM (fL)	CHCM (g/%)	Reticulocitos	Leucocitos P (10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup> )	Plaquetas (10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup> )
26-30sem de gestación	13.4	41.5	118.2	37.9	-	4.4	254
32sem	15.0	47	118	32	3-10	-	290
A término (CU)	13.5-16.5	51	108	33	3-7	18.1	290
1-3d	14.5-18.5	56	108	33	1.8-4.6	18.9	192
2 sem	13.4-16.6	53	105	31.4		11.4	252
2m	10.7-11.2	35	95	31.8	0.1-1.7	10.8	
6m	9.4-12.6	36	76	35	0.7-2.3	11.9	
6m-2a	11.1-10.5-	36	78	33		10.6	150-350
2-6a	10.5-12	37	81	34.0	0.5-1	8.5	150-350
6-12	11.5-13.5	40	86	34	0.5-1	8.1	150-350
12-18a							
Hombre	13-14.5	43	88	34	0.5-1	7.8	150-350
Mujer	12-14.0	41	90	34	0.5-1	7.8	150-350
Adulto							
Hombre	13.5-15.5	47	90	34	0.8-2.5	7.4	150-350
Mujer	12-14.0	41	90	34	0.8-4.1	7.4	150-350

Fuente: López, 2016

El organismo humano está sujeto a numerosas variaciones debidas tanto a su propia fisiología como a diferencias genéticas, a la presencia de enfermedades o de los llamados factores ambientales (variabilidad biológica individual y colectiva) (Gómez, 2010). Los cambios que sufren en la pubertad los adolescentes normalmente se inicia a los 11 años en las niñas, y a los 13 años en los niños, y finaliza a los 15 o 16 años. En la pubertad se lleva a cabo el proceso de cambios físicos, en el cual el cuerpo del niño o niña adquiere la capacidad de la reproducción sexual, al convertirse en adolescentes (Paca y Yerbabuena, 2015). Las posibilidades de variación en este proceso son ilimitadas, ya que cada niño sigue un patrón de crecimiento propio, determinado por la influencia de factores genéticos, étnicos y ambientales, acentuados por las diferencias en el momento del inicio del “estirón” puberal. (Mahan y Escott, 2001). La interpretación de los valores atribuidos a las magnitudes hematológicas requiere, por tanto, conocer la influencia de estas variaciones tanto desde el punto de vista individual como colectivo, y a partir de esto disponer de datos fiables con los que poder

comparar los obtenidos tanto en condiciones de salud como de enfermedad (Gómez, 2010).

Por otra parte, los valores de referencia de los índices eritrocitarios varían ligeramente según el analizador hematológico utilizado para efectuar su determinación. Esto obedece a que existe pequeñas diferencias entre los equipos en el procedimiento empleado para calcular el valor hematocrito. Algunos equipos ofrecen un valor hematocrito real, similar al obtenido por centrifugación después de corregir el efecto del plasma atrapado entre los eritrocitos, por lo que los valores suministrados por estos instrumentos varían ligeramente en relación con los obtenidos por centrifugación. En la práctica, estas diferencias metodológicas tienen escasa importancia excepto en caso de intensa hipotermia (anemia ferropénica), en el que el hematocrito suministrado por el analizador puede ser mucho menor que el obtenido mediante centrifugación (Gómez, 2010).

## [www.bdigitalula.ve](http://www.bdigitalula.ve) **La automatización en hematología**

La aplicación de la mecanización y posterior automatización del trabajo analítico, aumenta considerablemente las potencialidades de procesamiento del laboratorio clínico multidisciplinario y permite la realización de un mayor número de determinaciones en menor tiempo, el incremento de los indicadores de calidad (precisión y exactitud) a cifras nunca antes alcanzadas mediante el trabajo manual, la disminución significativa de los costos y el acortamiento en los tiempos de entrega de los resultados al cliente (médicos y pacientes) (Cruz, 2004). La hematología, como una de las principales líneas de trabajo del laboratorio clínico, no permanece ajena al desarrollo de la automatización e incrementa sus potencialidades diagnósticas con el surgimiento y perfeccionamiento de los contadores o analizadores hematológicos cada vez más especializados (Hernández, 2013).

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. En la Figura 2 se muestra el esquema básico de un contador hematológico.

### **Componentes básicos de un contador hematológico**

- *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. (Hernández, 2013 y González, 2010)

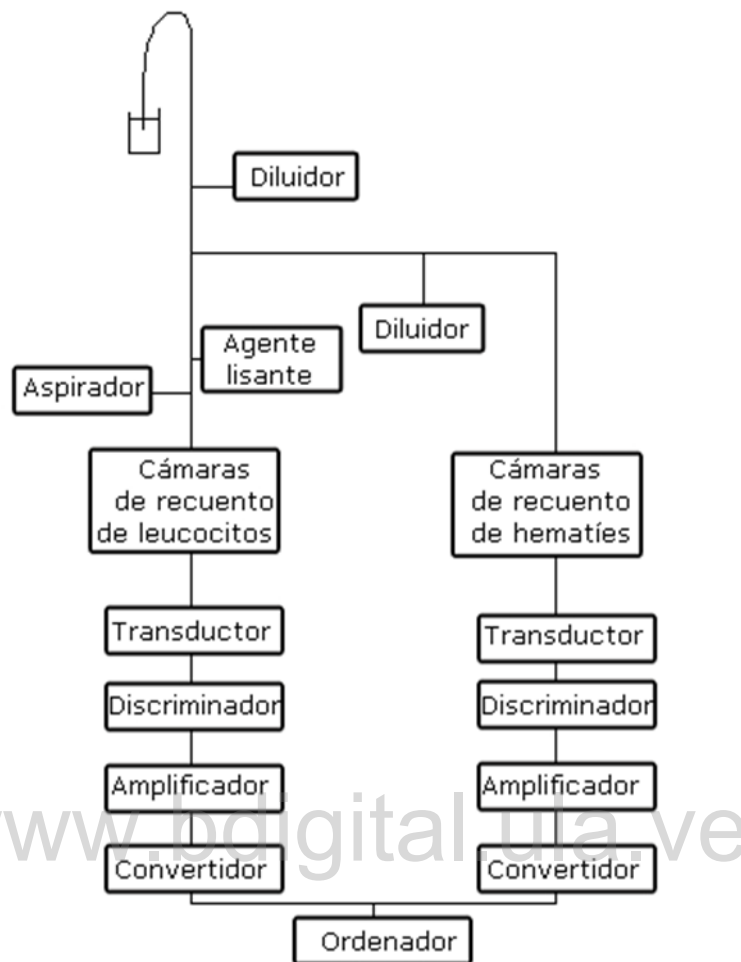


Figura 2: Componentes principales de un contador hematológico. (Hernández, 2013).

### **Principios generales de detección utilizados por los contadores o analizadores hematológicos**

#### *Principio de Coulter*

En el instrumento descrito por Coulter, las células son conducidas a través de un estrecho orificio, detectándose los cambios de impedancia. Ésta es efectivamente medida en la zona sensora situada entre los electrodos colocados a ambos lados del orificio. Así, las células funcionan como aislantes frente a los diluyentes salinos, de modo que la impedancia aumenta transitoriamente a medida que las células pasan a través de la zona sensora.

Los cambios de impedancia transitorios producen impulsos eléctricos que pueden ser contados. Estos instrumentos han sido llamados contadores de apertura-impedancia (Maydana, 2017).

#### *Principio de Crosland-Taylor*

Se basa en hacer que las células pasen a través de un delgado haz de luz. La zona sensora está restringida parcialmente por la estrechez del haz de luz y por el pasaje de células en una corriente de líquido muy delgada. A medida que las células pasan a través de la zona sensora, interceptan el haz de luz que se dispersa, pudiendo ser colectada por un sistema óptico adecuado y medida por un fotómetro. Los aumentos transitorios en la luz dispersada crean impulsos desde el fotómetro, que luego pueden ser contados electrónicamente. Por ello estos sistemas son llamados contadores de dispersión de luz (Maydana, 2017).

Con la utilización de equipos automatizados, el recuento de eritrocitos, HCT y VCM puede obtenerse en la misma cámara de medida. El pasaje de una célula en los equipos basados en apertura-impedancia, o en dispersión de luz, genera un pulso eléctrico de una intensidad proporcional al volumen celular. El número de pulsos generados permite el recuento de eritrocitos. La intensidad del impulso da una idea del tamaño celular (VCM). Entonces, el valor del HCT puede obtenerse multiplicando el valor del recuento de eritrocitos por el valor del VCM. De igual manera, integrando la suma de todos los pulsos generados, se obtendría el HCT. Y luego, multiplicando el valor del HCT por el recuento de eritrocitos, se obtendría el VCM (Maydana, 2017).

#### **Contador Hematimétrico CELL-DYN 1800**

Es un analizador automatizado de muestras biológicas que emplea reactivos específicos para el procesamiento de sangre anticoagulada y que

usa un volumen de 30  $\mu$ 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 CELL.DYN 1800 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 (Manual Cell-Dyn 1800).

## 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 (Rifkin, 1995).

**Adolescencia:** es un periodo de intenso y rápido crecimiento, de desarrollo físico, psíquico y social que demanda un aumento de los requerimientos nutricionales.

**Crecimiento y desarrollo:** periodo durante el cual se alcanza la madurez en sus aspectos: físicos, psicosocial y reproductivo. Esta transformación involucra cambios en el tamaño, organización espacial y diferenciación funcional de los tejidos y órganos.

## Operacionalización de las Variables

### *Variables*

- Hemoglobina
- Hematocrito

**Tabla 2.** Operacionalización de la variable hemoglobina

<b>1.Evento</b>	<b>2.Definición Conceptual ¿Qué es?</b>	<b>3.Definición operacional ¿Cómo se mide?</b>
Hemoglobina	Se define como como la cantidad de hemoglobina presente en sangre, la cual transporta dioxígeno (antiguamente llamado oxígeno), O <sub>2</sub> . (Liddington, Tame, Wilkinson, 1996)	Se puede medir manualmente mediante el método de la cianometahemoglobina, o de forma automatizada mediante un contador hematimétrico.
<b>4.Dimensiones</b>	<b>5.Indicador</b>	
Adolescentes entre 12 – 15 años de edad	Cantidad de dioxígeno en la hemoglobina (gr/dL).	

**Tabla 3.** Operacionalización de la variable hematocrito.

<b>Variable</b>	<b>2.Definición Conceptual ¿Qué es?</b>	<b>3.Definición operacional ¿Cómo se mide?</b>
Hematocrito	El hematocrito es el porcentaje que ocupa la fracción sólida de una muestra de sangre anticoagulada, al separarse de su fase líquida (plasma). Berger, 2013).	Se puede determinar por centrifugación de sangre heparinizada en un tubo de microhematocrito, el método de wintrobe y a través de un analizador automático.
<b>4.Dimensiones</b>	<b>5.Indicador</b>	
Adolescentes entre 12 – 15 años de edad	- Porcentaje de glóbulos rojos en sangre (%).	

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **Tipo de investigación**

La presente investigación se consideró de tipo analítica. Fue un estudio analítico, los cuales según Hurtado (2010) están dirigidos a analizar la correspondencia del evento de estudio con un criterio de análisis y clasificación.

#### **Diseño de la investigación**

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

#### **Población y Muestra**

##### ***Población***

Para Tamayo (2001), la población es la totalidad del fenómeno a estudiar, en donde la unidad de población posee una característica común, la cual se

estudia y da origen a los datos de la investigación. El universo escogido estuvo representado por los adolescentes, pertenecientes a un Colegio Privado, del Municipio Barinas.

### ***Muestra***

La muestra es un subconjunto finito y representativo que se extrae de la población accesible, ésta será de (30) adolescentes del Colegio Generalísimo Francisco De Miranda, distribuidos en 5 grupos de 6 estudiantes.

### ***Unidad de Investigación***

Los pacientes seleccionados fueron aquellos adolescentes, cuyas edades oscilaron entre 12 y 15 años. La distribución de cada grupo se realizó de forma estratificada por año escolar y tomando en cuenta los criterios de inclusión y exclusión, de esta manera, se aseguró la comparabilidad de los grupos de estudios y disminuyó la posibilidad de intervención de factores externos.

### ***Criterios de inclusión***

- Edad comprendida entre 12 a 18 años, ambos sexos aparentemente sanos.
- Declararon libremente su deseo de participar en esta investigación, con el consentimiento y autorización firmada por los padres o representantes legales.
- Ayuno de 8 a 10 horas.
- Sin enfermedades sanguíneas diagnosticadas.

### ***Criterios de Exclusión***

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

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

En el estudio la muestra fue seleccionada a conveniencia según los criterios representativos mínimos de una investigación y el cumplimiento de los criterios que tenga cada estudiante seleccionado del Colegio Generalísimo Francisco De Miranda. Del estado Barinas. Los padres o representantes de estos firmaron una carta de consentimiento (Anexo 1), donde indicaron que estuvieron de acuerdo en que se realizaran estudios sobre sus representados.

### ***Sistema de Variables***

Las variables de esta investigación fueron: Niveles de hemoglobina, hematócrito y factores epidemiológicos. 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 medios materiales que se emplearon para recoger y almacenar la información. Hernández et al, (2008), indican que un instrumento de medición adecuado es el utilizado para registrar datos observables representando verdaderamente los conceptos o variables definidos por el investigador. 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: número de historia, 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), exámenes de laboratorio (hemoglobina y hematocrito).

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

### ***Materiales***

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

### ***Equipos***

- Rotador automático.

- Contador Hematimétrico CELL-DYN 1800.
- Balanza de peso corporal digital.
- Tallímetro.

### **Reactivos**

- Etilendiaminotetraacético (EDTA).
- Diluyente Hematológico CDS.
- CDS sin cianuro Hgb Lytic.
- CDS detergente.

### **Procedimientos de la Investigación**

Se obtuvo el censo poblacional de los alumnos matriculados en un Colegio Privado del Municipio Barinas del Estado Barinas. Se suministró información escrita a los padres o representantes 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 estudiante fecha y hora en la cual le correspondió estar en la institución de acuerdo a la programación a pactar con el director, y coordinador escolar. A todos los estudiantes incluidos en el estudio se le realizó la anamnesis correspondiente para el llenado de la historia clínico-epidemiológica, además de las siguientes evaluaciones: Estado antropométrico y Exámenes de laboratorio.

A cada alumno se le tomó una muestra de sangre venosa (5 mL) de la región ante-braquial, en condiciones de ayuno (8-10 horas), colocado en el tubo tapa morada con anticoagulante (EDTA: ácido etilendiaminotetraacético), para determinar los niveles de hemoglobina y hematocrito.

Las muestras sanguíneas se transportaron y procesaron antes de cumplirse 40 minutos, en Laboratorio bioanalítico "ACZEL".

La determinación cuantitativa de la hemoglobina y hematocrito en sangre se ejecutó por un método automatizado, a través del contador hematimétrico CELL-DYN 1800.

Para llevar a cabo el hemograma 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 READY se iluminará en el panel indicador del estado del analizador, al estar listo, se mostró en la pantalla el cuadro de estado RUN.
- 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 anti coagulada se aspiró a través de la aguja de muestreo una vez presionada la placa táctil para iniciar el ciclo.
- La palabra BUSY del panel indicador se iluminó de color amarillo.
- Al sonar el pitido retiramos el tubo
- La palabra READY apareció en la pantalla una vez completado el ciclo, los resultados se mostraron en la pantalla.
- El procedimiento se realizó igualmente para cada muestra en el menor tiempo posible.

### **Diseño de Análisis**

La información que se obtuvo de la recolección de datos se estructuró, clasificó y tabuló en una base de datos. En cuanto a las técnicas de análisis, éstas fueron seleccionadas de acuerdo con la naturaleza analítica y cuantitativa de la investigación. Los resultados analizados a través de un enfoque cuantitativo se midieron matemáticamente (Palella y Martins 2010). En tal sentido, los datos relacionados con el problema de investigación, Niveles de hemoglobina y hematocrito en correspondencia con el contador hematimétrico CELL-DYN 1800, se expresó cuantitativamente y se interpretaron estadísticamente.

### **Análisis Estadístico**

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 GraphPad Prism versión 5 (GraphPad Software, Inc, La Jolla, USA).

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

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### Análisis de Resultados

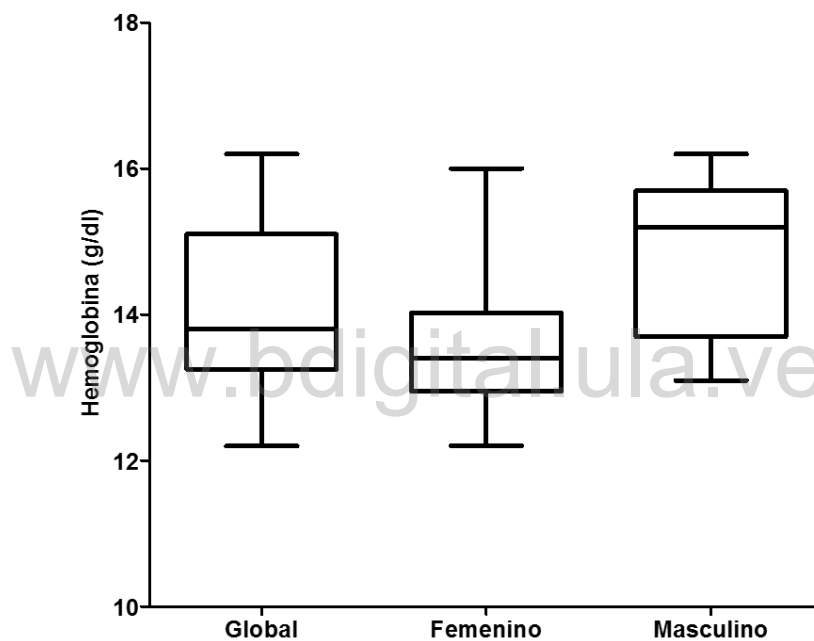
En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos con respecto al promedio de hemoglobina y hematocrito. De acuerdo a la desviación estándar entre cada grupo se pudo constatar que el femenino presentó un rango de hemoglobina entre 12,7 y 14,5 g/dL, en el caso del género masculino el rango es más amplio, oscilando entre 13,8 y 16 g/dL. El intervalo global para este criterio fue de 12,9 a 15,3 g/dL. Sin embargo, la desviación de los valores de hemoglobina según el criterio de evaluación por edad no varió significativamente en ninguno de los rangos establecidos, mostrando un leve aumento para el grupo de mayor edad, el intervalo de referencia en hemoglobina según la edad fue de 12,8 a 15,6 g/dL.

**Tabla 4.** Valores de hemoglobina y hematocrito en los pacientes evaluados, discriminados por sexo y por grupo de edad.

	<b>Hemoglobina (g/dL)</b>	<b>Hematocrito (%)</b>
Sexo		
<i>Femenino</i>	13,6 ± 0,9	40,6 ± 2,8
<i>Masculino</i>	14,9 ± 1,1	44,7 ± 3,1
<i>Total</i>	14,1 ± 1,2	42,2 ± 3,5
Grupo de edad (años)		
<i>15-16</i>	14 ± 1,2	41,9 ± 3,6
<i>17-18</i>	14,4 ± 1,2	43,1 ± 3,4
<i>Total</i>	14,1 ± 1,2	42,2 ± 3,5

Se muestran los valores promedios ± la desviación estándar.

Por otra parte, los valores de hematocrito obtenidos conservaron una desviación más amplia. Para el grupo femenino el rango fue de 37,8 - 43,4% y para el masculino de 41,6 - 47,8%. De acuerdo a la edad se obtuvo una variación significativa. Para los adolescentes de edades comprendidas entre 15 y 16 años, el valor del hematocrito fue de 38,3 - 45,5% más para los de 17 y 18 años fue de 39,7 - 46,5%. De forma global, el rango de hematocrito de todo el grupo fue de 38,7 a 45,7%.



*Figura 3. Valores de Hemoglobina en los sujetos evaluados discriminados por sexo. El gráfico de cajas y bigotes representa los valores máximos, mínimos (bigotes) y la distribución de los datos entre los percentiles 25 y 75 (cajas), se muestra además el valor del percentil 50 o mediana. Las diferencias entre las medianas, se evaluó con la prueba de Mann Whitney, se obtuvo un valor de p de 0,0013. La significancia estadística se consideró para valores de  $p < 0,05$ .*

En la figura 3 se muestra gráficamente la distribución de los datos según la mediana. Para el género masculino se observa una distribución normal con respecto al valor mínimo y máximo de hemoglobina, no obstante, la mayoría de los datos tienden a ubicarse por debajo de la mediana, es decir, la mayoría de los adolescentes masculinos presentan una hemoglobina por

debajo de 14,9 g/dL. Por su parte, los valores de hemoglobina de las adolescentes femeninas se inclinan hacia el límite inferior, pero con tendencia a la mediana, es decir, hemoglobinas alrededor de 13,6% g/dL. En general, la mayoría de los valores de hemoglobina entre el grupo de adolescentes estuvo por encima de 14,1 g/dL, con una distribución normal entre los valores máximos y mínimos obtenidos.

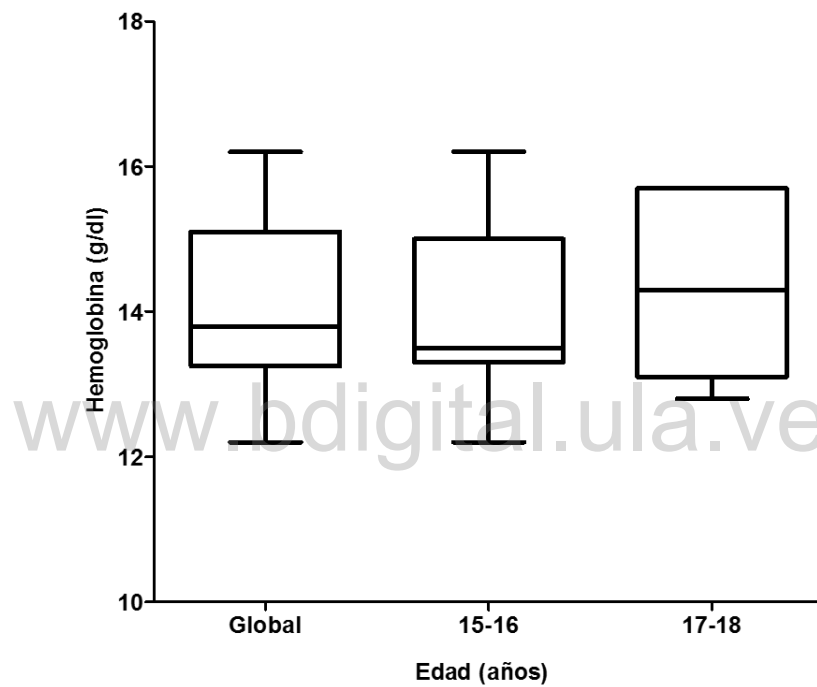


Figura 4. Valores de Hemoglobina en los sujetos evaluados discriminados por grupo de edad. El grafico de cajas y bigotes representa los valores máximos, mínimos (bigotes) y la distribución de los datos entre los percentiles 25 y 75 (cajas), se muestra además el valor del percentil 50 o mediana. Las diferencias entre las medianas se evaluaron con la prueba de Mann Whitney, se obtuvo un valor de p de 0,468. La significancia estadística se consideró para valores de  $p < 0,05$ .

Asimismo, las distribuciones de los datos según la edad se muestran en la figura 4. En donde se pudo evidenciar que la mayoría de los niveles de hemoglobina en el grupo de adolescente se ubican alrededor de los 14 g/dL, aunque para el grupo de edad comprendida entre 15 y 16 años la tendencia

está por encima de la mediana, a diferencia del grupo de 17 y 18 años, que muestra una distribución normal entre todo el intervalo (12,9 – 15,3 g/dL).

Igualmente, la distribución de los datos para los valores de hematocrito respecto al sexo correspondió a un comportamiento similar a la hemoglobina, en donde la mayoría de los adolescentes masculinos presentan un hematocrito por debajo de 44,7%, mientras que el hematocrito medido en las adolescentes esta levemente por debajo de 40,6% alrededor de la mediana, pero significativamente alejado del valor máximo medido (Figura 5).

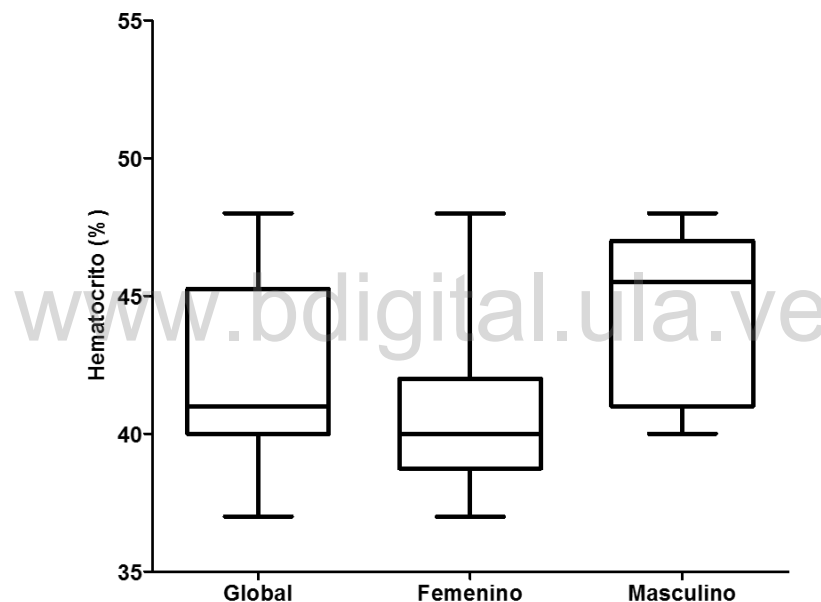


Figura 5. Valores de Hematocrito en los sujetos evaluados discriminados por sexo. El gráfico de cajas y bigotes representa los valores máximos, mínimos (bigotes) y la distribución de los datos entre los percentiles 25 y 75 (cajas), se muestra además el valor del percentil 50 o mediana. Las diferencias entre las medianas se evaluaron con la prueba de Mann Whitney, se obtuvo un valor de  $p$  de 0,0008. La significancia estadística se consideró para valores de  $p < 0,05$ .

En la Figura 6 se muestra el comportamiento de los datos respecto al hematocrito según la edad. Se puede notar que para el grupo de edad 15-16 la distribución es completamente por encima de la mediana (41,9%), mientras que el grupo 17-18 la distribución es más heterogénea a través de todo el intervalo (39,7 – 46,5%).

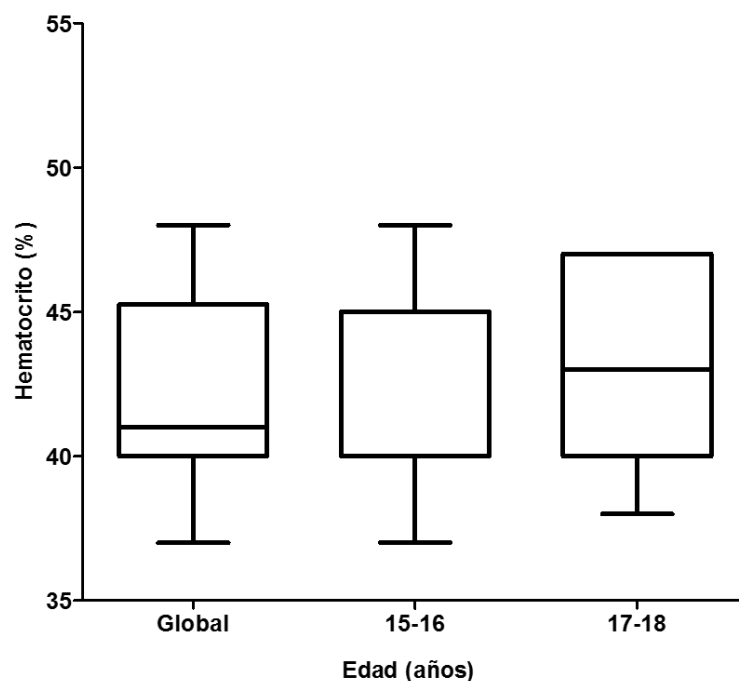


Figura 6. Valores de Hematocrito en los sujetos evaluados discriminados por grupo de edad. El gráfico de cajas y bigotes representa los valores máximos, mínimos (bigotes) y la distribución de los datos entre los percentiles 25 y 75 (cajas), se muestra además el valor del percentil 50 o mediana. Las diferencias entre las medianas se evaluaron con la prueba de Mann Whitney, se obtuvo un valor de p de 0,429. La significancia estadística se consideró para valores de  $p < 0,05$ .

De acuerdo a los rangos de hemoglobina y hematocrito obtenidos, se pudo precisar que, de acuerdo al sexo, el 25% de los adolescentes masculinos (10% del total de la muestra estudiada) tenían un nivel de hemoglobina bajo con un valor de hematocrito normal. Sin embargo, el grupo femenino presentó un 5,6% de adolescentes con un valor de hematocrito alto y un nivel de hemoglobina normal. Lo que indica que el 75% de adolescentes masculinos y el 94,4% de adolescentes femeninas presentan valores de hemoglobina y hematocrito entre los rangos de referencias estudiados dentro del grupo. Cabe señalar que, de la muestra total de adolescentes evaluada, el 60% correspondían al sexo femenino, estas eran 18 adolescentes, por lo tanto, el 40% restante correspondían a 12 adolescentes del sexo masculino (Tabla 5).

**Tabla 5.** Valores de hemoglobina y hematocrito en los pacientes evaluados, discriminados por sexo.

	Sexo		Total	Valor de p
	Femenino	Masculino		
Valor de hemoglobina				<u>0,025</u>
<i>Bajo</i>	0 (0)	3 (25)	3 (10)	
<i>Normal</i>	18 (100)	9 (75)	27 (90)	
<i>Total</i>	18 (100)	12 (100)	30 (100)	
Valor de hematocrito				0,406
<i>Alto</i>	1 (5,6)	0 (0)	1 (3,3)	
<i>Normal</i>	17 (94,4)	12 (100)	29 (96,7)	
<i>Total</i>	18 (100)	12 (100)	30 (100)	

Se muestran las frecuencias absolutas y los valores relativos (porcentajes). La significancia estadística se evaluó con la prueba Chi cuadrado. Los valores de  $p < 0,05$  se consideraron estadísticamente significativos.

Según el grupo de edad, en la tabla 6, se evidenció que del 25% de los adolescentes masculinos con niveles de hemoglobina baja, el 16,6% pertenecían al grupo de 15 y 16 años (8,7% del total de pacientes) y el 8,4% al grupo de 17-18 años (1,3% de los pacientes). La femenina que cursaba con un nivel de hematocrito alto pertenecía al grupo de 15-16 años de edad. El 91,3% de los adolescentes con edades comprendidas entre 15 y 16 presentaron un nivel de hemoglobina normal con una variación del 4,4% para los niveles de hematocrito. Mientras que el grupo de 17-18 años de edad presentaron un 85,7% normal en sus niveles de hemoglobina con una variación de 14,3% para los valores de hematocrito.

De los 30 adolescentes quienes conformaban el tamaño muestral de la investigación, 23 tenían entre 15 y 16 años de edad y 7 entre 17 y 18 años.

**Tabla 6.** Valores de hemoglobina y hematocrito en los pacientes evaluados, discriminados por grupo de edad.

	Grupo de edad (años)		Total	Valor de p
	15-16	17-18		
Valor de hemoglobina				0,666
<i>Bajo</i>	2 (8,7)	1 (1,3)	3 (10)	
<i>Normal</i>	21 (91,3)	6 (85,7)	27 (90)	
<i>Total</i>	23 (100)	7 (100)	30 (100)	
Valor de hematocrito				0,575
<i>Alto</i>	1 (4,3)	0 (0)	1 (3,3)	
<i>Normal</i>	22 (95,7)	7 (100)	29 (96,7)	
<i>Total</i>	23 (100)	7 (100)	30 (100)	

Se muestran las frecuencias absolutas y los valores relativos (porcentajes). La significancia estadística se evaluó con la prueba Chi cuadrado. Los valores de  $p < 0,05$  se consideraron estadísticamente significativos.

www.bdigital.ula.ve

Por otra parte, según los resultados obtenidos, a pesar de que no hubo variabilidad significativa entre los grupos de edad, en la Figura 7 y 8 se puede notar que la mayoría de los adolescentes que estuvieron por encima y por debajo de la media, tanto para hemoglobina como para hematocrito, tienen 16 años de edad, la distribución de los datos es relativamente homogénea con una tendencia central hacia los 16 años de edad. Al analizar los valores de hemoglobina con respecto a los de hematocrito (Figura 9), se puede considerar que conservan una relación exponencial. Se evidenció que, al relacionar la concentración de hemoglobina y el porcentaje de hematocrito, se habla de una prevalencia de hematocrito del 40% en la población de estudio, pero con niveles de hemoglobina variable.

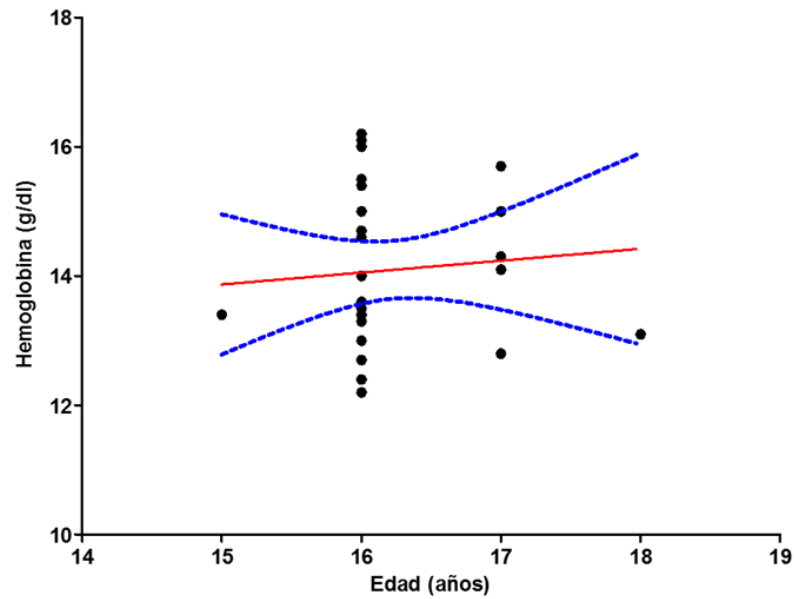


Figura 7. Análisis de correlación entre la edad y los niveles de hemoglobina en los jóvenes evaluados. Se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson ( $R^2$ ) de 0,0078 y un valor de  $p$  de 0,641. La significancia estadística se consideró para valores de  $p < 0,05$ .

www.bdigital.ula.ve

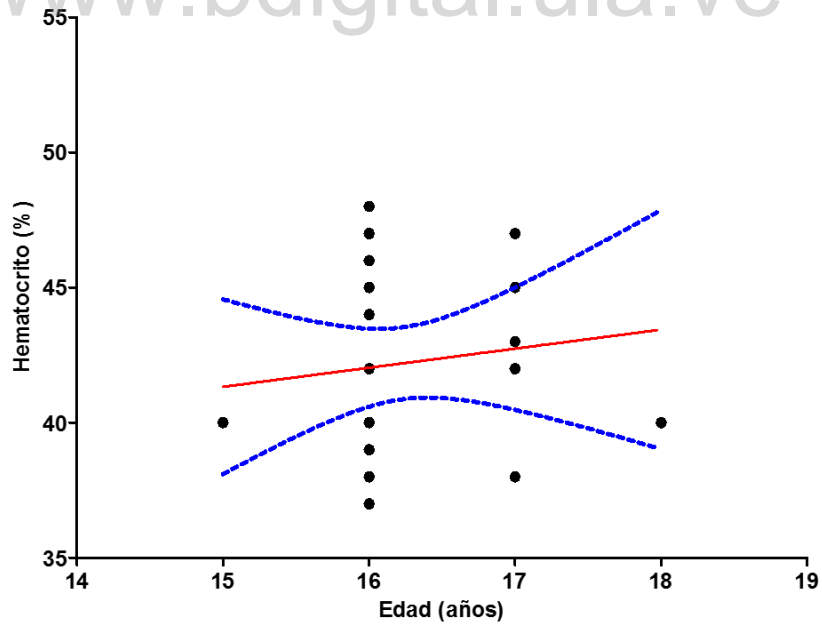


Figura 8. Análisis de correlación entre la edad y los niveles de hematocrito en los jóvenes evaluados. Se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson ( $R^2$ ) de 0,0128 y un valor de  $p$  de 0,550. La significancia estadística se consideró para valores de  $p < 0,05$ .

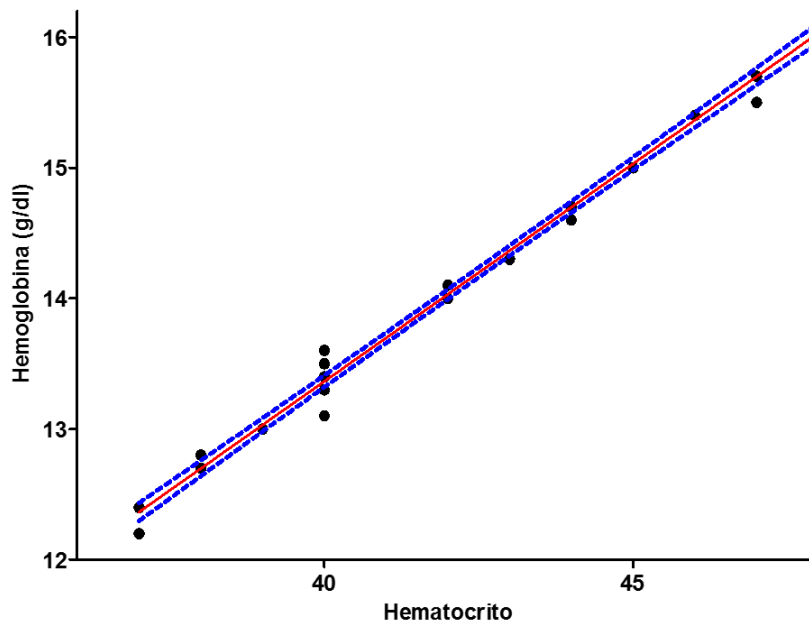


Figura 9. Análisis de correlación entre el hematocrito y los niveles de hemoglobina en los jóvenes evaluados. Se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson ( $R^2$ ) de 0,9928 y un valor de  $p < 0,0001$ . La significancia estadística se consideró para valores de  $p < 0,05$ .

www.bdigital.ula.ve

### Discusiones de la Investigación

Los valores hematológicos son de particular importancia en la práctica diaria en el laboratorio, pues a partir de ello se toman varias decisiones, ya sean diagnósticas, terapéuticas y/o de monitoreo. Sin embargo, estos valores suelen variar en relación a características individuales y condiciones del entorno en que se desenvuelve una determinada población. A lo anterior, se suma el hecho de que los parámetros hematológicos son por su comportamiento de variación biológica analitos de poca individualidad, es decir que la variación esperada intra e inter individual, frente a la variación total del grupo poblacional son próximas, lo que les hace analitos particularmente aptos para la aplicación del concepto poblacional de “valor de referencia” (Ortubé, 2014).

La presente investigación estuvo integrada por un grupo de 30 estudiantes del Colegio Generalísimo “Francisco de Miranda” de la Ciudad de Barinas, estado Barinas. En este grupo predominó el sexo femenino con 18 adolescentes que corresponden al 60% de la población estudiada y de 12 adolescentes masculinos que representaron el 40%. El mayor grupo de edad identificado fue de 15 – 16 años con 23 casos que correspondió al 76,6% de los adolescentes y el 23,4% pertenecientes al grupo de 17-18 años de edad. Sin embargo, los resultados obtenidos para la estratificación etaria, estadísticamente, no tienen mayor relevancia debido a que, en una investigación realizada por Molina y col. (2013), los valores de los parámetros hematológicos obtenidos no varían significativamente en muestras poblacionales homogéneas con respecto a las edades. Además, la población del presente estudio no contó con las características y rangos etarios para dicha estratificación.

Los valores hematológicos obtenidos en la población de estudio, en general, son similares a los registrados en la literatura, ubicándose dentro de los límites de normalidad dados por la OMS. En relación a la hemoglobina se obtuvo niveles normales en un 90% y disminuidos en un 10%, indiferentemente del sexo y grupo etario. Para el sexo femenino se obtuvo un rango de 12,7 a 14,5 g/dL y para el masculino de 13,8 a 16,0 g/dL. El estudio para hematocrito refiere niveles normales en un 96,7% y disminuidos en un 3,3% en ambos criterios estudiados. El rango obtenido para este parámetro fue de 37,8% a 43,4% en adolescentes femeninas y de 41,6% a 47,8% para masculinos.

Según los resultados de la prueba usada para la determinación de la concentración de hemoglobina en la investigación de Cacarin (2019), muestra que el valor promedio fue de  $16,36 \pm 2,183$  g/dl, valor que indica una concentración NORMAL en la población escolar; mientras que la prueba usada para la determinación del porcentaje de hematocrito, muestra que el valor promedio fue de  $49,08 \pm 6,543$  mg/dl. Esto demuestra que existe cierta

similitud en los resultados obtenidos, con una variación levemente aumentada con respecto a esta investigación. Sin embargo, según la determinación de hemoglobina en el trabajo de Sánchez y Sánchez (2018), el 3,2% refleja un valor bajo y el 1,0% alto para la edad; con la misma clasificación en Hematocrito con el 4,5% y 1,0%; lo que se correlaciona en cierta medida con los resultados obtenidos. La diferencia se considera por la población estudiada en el estudio de los autores mencionados.

De acuerdo a esto se encontraron valores superiores en hombres con respecto a mujeres tanto para la hemoglobina como para hematocrito. 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. Se ha descrito que la testosterona estimula la eritropoyesis, pero igualmente inhibe la ventilación pulmonar generando una reducción en la saturación arterial de oxígeno. Sin embargo, lo anterior se ve compensado por un aumento progresivo de eritrocitos y hemoglobina que a su vez se refleja en los cambios de parámetros hemáticos y a la comparación por género. El periodo menstrual también puede explicar los rangos menores de hemoglobina, hematocrito y glóbulos rojos en mujeres, debido a la pérdida de sangre en cada ciclo y al tiempo que lleva reponer lo perdido por parte de la médula ósea, esto lleva a un aumento de la eritropoyetina que puede inducir, además de un estímulo en la eritropoyesis (Mejías y col., 2019).

Por otra parte, en relación a las valoraciones hematimétricas con respecto al uso del contador automatizado se puede considerar un método fiable que según investigaciones realizadas, como la de Vásquez (2019) establecen que la diferencia de los valores de las medias determinadas para el método manual y el método automatizado es de 1,57%, con diferencia en la desviación estándar de 0,72% y con coeficiente de variación más consistente en los resultados determinados aplicando el método automatizado de 1,13%

respecto a los resultados del método manual, presentando menor dispersión de datos en la aplicación del primer método. Cabe resaltar que, en cuanto a la edad, la misma autora afirma que existe relación significativa entre las edades y el método manual ( $P=0,012$ ) y edades con el método automatizado ( $P=0,016$ ), en la cual se consideró un rango de edad amplio (0-99 años).

En consecuencia, esto permitió sustentar la aseveración de que cada laboratorio debe establecer sus respectivos valores de referencia, de acuerdo a la población a la que presta sus servicios. La diferencia en los valores hematimétricos entre adolescentes femeninas y masculinos 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 (Mejías y col., 2019). El contar con parámetros propios y confiables, permitirá mejorar la interpretación de los resultados obtenidos en el laboratorio, la calidad del diagnóstico, seguimiento y tratamiento de las diferentes patologías.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

El trabajo de investigación realizado y los resultados obtenidos permitieron llegar a las siguientes conclusiones:

1. Los objetivos planteados en la investigación se alcanzaron en totalidad con satisfacción. Los índices hematimétricos de hemoglobina y hematocrito para el grupo femenino fueron de  $13,6 \pm 0,9$  g/dL y  $40,6 \pm 2,8\%$ , y de  $14,9$  g/dL  $\pm 1,1$  y  $44,7 \pm 3,1\%$  para el masculino, respectivamente, dando así respuesta a la pregunta de investigación formulada.
2. No existe diferencia significativa respecto a la variabilidad biológica de acuerdo a la edad, la desviación estándar, en relación a la hemoglobina, para cada uno de los grupos evaluados y el grupo en general es la misma  $14 \pm 1,2$ , estadísticamente despreciable. Para los valores de hematocrito la variación es mínima entre los diferentes grupos según la edad  $41,9 \pm 3,6$   $43,1 \pm 3,4$ , sin embargo, tienen mayor apreciación estadística.
3. Las posibilidades que nos brindó la automatización, mediante el contador hematimétrico CELL-DYN 1800, permitió mejorar la fiabilidad del método, la rapidez en la obtención de los resultados, la bioseguridad del operador, y todo con un costo razonable. La variación de los resultados con respecto a métodos manuales es significativa.

## Recomendaciones

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

- Profundizar el estudio con mayor número de muestras e incrementar el rango de edades en sus límites inferiores.
- Tomar en cuenta la medición de otros parámetros hemáticos que ayuden a estandarizar valores de referencia por zonas geográficas en nuestro país.
- Realizar un estudio comparativo con procedimientos manuales y automatizados para determinar la variación que existe entre cada método.

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

## BIBLIOHEMEROGRAFÍA

- Adair, G. (1925). A critical study of the direct method of measuring the osmotic pressure of hæmoglobin. *Proc. R. Soc. Lond. A* 108 (750): 292-300. doi:10.1098/rspa.1925.0126.
- Ariza, J. (1998). Nutrición y calidad de vida. Un binomio inseparable. *Arch Latinoam Nutr*, 38(1), 209-218.
- Azogue, D. y Flores, N. (2018). Biometría hemática y sideremia como ayuda al diagnóstico de anemia en escolares de 5 - 8 años de la Unidad Educativa Simón Rodríguez de Licán. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Chimborazo. Facultad de Ciencias de la Salud. Ecuador.
- Balestrini, M. (2002). Cómo se elabora el proyecto de investigación. 6° ed. ED. BL Consultores Asociados. Pp. 201-202.
- Bentahar. A, Izasa S. (2006). Nuevas aplicaciones clínicas en los analizadores hematológicos de la serie LH. *Haematologica* (ed. española). Pp: 9-146
- Bernard J. (1984). Diagnóstico y tratamiento clínico por el laboratorio. 7° ed. ED. Salvat – Barcelona. España 1984. Pp. 146-152.
- Betancourt F, Wilmary J. (2010). Anemia por deficiencia de hierro en niños de 3 a 5 años de edad del grupo de educación inicial de la escuela “San Jonote”, Ciudad Bolívar, estado Bolívar”. Universidad de Oriente. Disponible en: <http://ri.biblioteca.udo.edu.ve/>.
- Blakeslee S. (2013). Nuevas ideas sobre Hemoglobina [Revista de internet] [acceso 15 de diciembre de 2017]. Disponible en:

[https://www.elpais.com/articulo/sociedad/nuevas/ideas/hemoglobina/elpepisoc/1999110elpepisoc\\_157test/](https://www.elpais.com/articulo/sociedad/nuevas/ideas/hemoglobina/elpepisoc/1999110elpepisoc_157test/)

Cacarin, K. (2019). Indicadores de salud en jóvenes amparados por la fundación cristiana Unbound de Quito; durante el periodo enero – mayo 2018. (Tesis de grado). Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Químicas. Ecuador.

Canalejo, K.; Tentoni, J.; Aixalá, M. y Jelen, A. (2007). Valores de referencia del hemograma en embarazadas, con tecnología actual. *Bioquímica y Patología Clínica*, 71(2): 52-54

Castillo M, Coy L, Mora A, Oliveros A. (2005). Utilidad del índice receptor de transferrina-ferritina en el diagnóstico diferencial de deficiencias de hierro. *Nova*; 3(03):114-5.

Castiñeiras, J. (2008). *Bioquímica clínica y Patología molecular*; 2da Edición, Editorial Reverté. Pág: 768.

Clavo J. (1991). 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 Practicas Pre-Profesionales para obtener el título de químico farmacéutico. Perú.18-19, 23.

Cruz, C. (2004). Automatización del laboratorio clínico. En: Suardíaz JH, Cruz CL, Colina AJ. *Laboratorio Clínico*. La Habana: Ciencias Médicas. Pp. 56-9.

DiMeglio, G. (2000). Nutrition in adolescence. *Pediatr Rev.* [Revista en línea.] 21(1), 32-33. Disponible: <http://www.who.int/topics/nutritions/es/> [Consulta: 2017, Noviembre 29].

- Domellöf M. I (2007). Iron requirements, absorption and metabolism in infancy and childhood. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 10:329-35.
- Dwyer, J. (1993). Nutrition and adolescent In: Suskind RM, Leslie Lewinter-Suskind (Eds.). *Textbook of Pediatric Nutrition* (2a. ed.) New York: Raver Press.
- Engelhard, J. (1825). *Commentatio de vera materia sanguini purpureum colorem impertientis natura* (en latin). Göttingen: Dietrich.
- Fink, N. (2005). Automatización en hematología. *Hematología*, 9(1): 4-16
- Funke, O. (1851). Über das milzvenenblut. *Z Rat Med* 1: 172-218.
- Gómez, D. (2010). Valores referenciales de la concentración corpuscular media de hemoglobina (CHCM) en la población estudiantil femenina de 12 a 19 años de los colegios fiscales de la ciudad de Loja. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Loja. Área de la Salud Humana. Ecuador.
- González, J. (2010). *Tecnología y métodos de laboratorio clínico*. 3a ed. Barcelona: Elsevier Masson.
- Guerra M. (2005). Aportes Tecnológicos en las intervenciones nutricionales poblacionales. *Anuales Venezolanos de Nutrición*; 18 (1): 55-63.
- Guyton A. (2001). *Tratado de la Fisiología Médica*. 10° ed. ED. Interamericana McGraw-Hill. Barcelona. España 2001. Pp. 465-466.
- Harrison C. (1991). *Principios de medicina interna*. Tomo 2. 12° ed. ED. Interamericana McGraw-Hill. México. 1991. pp. 189.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2008) *Metodología de la investigación* (4ª. Ed.). México: McGraw-Hill.

Hernández, L. (2013). Avances y aplicación clínica de la citometría hemática automatizada. *Hematología*; 29(1):1- 20

Holden, C. (2005). Blood and Steel. *Science* 309 (5744): 2160. doi:10.1126/science.309.5744.2160d.

Hoppe, S. (1866). Über die oxydation in lebendem blute. *Med-chem Untersuch Lab* 1: 133-140.

Hünefeld F.L. (1840). Die Chemismus in der thierischen Organization. *Leipzig*.

Hurtado J. (2010). *El proyecto de investigación comprensión holística de la metodología de la investigación*. 8va ed. Caracas: GAVILAN; p. 45-55.

Iñiguez, C. (2010). Valores referenciales de la hemoglobina corpuscular media en la población estudiantil masculina de 12 - 19 años de los colegios fiscales de la ciudad de Loja. (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Loja. Área de la Salud Humana. Ecuador.

Jaime, J. (2009). *Hematología de la sangre y sus enfermedades*. 2da. ed., México D.F.-México., Mc Graw Hill., Pp. 17-21.

Jiménez, M. (2010). *Medicina de Urgencias*. 3ra Edición, Barcelona; Editorial Elsevier. págs. 27-28.

John, B. Marek D. (2011). *Bioquímica Médica*. 3º ed, Barcelona. Pags. 33-34.

Lichman A. (1984). *Hematología clínica*. 2° ed. ED. Interamericana. México D.F. 1984. pp. 1, 7,9.

Liddington R, Tame J, Wilkinson A (1996). Crystal structure of T state hemoglobin with oxygen bound at all four haems. *J. Mol. Biol.* 256 (4): 775–920.

López M, Serra D. (2001). Anales de Pediatría: *Publicación Oficial de la Asociación Española de Pediatría (AEP)*, 74(6) pp 15-21.

López, N. (2016). La biometría hemática. *Acta Pediatr Mex.*; 37(4):246-249.

Mahan, L. y Escott, S. (2001). *Nutrición y dietoterapia de Krause* (10a. ed.) México. McGraw-Hill.

Manual CELL-DYN 1800 - [<https://gmi-inc.com/abbott-cell-dyn-1800-hematology-analyzer.html>].

Marin, G. (2008). *Hematología*, 1° Edición, Buenos Aires. Pág: 1-2.

Maydana, L. (2017). Utilidad de los parámetros del contador hematológico en el diagnóstico de anemias: marcadores bioquímicos clásicos. *Hematología*; 21(Extraordinario): 120-125

Mckenzie, S. (2000). *Hematología clínica* (2ª ed.) México. El Manual moderno, S.A.

Mejía, S. y col. (2019). 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. *IATREIA*; 32(2): 92-101

- Menenghello, R., Fanta, E., Paris, E., y Puga, T- (1997). *Aspectos Biológicos del desarrollo. Pediatría Menenghello* (5ª. ed.). Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Merino J. (2004). Anemias en la Infancia. *Anemia ferropénica Pediátrica Integral*; VIII (5): 385-403.
- Molina, K. Vargas, E. Tavera, S. Pérez, R. Mantilla, Y. y Cardona J. (2013). Intervalos biológicos de referencia del hemograma en personas sanas, Medellín, 2012. *Medicina & Laboratorio*; 19(5-6):267-81.
- Moy, R. (2006). Prevalence, consequences and prevention of childhood nutritional iron deficiency: a child public health perspective. *Clin. Lab. Haematol.* pgs 280-291.
- Ortubé, C. (2014). Determinación de valores de referencia de la hematimetría en una población entre 15 a 49 años de las localidades de Tarabuco (3284 m.s.n.m) y Zudáñez (2200 m.s.n.m). Chuquisaca 2011. En *Tópicos Selectos de Química*. Bolivia: ECORFAN. P. 50-105.
- Paca, M. y Yerbabuena, M. (2015). Importancia de los índices hematimétricos para calcular el porcentaje de adolescentes que puedan presentar anemia por sangrado en su ciclo menstrual en el colegio experimental superior riobamba, durante el período septiembre 2013 febrero 2014. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Chimborazo Facultad de Ciencias de la Salud. Ecuador.
- Palella S. y Martins, F. (2010). Introducción a la Investigación. En: *Metodología de la Investigación Cuantitativa*. 2da ed. Caracas: FEDUPEL. p. 55-56.

Perutz, M. (1960). Structure of hemoglobin. *Brookhaven symposia in biology* 13: 165-83. PMID 13734651.

Pérez L (2009). Hierro sérico y Hemoglobina en lactantes sanos de 1 a 6 meses de edad, de estrato socioeconómico bajo que acuden al Ambulatorio Urbano tipo III Dr. Daniel Cameja Acosta, Barquisimeto. UCLA DECANATO DE CIENCIAS DE LA SALUD. pp. 54.

Rifkin, J. (1995). *The End of Work: The Decline of the Global Labor Force and the Dawn of the Post-Market Era*. Putnam Publishing Group. pp. 66, 75.

Sachdev H, Gera T, Nestel P. (2005). Effect of iron supplementation on mental development in children: systematic review of randomized controlled trials. *Public Health Nutr.* 8:117-32.

Sánchez, G. y Sánchez, M. (2018). Serie roja e índices hematimétricos en los escolares de los centros educativos del área urbana del cantón santa isabel-2017. (Tesis de grado). Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias Médicas. Ecuador.

Spear, B. (1996) Adolescent growth and development, In: *Rickert*. 5ta ed. *Adolescent Nutrition: Assessment and Managment* (3-24) New York: Chapman and Hall.

Tamayo, M. (2001). *El proceso de investigación científica* (4a ed.). México: Limusa.

Tapia, S. y Olga, N. (2013). Identificación de un factor de corrección para hematocrito y hemoglobina, realizado entre un método automatizado y un método manual. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.

Torrens, M. (2015). Interpretación clínica del hemograma. *Rev. Med. Clin. Condes*; 26(6) 713-725

Urdaneta Z. (2013). Valores Hematológicos y perfil de Hierro en prescolares con estado de nutrición normal y obesa.

Villarrubia, J. (2002). Avances en el diferencial leucocitario automatizado. Criterios para la revisión del hemograma y sistemas expertos de validación automática. *Haematologica* (edición española). Pp: 43-138.

Wagner, G. (2005). La anemia: Consideraciones Fisiopatológicas, Clínicas y terapéuticas. Anemia Working Group Latin America. FUNDANEMIA.

WHO. (2001). Iron deficiency anaemia. Assessment, prevention and control: A guide for programme managers. WHO/NHD/01.3. Geneva: World Health Organization.

# Anexos

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

## **Anexo 1. Consentimiento Informado para la recolección de datos del trabajo de investigación**

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

Requiero y autorizo al Laboratorio Bioanalítico "ACZEL", para que se realice en mi representado las pruebas requeridas y la toma de muestra antes mencionada a 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 DE MI REPRESENTADO AL EXPONER SU HISTORIAL Y ANTECEDENTES CLÍNICOS.

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

**Firma del Representante**

**Firma del Paciente**

**Firma de los Tesistas**

## Historia Clínico-Epidemiológica

N° de historia: \_\_\_\_\_

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

### Datos personales del paciente:

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

Sexo: \_\_\_\_\_ Fecha de nacimiento: \_\_\_\_\_ Cedula: \_\_\_\_\_

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

### Antecedentes Familiares:

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

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

### Antecedentes Personales:

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

Alérgicos: \_\_\_\_\_

Quirúrgicos: \_\_\_\_\_

Medicación actual: \_\_\_\_\_

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

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

### Anexo 3. Procedimiento de la Investigación

