

# ERITROCITOSIS EN NIÑOS NATIVOS Y RESIDENTES DEL ANDE CENTRAL SEGÚN EDAD

ERYTHROCYTOSIS IN NATIVE CHILDREN AND RESIDENTS IN THE CENTRAL HIGHLANDS ACCORDING TO AGE

Jo V N<sup>1,2</sup>, Puicón M C<sup>1</sup>, Marín M D<sup>1</sup>, Velásquez G J<sup>1</sup>, Jara P R<sup>1</sup>

## RESUMEN

**Objetivos:** Determinar si la eritrocitosis que presentan los niños nativos y residentes de la altura se incrementa conforme aumenta la edad cronológica, investigando la prevalencia de eritrocitosis severa. Constituyendo los valores del hematocrito un factor de alarma que eventualmente evolucionará en una eritrocitosis excesiva (inadaptación a la altura). Se comparan con niños a nivel del mar. **Diseño:** Estudio descriptivo observacional y transversal. **Contexto o lugar:** Provincia de Bellavista y La Victoria del Departamento de Cerro de Pasco. **Sujetos:** Estudiantes de 6 a 16 años de edad, de ambos sexos, procedentes de colegios estatales, nativos y residentes a 3989 y 4097 msnm, así como una población similar de residentes a nivel del mar a 160 msnm, Lima. **Métodos:** Se obtuvo la muestra de sangre en ayuno de 12 horas por punción venosa anterolateral del brazo para determinar el valor del hematocrito por el método estándar de microhematocrito. Los datos se analizaron con estadísticas descriptivas, analíticas y el ANOVA para encontrar la significancia estadística entre los valores a diferentes niveles de altitud. **Resultados:** Se observó que existe diferencia significativa del valor del hematocrito en los niños nativos de altura (3989 y 4097 msnm) con los comparados al nivel del mar (160 msnm) y que se incrementan los valores del hematocrito conforme aumenta la edad cronológica de los niños. Se encontró una prevalencia de 12,85% de eritrocitosis excesiva (> 56%), cifra mayor al hallado en los niños del Cusco, posiblemente porque nuestra población fue mayormente rural y de menor mestizaje. **Conclusión:** Existe asociación entre mayor eritrocitosis y la edad cronológica de los niños. Se encontró una prevalencia del 12,85% de eritrocitosis excesiva en niños nativos y residentes de la Sierra central.

**Palabras clave:** Altitud; Hematocrito y edad cronológica de niños; Eritrocitosis excesiva (fuente: DeCS BIREME).

## ABSTRACT

**Objective:** Determine if the erythrocytosis in native children and residents living in the highlands is increased as the chronological age increases, thus determining the prevalence of severe erythrocytosis. The value of the hematocrit a warning factor and eventually would develop in an excessive erythrocytosis (maladjustment to highland). It is compared to children at sea level. **Design:** It is a descriptive, observational, transversal study. **Setting or place:** Province of Bellavista and La Victoria in the Department of Cerro de Pasco. **Subjects:** Students of 6 to 16 years old, both genders, from state schools, native and residents at 3989 and 4097 masl as well as in a similar population of residents at sea level: 160 meters at sea level, Lima. **Methods:** 12 hours fasted blood was used by anterolateral puncture of the arm was used to determine the value of the Hematocrit by means of the micro hematocrit standard method. The data was analyzed with descriptive analytical statistics and the ANOVA to find the statistic signigance among different altitude levels. **Results:** It was noted that there is a signigant of the Hematocrit value in highland native children (3989 and 4097 masl) compared to those living at sea level (160 meters at sea level). The Hematocrit values increase as the chronological age of children increases. There is a prevalence of 12.85% of excessive erythrocytosis (>56%) larger figure found in children from Cusco possibly because our population was mostly from the rural areas and with less miscegenation. **Conclusion:** There is an association between a greater erythrocytosis and the chronological age of children. There is a prevalence of 12.86% of excessive erythrocytosis in native children and residents in the central Sierra (Highlands).

**Key words:** Altitude; Hematocrit and chronological age of children; Excessive erythrocytosis (source: MeSH NLM).

<sup>1</sup>Facultad de Medicina Humana, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.

<sup>2</sup>Instituto de Investigación en Ciencias Biomédicas, Facultad de Medicina Humana, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.

**Correspondencia:** Nancy Jo Vargas. **Dirección:** Av. Benavides 5440, Surco, Lima, Perú. Universidad Ricardo Palma. **Teléfono:** 708-0000. **Anexo:** 6006. **Correo:** drancyjo@yahoo.com

**Citar como:** Jo V N, Puicón M C, Marín M D, Velásquez G J, Jara P R. Eritrocitosis en niños nativos y residentes del ande central según edad [Artículo Original]. Rev. Fac. Med. Hum. 2016;16(2):11-17. DOI 10.25176/RFMH.v16.n2.663

## INTRODUCCIÓN

Los factores ambientales a los que tienen que adaptarse los hombres que viven en las grandes alturas han determinado variaciones fisiológicas y anatómicas diferentes al sujeto que vive a nivel del mar.<sup>1,2,3</sup> Así, la altitud que determina una hipoxia ambiental por la baja presión barométrica y la baja presión parcial de oxígeno (PO<sub>2</sub>) en el aire a respirar, han hecho que presenten una mayor frecuencia respiratoria y cardiaca en forma transitoria como mecanismo de defensa a la disminución parcial de oxígeno, originando que numerosas investigaciones hayan sido efectuadas a fin de explicar los cambios adaptativos a nivel antropométrico, pulmonar, hematológico (Aumento de la secreción de eritropoyetina, mayor producción de 2-3 DPG), metabólico (uso más eficiente del oxígeno), cardiovascular<sup>4</sup>, etc. a fin de asegurar la dotación adecuada de oxígeno a nivel tisular y alcanzar un desarrollo y actividad igual a la del nivel del mar.

Al ambiente hipóxico, se suman otros factores, tales como una mayor sequedad del aire, incremento del frío y de la radiación, etc. Villena<sup>5</sup> describe que en la altura disminuye la temperatura de 5 a 10 °C por cada 1000 m. de altitud. La radiación ultravioleta por encima de los 3000 m es mayor del 30% con relación a la del nivel del mar, lo que predispone a la mayor prevalencia del cáncer de piel.

También mucho se ha incursionado en los campos de la fisiología de la reproducción, de la endocrinología en general, la función digestiva, hematológica<sup>5,6</sup> Está bien documentado que el habitante de altura presenta una mayor cantidad de glóbulos rojos y hemoglobina que a nivel del mar a fin de ofrecer un adecuado suministro de oxígeno a nivel tisular, demostrando que a menor saturación arterial de oxígeno es mayor la concentración de la Hb<sup>7</sup>. Fisiológicamente la mayor producción de glóbulos rojos y de volumen de la masa de los hematíes, se acompaña de una disminución del volumen plasmático relativo con incremento del hematocrito<sup>8</sup>.

Los estudios pioneros realizados por Monge M.C.<sup>9,10</sup> demostraron que las altas altitudes pueden deter-

minan en el hombre la aparición de una eritrocitosis excesiva (policitemia) con valores de Hb que superan los 20 g % y aparición de sintomatología.

Diversos autores<sup>11,12</sup> han reportado que, en los adultos, tanto hombres como mujeres nativas de altura, existe un incremento del Hto con la edad, pero son escasos los estudios en niños.

El propósito del presente estudio es evidenciar si la eritrocitosis que presentan los niños nativos y residentes de altura, se agudiza conforme aumenta la altitud y edad cronológica del niño, constituyéndose como un factor de alarma con evolución a una eritrocitosis excesiva (inadaptación a la altura).

## MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación es de tipo descriptiva observacional y transversal. La muestra en estudio estuvo constituida por 256 niños, de ambos sexos entre 6 a 16 años de edad, procedentes de colegios estatales y provenientes de dos altitudes diferentes. Una de altura (Cerro de Pasco), constituida por niños nativos y residentes del distrito de Bellavista (3778 msnm) y del distrito de La Victoria (4097 msnm). **Foto N°1**, la otra población fue de niños nativos y residentes a nivel del mar (Lima, distrito San Juan de Miraflores, 160 msnm). Adicionalmente, se incluyó una muestra de adultos también nativos y residentes de altura (4097 msnm) muchos de los cuales eran progenitores de los niños de altura.

Fueron descartados los niños con antecedentes de Diabetes Mellitus, hipertensos, y con insuficiencia renal. Igualmente fueron descartados niños que presentaron una desnutrición y anemia leve o moderada.

Se les tomó una muestra de sangre venosa previo ayuno de 12 horas, determinándose los valores del Hematocrito (Hto) según el método convencional de micro hematocrito **Foto N° 2**. Se consideró eritrocitosis excesiva cuando el valor del Hto era > 56%.

Los cálculos estadísticos se hicieron utilizando el programa SPSS 24 y se consideró el test F de ANOVA para evaluar la significación estadística.



Foto 1. Cerro de Pasco. Distrito La victoria (4097 msnm).



Foto 2. Colegio estatal del distrito La Victoria.

ARTÍCULO ORIGINAL

## RESULTADOS

La distribución de la muestra según altitud y sexo se describe en la **Tabla Nº 1**, totalizando 140 niños de altura, 76 hombres y 64 mujeres; así como 116 del nivel del mar, 62 hombres y 54 mujeres.

**Tabla 1.** Distribución de muestra según altitud y sexo.

Altitud: msnm	Sexo		Total
	Masculino	Femenino	
Cerro de Pasco. Distrito La Victoria (4 097)	27	19	46
Cerro de Pasco Distrito. Bellavista (3 778)	49	45	94
Lima, San Juan de Miraflores (160)	62	54	116
Total	138	118	256

Los valores promedio del hematocrito según altitud y sexo se describen en la **Tabla Nº 2** observándose que a 3 778 y 4 097 msnm, los valores del Hto son más altos que a nivel del mar, cuyo análisis estadístico indica que la diferencia entre el llano y la altitud

es muy significativa (valor  $p=0,000$ ). Cuando estos valores de hematocrito se relacionan con el género, encontramos también un promedio ligeramente diferente entre ambos sexos. ( $p= 0,046$ ) siendo el valor promedio menor en las mujeres.

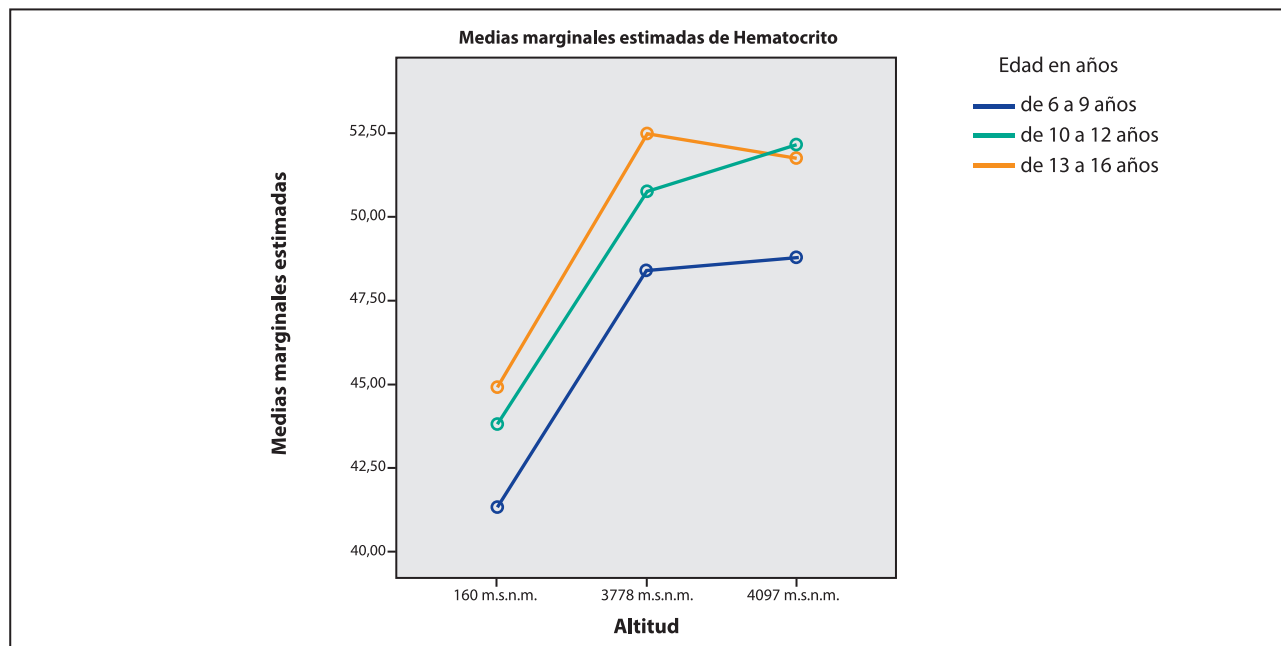
**Tabla 2.** Hematocrito (%) en niños de 6 a 16 años según altitud y sexo.

Altitud	Sexo	$\bar{X} \pm DE$	Nº de Casos
Cerro de Pasco. Distrito La Victoria (4097 m.s.n.m.)	Masculino	51,74 $\pm$ 4,75	27
	Femenino	49,68 $\pm$ 3,77	19
	Total	50,89 $\pm$ 4,45	46
Cerro de Pasco. Distrito Bellavista (3 778 m.s.n.m.)	Masculino	50,55 $\pm$ 4,94	49
	Femenino	50,44 $\pm$ 5,48	45
	Total	50,50 $\pm$ 5,18	94
Lima, San Juan de Miraflores (160 m.s.n.m.)	Masculino	44,73 $\pm$ 3,63	62
	Femenino	43,28 $\pm$ 3,71	54
	Total	44,05 $\pm$ 3,72	116

La descripción estadística de los valores del Hto según altitud y edad se muestran en el **Tabla N°3**, observándose que conforme aumenta la edad, el valor del Hto es más elevado tanto en la altura como a nivel del mar. El análisis estadístico, (ANOVA) indica que

las diferencias entre las cantidades medias del Hto entre los grupos de edades son estadísticamente significativas (valor  $p=0,000$ ) y que el Hto en promedio es significativamente diferente entre altitudes ( $p=0,000$ ). Gráficamente se evidencia en la **Figura N°1**.

ARTÍCULO ORIGINAL



**Figura 1.** En esta figura muestra las medias marginales del Ht en función de la edad y altitud, visualizándose que conforme aumenta la edad el Ht va aumentando, tanto a nivel del mar como en la altura.

**Tabla 3.** Hematocrito (%) en niños de acuerdo con la altitud y edad cronológica.

Altitud (m.s.n.m)	Edad en años	Media	Desviación estándar	Nº de casos
4,097	6 a 9	48,81	3,56	16
	10 a 12	52,18	4,99	17
	13 a 16	51,77	4,02	13
	Total	50,89	4,45	46
3 778	6 a 9	48,43	4,49	37
	10 a 12	50,77	4,94	22
	13 a 16	52,51	5,29	35
	Total	50,5	5,18	94
160	6 a 9	41,31	3,79	13
	10 a 12	43,8	3,68	46
	13 a 16	44,88	3,46	57
	Total	44,05	3,72	116

Los valores del Hto según sexo y edad a 3778 y 4,097 msnm, se muestra en la **Tabla N° 4**, observándose que en ambas altitudes no existe diferencia en las medias alcanzadas entre sexos, sin embargo, se observa que a 3778 msnm la media de los niños hombres y mujeres de 6 a 9 años, es menor que en niños de 10 a 12 y mucho menor que a 13 a 16 años. El análisis estadístico demuestra que a 3778 msnm las diferencias observadas del Hto entre sexos no son estadísticamente

significativas ( $p=0,919$ ), en tanto que a 4097 msnm existe una ligera diferencia (valor  $p=0,033$ ) siendo mayor en el sexo masculino. En cuanto a la influencia de la edad sobre el valor del Hto a 3778 msnm encontramos que éste aumenta conforme aumenta la edad, estas diferencias son estadísticamente significativas (valor  $p=0,003$ ). A 4097 msnm la tendencia es similar, sin embargo, las diferencias no son estadísticamente significativas ( $p=0,052$ ).

**Tabla 4.** Hematocrito (%) según sexo y edad en niños y adolescentes en la altura (Cerro de Pasco).

Sexo	Edad (años)	Altitud 3778m.s.n.m.		Altitud 4097 m.s.n.m.	
		Nº de casos	Hematocrito % $\bar{X} \pm DE$	Nº de casos	Hematocrito % $\bar{X} \pm DE$
Masculino	6 - 9	19	47,74 $\pm$ 3,54	12	49,08 $\pm$ 4,10
	10 - 12	12	50,75 $\pm$ 5,06	8	54,50 $\pm$ 4,60
	13 - 16	18	53,39 $\pm$ 4,64	7	53,14 $\pm$ 3,98
	Total	49	50,55 $\pm$ 4,94	27	51,74 $\pm$ 4,75
Femenino	6 - 9	18	49,17 $\pm$ 5,32	4	48,00 $\pm$ 0,82
	10 - 12	10	50,80 $\pm$ 5,05	9	50,11 $\pm$ 4,59
	13 - 16	17	51,59 $\pm$ 5,91	6	50,17 $\pm$ 3,76
	Total	45	50,44 $\pm$ 5,48	19	49,68 $\pm$ 3,77

ARTÍCULO ORIGINAL

Las estadísticas descriptivas del Hto en niños y adolescentes según edad y sexo a nivel del mar, **Tabla Nº 5**, muestra que la media en las mujeres es menor que en los varones según edad, sin embargo, el análisis estadístico ANOVA indica que esas diferencias

no son significativas (valor  $p=0.065$ ). En cuanto a la edad, se observa que el Hto es más alto a mayor edad de los niños en ambos sexos, existiendo diferencia ligeramente significativa del Hto en los tres grupos de edad (valor  $p=0.047$ ).

**Tabla 5.** Hematocrito entre sexos y edad en niños y adolescentes a nivel del mar.

Sexo	Edad (años)	Nº de casos	Hematocrito (%) $\bar{X} \pm DE$
Masculino	6 - 9	8	42,3 $\pm$ 4,3
	10 - 12	18	43,6 $\pm$ 3,6
	13 - 16	36	45,8 $\pm$ 3,1
Femenino	6 - 9	5	39,6 $\pm$ 2,1
	10 - 12	29	42,7 $\pm$ 7,3
	13 - 16	21	43,2 $\pm$ 3,5

En cuanto a la prevalencia de la eritrocitosis excesiva (>56%), fue de 12,85% en niños, incrementándose conforme aumenta la edad, tanto en hombres como en mujeres **Tabla Nº 6**. Esta tendencia se verifica cuando se observa la preva-

lencia de la eritrocitosis excesiva en adultos que habitan a 4097 msnm a medida que aumenta la edad, la prevalencia también aumenta, habiéndose alcanzado una prevalencia total en adultos del 37,5% de eritrocitosis excesiva.

**Tabla 6.** Prevalencia de eritrocitosis excesiva en niños y adultos de altura (Cerro de Pasco) de acuerdo a la edad cronológica.

NIÑOS				NIÑOS			
Edad (años)	Nº de Casos	Eritrocitosis Excesiva	Prevalencia: %	Edad (años)	Nº de Casos	Eritrocitosis Excesiva	Prevalencia: %
6 - 9	53	2	3,77	20-39	21	7	33,3
10 - 12	39	7	17,9	40-59	21	8	38,1
13-16	48	9	18,75	60-70	6	3	50
Total	140	18	12,85	Total	48	18	37,5

## DISCUSIÓN

La intensidad de la eritrocitosis como resultado de la adaptación cardiorrespiratoria y hematológica que presenta el hombre que es expuesto al ascenso agudo o crónico a la altura, varía no solo con la hipoxia ambiental si no también conforme al aumento de la altitud de residencia, como lo demuestra Gonzales<sup>13</sup>. Donde refiere que el Hto en mujeres adultas es significativamente más alto a 3280 msnm (Huancayo) y 4340 msnm (Cerro de Pasco) que a 2327 y 150 msnm (Arequipa y Lima). Similarmente, Witembury demuestra que, en los mineros residentes en la altura, el valor del Hto es más alto a 3260 y 4330 msnm que a 150 msnm<sup>14</sup>.

En el presente estudio se demuestra que, en niños, igualmente los valores del Hto son significativamente más altos a 4,097 y 3778 msnm que a 160, encontrando un promedio ligeramente diferente entre géneros, sugiriendo que aparentemente no existiría interacción con el factor género, como también lo refiere Gonzales y col<sup>12</sup>. Otro factor a considerar que interviene en la eritrocitosis sería la edad. Así, en adultos se ha encontrado que en las mujeres entre 30 y 54 años y que vivían a 4340 msnm, existía un incremento con la edad<sup>15</sup> atribuyéndose al efecto de la menopausia como factor influyente por desaparición de la inhibición de la eritropoyesis ejercida por los estrógenos. Cuando se analiza el Hto en mujeres de 20 a 70 años de edad en la altura se encuentran que el Hto es más alto en la edad de 60-87 años ( $53,2 \pm 6,3$ ) que a 20 a 39 años ( $45,6 \pm 6,4$ ); sin embargo al nivel del mar, no se observó diferencia significativa<sup>16</sup>.

La contribución del presente estudio es aportar evidencia de que existe un incremento del Hto conforme aumenta la edad cronológica de los niños que habitan en la altura, mostrando el ANOVA que es significativamente más alto que a nivel del mar, aunque no existe diferencias significativas entre las cantidades medias del hematocrito entre ambas altitudes, posiblemente porque la diferencia entre ambas alturas es escasa, pero claramente se evidencia que el valor del hematocrito es mayor conforme aumenta la edad en los niños de la altura. La naturaleza de la variación del Hto en los niños no obedecerían todavía a una maduración sexual, que si lo explicaría la mayor eritrocitosis en los adultos por efecto de la mayor producción de tes-

tosterona<sup>11,17</sup>, se podría suponer que en los niños a medida que aumenta la edad cronológica aumenta la actividad física y por lo tanto mayor demanda de oxígeno que condicionaría mayor producción de eritropoyetina.

Por otro lado, se ha encontrado que en los niños de 6 a 16 años de edad se puede presentar una eritrocitosis excesiva, la cual se incrementa conforme aumenta la edad, alcanzando una prevalencia del 12,85%, que si la comparamos con la reportada en el Cusco (15%) donde fue mayor, argumentando el autor (13) que la mayor prevalencia se debería a que la población estudiada era rural y con menor grado de mestizaje. Si esta suposición se verifica, postularíamos que los sujetos de la Sierra Sureña presentan una mejor adaptación a la altura por ser una población rural, con mayor componente quechua o aymara así como una mayor residencia multigeneracional. La afirmación, de que la eritrocitosis es mayor conforme aumenta la edad se refuerza, cuando analizamos la eritrocitosis que presentan los adultos de la altura, en los cuales hallamos una prevalencia de 37,5%, prevalencia similar a la reportada por Monge, León Velarde y Arregui<sup>11</sup> en mineros de Cerro de Pasco.

## CONCLUSIÓN

En base a los resultados obtenidos concluimos que la eritrocitosis en los residentes de altura empieza a temprana edad, incrementándose conforme aumenta la edad de los sujetos, alcanzando una eritrocitosis excesiva del 12,85%, constituyendo el hematocrito un factor de alarma como factor predictivo de intolerancia a la altura que puede desembocar en afecciones importantes como accidentes cerebrovasculares, alteraciones cardiovasculares y pulmonares.

---

**Financiamiento:** El estudio recibió el apoyo económico de la Facultad de Medicina de la Universidad Ricardo Palma.

**Conflicto de interés:** Los autores declaran no tener conflictos de interés en la publicación de este artículo.

**Recibido:** 03 de Mayo de 2016

**Aprobado:** 07 de Junio de 2016

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Monge Medrano C. Life in the Andes and Chronic Mountain Sickness Science 95:79-84,1942.
2. Uscamayta Q.N...Eritrocitosis de Altura Patologico.Revista SCientifica. ISSN 1813-0054 SCientifica vol. 5, No.5.la Paz, 2007.
3. Contribución Peruana a la hematología en Poblaciones nativas de Altura.sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/acta\_anolina/v07\_n2/contri(2).htm.
4. Fouillot JP y Barrault D: Fisiopatología y Altitud. Rev. Tribuna Médica LII (8); 1928: 8-18.
5. Villena Ch.Jaime E. Cambios Metabólicos en la Hipoxia Crónica. Acta Andina 7 (2):95-103.1998.
6. Suarez Buitron.E. Fisiología del Habitante de Altura [http://www.monografias.com/trabajos7/fiha/fiha\\_2.shtml](http://www.monografias.com/trabajos7/fiha/fiha_2.shtml).
7. Hurtado A, Merino C, Delgado E. Influence of anorenic on the hemopoietic activity. Arch. Arch Intern Med 1945; 14: 284.323.
8. Reynafarje C, Villavicencio D, Faura J. Aspectos hematológicos de la enfermedad de Monge. Diagnóstico. 1977, 1: 9-15.
9. Monge M, C. Sobre un caso de enfermedad de Vásquez (síndrome eritrémico de altura. Lima: Sanmarti, 1925.
10. Monge M, C, Encinas E, Heraud C y col. La enfermedad de los Andes (Síndromes eritrémicos) An. Fac. Med (Lima) 1928; 11: 1 – 315.
11. Monge.C.C., Leon Velarde F, Arregui A. Increasing prevalence of excessive Erythrocytosis with age among healthy high-altitude miners. New Engl.J.Med 321.1271,1989.
12. Jose Whittembury, Carlos Monge High Altitude, Haematocrit and Age. Nature Vol 238, N4:278,1972 .
13. Gonzales.G.F. Metabolismo en las Grandes Alturas Acta Andina 9 (1-2):31- 42,2001.
14. Gonzales. Gustavo F. Contribución Peruana a la Hematología en Población de Altura. Acta Andina 7 (2):105-130,1998.
15. León Velarde F. Ramos M .A, Hernández J A et al. The role of menopause in the development of chronic mountain sickness. Am. J. Physiol. 1997: 272: 1190 – 1194.
16. Gonzales, Gustavo Tapia Vilma. Hemoglobina, hematocrito y adaptación a la altura su relación con los cambios hormonales y el periodo de resistencia multigeneracional. Revista Med, vol. 15, No.1, pp 80- 93. Universidad Militar Nueva Granada Bogotá Colombia, 2007.
17. Gonzales, F, Villena A. Low pulse oxygen saturation in post- menopausal women at high altitude is related to a high serum testosterona/estradiol ratio International Journal of Gynecology S Obstetrics 71 (147-154) 2000.
18. Gonzales G,F Importancia de la testosterona en la Adaptación a la Altura.Int.J.Med .Surg,Sci 2 (4):689-697,2015.
19. <http://www.worldcat.org/title/contribucion-peruana-a-la-hematologia-en-poblaciones-nativas-de-altura/oclc/69912144> Gustavo Francisco Gonzales Rengifo.

ARTÍCULO ORIGINAL

Consulte la Revista:  
**Facultad de Medicina Humana**  
**Universidad Ricardo Palma**  
 Desde nuestro nuevo código QR

