



FACULTAD DE CIENCIAS DEL TRABAJO Y COMPORTAMIENTO HUMANO

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“RELACIÓN DE LA HEMOGLOBINA Y HEMATOCRITO CON LA
ALTURA EN LA POBLACIÓN MASCULINA
OPERATIVA ENTRE 25 Y 45 AÑOS DE UNA CONSTRUCTORA DEL
NORTE DE QUITO EN EL PERIODO FEBRERO A DICIEMBRE
2020”**

Realizado por:

YADIRA LISETH MENDEZ ENCALADA

Directora del proyecto:

Dra. CINDY ELIZABETH BURBANO CARRERA

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERA EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Quito, 19 de marzo de 2021

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, YADIRA LISETH MÉNDEZ ENCALADA, con cédula de identidad # 1004024673, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría que no ha sido previamente presentado por ningún grado a calificación profesional y, que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



Yadira Liseth Méndez Encalada

C.C.: 1004024673

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“RELACIÓN DE LA HEMOGLOBINA Y HEMATOCRITO CON LA ALTURA
EN LA POBLACIÓN MASCULINA OPERATIVA ENTRE 25 Y 45 AÑOS DE UNA
CONSTRUCTORA DEL NORTE DE QUITO EN EL PERIODO FEBRERO A
DICIEMBRE 2020”**

Realizado por:
YADIRA LISETH MÉNDEZ ENCALADA

como Requisito para la Obtención del Título de:
INGENIERA EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

ha sido dirigido por la profesora:
Dra. CINDY ELIZABETH BURBANO CARRERA

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



Dra. Cindy Elizabeth Burbano Carrera

DIRECTORA

PROFESORES INFORMANTES

Después de revisar el trabajo presentado. Lo ha calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.



Dra. Pamela Alexandra Merino Salazar



Dra. Yolis Yajaira Campos Villalta

DEDICATORIA

Abuelito que desde el cielo me estas mirando, te dedico este trabajo, ya que siempre fuiste una persona honesta entregada a su trabajo y familia, pero más que esto fuiste una persona que me enseñó como salir adelante sin importar los obstáculos que se nos presente en la vida siempre hay que ser un triunfador.

Que Dios te tenga en su Gloria, se que ahora eres un ángel en mi vida que siempre guiara cada paso que doy.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por su amor, trabajo consejos y sacrificio en todos estos años, me formaron con reglas y algunas libertades, pero siempre me motivaron a conquistar mis sueños, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí.

A mis hermanas que siempre han sido mi mano derecha y mi ancla en este caminar, por estar siempre presentes y darme su hombro cuando más lo necesito, a lo largo de mi vida.

Índice general del contenido

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN JURAMENTADA.....	iii
DECLARATORIA	iv
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
1. CAPITULO I	1
1.1 Problema de la investigación.....	1
1.1.1 Formulación del problema	2
1.1.2 Objetivo General	2
1.1.3 Objetivo Especifico	2
1.1.4 Justificación.....	2
1.2 Marco Teórico	4
1.2.1 Estado actual del conocimiento sobre el tema.	4
1.2.2 Adopción de una perspectiva teórica.	8
1.2.3 Hipótesis.....	28
1.2.4 Identificación y caracterización de las variables.....	29
2. CAPITULO II MÉTODO	31
2.1 Tipo de estudio.....	31
2.2 Modalidad de la investigación.....	31
2.3 Método	31
2.4 Población y muestra	31
2.4.1 Población.....	31
2.5 Selección del instrumento de investigación	31

3.	CAPITULO III RESULTADOS	33
3.1	Presentación y análisis de resultados	33
3.1.1	Características sociodemográficas	34
3.1.2	Análisis de resultados.....	40
4.	CAPITULO IV DISCUSIÓN	42
4.1	Conclusiones	42
4.2	Recomendaciones.....	44
5.	MATERIALES DE REFERENCIA	45

Índice de tablas

Tabla 1	Concentraciones de hemoglobina para diagnosticar anemia al nivel del mar (g/l)±.....	26
Tabla 2	Ajustes de las concentraciones de hemoglobina medidas en función de la altitud sobre el nivel del mar	27
Tabla 3	Identificación de las variables dependientes.....	29
Tabla 4	Identificación de las variables independientes.....	30
Tabla 5	Valores de hemoconcentración.....	33
Tabla 6	Valores de hematocrito y hemoglobina en relación a la altura	41

Índice de figuras

Figura 1.	La figura ilustra las edades del grupo en estudio.	34
Figura 2	.La figura ilustra las diferentes ocupaciones que existen en la construcción.	35
Figura 3	.La figura ilustra el estado civil del grupo en estudio.....	36
Figura 4.	La figura ilustra la instrucción que tiene el grupo en estudio.....	37
Figura 5.	La figura ilustra los valores de hematocrito en relación con la edad.....	38
Figura 6.	La figura ilustra los valores de hemoglobina en relación con la edad.....	39
Figura 7	La figura ilustra los valores de la media de la hemoglobina y el hematocrito del grupo en estudio	40

RESUMEN

Trabajo investigativo en el cual se presenta los cambios de hemoglobina y hematocrito por diferentes etiologías: sexo, edad, etnia y altura mayores a 2500msnm. La variación en la presión barométrica a diferentes alturas y la adaptación fisiológica del organismo producen en las personas alteraciones cardíacas, hematológicas e incluso la muerte; el objetivo de esta investigación es determinar la relación de la hemoglobina y hematocrito con la altura en la población masculina operativa entre 25 y 45 años de una constructora del norte de Quito en el periodo febrero a diciembre 2020. Este estudio utilizó un diseño exploratorio descriptivo, se trabajó con una muestra de 44 individuos, a una altura de 2790msnm todos de género masculino, Se aplicó una ficha de recolección de datos estadísticos para obtener la información necesaria de la población en estudio, para dar respuesta a las variables de la investigación, identificándose todos como mestizos, casados con un nivel de instrucción en su mayoría primaria con un 57%. Se evidencia los valores de hemoconcentración en la población de estudio que se encuentran dentro de los parámetros normales con una media de hematocrito de 50,40% y media de hemoglobina de 16,76 g/dl. Llegando a la conclusión que la altura no influye sobre los valores normales de la hemoglobina y hematocrito y los pocos porcentajes de variación pueden ser producidos por otras patologías que no se relacionan con la altura.

Palabras claves: Altura, Hemoconcentraciones, Hematocrito, Hemoglobina.

ABSTRACT

Investigative work in which hemoglobin and hematocrit change by different etiologies such as: sex, age, ethnicity, and heights greater than 2500 meters above sea level. The variation in barometric pressure at different altitudes and the physiological adaptation of the organism produces cardiac and hematological alterations including death in people; The objective of this research is to determine the relationship between hemoglobin and hematocrit with the height in the male operative population between 25 and 45 years old of a construction company in the north of Quito since February to December 2020. This study used a descriptive exploratory design, we worked with a sample of 44 individuals, at a height of 2790 above mean sea level all are male gender, a data collection sheet was applied to obtain the necessary information from the studied population, to respond all the researched variables, identifying all the population as “mestizos”, married with a level of education mostly elementary with a 57%. The hemoconcentration values in the studied population are within normal parameters with a mean hematocrit of 50.40% and a mean of hemoglobin of 16.76 g / dl. Concluding that height does not influence the normal values of hemoglobin and hematocrit and the few percentages of variation can be produced by other pathologies that are not related with the height.

Keywords: Altitude, Hemoconcentration, Hematocrit, Hemoglobin.

CAPITULO I

1.1 Problema de la investigación

En América muchas poblaciones de ciudades y capitales importantes se ubican en zonas de altitud como en el caso de Leadville (3045 m) y Denver (1584 m) en Colorado, Estados Unidos; México DF (2240 m) y Toluca (2680 m) en México; San José de Costa Rica (1160 m); Bogotá (2640 m) en Colombia; Quito (2790 m) en Ecuador; La Paz (3600 m) y Sucre (2904 m) en Bolivia. (Gonzales G. , 2011)

Los diferentes tipos de mecanismos que emplea el organismo cuando se enfrenta a una situación de hipoxia incluyen la acomodación, la aclimatación y la adaptación. La acomodación es la respuesta inicial a la exposición aguda a la hipoxia de altura y se caracteriza por aumento de la ventilación y de la frecuencia cardiaca. La aclimatación se presenta en los individuos que están temporalmente expuestos a la altura y, que, en cierto grado, les permite tolerar la altura. En esta fase hay un incremento en la eritropoyesis, se incrementa la concentración de hemoglobina y mejora la capacidad de transporte de oxígeno, se le conoce también como aclimatación adquirida. La adaptación es el proceso de aclimatación natural donde entran en juego las variaciones genéticas y la aclimatación que les permiten a los individuos nacer, crecer y reproducirse en la altura en forma natural y normal. Para conseguir la adaptación se requiere el paso de muchas generaciones

Los valores de hemoglobina y hematocrito están determinados por variables como sexo, edad, etnia; la altura es otro determinante de importancia puesto que la variación en la presión barométrica a diferentes niveles sobre el nivel del mar y la adaptación fisiológica del organismo a la misma influye en estos valores. Por esta razón es necesario que cada población conozca sus valores hematológicos en relación con sus propios determinantes. (Gómez, y otros, 2013)

Realizar actividades o vivir en ciudades de altura aumentan el recuento de hematocrito. En alturas más elevadas, la disponibilidad de oxígeno se reduce con respecto a la normal, en tales circunstancias, el cuerpo aumenta la producción de eritrocitos para satisfacer la demanda de oxígeno, todo esto ayuda a aumentar el volumen de los glóbulos rojos. (Trompetero A. , 2025).

Ecuador es un país que se encuentra en la mitad del mundo y alberga los volcanes más altos; sin embargo, existen pocas investigaciones que determinan valores referenciales en relación a la altura, y no existen estudios con porcentajes actuales de incidencia de enfermedades

relacionadas con el aumento de hemoglobina y hematocrito en relación a las diferentes alturas. (Paredes, 2018) Quito específicamente el sector Iñaquito se encuentra a una altitud de 2.790m sobre el nivel del mar, y en la construcción existe un desconocimiento total por parte de las personas de adquirir enfermedades originadas por los factores sociodemográficos propios del lugar en donde trabajan y los valores de hemoglobina y hematocrito en relación a la altura.

1.1.1 Formulación del problema

¿Cómo se relaciona la hemoglobina y hematocrito con la altura en la población masculina operativa entre 25 y 45 años de una constructora del norte de Quito?

1.1.2 Objetivo General

Determinar la relación de la hemoglobina y hematocrito con la altura en la población masculina operativa entre 25 y 45 años de una constructora del norte de Quito en el periodo febrero a diciembre 2020.

1.1.3 Objetivo Especifico

- Identificar las características sociodemográficas del grupo en estudio.
- Especificar el comportamiento de la hemoglobina y hematocrito a 2790 msnm, con el fin de aportar conocimientos sobre la fisiología de la altura.
- Elaborar una guía de educación y prevención de patologías relacionadas con los cambios de hemoglobina y hematocrito.

1.1.4 Justificación

En el mundo, más de 140 millones de personas habitan permanentemente en zonas por encima de los 2500 metros de altura en condiciones de hipoxia debido a la baja presión parcial de oxígeno, que determina importantes cambios en el organismo en la que destaca el incremento en la producción de glóbulos rojos. (Gonzales G. , 2011)

Una de las patologías que se producen en la altura es la eritrocitosis, la cual se desarrolla de forma sistemática de acuerdo como transcurren varios meses o años en personas que habitan a grandes alturas, la misma que no es debido solo a la hipoxia, sino que también intervienen otras variables como la edad, altura, sexo, etnia, estilo de vida, socioeconómico y laboral. (Amaru R. , 2013)

El síndrome clínico de desadaptación crónico a la altura se produce cuando los mecanismos de adaptación no cumplen con la compensación de oxígeno en grandes alturas, caracterizado con el incremento de los valores normales del hematocrito y hemoglobina, con una disminución de la presión atmosférica y la presión parcial del oxígeno, dando origen a alteraciones cardíacas, hematológicas e incluso la muerte. (Trompetero G. J., 2015)

Contar con valores hematológicos de referencia es de particular importancia, pues a partir de ellos se toman varias decisiones, ya sean diagnósticas, terapéuticas y/o de monitoreo. Tradicionalmente, se han asumido valores de referencia obtenidos a partir de otras poblaciones, con las consiguientes diferencias étnicas, de altitud, genéticas y medioambientales. A esto se suma el hecho de que, en el Ecuador, y particularmente en la ciudad de Quito, no se encuentra disponible ningún estudio (Narvaes, 2008) de valores de referencia en trabajadores de la construcción residentes en zonas de altura. De aquí la necesidad de este estudio técnico científico, de relevancia social para la determinación de índices de hematocrito y hemoglobina, particularmente en la ciudad de Quito, que se encuentra a una altura promedio de 2.850msnm

Los datos de esta investigación permitirán una mejor interpretación de los resultados del estudio sobre la influencia de la determinación de índices de hematocrito y hemoglobina y su relación con la altura, trabajo que se lo realizará mediante un examen de sangre para determinar los valores que reportan el grupo en estudio con el fin de establecer sus causas y consecuencias.

El impacto va ser en el ámbito educativo, dirigido a la comunidad universitaria y en general acogerán con beneplácito este aporte a la ciencia médica.

Este proyecto es factible de ejecutar porque se dispone de los recursos, humanos, tecnológicos, materiales, bibliográficos, temporales y económicos que serán aportados por la investigadora.

1.2 Marco Teórico

1.2.1 Estado actual del conocimiento sobre el tema.

1.2.1.1 Policitemias y variación de valores para hemoglobina, hematocrito, recuento globular y volemia en relación a la altura

Un estudio realizado en el año 2016 por los estudiantes de la Universidad de Cuenca acerca de la altura y la baja presión de oxígeno atmosférico, producen un efecto de tipo fisiológico, con producción de eritropoyetina que estimula la médula ósea, dando lugar a una mayor formación de glóbulos rojos reflejado en un aumento de hematocrito, hemoglobina y recuento globular, dependiendo además de factores como el peso, talla, edad, estado hemodinámico y la altura sobre nivel del mar. La policitemia hipobárica, se presenta de acuerdo se aumenta la altura, mostrando que los valores más bajos están en las poblaciones de Sarayunga y Guamalote a 100 metros sobre el nivel del mar; en Cuenca a 2560 metros sobre nivel del mar, sus valores son mayores que en las poblaciones anteriores. Los valores sanguíneos de hematocrito, hemoglobina y leucocitos están influenciados por la altura e hipoxia. Dichos valores son mayores en el sexo masculino, a diferencia del femenino, lo único que no presenta mayor diferencia son los valores de los leucocitos

1.2.1.2 Comportamiento de la concentración de Hemoglobina, el Hematocrito y la saturación de oxígeno en una población universitaria en Colombia a diferentes alturas.

Un estudio realizado en el año 2015 en el país de Colombia, nos muestra las adaptaciones del organismo a la altura, las variables hemoglobina, hematocrito y saturación arterial de oxígeno, las mismas que han sido investigadas a diferentes alturas, principalmente a nivel del mar y a alturas por encima de los 2600 metros sobre el nivel del mar, con el incremento de la altitud los valores de Hematocrito y la Hemoglobina se incrementaron, mientras la Saturación descendió. Los

hombres presentaron valores más altos que las mujeres el Hematocrito y la Hemoglobina en, relacionado con valores más bajo de Saturación que las mujeres.

La disminución en la presión barométrica causa un descenso en la presión parcial del oxígeno generando hipoxia. Ante estos cambios el organismo activa sistemas de compensación para mantener la homeostasis, como por ejemplo incrementar la concentración de hemoglobina y el hematocrito. Estas respuestas varían de acuerdo al tiempo de exposición a la hipoxia ambiental, clasificándose en respuestas agudas a crónicas.

1.2.1.3 Valores referenciales de hemoglobina en la población estudiantil masculina de 12-19 años de los Colegios Fiscales de la Ciudad de Loja.

La siguiente investigación se realizó en el año 2016 en la ciudad de Loja en la cual nos da a conocer los parámetros hematológicos referenciales de acuerdo a las características propias de la población. El objetivo de esta investigación fue establecer valores referenciales de hemoglobina en la población estudiantil masculina comprendida entre 12-19 años de los colegios fiscales de la ciudad de Loja, con una muestra total de 524 estudiantes. El valor referencial de hemoglobina obtenida fue de 12,8 a 17,2 g/dl con un valor promedio de 15 g/dl,

Los valores referenciales de Hemoglobina en jóvenes de acuerdo a datos obtenidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) son: 13.0-17.0 g/dl 17; así mismo se han realizado varios estudios a nivel Mundial, Latinoamericano, nacional y local, sobre valores referenciales de hemoglobina , los cuales han sido comparados con los valores referenciales que da la Organización Mundial de la Salud (OMS) en lugares , cuya ubicación es aproximadamente de 2.160 m.s.n.m y de 1.300 a 1.500 m.s.n.m5 , encontrándose variación entre los datos y aquellos que refiere la O.M.S.

1.2.1.4 Hemoglobina y testosterona: importancia en la aclimatación y adaptación a la altura

La siguiente investigación se realizó en Perú en el año 2011 tratando los diferentes mecanismos que emplea el organismo cuando se enfrenta a una situación de hipoxia incluyen la

acomodación, la aclimatación y la adaptación. La acomodación es la respuesta inicial a la exposición aguda a la hipoxia de altura y se caracteriza por aumento de la ventilación y de la frecuencia cardíaca. La aclimatación se presenta en los individuos que están temporalmente expuestos a la altura y, que, en cierto grado, les permite tolerar la altura. En esta fase hay un incremento en la eritropoyesis, se incrementa la concentración de hemoglobina y mejora la capacidad de transporte de oxígeno. La adaptación es el proceso de aclimatación natural donde entra en juego las variaciones genéticas y la aclimatación que les permiten a los individuos vivir sin dificultad en la altura. La testosterona es una hormona que regula la eritropoyesis y la ventilación, podría estar asociada con los procesos de aclimatación y adaptación a la altura. La eritrocitosis excesiva que conduce al mal de montaña crónico es causada por una baja saturación arterial de oxígeno, una ineficiencia ventilatoria y reducida respuesta ventilatoria a la hipoxia. La testosterona se incrementa en la exposición aguda en la altura y en los nativos de altura con eritrocitosis excesiva. Los resultados de las investigaciones actuales permitirían concluir que el incremento de la testosterona y de la hemoglobina son buenas para la aclimatación adquirida pues mejoran el transporte de

oxígeno, pero no para la adaptación a la altura, dado que valores altos de testosterona en suero se asocian con eritrocitosis excesiva.

1.2.1.5 Cambios hematológicos en relación con la altura en los miembros del club de andinismo, “Los Halcones” de La ciudad de Riobamba en el período julio a noviembre 2013.

La presente investigación tuvo como finalidad investigar los cambios hematológicos que ocurren en deportistas que realizan sus actividades en la altura, como es el caso del “Club de andinismo los Halcones”, en el coloso Chimborazo, que se encuentra ubicada a 6,268 metros sobre el nivel del mar en la provincia de Chimborazo. Más de 40 millones de personas viven a más de 3,000 metros de altura y unos 140 millones viven a más de 2,500 metros; viajar a estas regiones de grandes altitudes puede ocasionar problemas médicos. Sin embargo, el organismo posee adaptaciones a corto y largo plazo que le permiten compensar, en forma parcial la falta de oxígeno. Los andinistas utilizan estas adaptaciones para mejorar su rendimiento, pero existe un límite para dicha adaptación, los montañistas a las altitudes superiores a los 8,000 metros

refieren como la “Zona de la muerte”, donde ningún cuerpo humano puede aclimatarse. Teniendo en cuenta estos parámetros se realizó los análisis hematológicos correspondientes, tomando muestras de sangre total antes y después del ascenso al coloso, para determinar los cambios fisiológicos que producen cuando los miembros de dicho club realizan sus actividades en las alturas. Hay que recalcar que el procesamiento de las muestras de sangre se realizó manualmente en el laboratorio obteniendo resultados relevantes fisiológicos y hematológicos como es la Poliglobulia. La investigación aportó algunos mecanismos para minimizar este problema y de alguna manera concientizar a los miembros del club la importancia de realizarse exámenes de laboratorio clínico para la prevención y buen estado de salud, siendo esta investigación un aporte hacia el club y el andinismo en general.

1.2.1.6 Valores hematológicos de referencia en mujeres embarazadas que acuden al hospital general Enrique Garcés a 2.850 metros de altura, en Quito.

Un estudio realizado en la ciudad de Quito en el año 2016 por un estudiante de la Universidad central del Ecuador muestra que la variación en los criterios de normalidad de la concentración de hemoglobina e indicadores hematimétricos afectan directamente al diagnóstico clínico de anemia siendo el Ecuador uno de los países más afectados por esta situación en comparación con otros países de Latinoamérica. Los grupos más vulnerables son las mujeres en edad fértil y los niños menores de cinco años.

Se establecieron valores hematológicos de referencia en mujeres embarazadas residentes en la ciudad de Quito a una altura característica de 2.850 msnm. En relación al análisis de los parámetros hematológicos maternos, se observaron diferencias significativas en todos los parámetros evaluados con respecto a los valores reportados en otras poblaciones. La concentración de hemoglobina, el hematocrito y los índices corpusculares tuvieron un ascenso significativo con respecto con los valores reportados en otras poblaciones, al ser los sensibles a los cambios de altura.

1.2.1.7 Valores de referencia hematológicos en población alto andina ecuatoriana, empleando analizador sysmex xe-2100

Un estudio realizado en el 2007 en Quito nos da a conocer los valores de referencia de la biometría hemática que son particularmente críticos de determinarse para las poblaciones de altura, pues la disminución de la presión parcial de oxígeno, asociada a una disminución de la presión barométrica, estimula la eritropoyesis, ocasionando policitemia fisiológica, incrementando entonces los indicadores con ella relacionada, dentro de los que se incluye la hemoglobina, proteína transportadora de oxígeno.

Tradicionalmente se han asumido valores de referencia obtenidos a partir de otras poblaciones, con las consiguientes diferencias étnicas, de altitud, genéticas y medioambientales. A esto se suma el hecho de que en el Ecuador y particularmente en la ciudad de Quito, el último estudio de estimación de valores de referencia, se lo hizo en 1985, empleando metodologías disponibles en el momento y que son diferentes a las empleadas hoy en los laboratorios.

1.2.2 Adopción de una perspectiva teórica.

1.2.2.1 Composición de la sangre

1.2.2.1.1 La sangre.

La sangre consta de una parte líquida, el plasma sanguíneo, en el que se encuentran elementos formes (las células sanguíneas) en suspensión. La sangre es de color rojo debido a la presencia de hemoglobina en los hematíes. Su viscosidad y su densidad están relacionadas con la cantidad de hematíes y su presión osmótica, sobre todo, con su contenido en proteínas. Su pH se encuentra entre 7.35- 7.45.

Los glóbulos rojos suministran oxígeno desde los pulmones a los tejidos y órganos. Los glóbulos blancos combaten las infecciones y son parte del sistema inmunitario del cuerpo. Las plaquetas ayudan a la coagulación de la sangre cuando sufre un corte o una herida. La médula ósea, el material esponjoso dentro de los huesos, produce nuevas células sanguíneas. (NIH, 2019)

El volumen de sangre circulante o volemia es la cantidad total de sangre que tiene un individuo y representa aproximadamente el 8% del peso corporal (5.5 L en un hombre de 70 Kg y 250 ml en un recién nacido que pese 3.2 Kg). Del volumen sanguíneo total, alrededor de 1 litro se

encuentra en los pulmones, 3 litros en la circulación venosa sistémica y el litro restante se reparte entre el corazón, las arterias sistémicas, las arteriolas y los capilares. (Palacios, 2018)

Normalmente, la composición del plasma se mantiene siempre dentro de unos límites seguros desde un punto de vista biológico, gracias a diversos mecanismos homeostáticos (homeostasia = equilibrio). Distinguimos entre plasma y suero:

El plasma es la parte líquida de la sangre sin coagular.

El suero es el líquido sobrenadante que queda cuando la sangre total se coagula, por lo que tiene una composición similar a la del plasma, aunque sin fibrinógeno ni otros factores de la coagulación. Existen 3 tipos de células en la sangre:

- Glóbulos rojos o eritrocitos o hematíes
- Glóbulos blancos o leucocitos: Granulocitos o leucocitos granulares (neutrófilos, eosinófilos y basófilos). Agranulocitos o leucocitos agranulares (linfocitos y monocitos)
- Plaquetas o trombocitos. (Palacios, 2018).

1.2.2.1.2 Hematopoyesis

La hematopoyesis es el proceso de formación, maduración y paso a la circulación sistémica de las células de la sangre. Los 3 tipos de células sanguíneas no se originan en la sangre, sino que solamente la emplean para realizar sus funciones o para desplazarse de un lado a otro. En realidad, proceden de un precursor común o célula madre que se origina en el tejido hematopoyético de la médula ósea y que es pluripotencial porque puede diferenciarse en cualquier tipo de célula sanguínea. En la vida embrionaria la hematopoyesis tiene lugar en el hígado, bazo y ganglios linfáticos. En la última parte del embarazo y después del nacimiento tiene lugar en la médula ósea de todos los huesos. A partir de los 20 años, la médula ósea de los huesos de las extremidades es invadida por células adiposas (médula amarilla) y la médula ósea activa persiste en algunos huesos como son las vértebras, el esternón, las costillas, los huesos planos de la pelvis y los extremos del húmero y el fémur. A medida que pasan los años la médula ósea de estas zonas se va haciendo también menos productiva (Palacios, 2018)

1.2.2.2 Células sanguíneas

1.2.2.2.1 Eritrocitos o hematíes o glóbulos rojos.

El eritrocito (hematíe o glóbulo rojo) humano fue descrito por Leeuwenhoek ya en 1674. Es una de las células más especializadas y, al no tener organelas citoplásmicas, no puede sintetizar proteínas, no puede llevar a cabo reacciones oxidativas, ni tampoco sufrir mitosis. (Piedras, 2005)

Son el tipo de célula más numerosa de la sangre ya que constituyen el 99% de los elementos formes de la sangre su tiempo de vida es limitado (unos 120 días). Tienen forma de discos bicóncavos, con un diámetro medio de 8 micras, son muy finos y flexibles y pueden deformarse para circular a través de los capilares más estrechos.

En el hombre normal su número es de unos 5,200.000/mm³ (5x10¹²/litro ó 5 billones de hematíes por litro de sangre) y en la mujer 4,700.000/mm³ (4,7x10¹²/litro) de sangre. Su principal función es la de transportar la hemoglobina y, en consecuencia, llevar oxígeno (O₂) desde los pulmones a los tejidos y dióxido de carbono (CO₂) desde los tejidos a los pulmones.

La hemoglobina (Hb) es la responsable del color rojo de la sangre y es la principal proteína de los eritrocitos (hay unos 15 g/dl de sangre). Cada molécula de Hb está formada por 4 subunidades y cada subunidad consiste en un grupo hemo (que contiene 1 átomo de hierro) unido a una globina. La fracción con hierro de la Hb se une de forma reversible al O₂ para formar oxihemoglobina.

El hematocrito representa la proporción del volumen sanguíneo total que ocupan los hematíes. En condiciones normales es del 38% (±5) en la mujer y del 42% (±7) en el hombre.

El volumen corpuscular medio (VCM) es el volumen medio de cada eritrocito. Es el resultado de dividir el hematocrito por el número de hematíes. Su valor normal esta entre 82-92 fl (fentolitros). Si es mayor se dice que hay una macrocitosis y si es menor, una microcitosis.

La hemoglobina corpuscular media (HCM) es el contenido medio de Hb en cada eritrocito. Es el resultado de dividir la cantidad de hemoglobina total por el número de hematíes. Su valor normal es de unos 28 pg (picogramos) (Palacios, 2018)

1.2.2.3 Eritropoyesis

La eritropoyesis es el proceso de formación y maduración de los eritrocitos y dura, aproximadamente, una semana. A partir de las unidades de células progenitoras formadoras de colonias eritrocíticas (UFC-E) se forma la primera célula precursora de la serie roja: el

proeritroblasto. Los proeritroblastos se dividen y forman distintos tipos de eritroblastos que van madurando y sintetizando hemoglobina (Hb). Una vez se ha llenado el citoplasma de estas células con hemoglobina, el núcleo se condensa y es expulsado de la célula, dando lugar al reticulocito (forma joven de hematíe), que pasa al interior de los capilares sanguíneos para circular por la sangre. En el plazo de 1 a 2 días, cada reticulocito se transforma en un hematíe. A causa de su vida breve, la concentración de los reticulocitos, en condiciones normales, es un poco menor del 1% de todos los hematíes circulantes. Durante la transición de reticulocito a hematíe se pierden las mitocondrias y los ribosomas con lo que desaparece la capacidad de realizar el metabolismo oxidativo y de sintetizar Hb, de modo que los hematíes maduros cubren sus necesidades metabólicas a partir de la glucosa y la vía glucolítica, produciendo grandes cantidades de 2,3 difosfoglicerato. Hay dos factores reguladores de la producción de hematíes, que son la eritropoyetina y la oxigenación tisular para mantener regulada, dentro de límites muy estrechos, la masa total de eritrocitos en el sistema circulatorio. Siempre hay un número adecuado de eritrocitos disponibles para proporcionar el suficiente oxígeno (O₂) a los tejidos, sin que sea excesivo para dificultar la circulación de la sangre. La eritropoyetina es el principal factor estimulador de la producción de hematíes. Es una hormona circulante que se produce en los riñones en su mayor parte (80-90%) y, el resto, en el hígado, lo que explica que, cuando enferman los 2 riñones se produzca una anemia muy importante ya que la eritropoyetina formada en el hígado solo es suficiente para producir la 1/3 parte de los hematíes necesarios. El efecto de esta hormona consiste en estimular la diferenciación de las células de las UFC-E a proeritroblastos y el resto de células hasta llegar al eritrocito y acelerar la maduración de las mismas. Cuando la médula ósea produce glóbulos rojos con gran rapidez, muchas de las células pasan a la sangre en su fase inmadura así que el porcentaje de reticulocitos puede ser un 30-50% de los hematíes circulantes. La oxigenación tisular es el otro gran factor regulador de la producción de hematíes. Cualquier situación que provoque una disminución en el O₂ transportado a los tejidos aumenta la formación de eritrocitos, a través de la estimulación de la producción de eritropoyetina. Sucede, por ejemplo, en el caso de una anemia aguda producida por una hemorragia (gran disminución del número de eritrocitos) o en la exposición crónica a grandes alturas (en que hay una disminución de la concentración de oxígeno en el aire atmosférica). (Palacios, 2018).

1.2.2.4 Testosterona y eritropoyesis

La testosterona regula la eritropoyesis en diversas especies de mamíferos incluyendo a los humanos de ambos sexos. La eritrocitosis excesiva es el principal problema asociado con la administración de testosterona en varones adultos mayores. La testosterona parece actuar directa e indirectamente para estimular la eritropoyesis, también incrementa los niveles de hemoglobina y hematocrito de manera dosis dependiente sin un aumento asociado en los niveles de eritropoyetina . Si bien se ha demostrado un efecto de testosterona sobre las células progenitoras eritroides, recientes estudios demuestran que la testosterona también tiene la capacidad de regular la disponibilidad de hierro en el organismo. El hierro es un importante componente de la hemoglobina, y su deficiencia conduce a anemia.

La hepcidina, un polipéptido producido en el hígado, es la principal hormona reguladora del hierro que media la homeostasis de las concentraciones extracelulares de hierro. La hepcidina actúa regulando la entrada de hierro al plasma a partir de los tejidos: enterocitos duodenales que absorben hierro de la dieta, hepatocitos que almacenan hierro y de los macrófagos que reciclan hierro de los eritrocitos seniles . La hepcidina se liga y degrada el transportador en el canal de hierro, ferroportina . La elevación de hepcidina resulta en menor absorción intestinal de hierro y con ella menor disponibilidad de hierro para la eritropoyesis. Recientemente se ha demostrado que la testosterona en humanos inhibe los niveles de hepcidina, incrementando con ello la absorción intestinal de hierro.

La eritrocitosis es el efecto adverso más frecuente de la administración de testosterona por lo que se supone que la supresión de hepcidina por la testosterona podría cumplir una función importante en esta enfermedad. La mayoría de varones que responden a la testosterona aumentando los niveles de hematocrito y hemoglobina y estables niveles de eritropoyetina, estarían asociados con una disminución en los niveles de hepcidina . (Gonzales G. , 2011)

1.2.2.5 Destrucción del eritrocito

Una vez que pasan a la circulación, los eritrocitos tienen una vida media de unos 120 días antes de ser destruidos. Las células envejecen, su membrana se vuelve frágil y algunos se rompen al pasar por los lugares estrechos y tortuosos de la circulación como sucede en el bazo, con lo que la hemoglobina (Hb) liberada de los eritrocitos lisados pasa a la circulación en donde se une a una proteína transportadora que se llama haptoglobina. La Hb unida a la haptoglobina y muchos eritrocitos viejos son fagocitados por los macrófagos en el bazo, el hígado o los ganglios linfáticos. En los macrófagos, la Hb se separa en la parte proteica (globina) y el grupo hem. La globina es catabolizada a aminoácidos y el grupo hem es escindido en hierro libre (Fe^{+++}) y un pigmento llamado biliverdina. La biliverdina posteriormente es transformada en bilirrubina, que pasa a la sangre y es transportada por la albúmina (bilirrubina no conjugada) hacia el hígado en donde es conjugada por los hepatocitos y después transportada por la bilis al intestino delgado (bilirrubina conjugada). En las siguientes horas o días los macrófagos liberan el hierro del grupo hem a la sangre para que pueda ser utilizado de nuevo. (Palacios, 2018)

1.2.2.6 Leucocitos

Los leucocitos (leuco = blanco, cito = célula) son las células blancas que, junto con los eritrocitos y las plaquetas, forman parte del componente celular de la sangre. Pueden tener gránulos, y se clasifican entonces en neutrófilos, eosinófilos y basófilos, de acuerdo con sus características tintoriales con colorante de Wright. (Piedras, 2005)

Los leucocitos participan en la defensa de los tejidos frente a los agentes causantes de enfermedades, cada clase de célula tiene un papel diferente. Los neutrófilos y los monocitos defienden al organismo al fagocitar microorganismos extraños.

Los eosinófilos y los basófilos aumentan en caso de reacciones alérgicas. Los linfocitos defienden al organismo por medio de la llamada inmunidad específica. El ser humano adulto tiene unos 7000 glóbulos blancos/mm³ de sangre. Si tiene un número mayor a 10000/mm³ se dice que hay una leucocitosis y si su número es inferior a 4000/mm³ se dice que tiene una leucopenia. La proporción de los diversos tipos de leucocitos (fórmula leucocitaria) en estos 7000 glóbulos blancos/mm³ es:

- Neutrófilos 62 %
- Eosinófilos 2.3 %
- Basófilos 0.4 %
- Monocitos 5.3 %
- Linfocitos 30 %

La formación y destrucción de los leucocitos es continua y su concentración en la sangre depende del equilibrio entre formación y destrucción. Hay variaciones normales a lo largo de la vida en cuanto al número y porcentaje de leucocitos. Así los recién nacidos presentan unos números de leucocitos superiores a 20000/mm³, durante la infancia hay una linfocitosis (50%) que se normaliza durante la pubertad y en el embarazo hay una neutrofilia (Palacios, 2018)

1.2.2.7 Plaquetas

“Las plaquetas, participan en los mecanismos que el cuerpo humano dispone para prevenir la pérdida de sangre, es decir del sistema de hemostasis” (UNNE, 2010)

- 1) mantenimiento de la integridad vascular
- 2) interrupción inicial de la hemorragia mediante la formación del trombo plaquetario;
- 3) estabilización del trombo mediante la facilitación de la formación de fibrina (actividad pro coagulante de la plaqueta)
- 4) retracción del coágulo.

La principal función de las plaquetas es “sellar” cualquier fuga sanguínea que pueda existir en la pared vascular, por lo que la señal de inicio es la exposición del subendotelio, el cual normalmente no está en contacto con las plaquetas. La interacción vascular-plaquetaria se desarrolla en varias etapas: adhesión, activación-secreción y agregación. (Meillon, 2005, pág. 282)

1.2.2.8 Funciones de la sangre

La sangre tiene funciones que dependen tanto de las células como del plasma:

- Funciones celulares
- Transporte de gases.
- Distribución de células de defensa (inmunidad celular).
- Distribución de plaquetas (hemostasia primaria).
- Distribución de células madre (stem cells).
- Reparación de lesiones vasculares y tisulares.
- Funciones plasmáticas
- Transporte de nutrientes.

- Transporte de iones.
- Transporte de hormonas.
- Transporte de anticuerpos y complemento (inmunidad humoral). Transporte de sustancias de desecho. Regulación del medio interno (homeostasis). Hemostasia.

Los eritrocitos se encargan de mantener la respiración tisular, al transportar oxígeno y anhídrido carbónico; de forma secundaria, participan en la regulación de iones y colaboran con otras células en los mecanismos de la hemostasia. Los leucocitos tienen funciones de defensa contra numerosos microorganismos, así como de reparación tisular y de regulación de la inmunidad humoral y celular. Las plaquetas participan en la hemostasia primaria y en la integración del coágulo, así como en la reparación tisular. El plasma tiene numerosas funciones: transporta sustancias de desecho (creatina, creatinina, bilirrubinas, nitrógeno ureico, etc.), hormonas, elementos nutritivos (carbohidratos, aminoácidos, lípidos), así como fármacos. Además, el plasma es capaz de mantener el equilibrio de las condiciones propicias para el funcionamiento celular en los tejidos que irriga, dando lugar al llamado “medio interno”, a través de la filtración de líquidos, iones y nutrientes. También mantiene el equilibrio hídrico, ácido base e iónico, estado conocido como homeostasis. La sangre, siendo líquida, puede derramarse cuando existe una pérdida de continuidad en el sistema de vasos que la contienen. Para limitar este fenómeno, (hemorragia), la sangre es capaz de cambiar su estado físico en la zona de lesión vascular, formando inicialmente un tapón hemostático de plaquetas y, a la postre, un coágulo completo, con lo que evita la pérdida de parte de su volumen total. A esta función, que se opone a la hemorragia, se le conoce con el término de hemostasia. Existen diversos mecanismos que regulan el volumen sanguíneo, la velocidad de circulación y la presión intravascular, así como el número de elementos formes circulantes y de reserva, y la concentración de las diversas sustancias disueltas en el plasma. (Izaguirre, 2005, págs. 273-274)

1.2.2.9 Altura y alteraciones hematológicas

La tierra, desde su formación, ha estado marcada por acontecimientos importantes, como la formación de la montaña Himalaya (Tíbet) entre 245 a 65 millones de años y la formación de la Cordillera de Los Andes entre 138 a 65 millones de años. Las poblaciones nativas del Tíbet y Los Andes colonizaron las montañas de Tíbet y Los Andes desde hace 25.000 y 11.000 años atrás, respectivamente. La baja presión de oxígeno en grandes alturas en las que vivieron ambas

poblaciones permitió la selección natural y adaptación genética de modo diferente como resultado de procesos evolutivos y tiempo de exposición distintos. (Miguez, 2013)

1.2.2.9.1 Altura

Distancia vertical de un punto de la superficie terrestre respecto al nivel del mar. (OXFORD, 2015)

Desde el punto de vista biológico

1. Baja Altitud: De 0 a 1.000 m: Ninguna modificación biológica, ni en reposo ni en el ejercicio.
2. Media Altitud: De 1.000 a 2.000 m
Afecta sensiblemente al rendimiento físico.
3. Moderada Altitud: De 2.000 a 3.000 m
Afecta moderadamente al rendimiento físico.
4. Alta Altitud: De 3.000 a 5.500 m
Modificaciones biológicas en reposo, muy acentuadas con el ejercicio.
5. Muy Alta o Extrema Altitud: De 5.500 m en adelante
Negativo efecto sobre las funciones fisiológicas. Dificultad en la realización del ejercicio físico
6. Zona de la Muerte: De 7.500/8.000 m en adelante
Grave deterioro de todos los tejidos, incompatibilidad con la vida, peligro de muerte.

1.2.2.10 Fisiología a la altura

El oxígeno ingresa al cuerpo mediante mecanismos compensadores que pone en marcha el ser humano para poder hacer frente a los cambios atmosféricos. Este sistema de transporte de O₂ consta de tres procesos.

- Obtención del O₂ por inhalación, pasando a la sangre a través de la llamada barrera alvéolo-capilar en el pulmón.
- Transporte del O₂ en la sangre por los glóbulos rojos (y dentro de ellos por la hemoglobina).
- Distribución y utilización del O₂ de los capilares hacia las células de los diferentes tejidos del organismo.

1.2.2.11 Modificaciones a nivel de los sistemas respiratorio y circulatorio

Por un lado, aumenta la frecuencia cardíaca (FC). El corazón, al trabajar más rápido, logra llevar de manera más eficaz el O₂ a todo el cuerpo. Similar a lo que ocurre cuando comenzamos a hacer ejercicio. La FC aumentada se percibe muchas veces como taquicardia. Por otro lado, aumenta la frecuencia respiratoria (FR). Técnicamente los médicos se refieren a este proceso como hiperventilación (aumento de la ventilación pulmonar). La FR aumentada permite que mayores volúmenes de aire por minuto ingresen a los pulmones. Estos mecanismos, de alguna forma, logran transportar más rápido el oxígeno faltante al cuerpo. Estas modificaciones ocurren en horas (ni bien llegamos a la altitud) y perduran durante los primeros días, si permanecemos en la altura.

1.2.2.12 Modificaciones a nivel de la sangre

Estas modificaciones son más lentas que las anteriores (demoran días - semanas) y son el aumento del número de glóbulos rojos. El glóbulo rojo es el transportador de oxígeno en la sangre. Así, multiplicando el número de transportadores del oxígeno, aumenta la capacidad de carga de O₂ de la sangre. Recordemos que, dentro del glóbulo rojo, la proteína encargada realmente de transportar el O₂ es la hemoglobina.

1.2.2.13 Mecanismos compensadores

El estudio de determinados cambios evolutivos del genoma humano y, en particular, de la repercusión de las condiciones ambientales extremas ha proporcionado información valiosa acerca de la biología humana de las poblaciones nativas del Tíbet y Los Andes, que colonizaron regiones de grandes alturas desde hace 25,000 y 11,000 años, respectivamente. En la actualidad, alrededor de 3 millones de personas residen en el Tíbet y 35 millones en Los Andes.⁴⁻⁸ La baja presión de oxígeno en grandes alturas y tiempos de exposición distintos a los que vivieron ambas poblaciones permitieron una selección natural y adaptación genética de manera diferente. Los tibetanos montañoses, gracias a la selección positiva de genes implicados en el control de la eritropoyesis, evolucionaron hacia una concentración de hemoglobina similar a la de los habitantes a nivel del mar; mientras que los andinos evolucionaron a una concentración de hemoglobina elevada, en

relación con los habitantes a nivel del mar; esto debido probablemente a mecanismos de selección genética distintos o por un periodo insuficiente de exposición a grandes alturas (Amaru R, 2016)

Cuando una persona llega a la altura, ocurren cambios fisiológicos que permiten vivir en ese "nuevo y hostil" ambiente. Debido a la hipoxia ambiental, que lleva a tener hipoxemia y por ende hipoxia celular, aparecen mecanismos compensatorios para hacer frente a esta disminución de O₂.

1.2.2.13.1 Acomodación

Los primeros cambios y los más rápidos son las modificaciones a nivel cardiocirculatorio (aumento de la FC y FR). Se dan desde las primeras horas de haber llegado a la altitud y hasta los primeros días de estancia en la altura. A esta etapa se le llama fase de acomodación. Inicialmente con estos dos mecanismos, el organismo compensa este descenso de la pO₂. El aumento de la FC se percibe apenas llegamos a la altura como taquicardia. Y la hiperventilación (incluso en reposo), es evidente a partir de los 3.500 metros. En definitiva, la "falta de oxígeno" se percibe vivamente al menor esfuerzo.

Para que la hiperventilación sea eficaz y no sea sólo un "jadeo", es aconsejable a veces, hacer alguna inhalación profunda, consciente y forzada, seguida de una exhalación marcada. Así se consigue llevar una mayor cantidad de aire hasta el bronquíolo terminal y sus alvéolos. También conviene evitar ingerir sustancias que disminuyan la respiración, como el alcohol o ciertos medicamentos sedantes, ya que, si el mecanismo compensatorio está presente, es porque a través de los aumentos de FC y FR nos aseguramos de que llegue O₂ a las células. Y justamente la idea es no inhibir este proceso normal de acomodación.

No todo sistema compensatorio es perfecto y la acomodación tiene su desventaja. Debido a un aumento de la FC y la FR, se sobrecargan de trabajo el corazón y los músculos de la respiración, produciendo un gasto energético considerable. Por lo tanto, no se aconseja el ejercicio intenso en esta etapa, para no sobrecargar aún más a un corazón y pulmones que ya están trabajando sobrecargados. Si no, corremos el riesgo de que se manifieste el Mal Agudo de Montaña (MAM) y/o sus complicaciones (edema agudo de pulmón y/o cerebral por altura).

1.2.2.13.2 Aclimatación

Si la hipoxia persiste en el tiempo, ocurrirán cambios más lentos que son los vistos como modificaciones a nivel sanguíneo y a nivel celular. Modificaciones llamadas técnicamente como aclimatación. El cambio más importante de ellos es el aumento de glóbulos rojos (GR). Otros cambios son las modificaciones a nivel celular y enzimático.

El aumento de GR o poliglobulia es una respuesta más lenta del organismo, comparada con la acomodación. Los primeros efectos recién se pueden ver después de 10 días si permanecemos a una misma altura. Y se observan de forma completa al cabo de tres semanas (para una misma altitud).

El aumento de GR se explica comprendiendo qué sucede primero a nivel de los riñones. El riñón es un órgano que no sólo excreta productos tóxicos y del metabolismo del cuerpo a través de la orina. Además, regula el volumen y la composición de los líquidos corporales como también el estado ácido base del organismo.

A las pocas horas de exposición a la baja pO_2 , y debido a la hipoxemia que llega al riñón; un lugar en él capta este descenso en la pO_2 arterial y como resultado, secreta una hormona llamada eritropoyetina (EPO). La EPO una vez que se diluye por la sangre, llega, entre otros sitios, a la médula ósea. Como es sabido, en la médula se producen las células sanguíneas a través de una secuencia de maduración celular. Justamente la EPO estimula dentro de la médula ósea, la producción de glóbulos rojos, aumentando así la capacidad de la sangre para transportar

El aumento de la cantidad de GR y su consecuencia, el transporte aumentado de O_2 , hace que disminuyan la FC y la FR (fase de acomodación). Podemos decir entonces que la aclimatación permite "relajar de trabajo" al sistema cardiovascular y respiratorio hasta cierto punto, sistemas que como vimos, estaban inicialmente "sobrecargados" de actividad

Otras modificaciones en la fase de aclimatación son:

Aumento de la densidad de las mitocondrias: en las mitocondrias el oxígeno es utilizado en las reacciones químicas de producción de energía. Aparentemente su cantidad y su eficacia son mejoradas por el trabajo muscular en hipoxia.

Aumento de la mioglobina: La función de la mioglobina es almacenar oxígeno dentro de células musculares. Se la ha denominado también miohemoglobina o hemoglobina muscular. Las mayores concentraciones de mioglobina se encuentran en el músculo esquelético y en el músculo cardíaco, donde se requieren grandes cantidades de O₂ para satisfacer la demanda energética de las contracciones. No deja de ser un transportador muscular de oxígeno. La mioglobina aumenta con la hipoxia.

Así como la acomodación tenía sus inconvenientes, la aclimatación también tiene los suyos. El aumento de GR o poliglobulia trae como consecuencia un aumento de la viscosidad de la sangre (agravada por deshidratación). Este fenómeno puede favorecer la aparición de microcoagulaciones en los vasos sanguíneos de pequeño calibre y aumentar así el riesgo de congelamientos o la formación de trombos en otros vasos. La misma viscosidad sanguínea aumentada hace trabajar más al corazón, quien con cada latido debe hacer más fuerza para bombear sangre más viscosa. Por ello sigue existiendo riesgo de sobrecarga de trabajo del corazón. (Lofti, 2019).

1.2.2.13.3 Adaptación a la altura

En un estudio comparativo en Bolivia a 3600 m, varones de zonas urbanas presentaron niveles más altos de testosterona y de hemoglobina que los Aymaras de zonas rurales con mayor antigüedad generacional en la zona altitudinal. Esto sugiere que valores de testosterona en el rango normal alto puede comprometer el proceso de adaptación a la altura.

Del mismo modo, en varones de Cerro de Pasco, Perú a 4340 m se ha observado mayor biodisponibilidad de testosterona, lo que sugeriría que esta población residente en los Andes centrales pueda no haber completado su proceso de adaptación. Por lo tanto, la hipótesis que se origina es que la testosterona podría estar relacionada con la eritrocitosis excesiva y, esta a su vez, a la etiopatogenia del mal de montaña crónico.

Esto también ha sido corroborado en cerca de 6000 residentes en los Himalayas (Tibetanos y Han) donde se demuestra que la mayor eritrocitosis se observa en varones Han y que este efecto se produce después de la pubertad . Los Han tienen un poco más de 60 años habitando el Tibet en tanto que los Tibetanos tienen una antigüedad generacional mayor de 25 000 años.

Los datos analizados sugieren que la eritrocitosis sería un buen mecanismo de aclimatación pero no de adaptación a la altura. El aumento de la hemoglobina en los sujetos de nivel del mar expuestos agudamente a la altura compensaría la menor saturación arterial de oxígeno y facilitaría una aclimatación adquirida. La situación en el nativo de altura es diferente, pues se caracteriza por una menor ventilación y una respuesta atenuada de la ventilación al estímulo hipóxico ello conlleva a estimular la eritropoyesis mediado inicialmente por la eritropoyetina sin que ello implique a llegar a valores de eritrocitosis excesiva ($Hb > 21$ g/dL en Cerro de Pasco); si el nativo de altura se caracteriza por tener niveles normales altos a valores altos de testosterona en suero, el riesgo de eritrocitosis excesiva es más alta.

Tanto la testosterona como la hemoglobina incrementada se asocian con signos y síntomas de mal de montaña crónico . Esto implicaría que la testosterona, siendo buena para aclimatación adquirida a la altura, no lo es para adaptación a la altura (aclimatación natural). De esto se puede decir que la aclimatación adquirida se beneficia del aumento en los glóbulos rojos, en tanto que un individuo adaptado no puede permitirse tener un aumento marcado de glóbulos rojos, pues pasado cierto límite produce sintomatología de mal de montaña crónico. De esto se deduce que los varones son más propensos a la eritrocitosis excesiva y al mal de montaña crónico que las mujeres, lo cual ha sido fehacientemente comprobado (Gonzales G. , 2011)

1.2.2.14 Eritrocitosis patológicas

La Eritrocitosis, comúnmente denominada policitemia o poliglobulia, es un síndrome caracterizado por un incremento anormal de la masa eritrocitaria, la hemoglobina y el hematocrito; es de etiología multifactorial y desencadena el deterioro de la salud, vida social, familiar y laboral del paciente.

1.2.2.14.1 Clasificación de las eritrocitosis patológicas

Las eritrocitosis patológicas de importancia clínica se clasifican de la siguiente manera:

1. Eritrocitosis Primaria (eritropoyetina sérica normal o disminuida)

a. Adquiridas

- Policitemia Vera
- Eritrocitosis Patológica de Altura

b. Congénitas

- Eritrocitosis por mutaciones del Epo-R
- Eritrocitosis de Chuvash
- Hemoglobinopatía de alta afinidad con oxígeno
- Deficiencia de 2,3 BPG mutasa

2. Eritrocitosis Secundaria (eritropoyetina sérica elevada)

a. Adquiridas

- Secundaria a EPOC
- Secundaria a Obesidad / Síndrome metabólico
- Síndrome de Apnea Obstructiva del Sueño (SAOS)
- Eritrocitosis por cardiopatía adquirida
- Tabaquismo
- Neoplasias (secretoras de eritropoyetina)

b. Congénitas

- Cardiopatías congénitas
- Estenosis de arteria (Amaru R. , 2016)

Las 3 eritrocitosis patológicas de importancia clínica, presentes en poblaciones residentes a grandes alturas:

1.2.2.14.2 Eritrocitosis patológica de altura (EPA)

La EPA es la manifestación hematológica del mal crónico de montaña (Chronic Mountain Sickness, CMS), presente en sujetos que viven en alturas superiores a 2.500 msnm.

1.2.2.14.3 Eritrocitosis secundaria (ES)

La ES se presenta como una consecuencia de patologías asociadas al aumento de la eritropoyetina sérica como las patologías cardiopulmonares, Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), obesidad, síndrome metabólico, Síndrome de Apnea Obstructiva del Sueño (SAOS), cardiopatías y neoplasias secretoras de eritropoyetina.

1.2.2.14.4 Policitemia vera (PV)

- La PV es una enfermedad oncohematológica clonal asociada a leucocitosis, trombocitosis, crecimiento autónomo de colonias eritroides (BFU-E), eritropoyetina sérica baja y mutación somática de gen JAK2 V617F. (Amaru L. , 2016, pág. 71)

1.2.2.14.5 Factores predisponentes

Las eritrocitosis patológicas presentan diferentes factores predisponentes para su desarrollo.

Eritrocitosis Patológica de Altura

- Radicatoria en alturas mayores a 2.500 msnm
- Ausencia de adaptación genética
- Sujetos nacidos a nivel del mar
- Historia familiar de residencia a nivel del mar Eritrocitosis Secundaria
- Secuelas de patologías pulmonares
- Patologías pulmonares crónicas
- Obesidad / Síndrome metabólico
- Síndrome de Apnea Obstructiva del Sueño (SAOS).
- Cardiopatía
- Tabaquismo

Policitemia Vera

- Edad, adulto mayor

1.2.2.15 MANIFESTACIONES CLÍNICAS

Las eritrocitosis patológicas (EPA, ES, PV) presentan manifestaciones clínicas comunes.

Síntomas de hiperviscosidad sanguínea

- Cefaleas
- parestesias
- tinnitus,
- hipersomnias,
- disneas
- visión borrosa,
- mialgias (Amaru R. , 2016, pág. 72)

1.2.2.16 Tratamiento de la eritrocitosis patológica de altura

Se realiza en dos fases; la primera, el procedimiento de flebotomías, el cual tiene el objetivo de disminuir la sintomatología del paciente; la segunda, el tratamiento farmacológico que tiene la finalidad de mantener el cuadro clínico estable y evitar recaídas.

Flebotomía

La flebotomía se realiza con frecuencia semanal, hasta alcanzar valores normales de Hb/Ht (Varones < 18 g/ dl, mujeres. La flebotomía se realiza con una bolsa de transfusión sanguínea, al nivel de la vena del pliegue del codo.

Flebotomía de 450 ml, sin reposición

- Edad menor a 60 años
- Hemodinámicamente estable
- Hipertensión Arterial Sistémica

Flebotomía de 250 ml, sin reposición

- Edad de 60 a 75 años
- Hemodinámicamente estable
- Hipertensión Arterial Sistémica

Flebotomía de 100 ml, sin reposición

- Edad mayor a 75 años
- Hemodinámicamente inestable
- Hipotensión Arterial Sistémica

Tratamiento farmacológico

Iniciar el tratamiento inmediatamente después de la última flebotomía. El tratamiento dura un año como mínimo y luego se procede a valorar su continuidad.

Atorvastatina 20 mg VO día, horas 21; en pacientes mayores de 60 años, 10 mg VO día.

1.2.2.17 Tratamiento de la eritrocitosis secundaria

Flebotomía

Se realiza con frecuencia semanal, hasta alcanzar valores normales de Hb/Ht (Varones < 18 g/ dl, mujeres <17g/dl).

Flebotomía de 450 ml, sin reposición

- Edad menor a 60 años
- Hemodinámicamente estable
- Hipertensión Arterial Sistémica

Flebotomía de 250 ml, sin reposición

- Edad 60 a 75 años
- Hemodinámicamente estable
- Hipertensión Arterial Sistémica

Flebotomía de 100 ml, sin reposición

- Edad mayor a 75 años
- Hemodinámicamente inestable
- Hipotensión Arterial Sistémica

En caso de hematocrito superior o mayor a 75%, se recomienda administrar 3 L/min de oxígeno húmedo por cánula nasal (bigotera) durante la flebotomía.

Tratamiento farmacológico Iniciar el tratamiento inmediatamente después de la última flebotomía. El tratamiento dura un año como mínimo y luego se procede a valorar su continuidad.

- Atorvastatina 20 mg VO día, horas 21; en pacientes mayores de 60 años, 10 mg VO día.
- Ácido acetilsalicílico (ASA) 100 mg VO día, en horas de almuerzo.
- Warfarina en pacientes con historia de evento trombótico. En caso de tomar Warfarina no debe recibir ASA. (Amaru R. , 2016, pág. 74)

1.2.2.18 Tratamiento de la policitemia vera

- Flebotomía
- Posiblemente terapia con aspirina

- Posiblemente terapia dirigida con ruxolitinib o interferón pegilado

Como la policitemia vera es la única forma de eritrocitosis en la que puede estar indicado el tratamiento mielosupresor, el diagnóstico exacto es crucial. Debe individualizarse el tratamiento de acuerdo con la edad, el sexo, la condición física, las manifestaciones clínicas y los hallazgos hematológicos. Sin embargo, los criterios previos utilizados para estratificar el tratamiento según la clasificación de alto o bajo riesgo como la edad y la trombocitosis extrema (1.000.000/mcL) no se han validado prospectivamente y no se recomiendan para guiar el tratamiento. (Leisveld, 2019).

1.2.2.19 Anemia

La anemia es un trastorno en el cual el número de eritrocitos (y, por consiguiente, la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre) es insuficiente para satisfacer las necesidades del organismo. Las necesidades fisiológicas específicas varían en función de la edad, el sexo, la altitud sobre el nivel del mar a la que vive la persona, el tabaquismo y las diferentes etapas del embarazo. Se cree que, en conjunto, la carencia de hierro es la causa más común de anemia, pero pueden causarla otras carencias nutricionales (entre ellas, las de folato, vitamina B12 y vitamina A), la inflamación aguda y crónica, las parasitosis y las enfermedades hereditarias o adquiridas que afectan a la síntesis de hemoglobina y a la producción o la supervivencia de los eritrocitos. La concentración de hemoglobina por si sola no puede utilizarse para diagnosticar la carencia de hierro (también llamada ferropenia). Sin embargo, debe medirse, aunque no todas las anemias estén causadas por ferropenia. La prevalencia de la anemia es un indicador sanitario importante y, cuando se utiliza con otras determinaciones de la situación nutricional con respecto al hierro, la concentración de hemoglobina puede proporcionar información sobre la intensidad de la ferropenia.

Tabla 1 Concentraciones de hemoglobina para diagnosticar anemia al nivel del mar (g/l)±

POBLACIÓN	SIN ANEMIA	ANEMIA		
		LEVE	MODERADA	GRAVE
Niños de 6 a 59 meses de edad	110 o superior	100-109	70-99	menos de 70

Niños de 5 a 11 años de edad	115 o superior	110-114	80-109	menos de 80
niños de 12 a 14 años de edad	120 o superior	110-119	80-109	menos de 80
Mujeres embarazadas (15 años o mayores)	120 o superior	110-119	80-109	menos de 80
Mujeres embarazadas	110 o superior	100-109	70-99	menos de 70
varones (15 años o mayores)	130 o superior	100-129	80-109	menos de 80

La tabla1 muestra la cantidad de hemoglobina en sangre para diagnosticar los diferentes tipos de anemia.
Autoría ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.

Se sabe que vivir a cierta altitud por encima del nivel del mar aumentan las concentraciones de hemoglobina . Por consiguiente, en las personas que residen en altitudes elevadas la prevalencia de anemia puede infravalorarse si se aplican los valores de corte corrientes. En la tabla 2 se presentan los ajustes recomendados a la hemoglobinemia medida en las personas que viven en altitudes superiores a 1000 m sobre el nivel del mar. Para que los valores de corte presentados en la tabla 1 sean válidos, dichos ajustes deben realizarse sobre la concentración de hemoglobina medida. (OMS, 2011)

Tabla 2 Ajustes de las concentraciones de hemoglobina medidas en función de la altitud sobre el nivel del mar

ALTITUD (metros sobre el nivel del mar)	AJUSTE DE LA HEMOGLOBINA MEDIDA(g/l)
<1000	0
1000	-2
1500	-5
2000	-8
2500	-13
3000	-19
3500	-27
4000	-35
4500	-45

La tabla 2 muestra el ajuste de la hemoglobina de acuerdo a la altura. Autoría ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.

1.2.3 **Hipótesis**

¿Existe relación entre la altura y la variación de los valores de hematocrito y hemoglobina en la población adulta de una constructora del norte de Quito?

1.2.4 Identificación y caracterización de las variables

Tabla 3 Identificación de las variables dependientes

VARIABLE	CONCEPTUALIZACIÓN	INDICADORES	DIMENSIÓN	ESCALA
Dependiente	Características sociodemográficas	Conjunto de características biológicas, socioeconómico culturales que están presentes en la población sujeta a estudio, tomando aquellas que puedan ser medibles.	Edad	Años cumplidos 25-34 35-45
			Género	Según características sexuales Masculino Femenino
			Ocupación	Lo referido por los trabajadores Albañiles Pintores Electricistas
			Nacionalidad	País de nacimiento ecuatorianos
			Estado civil	Dato registrado del documento de identificación Soltero Casado Divorciado Unión libre Viudo
			Instrucción	Años de estudios aprobados Ninguno Primaria Secundaria incompleta Secundaria completa Superior
			Etnia	Auto identificación Mestiza Indígena Afro-ecuatoriano Montubio Blanco
	Altitud	La altitud es la distancia vertical a un punto determinado, considerado como nivel cero, el nivel medio del mar	Altura	Altura del lugar de trabajo Iñaquito 2790 msnm

La tabla 3 muestra las 2 categorías de las variables dependientes con sus respectivos indicadores: Autoría propia.

Tabla 4 Identificación de las variables independientes

VARIABLE		CONCEPTUALIZACIÓN	INDICADORES	DIMENSIÓN	ESCALA
Independiente	Cambios hematológicos	Los cambios hematológicos son alteraciones en los valores normales de los componentes sanguíneos por efecto de algún estímulo negativo	Hematocrito	Valores referidos por pruebas de laboratorio	Bajo valor normal
					Valor normal
			Hemoglobina	Valores referidos por pruebas de laboratorio	Sobre valor normal
					Bajo valor normal
					Valor normal
					Sobre valor normal

La tabla 4 muestra la categoría de las variables independientes con sus respectivos indicadores: Autoría propia.

CAPITULO II MÉTODO

2.1 Tipo de estudio

El presente estudio utilizó un diseño exploratorio descriptivo para el cálculo de valores de referencia de hematocrito y hemoglobina, los valores fueron recopilados de forma manual a partir de las historias clínicas de los trabajadores de la constructora en el periodo correspondiente de enero a diciembre del 2020.

2.2 Modalidad de la investigación

El presente estudio utilizó la modalidad de campo para la realización del estudio, se observó a los trabajadores de la constructora para tomar la información necesaria y analizarla mediante los métodos expuestos.

2.3 Método

Se utilizará el método Hipotético – Deductivo partiendo de una hipótesis inicial la cual será sometida a una verificación.

2.4 Población y muestra

El estudio fue realizado en la provincial de Pichincha, cantón Quito barrio Iñaquito en el periodo comprendido de enero a diciembre 2020.

2.4.1 Población

La presente investigación estuvo constituida por un universo de 44 personas operativas del área de albañilería, electricidad y pintura de la constructora, en edades comprendidas entre 25 y 45 años sin patologías de base, y con 10 años a más de vivir en Quito a 2790 msnm en el periodo de enero a diciembre 2020.

2.5 Selección del instrumento de investigación

Se realizó para esta investigación: lecturas científicas, instrumentos de consulta (textos, páginas webs, revistas, artículos).

Se aplicó una ficha de recolección de datos para obtener la información necesaria de la población en estudio, para dar respuesta a las variables de la investigación, mediante un formato en Excel previamente elaborado.

Para el estudio clínico se estudiaron 44 personas hombres operativos que realizan gran actividad física en la construcción, clínicamente sanos y con un consumo medio de alimentos con contenido de hierro, de la ciudad de Quito a 2790 msnm respectivamente. Las muestras fueron tomadas de sangre venosa periférica previo consentimiento informado, y los datos clínicos se obtuvieron de la historia clínica.

Análisis de laboratorio

La concentración de hemoglobina y hematocrito, fueron realizados en sangre venosa periférica obtenida con sistema BD Vacutainer K2 EDTA y procesados en un contador hematológico automático CELLDYN RUBY, esta equipado con un módulo para cargar los especímenes("Sampler Loader"). Este módulo provee muestreo cerrado y continuo para 50 tubos simultáneos. Ofrece resultados para 22 parámetros hematológicos de una sola aspiración del espécimen.

CAPITULO III RESULTADOS

3.1 Presentación y análisis de resultados

Los resultados de la presente investigación en la constructora del norte de Quito estuvieron compuestos por 44 trabajadores con edades comprendidas entre 25 y 45 años, los resultados se representó en gráficos para la interpretación y análisis estadístico. En la población de estudio se consideró las variables de: edad, genero, ocupación, instrucción, etnia y altura. Se procedió a determinar los valores tanto de hematocrito como hemoglobina, los datos fueron obtenidos mediante la base de datos de la constructora y los resultados obtenidos de la biometría hemática.

Tabla 5 *Valores de hemoconcentración*

Valores de hemoglobina			Valores de hematocrito		
		Sobre los			Sobre los
Bajo límites	Niveles	límites	Bajo límites	Niveles	límites
normales	normales	normales	normales	normales	normales
Menos de	14.90-18.30%	Mas de	Menos de	43,50-55,00	Mas de 55,00
14.90%		18.30%	43,50 mg/dl		mg/dl

La tabla 5 muestra los valores de hemoglobina y hematocrito que el laboratorio designado tiene en su base de datos.

Fuente: BIOSIMED.

3.1.1 Características sociodemográficas

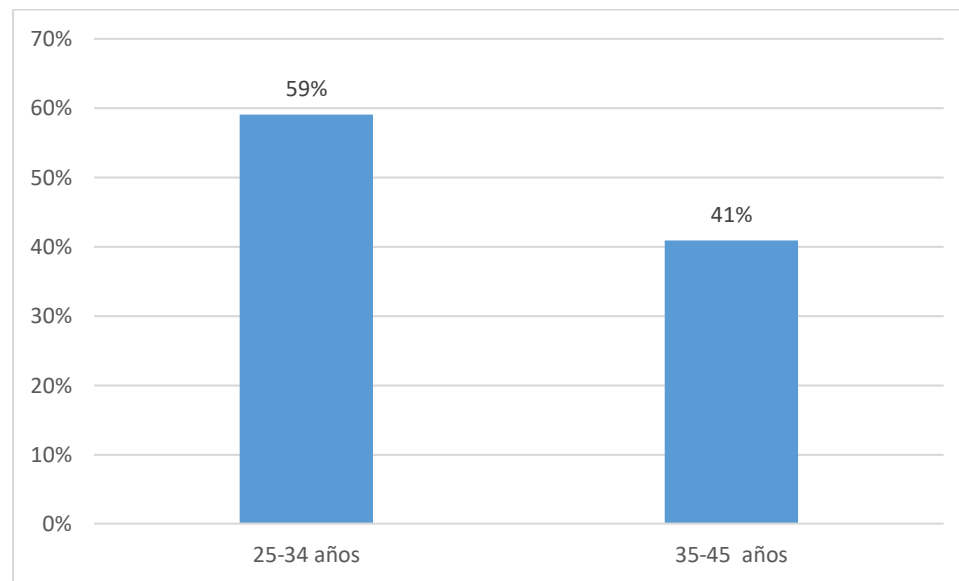


Figura 1. La figura ilustra las edades del grupo en estudio.

En el estudio podemos observar que existen 18 personas que se encuentran en las edades comprendidas entre 25 a 34 años de edad, reflejándose cifras similares con los obtenidos en el último censo del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2020) en base al último censo de población y vivienda realizado en el 2010.

En los varones que residen en las grandes alturas de los Andes Centrales del Perú se ha observado que el hematocrito se incrementa con la edad al igual que la prevalencia de eritrocitosis excesiva, como lo comprobaron Monge y colaboradores. Estos autores también demostraron una menor tasa de flujo del pico espiratorio y de la saturación arterial de oxígeno y más altos puntajes para la prueba de Mal de Montaña Crónico, a medida que aumentaba la edad. Cuando el hematocrito llega a valores altos, suelen aparecer los síntomas de esta patología.

La construcción por tratarse de un trabajo de gran esfuerzo físico siempre contrata personas jóvenes, las cuales tienen un mejor estado físico y por ende su rendimiento y producción es mayor, mientras que si analizamos al segundo grupo comprendido entre 35 y 45 años de edad nos damos cuenta que es gente con mayor experiencia, pero lamentablemente su rendimiento es menor.

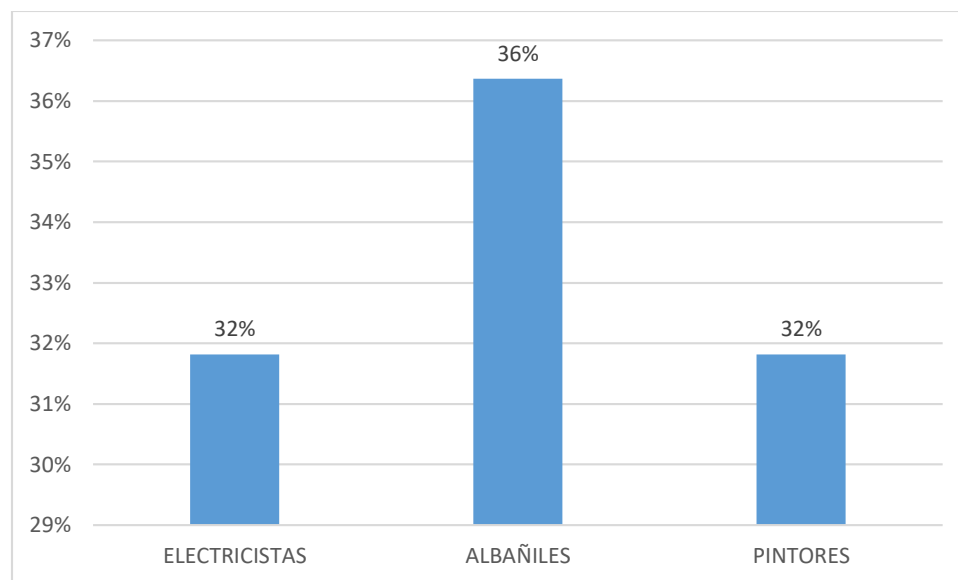


Figura 2 .La figura ilustra las diferentes ocupaciones que existen en la construcción.

En la población en estudio se identifica las diferentes áreas de trabajo del personal operativo de la constructora dando como resultado un 36% que pertenece a los albañiles, los cuales realizan todas las actividades de obra civil, tales como: hormigonado de muros y lozas, mampostería de paredes, enlucir losas y vigas. En segundo lugar, se ubican los electricistas con un 32% que realizan las siguientes funciones: cableado, colocación de piezas y luminarias eléctricas y pintores con un 32% que realizan las funciones de: masillado, estucado, pintura de paredes y techos interiores.

La construcción pasa por varias etapas desde la cimentación, estructura y acabados, nuestro estudio se realizó en la etapa de acabados en donde encontramos los grupos ya mencionados en la figura. Es importante mencionar que en cualquiera de las etapas de construcción siempre van a estar presentes los albañiles ya que son los que mas funciones van a encontrar dentro de la construcción.

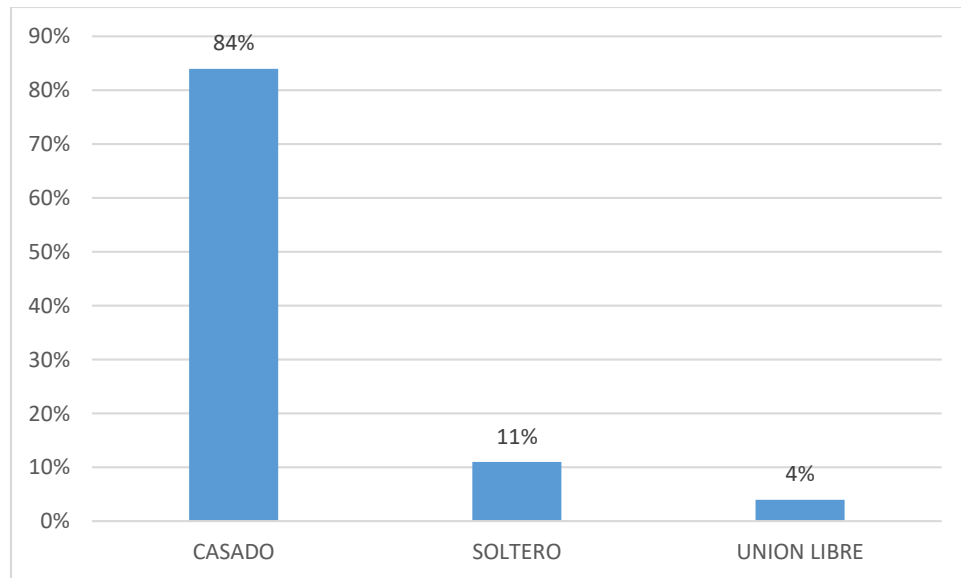


Figura 3 .La figura ilustra el estado civil del grupo en estudio.

Del grupo en estudio podemos observar que los casados predominan con un 84% seguido de los solteros con un 11% y finalmente unión libre con un 4%, según el Instituto Nacional de Estadística y Censo. (INEC, 2020) en un estudio realizado en el 2020 refleja que durante ese año existieron 56.865 matrimonios, existiendo correlación con la información obtenida, además existe mucho machismo en el grupo en estudio por lo que ellos piensan que las mujeres deben quedarse en casa a realizar los que haceres domésticos y cuando ellos lleguen del trabajo siempre debe existir alimentos, influenciando de manera directa sobre los hábitos alimenticios de la población en estudio, ya que los individuos casados o en unión libre después de su jornada laboral tienen una alimentación balanceada, consumiendo alimentos como carnes en especial vísceras, espinacas, berros, granos como lenteja ,frejol, garbanzo,etc,que contienen gran cantidad de hierro y esta al alcance económico de los trabajadores, estos alimentos son preparados por sus conyugues en tanto que los solteros se alimentan de comida rápida o al paso con poco aporte de hierro , interviniendo la alimentación de manera directa en los niveles de hematocrito y hemoglobina de un individuo

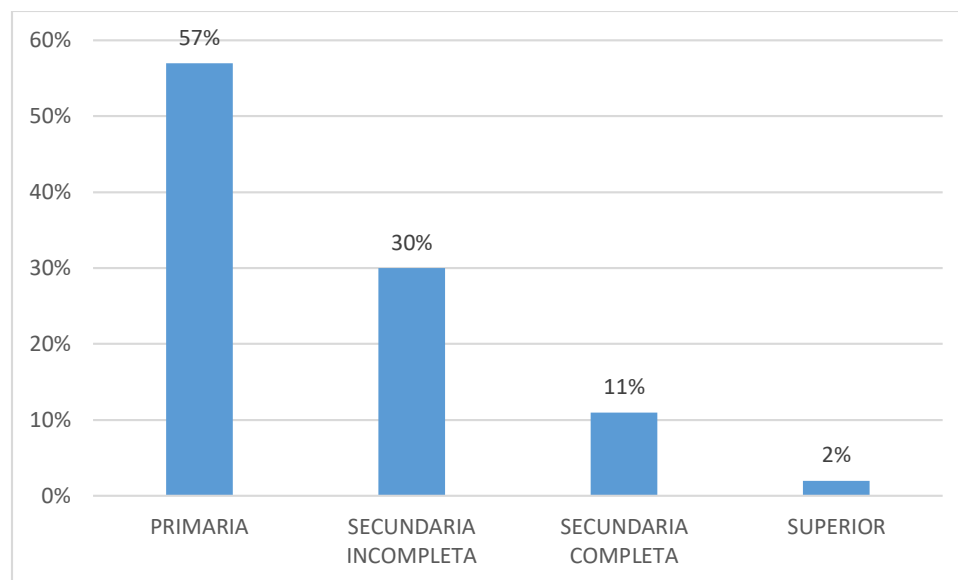


Figura 4. La figura ilustra la instrucción que tiene el grupo en estudio.

En el grupo en estudio podemos observar que la instrucción primaria predomina en un 57% seguida de la secundaria incompleta en un 30%, secundaria completa un 11% y superior en un 2%, datos que se correlacionan con el Instituto Nacional de Estadística y Censo (Ferreira, 2017) en base al último censo de población y vivienda realizado en el 2010 en el que la educación básica se encuentra en un 51.8%, seguido de una educación media con un 21.1% , superior en 18.2% , variables que permiten darnos una pauta que los individuos que tiene un mayor nivel de educación poseen información sobre como llevar un mejor estilo de vida realizando ejercicio,teniendo una buena alimentación ,visitas periódicas al médico, evitar el alcohol y el cigarrillo, favoreciendo de esta manera unos niveles óptimos de hematocrito y hemoglobina.

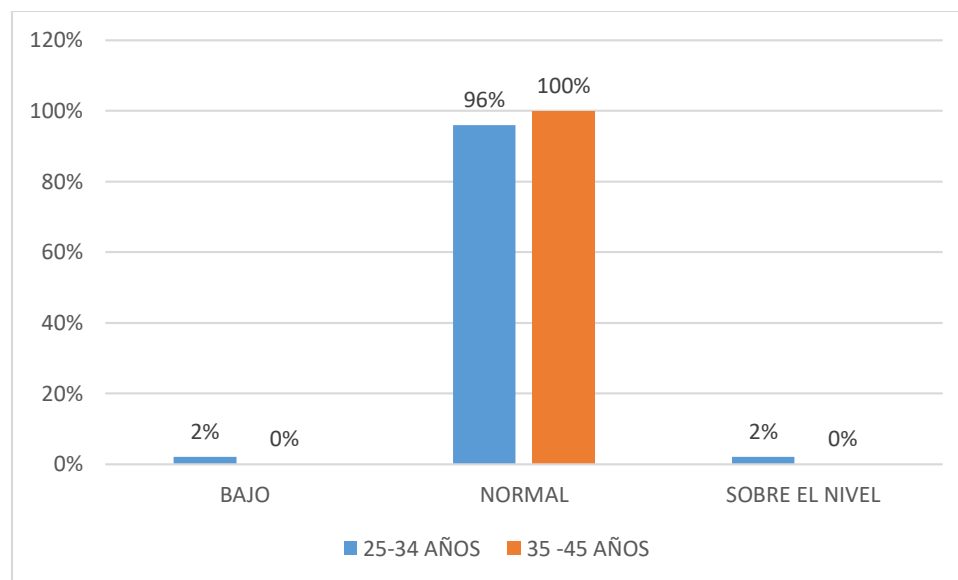


Figura 5. La figura ilustra los valores de hematocrito en relación con la edad

En la población en estudio podemos observar que en el rango de 25 a 34 años de edad la mayoría de individuos se encuentran con valores de hematocrito dentro de parámetros de normalidad entre 43.5% y 55.0 %, mientras que con un 2% tenemos valores por debajo de 43.5% y por encima del 55% tenemos un 2% del total de la población en estudio.

Durante años se ha establecido que el aumento en los niveles de hemoglobina y hematocrito en los nativos de la altura, basados en estudios del hombre andino, representaba un modelo de adaptación a la altura . Este modelo, sin embargo, se ha puesto en discusión en los últimos veinte años, debido a que se demostró que en algunas poblaciones residentes en grandes alturas, como sucede con los tibetanos del Himalaya y con los etíopes en la región Ambaras en Gordan Norte, no se presentan elevaciones de hemoglobina por efecto de la altitud y sus valores son incluso similares a los observados a nivel del mar . Estas dos poblaciones se caracterizan por tener un mayor tiempo de residencia en la altura que las poblaciones andinas y es posible que la exposición multigeneracional a la altura les haya permitido un proceso de adaptación, con niveles de hemoglobina y hematocrito como los observados a nivel del mar, o cercanos a ellos.

Es conocido que la testosterona tiene una actividad eritropoyética, en tanto que el estradiol tiene un efecto opuesto. En un estudio comparativo en Bolivia, a 3.600 metros de altura, los varones de zonas urbanas presentaron niveles más altos de testosterona y de hemoglobina que los Aymaras de zonas rurales, quienes tienen mayor antigüedad generacional en la zona alta , lo que

sugiere que los valores de testosterona en el rango normal alto pueden comprometer el proceso de adaptación a la altura. Del mismo modo, en estudios en varones de Cerro de Pasco, en los Andes Centrales del Perú a 4.340 metros, se encontró mayor bio-disponibilidad de testosterona, sugiriendo que esta población puede no haber completado su proceso de adaptación .

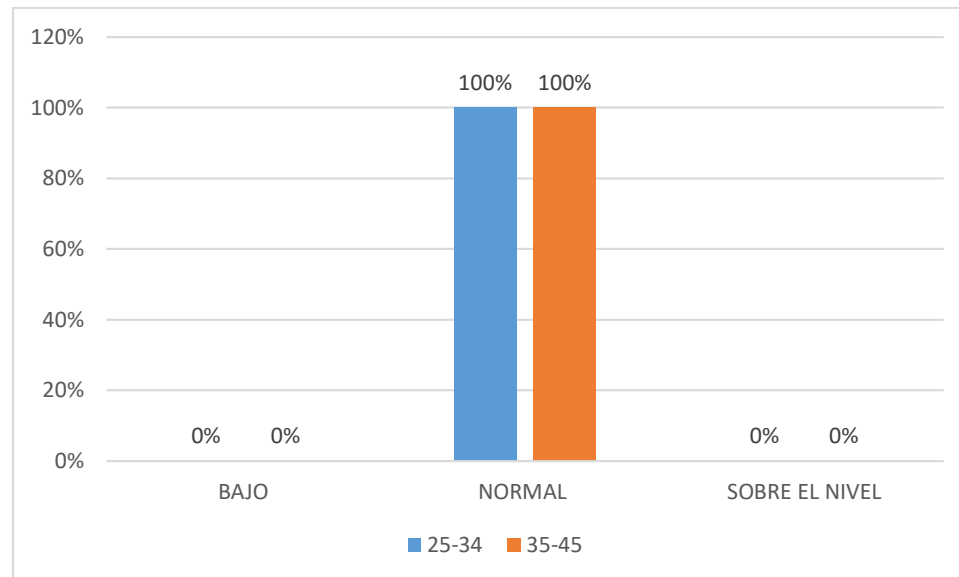


Figura 6. La figura ilustra los valores de hemoglobina en relación con la edad

En la población en estudio podemos observar que en el rango de 25 a 34 y de 35 a 45 años de edad todos individuos se encuentran con valores de hemoglobina dentro de parámetros de normalidad entre 14.9-18.3g/dl.

Los valores de hemoglobina y hematocrito son influenciados por variables como sexo, edad, etnia y estado nutricional. La altura es otro determinante de importancia, puesto que la variación en la presión barométrica a diferentes niveles sobre el nivel del mar y la adaptación fisiológica del organismo a la misma influye en estos valores.

De esto se puede decir que la aclimatación adquirida se beneficia del aumento en los glóbulos rojos, en tanto que un individuo adaptado no puede permitirse tener un aumento marcado de glóbulos rojos, pues pasado cierto límite produce sintomatología de mal de montaña crónico. De esto se deduce que los varones son más propensos a la eritrocitosis excesiva y al mal de montaña crónico que las mujeres (Gonzales G. , 2011), se establece que los trabajadores de la construcción ubicada en la ciudad de Quito en el sector Iñaquito a 2790 msnm, se adaptaron a esta altura y no presentan alteraciones significativas en los valores de hematocrito y hemoglobina.

3.1.2 Análisis de resultados

Para analizar el estudio de la relación que existe entre la hemoglobina y hematocrito con la altura en la población masculina operativa entre 25 y 45 años de una constructora del norte de Quito, después de la toma de datos del laboratorio clínico y la tabulación de hematocrito y hemoglobina se realiza los cálculos correspondientes y se saca la media para el grupo estudiado con los siguientes valores, hemoglobina 16,76 g/dl, y hematocrito 50,40%.

Recordando que nos encontrándonos a 2790 msnm considerada una altura moderada en donde se presentan alteraciones fisiológicas y realizando una comparación entre nuestros los nativos de los Andes llegamos a la conclusión que el grupo en estudio presenta no presenta alteraciones de hemoglobina y hematocrito, con lo cual este estudio nos brinda una afirmación que los seres humanos podemos adaptamos ante cualquier cambio o proceso asociado con la antigüedad de vida en las zonas de altura.

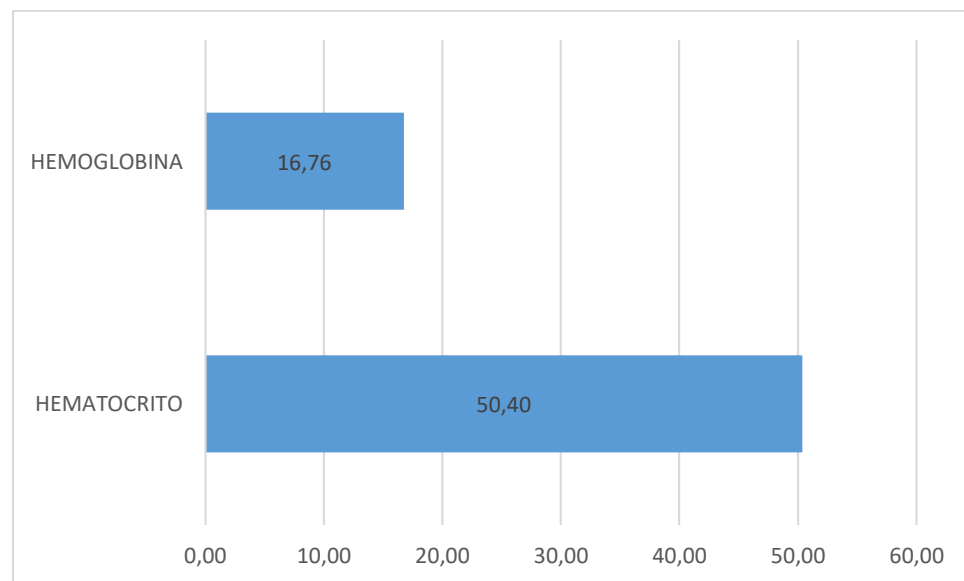


Figura 7 La figura ilustra los valores de la media de la hemoglobina y el hematocrito del grupo en estudio

Tabla 6 Valores de hematocrito y hemoglobina en relación a la altura

ALTURA	HEMATOCRITO	HEMOGLOBINA g/dl
Andes de Perú 4340msnm	63,0%	21,9
Ecuador Inaquito 2790 msnm	50,4%	16,76
Bolivia Chorolque 5000 msnm	62,4%	20,8

La tabla 6 muestra los valores de hemoglobina y el hematocrito de acuerdo a la altura en el mundo. Autoría propia.

CAPITULO IV DISCUSIÓN

4.1 Conclusiones

En la población en estudio podemos observar que el grupo mayoritario se encuentra comprendida en las edades entre 25 a 43 años, todos de género masculino, ya que en el área de la construcción los hombres son los que mayor aporte físico le dan al desempeño de las funciones diarias tales como albañilería, pintura y electricidad, teniendo una preparación académica preponderante de primaria completa, estado civil en su gran mayoría es casada y se definen por completo como mestizos.

Las características sociodemográficas como edad y altura no intervinieron directamente en la modificación de los niveles de hemoglobina y hematocrito ya que en su gran mayoría podemos observar cifras dentro de parámetros de normalidad, teniendo como factor de protección a la testosterona, que es buena para la aclimatación pero mala para la adaptación a la altura, como menciona un estudio publicado en la revista SCIELO de Perú el cual menciona que “La situación en el nativo de la altura es otra. Al estar permanentemente estimulado con mayores niveles de testosterona, por ejemplo, entre hombres y mujeres, se produce una hipoventilación permanente y este es un estímulo para eritropoyesis que asociado al propio estímulo eritropoyético de la testosterona conduce a la eritrocitosis excesiva y al mal de montaña crónico. Por ello, si bien en situaciones de exposición aguda, la testosterona es útil, no lo es para el nativo de la altura que tiene valores altos de testosterona. Por ello se concluye que la testosterona es buena para aclimatación pero mala para adaptación a la altura.” (Gonzales G. , 2011)

El presente estudio tuvo lugar en la ciudad de Quito, Parroquia de Ñaquito la cual se encuentra a 2790 msnm, obteniéndose valores de referencia de hemoglobina de 16,76 g/dl y hematocrito de 50,40 % del grupo, permitiendo obtener los primeros valores de caracterización de la población en estudio.

El diseño de una guía de prevención y educación de Poliglobulia permite brindar información necesaria sobre la enfermedad, la prevención y su tratamiento haciendo referencia a

la promoción de estilos de vida saludable que mejoren la calidad de vida como alimentación, actividad física y ejercicio mediante la educación al paciente, familia y comunidad.

4.2 Recomendaciones

Los valores de referencia en los laboratorios clínicos deben ajustarse a las condiciones y necesidades de nuestra población de atención, mediante la actualización, revisión y respaldo con estudios previos de rangos de referencia.

Permitir la continuidad de estudios relacionados con el hematocrito y hemoglobina con relación a la altura, a efectos de permitir una mayor comprensión de las patologías asociadas a la hemoconcentración, permitiendo así, brindar una información clara y precisa dirigida al grupo en estudio.

A la unidad de Seguridad y Salud Ocupacional de la constructora, utilizar los valores obtenidos en el presente estudio, permitiendo así tener valores de referencia, como modelo de prevención de patología asociadas a la poliglobulia.

Destinar un fondo económico en la constructora, que permita el control trimestral de hematocrito y hemoglobina con la finalidad de observar los cambios continuos que se presentan en la población en estudio.

MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias

- Amaru R, Q. T. (17 de Enero de 2016). *Rev Hematologic Mex*. Recuperado el 10 de Marzo de 2021, de <https://www.medigraphic.com/pdfs/hematologia/re-2016/re161c.pdf> Amaru%20R,%20Quispe%20T,%20Torres%20G,%20Mamani%20J,%20Aguilar%20M,%20Miguez%20H,%20Pe%C3%B1aloza%20R,%20Velarde%20J,%20Pat%C3%B3n%20D,%20Ticona%20J,%20Cuevas%20H
- Amaru, L. (2016). *Guia para el diagnostico y tratamiento de las eritrocitosis patologicas de altura*. la Paz.
- Amaru, R. (12 de 2013). *Scielo*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2020, de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-89582013000200002#:~:text=La%20Eritrocitosis%20Patol%C3%B3gica%20de%20Altura%20\(EPA\)%20es%20la%20manifestaci%C3%B3n%20hematol%C3%B3gica,de%20hiperviscosidad%20sangu%C3%ADnea%20y%20cianosis](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-89582013000200002#:~:text=La%20Eritrocitosis%20Patol%C3%B3gica%20de%20Altura%20(EPA)%20es%20la%20manifestaci%C3%B3n%20hematol%C3%B3gica,de%20hiperviscosidad%20sangu%C3%ADnea%20y%20cianosis).
- Amaru, R. (Diciembre de 2016). *Scielo*. Recuperado el 20 de febrero de 2021, de http://www.scielo.org.bo/pdf/rmcmlp/v22n2/v22n2_a12.
- Donado, G., Jorge, H., Ramirez, G., Julian, A., & Trujillo Castro Sara Maite, B. A. (2 de Diciembre de 2013). *redalyc.org*.
- Ferreira, C. (2017). *INEC*. Recuperado el 14 de Enero de 2020, de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Libros/Socioeconomico/Mujeres_y_Hombres_del_Ecuador_en_Cifras_III.pdf
- Gómez, J., Hernando, R., González, J., Andrés, T., Castro, S., Maitté, B. ,, . . . Velásquez, S. (2 de Julio de 2013). *redalyc.org*. Recuperado el 7 de Enero de 2020, de <http://www.redalyc.org/pdf/1590/159032387004.pdf>
- Gonzales, G. (Junio de 2007). *Scielo*. Recuperado el 2 de Febrero de 2020, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-52562007000100010
- Gonzales, G. (marzo de 2011). *Scielo*. Recuperado el 19 de marzo de 2021, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342011000100015

Gonzales, G. (marzo de 2011). *Scielo*. Recuperado el 15 de marzo de 2021, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342011000100015#:~:text=Los%20resultados%20de%20las%20investigaciones,en%20suero%20se%20asocian%20con

INEC. (septiembre de 2020). *ENENDU*. Recuperado el 27 de enero de 2021, de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/enemdu-septiembre-2020/>

Izaguirre, R. (2005). *Propiedades de la sangre*. MCGRAWHILL. Recuperado el 12 de enero de 2021

Leisveld, J. (Febrero de 2019). *msdmanuals*. Recuperado el 23 de Enero de 2021, de <https://www.msdmanuals.com/es-ec/professional/hematolog%C3%ADa-y-oncolog%C3%ADa/trastornos-mieloproliferativos/policitemia-vera>

Lofti, M. (12 de Diciembre de 2019). *La Cumbre on line*. Recuperado el 2 de febrero de 2020, de [https://www.lacumbreonline.cl/blog/consejos/que-nos-sucede-en-la-altura-parte-2\)](https://www.lacumbreonline.cl/blog/consejos/que-nos-sucede-en-la-altura-parte-2)

Meillon, L. (2005). *Fisiologia Humana*. MC GRAW HILL. Recuperado el 22 de Enero de 2020

Miguez, H. R. (07 de Agosto de 2013). *Scielo*. Recuperado el 24 de febrero de 2020, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&ppid=S1726-89582013000200002

Narvaes, L. (02 de Septiembre de 2008). *medigraphic Artemisa en linea*. Recuperado el 21 de enero de 2021, de <https://www.medigraphic.com/pdfs/patol/pt-2008/pt084e.pdf>

NIH, I. N. (2 de Diciembre de 2019). *Medline plus*. Recuperado el 4 de diciembre de 2020, de <https://medlineplus.gov/spanish/blood.html>

OMS. (2011). *WHO/NMH/NHD/MNM/11.1*. Recuperado el 10 de MARZO de 2021, de https://www.who.int/vmnis/indicators/haemoglobin_es.pdf

OXFORD. (2015). *OXFORD MEXICO*. Recuperado el 25 de ENERO de 2021, de <https://www.lexico.com/es/definicion/altura>

Palacios, J. (Junio de 2018). *Enfermera Virtual*. Recuperado el 12 de febrero de 2020, de <https://www.infermeravirtual.com/files/media/file/102/Sangre.pdf?1358606076>

Paredes, G. J. (18 de Junio de 2018). *Revista Científica ITSCRE*. Recuperado el 22 de Diciembre de 2020, de <https://www.revistaacademica-istcre.edu.ec/admin/postPDF/Quito,ciudaddealtura.pdf>

Piedras, J. (2005). *Fisiologia Humana*. MC GRAW HILL. Recuperado el 10 de Febrero de 2020

Rebolledo, D. (2 de julio de 2011). *redalyn.org*. Recuperado el 15 de diciembre de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/2233/223322452008.pdf>

Trompetero, A. (21 de Julio de 2025). *redalyc.org*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2020

Trompetero, G. J. (Mayo de 2015). *Nutricion Hospitalaria*. Recuperado el 20 de Enero de 2021, de <http://www.aulamedica.es/nh/pdf/9711.pdf>

UNNE. (2010). Recuperado el 18 de enero de 2020, de <https://med.unne.edu.ar/sitio/multimedia/imagenes/ckfinder/files/files/Fisio/cap%206%20sangre.pdf>

ANEXOS

ANEXO A tríptico parte 1 Efectos de la altura en tu lugar de trabajo.



ANEXO A1 tríptico parte 2 Efectos de la altura en tu lugar de trabajo.

¿QUE ES EL HEMATOCRITO Y LA HEMOGLOBINA?

La prueba del hematocrito es un tipo de análisis de sangre que mide la cantidad de glóbulos rojos. Los cuales contienen una proteína llamada hemoglobina que transporta oxígeno de los pulmones al resto del cuerpo.



¿PARA QUÉ SE USA?

Se usa para diagnosticar trastornos de la sangre como anemia, en que no hay suficientes glóbulos rojos, o policitemia, un problema poco común en el que la sangre tiene demasiados glóbulos rojos.



¿SIGNOS Y SINTOMAS DE UN HEMATOCRITO ALTERADO?

Falta de aire, Debilidad, Piel enrojecida, Cansancio, Sudor excesivo, Dolor de Cabeza



MEDIDAS DE PREVENCIÓN

CONTROLES MÉDICOS PERIODICOS

Acude al para tu valoración periódica del estado de salud, con la finalidad de prevenir enfermedades cardiovasculares.



MANTEN UNA ALIMENTACIÓN SALUDABLE

Come Sano, Bebe líquidos con moderación (comer frutas y verduras es una inversión en tu salud).



MEDIDAS DE PREVENCIÓN

RELÁJATE Y MEDITA

Disminuye el stress duerme las horas que te toca (Práctica algún deporte)



UTILIZA SIEMPRE TUS EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Utilizar los Equipos de Protección Personal y Colectivos; Arnés y Línea de Vida individual y colectiva.



ANEXO B.-Entrega y sociabilización de tríptico Efectos de la altura en tu lugar de trabajo.

