

La expedición científica de 1910 a Las Cañadas (Tenerife)

González Reimers, E.¹; Arnay de la Rosa, M.²

¹Departamento de Medicina Interna, Hospital Universitario de Canarias. La Laguna. Tenerife

²Departamento de Prehistoria, Antropología e Historia Antigua. Universidad de La Laguna

Resumen

A principios del pasado siglo coinciden en Las Cañadas del Teide tres grupos de relevantes científicos cuyas investigaciones sitúan a Tenerife en el primer plano internacional de las ciencias. Nos referimos a Mascart, quien explora desde la cima de Guajara la trayectoria del cometa Halley; a Hugo Hergesell y Wenger, destacados meteorólogos, impulsores de la creación de la estación meteorológica de La Grieta, y a un conjunto de fisiólogos de primera línea, entre los que destacan Zuntz, Barcroft, von Schrötter, Douglas, Neuberger, entre otros, convocados por Pannwitz, cuya misión es estudiar la adaptación a la altura con el fin último de determinar la idoneidad de la zona para la construcción de un sanatorio antituberculoso. Comentamos en el siguiente trabajo algunos aspectos relacionados con las investigaciones de estos eminentes fisiólogos.

Palabras clave

Tuberculosis; Adaptación a la altura; Cañadas; Climatoterapia; Medicina del deporte.

Introducción: El marco histórico

El auge de la Fisiología y su desarrollo como disciplina científica de primer orden hay que buscarlo en el siglo XIX. Influidos por la nueva concepción del mundo que da la Ilustración, por el auge racionalista, el empirismo, potenciado por la cada vez mayor capacidad tecnológica de observar y medir, y finalmente, por el naciente positivismo inductivista, científicos de todo Occidente contribuyen con nuevos conocimientos al desarrollo de esta disciplina (Alvarez Cáceres, 1996). Herederos de planteamientos holísticos como los de Humboldt, muchos investigadores profundizan en el estudio detenido de diversos procesos fisiológicos y su variabilidad en relación con diferencias geográficas o climáticas, y todo ello en el contexto de una creciente preocupación de la salud

como responsabilidad colectiva, y de la presión que sobre la misma ejercían una serie de procesos emergentes, consecuencias de los profundos cambios sociales.

Alemania, país pionero en lograr una cobertura sanitaria (casi) universal, bajo los auspicios de Otto von Bismarck (Van der Zee and Kroneman, 2007), muestra también un alto grado de industrialización, desarrollo tecnológico y explosión demográfica. Así, a fines del siglo XIX, el crecimiento poblacional, la concentración urbana y la revolución industrial, con sus secuelas de hacinamiento y miseria, habían propiciado la expansión epidémica de diversos procesos infecciosos, que aún no podían ser frenados de forma eficaz por el insuficiente conocimiento microbiológico y fisiopatológico (Pistacchio, 2001) y por la ausencia de un arsenal terapéutico eficaz. Una de estas epidemias, que afectaba a amplias capas

de la población, sin distinción de clase social ni edad, era la tuberculosis. De hecho, el propio Koch señala en 1882, que la tuberculosis era la responsable de una de cada siete muertes (Taylor et al., 2003). Por eso, el interés por conocer y contener a esta enfermedad era creciente, y la conciencia de que hacinamiento, inadecuada nutrición y pobreza la favorecían, propició la creación de balnearios y sanatorios situados fuera de las ciudades, en ambientes rurales o de montaña. Así nace, en Göbersdorf, en los montes de Silesia, el primer sanatorio de montaña, al que pronto siguen otros en sistemas montañosos de altura media o en las estribaciones de los Alpes, exportándose la idea también a los Estados Unidos (Lindberg y Howe, 2009). No estaba claro, para los nacientes fisiólogos, cuál era el mejor clima para tratar la tuberculosis, si los aires “puros” de montaña, o los climas cálidos de localidades mediterráneas o de las entonces remotas islas atlánticas de Madeira y Canarias. Lo cierto es que el auge de la climatoterapia favoreció el detallado estudio por parte de muchos científicos (casi todos médicos) de Europa, de las características climáticas de las citadas islas, comparándolas con las de otras localidades afamadas como balnearios o “Health resorts”.

Fruto de esta inquietud, bajo los auspicios de la Asociación Internacional contra la tuberculosis, en su novena conferencia celebrada en Bruselas y presidida entonces por

M, Leon Bourgeois, se encomienda al profesor Pannwitz la organización de una misión científica a la isla de Tenerife, con el objetivo de estudiar las condiciones generales de la isla como balneario antituberculoso, y los efectos de la altura y la irradiación solar sobre la tuberculosis. Pannwitz había sido un destacado estudioso de la tuberculosis, fundador de la Unión Internacional contra la tuberculosis (Internationale Vereinigung gegen Tuberkulose) tras el Congreso de Berlín de 1902, al tiempo que un decidido impulsor de la construcción de sanatorios para enfermos respiratorios, especialmente para los afectos de tuberculosis, concibiendo también estos centros como promotores de la futura reinserción social de dichos enfermos. Inmerso en el auge de los estudios fisiológicos y conocedor de su importancia, la expedición que organiza en 1910 a Tenerife reúne a destacadísimas personalidades de la Fisiología de la época, entre las que sobresalen Zuntz, Durig, Von Schrötter, Neuberg, Douglas y Barcroft. Estos científicos ya habían estudiado aspectos de la adaptación fisiológica a la altura, y algunos pretendían continuar con estas experiencias, pero en unas condiciones climáticas más favorables que las que reinaban en el Monte Rosa o el Mont Blanc, que era donde ya Zuntz y otros habían hecho estudios pioneros. Conocedores, por las referencias de antecesores como Piazzi-Smith y otros, de las características globales del clima de Las Cañadas, su principal objetivo era el estudio del intercambio gaseoso a nivel pulmonar y de cómo se modificaba éste en la altura. Compartían esta expedición varios astrónomos, entre ellos Jean Mascart para observar el paso del cometa Halley. Este astrónomo fabricó una cabaña de madera, rodeada en parte por los muretes de piedra seca que Piazzi Smith había levantado medio siglo antes. Durante su construcción, pernoctaba en las casetas prefabricadas, pertenecientes al Observatorio



Figura 1

Instalaciones del observatorio de La Grieta. Tomado de Mascart J. Impresions et observations dans un voyage a Tenerife. La Société Languedocienne de Geographie. Ernest Flammarion Editeur, Paris, 1910, p.219.

meteorológico, regaladas por el emperador alemán un año antes (González Lemus, 2007), instaladas en la cañada de La Grieta, compartiendo a buen seguro con los fisiólogos y demás científicos las vivencias y experiencias del día (Fig.1).

Los fisiólogos permanecen en Las Cañadas apenas unos 20 días, hasta el 18 de Abril; Mascart y el grupo de astrónomos, un mes más (Mascart, 1911).

Principales investigaciones llevadas a cabo

Por aquella época comenzaban tímidamente a vislumbrarse algunos de los fundamentos de la Fisiología respiratoria y de la adaptación a la altura. Hoy sabemos que, en condiciones normales, en el capilar venoso, el CO_2 derivado de la utilización de grasas e hidratos de carbono difunde libremente al interior del hematíe, y ahí sufre varios destinos: 1. Por una parte se une a la hemoglobina, formando compuestos carbamino; 2. por otra parte es sometido a la acción de la anhidrasa carbónica, quien lo transforma en CO_3H y H^+ . El H^+ se une a la hemoglobina (anión proteínato), pero el CO_3H difunde hacia la sangre, intercambiándose por un anión cloruro, y uniéndose al sodio: se forma así bicarbonato sódico y se “alcaliniza” la sangre.

Esta entrada de cloro, que explica que el contenido eritrocitario de cloro sea mayor en sangre venosa que en sangre arterial, se llama fenómeno de Hamburger, mientras que la salida hacia el plasma de CO_3H (para unirse al Na) se conoce como fenómeno de Zuntz (Houssay, 1969), siendo precisamente Zuntz uno de los fisiólogos que forman parte de la expedición científica a Tenerife.

En su estancia en Tenerife, Nathan Zuntz estaba preocupado con las variaciones que, a diversas altitudes, podía experimentar el fenómeno de la alcalinización de la sangre, necesariamente relacionado con la capacidad ventilatoria del pulmón. Estudia este proceso tanto en el barco en el que arriban a la isla, como a nivel del mar, una vez en tierra, y a distintas altitudes (Durig y Zuntz, 1912). Ya se conocía, por diversas experiencias realizadas en el Monte Rosa, e incluso en experiencias en globos, que la proporción de oxígeno del aire era constante (20.93%). Pero, claro está, la presión atmosférica descendía con la altura, y entonces surgía la pregunta de cómo aporta el organismo el oxígeno necesario ahora en la altura más aún que en el llano. Se sabía por los estudios de Mosso y Langlois que en condiciones basales no era necesario mover todo el volumen de aire que se era

capaz de inspirar para vivir, que existía lo que algunos llamaban “respiración de lujo” y, Hill, una “reserva respiratoria”. Para que en la altura, a pesar de una presión barométrica inferior, se lograra un aporte suficiente de sangre, no había otra solución que incrementar el volumen ventilatorio, recurriendo a esa “respiración de lujo” o reserva respiratoria de Hill, máxime porque Zuntz y Durig, no sólo en Las Cañadas, sino también en otras experiencias en el Monte Rosa, habían constatado que el consumo de oxígeno aumentaba con la altura, en especial por encima de 4000 m. Precisamente en Las Cañadas, Zuntz y Durig estudian, detenidamente, el consumo de oxígeno en condiciones de reposo, con el ejercicio, a la sombra, o al sol (Durig et al., 1912). No olvidemos que uno de los fines últimos de la expedición era analizar la idoneidad de un lugar como las Cañadas para la posible instalación de un sanatorio antituberculoso. Era por lo tanto pertinente analizar cómo tendría que trabajar un pulmón enfermo en esas circunstancias. Lo que quedaba claro es que o se recurría al volumen respiratorio de reserva, o, al hilo de las ideas entonces en boga, el pulmón tenía que “secretar” más oxígeno con la altitud. La idea de la secreción activa de oxígeno por parte de los pulmones, disparatada en la actualidad, no lo era por entonces, ni lo fue hasta que, precisamente Barcroft, otra de las grandes figuras de la expedición a Las Cañadas, aportara, una década más tarde, datos incontestables que sugerían que el pulmón no actuaba como secretor de oxígeno, sino como lugar de difusión, al demostrar que, para cualquier presión parcial de oxígeno en el aire, la presión parcial del mismo en sangre arterial era siempre menor (Pamo, 2005).

Pero surgía el concepto denominado “aclimatación” –crítica que Bohr y Haldane, entre otros, realizaron a Barcroft tras la demostración anterior. La aclimatación explicaba el porqué se podía vivir a

cerca de 5000 m de altitud en los Andes, y se suponía que podía estar relacionada con cambios en la saturación de la hemoglobina y en su cantidad absoluta que se producían en la altura. Primero Galiotti, pero luego Zuntz y Durig, en el Monte Rosa, habían observado que la alcalinidad de la sangre disminuía un con la altitud; en Las Cañadas, en concreto, encuentran un descenso del 10%. Basándose en la observación de que la actividad muscular en exceso provocaba acidosis láctica, por hipoxia relativa, pensaron que la mayor acidosis observada en Las Cañadas podría obedecer a un fenómeno similar. Y Barcroft se pregunta si la curva de saturación de la hemoglobina –que en definitiva determina la cantidad de oxígeno cedida a los tejidos– se modificaba o no con los cambios de la alcalinidad de la sangre. Efectivamente, es necesario, si el pH baja, una mayor presión de oxígeno (en sangre) para lograr idéntica saturación de hemoglobina; o, dicho de otra manera, la hemoglobina cede con mayor facilidad el oxígeno que transporta a los tejidos, debido a que la acidosis desvía la curva de saturación de la hemoglobina hacia la derecha.

El problema es que, como hemos señalado antes, no se conocía bien qué ocurría en el pulmón con el transporte de oxígeno y anhídrido carbónico. Cuando aumenta la PO_2 en el alveolo, el CO_2 es desplazado de su unión a la hemoglobina, fundamentalmente por dos mecanismos: en primer lugar, el oxígeno, al unirse a la hemoglobina, provoca disolución de la unión carbamino, liberándose CO_2 ; en segundo lugar, la hemoglobina oxigenada es más ácida, lo que promueve la liberación de hidrogeniones que se combinan con el CO_3H , formado CO_2 y agua. El CO_2 , muy difusible, atraviesa la membrana alveolar y escapa en el aliento. La hipoxemia, cualquiera que sea su causa (en el caso de la altura, sencillamente, la disminución de la presión atmosférica), estimula el centro respiratorio y ge-

nera hiperventilación, lo que hace que el CO_2 , al ser más difusible, escape más hacia el alveolo, con lo que, a la larga, aparece hipocapnia y alcalosis (Winslow, 2007).

Pero, si en 1910 aún se discutía si los pulmones secretaban oxígeno o no, desde luego no se entendía como, pese a caer la presión barométrica con la altura, no caía tanto como podía esperarse la presión de oxígeno de la sangre. Se desconocía entonces que la PCO_2 interviene de forma clara en la presión alveolar de oxígeno (Presión alveolar de oxígeno = Fracción de oxígeno en el aire inspirado \times (presión barométrica – presión de vapor de agua) – $PCO_2/0.8$), y al caer la PCO_2 , como ocurre en la altura, la presión alveolar de oxígeno es proporcionalmente mayor. Tampoco se sabía entonces que la diferencia alveolo-arterial está muy disminuida en el habitante de la altura, debido sobre todo a un aumento de la superficie de difusión en la membrana alveolar. Y es precisamente esta mayor superficie de difusión la que explica que, aunque inspirásemos aire con una presión de oxígeno normal, la PCO_2 sea más baja con la altura en el individuo adaptado, independientemente de la posible hiperpnea que pueda acompañar a cualquier ejercicio en altitudes elevadas. Una hipocapnia mantenida desvía la curva de saturación de la hemoglobina hacia la izquierda; esto es especialmente importante en el excursionista por encima de 6000 m de altitud, donde ni el aumento compensador de 2,3 difosfoglicerato ni la acumulación de láctico por el ejercicio llegan a compensar la alcalosis por hiperpnea (Winslow et al., 1984). Barcroft, en Cerro de Pasco, en 1921 encuentra que la curva de saturación de oxígeno se desvía a la izquierda en la población residente. Barcroft, en Las Cañadas, a una altura mucho más reducida, no logra demostrar este efecto, ni siquiera en una corta estancia en Altavista. Paralelamente, Douglas y Von Schrötter estudian el volumen de sangre y su varia-

ción con la altura, la cantidad de glóbulos rojos circulantes, y si la volemia real aumentaba o no. Es interesante resaltar que en dicha época aunque ya se intuía (desde Paul Bert, unas décadas antes; Naegeli, 1934) que la hipoxemia de la altura generaba poliglobulia, se desconocía la cuantía, y además, se discutía si era el descenso de la pO_2 o el descenso de la PCO_2 como pensaba Mosso, quien había observado este fenómeno en el Monte Rosa (Villena, 1994). Por eso, Douglas y Barcroft se miden la PCO_2 en sangre, en Altavista, y encuentran valores ligeramente inferiores a lo normal (32 mm Hg Douglas y 38 mm Hg Barcroft), pero sin la menor relación con los síntomas del “mal de altura”, presentados de forma leve/moderada por Barcroft, pero no por Douglas. No obstante, ambos investigadores comprueban el descenso de la presión parcial de carbónico con la altura. También, sirviéndose a sí mismos como sujetos de experimentación, y llegando incluso a experimentar la quemadura solar, Zuntz, Durig y otros exploran si la exposición al sol modifica los parámetros respiratorios, sin llegar a conclusiones claras, incluso al comparar los resultados con exploraciones previas al Monte Rosa y otros lugares alpinos (Durig et al., 1912).

Si bien tal vez son las investigaciones sobre la respiración lo más destacado de la investigación del grupo de científicos en las Cañadas, también se estudian otros aspectos, en última instancia dirigidos a explorar los efectos fisiológicos de la fuerte insolación y sequedad del aire y su posible influencia en la curación de la tuberculosis. Los mencionamos brevemente. Por ejemplo, con mucha frecuencia se observaban casos de tuberculosis renal. Por esa época se tenía la idea de que la sudoración podía ayudar al riñón enfermo o “fatigado”. En estas condiciones de fuerte insolación y sequedad extrema del aire, Durig y Zuntz, pesan y analizan cuidadosamente la excreción sudoral tras esfuerzos de diversa intensidad.

Por aquel entonces se tenía también la sospecha de que el tipo de dieta podía influir en el consumo de oxígeno. Tales sospechas, claramente confirmadas en la actualidad, podían ser importantes para el tuberculoso en la altura; era preocupación de Zuntz y Durig conocer hasta qué punto llegaría esa influencia, y cuál era la mejor dieta recomendable.

Neuberg estudia el posible efecto de la helioterapia sobre la tuberculosis. La helioterapia había experimentado un fuerte auge a principios del siglo desde la concesión del premio Nóbel de Medicina a Niels Finsen por la curación de la tuberculosis cutánea con luz solar (Hobday, 1997). Se había descubierto por esa época sustancias fotosensibilizantes, y se estudiaba desde el punto de vista químico cuál era el efecto sobre aldehídos, cetonas, sustancias albumoideas e hidrocarbonadas. Estas investigaciones estaban ligadas a los estudios de von Schrötter relacionados con la intensidad lumínica reinante en las grandes alturas. Se sabe hoy que la radiación ultravioleta aumenta un 6% por cada 1000 m de altitud, pero también se sabe que apenas penetra en el cuerpo humano, sólo que en esa época esto no se conocía bien, como tampoco estaba demasiado claro el potencial efecto de la luz ultravioleta facilitador del cáncer cutáneo.

Von Schrötter pretende estudiar qué parte del espectro lumínico causa realmente la hiperemia cutánea y la pigmentación de la piel. En este sentido, el cielo sin nubes de Las Cañadas le proporciona una excelente oportunidad. Esto lo hace utilizando vidrios de distinta coloración que actúan como filtros. Llega así a la conclusión de que es la radiación ultravioleta la responsable de la coloración de la piel, aunque también reconoce que los rayos de onda más larga causan inflamación. Intenta investigar cómo se forma el pigmento; establece la hipótesis de que el pigmento protege de la lesión de tejidos más profundos ejercida por el

sol. Llega a decir que la formación insuficiente de pigmento melánico en la piel tras la insolación es un estigma que predispone a la tuberculosis y propone estudiar qué cantidad de radiación sería necesaria para atravesar el tórax de un adulto o el de un niño. Se piensa que el sol, junto con el aire seco, puede mejorar las lesiones mucosas de la tuberculosis, ganglios linfáticos inflamados, o lesiones internas; y, desde luego, en esos años y aún más tarde se emplea la helioterapia para tratar tuberculosis, heridas cutáneas y heridas de guerra (Roelandts, 2002).

El grupo de Fisiólogos abandona Las Cañadas el 18 de Abril de 1910, y Mascart, un mes más tarde. Los meteorólogos, con Wenger y Hergessell a la cabeza permanecen en las casetas de la Grieta. Pero ya, cuando Barcroft, Neuberg y los otros se enfrascaban en el estudio de la curva de saturación de la hemoglobina y otros aspectos que hemos señalado, se cernía sobre toda la instalación, incluso sobre su presencia, la sombra de la duda, como señala en su libro González Lemus (2007). En un ambiente prebélico, el recelo de que las instalaciones de la Grieta se usaran con fines de espionaje, motiva que los científicos fueran vigilados y custodiados por un destacamento militar, que su trabajo se viera fiscalizado y entorpecido por un creciente control, que luego la guerra desaconseje su estancia en las instalaciones de Las Cañadas, y que al final, estas se abandonen y desmantelen.

En suma, hemos expuesto en estas páginas algunas de las preguntas que se intentaron responder en ese laboratorio al aire libre que fue La Grieta. El prestigio de los sabios integrantes del grupo y la relevancia de sus investigaciones tal vez motivó que otros grupos de investigadores se plantearan nuevas expediciones a la Isla, que nunca se materializaron. Es posible también que las consideraciones relativas al eventual beneficio de la helioterapia favorecieran que, en última ins-

tancia, años después, se construyera el sanatorio antituberculoso de Las Cañadas, sito en las lavas del Volcán de La Cruz. Lo que es indudable es que la investigación científica siguió su curso: Barcroft, y Neuberg, y Zuntz, y el resto de los investigadores señalados continúan edificando en los Andes, en los Alpes, en sus respectivas universidades, el cuerpo de doctrina que nos permite hoy comprender muchos aspectos de la Fisiología Pulmonar y Respiratoria en general. En ese sentido, Tenerife, y Las Cañadas, en concreto, constituyen un eslabón más –entre los estudios alpinos previos y los andinos (Pamo, 2005)

e himalayos (Norboo et al., 2004) posteriores– en la construcción de esa parcela de la ciencia, y, como tales, son citados más allá de nuestras fronteras (por ejemplo, Pamo, 2005). Del edificio, del lugar material donde Barcroft, Zuntz y los demás llevaron a cabo sus experiencias, no queda hoy nada, pues está arrasado hasta sus cimientos. Sin entrar en analizar lo que hubo de verdad en la pretensión de utilizar La Grieta como base de espionaje, o estación de comunicaciones entre el Imperio Alemán y sus colonias en África Occidental, injustos seríamos si no rescatáramos del olvido el papel que desempeñó en

el avance de la ciencia médica la estancia de los investigadores europeos en Las Cañadas. Además de formar parte de nuestra historia, las observaciones realizadas en La Grieta se incardinan, como hemos pretendido reflejar, en el devenir de la investigación que paulatinamente genera los conocimientos que poco a poco consolidan la emergente Fisiología respiratoria y de la adaptación del hombre a la altura, y fueron sus principales protagonistas, Zuntz y Barcroft –alemán el primero e inglés el segundo– figuras de primer orden en el desarrollo de esta parcela del saber humano.

BIBLIOGRAFÍA

1. ÁLVAREZ CÁCERES R. El método científico en las Ciencias de la Salud. Díaz de Santos, SA Madrid, 1996.
2. DURIG A, VON SCHRÖTTER H, ZUNTZ N. Über die Wirkung intensiver Belichtung auf den Gaswechsel und die Atemmechanik. *Biochem Zeitschr* 1912; 39:469-495.
3. DURIG A, ZUNTZ N. Zur Physiologischen Wirkung des Seeklimas. *Biochem Zeitschr* 1912; 39:422-434.
4. GONZÁLEZ LEMUS N. Clima y Medicina. Los orígenes del Turismo en Canarias. Idea ed. Santa Cruz de Tenerife, 2007.
5. GONZÁLEZ LEMUS N. Viajeros, naturalistas y escritores de habla alemana en Canarias. Baile del Sol Ed. Tegueste, Tenerife, 2007.
6. HOBDAV RA. Sunlight therapy and Solar Architecture. *Med History* 1997; 42:455-472
7. HOUSSAY BA. Fisiología Humana. El Ateneo Editorial. Buenos Aires, 1969
8. LINDBERG DAB, HOWE SE. My flying machine was out of order. *Trans Am Clin Climatol Assoc*, 2009; 120:99-111
9. MASCART J. Impresions et observations dans un voyage a Tenerife. La Société Languedocienne de Geographie. Ernest Flammarion Editeur, Paris, 1910.
10. NAEGELI O. Tratado de Hematología Clínica (traducido por J Rof Carballo). Labor SA, Barcelona, 1934
11. NORBOO T., SAIYED HN, ANGCHUK PT, TSEIRING P, ANGCHUK P, PHUNTSOG ST, YAHYA M, WOOD S, BRUCE NG, BALL KP. Mini-review of high altitude health problems in Ladakh. *Biomed Pharmacol* 2004; 58:220-225.
12. PAMO OG. Joseph Barcroft y la expedición angloamericana a los Andes Peruanos *An Fac Med Lima*, 2005; 66:159-173.
13. PISTACCHIO E. Una nuova istituzione higienico-sanitaria nel XIX secolo: le stazioni di disinfazione. *Le Infizioni in Medicina* 2001; 1:52-56.
14. ROELANDTS R. The history of Phototherapy: something new under the sun? *J Am Acad Dermatol (JAAD)* 2002; 46:929-930.
15. TAYLOR GM, STEWART GR, COOKE M, CHAPLIN S, LADVA S, KIRKUP J, PALMER S, YOUNG DB. Koch's bacillus – a look at the first isolate of *Mycobacterium tuberculosis* from a modern perspective. *Microbiology* 2003; 149: 3213-3220.
16. VAN DER ZEE J., KRONEMAN MW. Bismarck or Beveridge: a beauty contest between dinosaurs. *BMC Health Serv Res* 2007; 7:94.
17. VILLENA AE. La contribución francesa a los estudios de la Fisiología de Altura. *Acta Andina*, 1994; 3:3-18.
18. WINSLOW RM. The role of haemoglobin oxygen affinity in oxygen transport at high altitude. *Respiratory Physiology and Neurobiology*, 1984; 158: 121-127
19. WINSLOW R, SAMAJA M, WEST J. Red cell function at extreme altitude on Mount Everest. *J Appl Physiol* 1984; 56:109-116.