

FISIOLOGIA DE LA ADAPTACION RESPIRATORIA A LA VIDA EN ALTURA

Enrique Vargas P., Mercedes Villena C., Gloria
Castillo, Ana María de Quiroga, Gladys Contreras

Introducción

Con un sentido histórico y práctico, la mayoría de los estudios clásicos realizados sobre la adaptación de la vida humana en la altura, tienen una objetiva descripción del principal fenómeno fisiológico respiratorio en el episodio relatado por el padre Acosta, a propósito de sus experiencias en calidad de religioso acompañante de los ejércitos conquistadores españoles. El hizo una admirable descripción de los síntomas de la desadaptación aguda de altura o "sorojche", atribuyendo al aire que respiraba la causa de estos trastornos, elemento al que calificó como "delicado y sutil".

Posteriormente estudios realizados por Paul Bert demostraron que la "sutileza" del aire de las montañas andinas y sus efectos sobre el organismo humano tenían su causa principal en una disminución de la presión barométrica.

Partiendo de este principio podríamos centralizar nuestros conceptos fundamentales sobre la adaptación a la vida en altura en torno a la disminución de la presión del O_2 inspirado (PIO_2) y aceptar que los principales fenómenos son respiratorios pero, altura no solo significa disminución de la presión barométrica, es necesario también tener en cuenta la baja temperatura, las radiaciones solares, la menor densidad del aire, la sequedad del ambiente.

A nivel del mar y para una presión barométrica de 760 mmHg (101 KPa), el aire tiene una presión inspiratoria de O_2 de 159 mmHg (21.12 KPa); en la ciudad de La Paz a 3.600 m. de altura, la presión barométrica tiene un valor promedio de 500 mmHg (66.6 KPa) con una PIO_2 de 95 mmHg (12.6 KPa). De este fenómeno natural se desprenden las diferencias observadas entre los fenómenos respiratorios de los nativos andinos y los del nivel del mar.

Evidentemente cuando se trata de plantear problemas fisiológicos de adaptación de la vida en altura, de orden general y, tomando en cuenta la repercusión que estos pueden tener en la vida misma de las poblaciones, es necesario actuar con el criterio de estudiar "la fisiología integral" (Rahn, 1946) concepto básico para los estudios realizados en I.B.B.A. donde las investigaciones fundamentales se emprendieron con proyectos integrados o pluridisciplinarios.

Bajo estos conceptos primordiales, las primeras investigaciones realizadas en el

campo de la respiración tuvieron el asesoramiento del Prof. R. Lefrancois y estuvieron dirigidas, en un orden correlativo, a estudiar en primer lugar la génesis de los estímulos ventilatorios bajo la acción directa sobre los centros respiratorios y la coordinación refleja en el caso de los estímulos neurogénicos.

La ventilación de reposo, o sea la cantidad de aire que entra y sale de los pulmones en un minuto, está regulada por los centros respiratorios situados a nivel de la sustancia gris bulbo-protuberancial, los cuales reciben información que proviene de los quimiorreceptores centrales o periféricos que se encuentran ubicados a nivel del cayado aórtico y en la bifurcación de la carótida, los mismos que son especialmente sensibles a las variaciones de concentración de hidrogeniones (pH), de la presión parcial de anhídrido carbónico (P_aCO_2) y de oxígeno (P_aO_2) de la sangre arterial.

Estos tres factores han sido denominados estímulos ventilatorios (estímulos O_2 , CO_2 , H^+), de esta forma admitimos que toda hipoxia, hipercápnea o acidosis, provoca una hiperventilación.

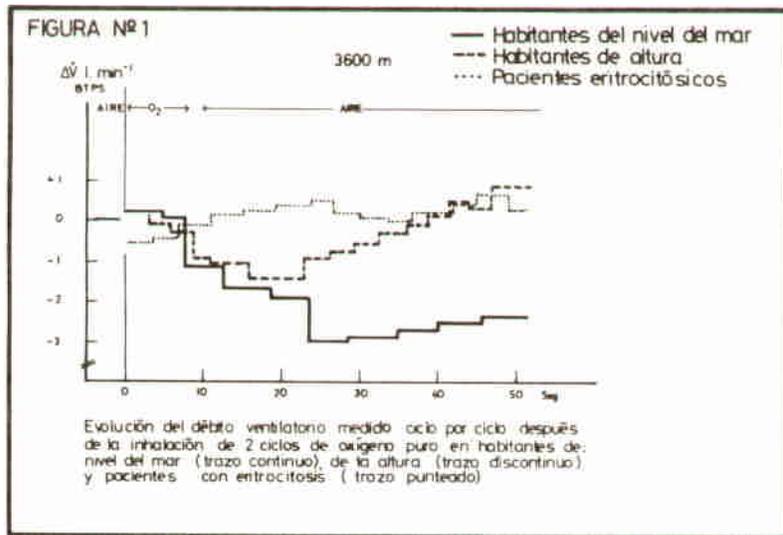
En nuestra descripción veremos como el sistema respiratorio rivaliza con la menor presión ambiental, llegando a cumplir una función de adecuado ventilador de la sangre, obteniendo así un proceso de adaptación respiratoria según las necesidades de todas y cada una de las células del organismo, comenzaremos enunciando los cambios observados en la regulación de la respiración, posteriormente y en forma sucesiva, la mecánica ventilatoria, los volúmenes y capacidades pulmonares, las presiones alveolares y arteriales de oxígeno, la difusión alvéolo-capilar y al final aspectos importantes de transporte de O_2 por la sangre arterial.

Regulación de la ventilación

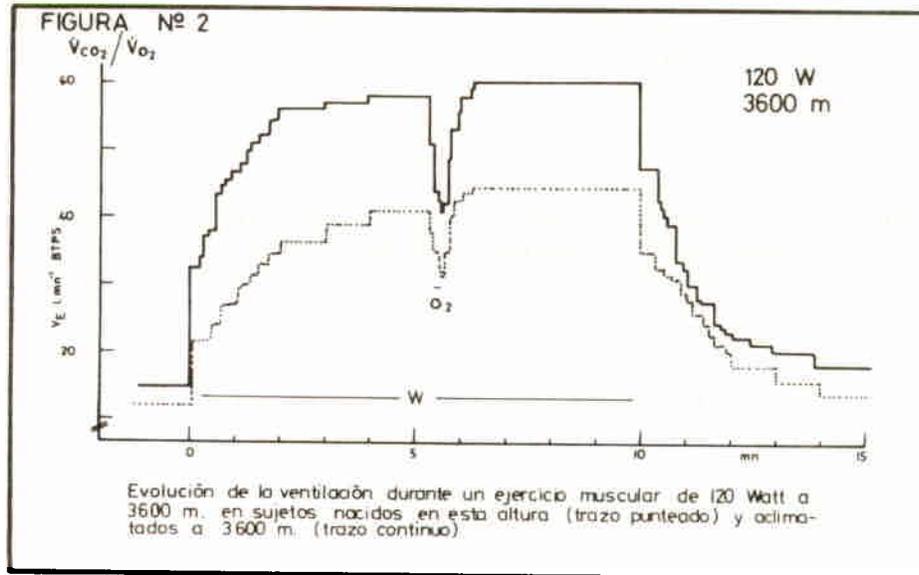
Los intercambios gaseosos entre el medio interno y el aire ambiente están asegurados por mecanismos diferentes: la ventilación pulmonar, la difusión alvéolo-capilar, el transporte de gases por la sangre y la perfusión o circulación sanguínea.

La ventilación pulmonar es el resultado de la interacción de estímulos nerviosos, humorales y neurogénicos. Los estímulos neurohumorales en reposo, dependen de las presiones parciales de O_2 en sangre arterial, (P_aO_2), de anhídrido carbónico (P_aCO_2) y de la concentración de hidrogeniones o pH sanguíneo; estos tres factores son los principales estímulos ventilatorios, normalmente deben mantenerse en una concentración constante, toda disminución de la P_aO_2 ó hipoxia, todo aumento de la P_aCO_2 ó hipercapnea, o la baja del pH o acidosis, provocan un incremento en la ventilación destinado a corregir el disturbio.

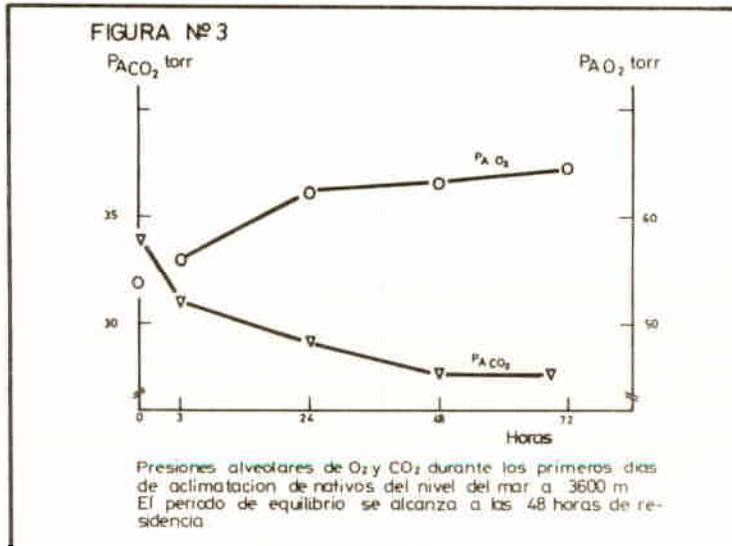
Los receptores de estos estímulos pueden ser centrales o periféricos; los quimiorreceptores son sensibles a las variaciones en la composición química de la sangre y muy especialmente a su contenido en oxígeno, forman parte de los estímulos periféricos y se encuentran situados a nivel del cayado aórtico y en la bifurcación de la carótida, manteniendo una conexión directa con el centro respiratorio donde se generan los impulsos motores ventilatorios.



Durante el ejercicio muscular, se añade un estímulo neurogénico que se origina en los propioceptores de los músculos y articulaciones en movimiento, el estímulo neurogénico se observa claramente al comienzo del ejercicio cuando la ventilación aumenta bruscamente; los estímulos humorales, especialmente la acidosis del metabolismo anaeróbico ajustan el débito ventilatorio a las necesidades del organismo.



Si tratamos de establecer una comparación de los fenómenos fisiológicos que intervienen en la regulación de la ventilación en nativos de altura y los del nivel del mar, previamente debemos hacer algunas consideraciones: la exposición rápida a un ambiente hipóxico de altura, (llegada en avión de una persona procedente del nivel del mar), provoca un aumento inmediato de la ventilación, ésta respuesta del sistema ventilatorio tiene por objeto buscar una elevación de la presión parcial de oxígeno en sangre arterial (PaO_2), pero al mismo tiempo produce una eliminación considerable de anhídrido carbónico y por consiguiente una caída de la presión arterial de CO_2 ($PaCO_2$), llevando al organismo hacia una alcalosis respiratoria.



Hipoxia y alcalosis son dos estímulos contrapuestos para el centro respiratorio, ello nos indica que serán necesarios otros ajustes fisiológicos, los mismos que van produciéndose paulatinamente en el curso de los primeros días, hasta la tercera semana; estos procesos primarios de adaptación están a cargo de los principales sistemas como ser: el hematopoyético (4), cuya acción esta destinada a producir mayor cantidad de glóbulos rojos y por consiguiente de hemoglobina; el sistema renal que trata de reducir el efecto perjudicial de la alcalosis gaseosa mediante la eliminación de bicarbonatos, llevando de esta manera el pH arterial hacia cifras de equilibrio, al final de la adecuación de estas respuestas a la hipoxia permiten una compensación respiratoria preliminar que dura 3 a 4 semanas, pasado este lapso se establece una ventilación minuto estable.

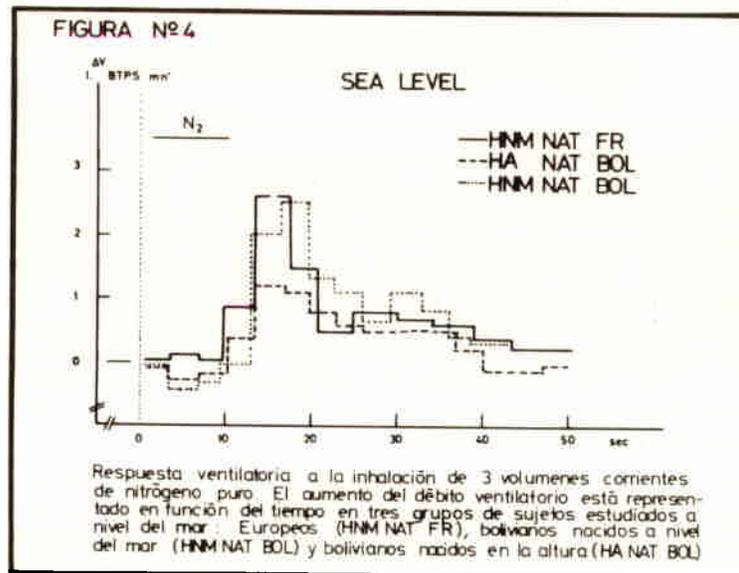
Ahora bien, los nativos residentes de la altura, tienen en condiciones de reposo, una ventilación minuto menor que las personas aclimatadas, al hacer una comparación entre ambos grupos de personas es importante tomar en cuenta las cifras obtenidas en función de la superficie corporal y de acuerdo a los estudios realizados en I.B.A por Lefrancois y colaboradores, la ventilación por minuto/metro cuadrado de superficie

corporal es significativamente diferente: 5.78 ± 0.12 l/min-1/m² para los nativos del nivel del mar y 5.38 ± 0.08 l/min - 1/m² para los nativos de altura, desde luego que esta diferencia en la ventilación de reposo es netamente más ostensible cuando se estudia la concentración en O₂ y CO₂ de los gases alveolares espirados.

La sensibilidad de los centros respiratorios se estudia midiendo la respuesta ventilatoria a variaciones de estímulos diferentes, (O₂, CO₂, neurogénicos), numerosos estudios fueron realizados al respecto, tanto en otros países, como en el nuestro, (5), (6), (12); en general se admite que el estímulo O₂ a nivel del mar representa un 10% de las variaciones de la ventilación, en la altura, según nuestros estudios correspondería a un 30% en personas del nivel del mar aclimatadas, contra un 15% en personas nativas residentes; por otro lado se sabe que el estímulo O₂ en habitantes del nivel del mar es más importante cuanto más elevada es la región a la que se trasladan y, siempre es menor en los nativos de cada región considerada.

Se puede completar el estudio del estímulo O₂ haciendo inhalar mezclas hipóxicas, es decir de un contenido mucho menor de O₂ que el aire ambiente, en estos casos se observa un incremento de la ventilación, (lo contrario del test con O₂ puro), la respuesta a este tipo de test, es marcadamente menor en los nativos de altura; incluso luego de una estadía prolongada a nivel del mar.

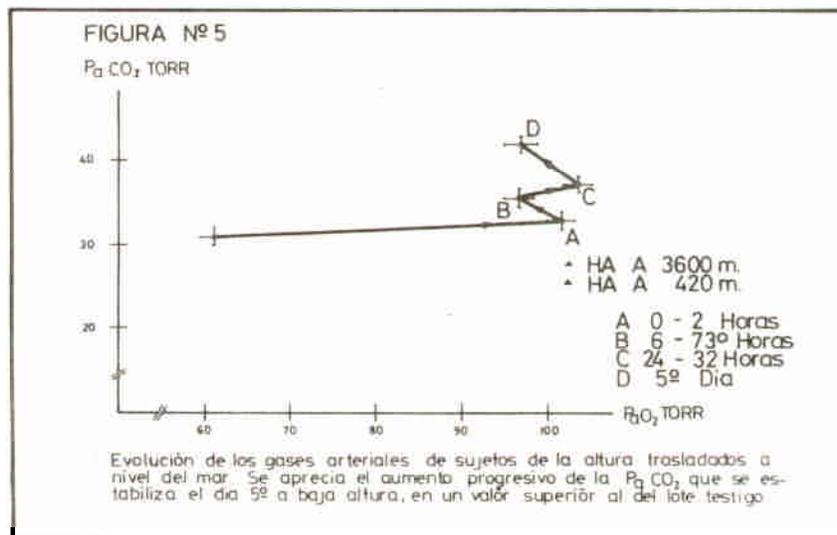
En lo que concierne al estímulo del anhídrido carbónico, en principio es considerado como el principal estímulo a nivel del mar; es importante recordar que su mecanismo de acción corresponde a una PaCO₂ aumentada en sangre arterial que al



irrigar los centros respiratorios produce una estimulación de estos en forma directa o bien a través del líquido céfalo-raquídeo. Ahora bien, el CO₂ proviene del metabolismo celular y un incremento en su producción se observa durante el ejercicio muscular moderado o intenso, o cuando por otra causa el metabolismo celular aumenta (temperatura ambiente), la retención de CO₂ a nivel alveolar, en casos patológicos, producirá también un estímulo ventilatorio; dicho de otra manera: el organismo y especialmente el sistema nervioso adecúan su respuesta ventilatoria de acuerdo al metabolismo. Contrariamente, cuando realizamos el test de CO₂ la persona inhala concentraciones variables de este gas elevando directamente la PaCO₂, sin modificación metabólica, produciendo respuesta hiperventilatoria inmediata.

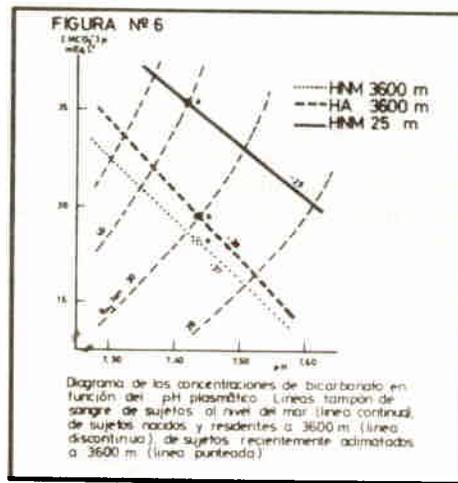
Como hemos visto al principio, cuando una persona llega a la altura una respuesta fisiológica inmediata es la hiperventilación compensatoria a la hipoxia, la consecuencia es un "barrido" del CO₂ que suele llegar a valores mínimos, suprimiendo por éste hecho el estímulo CO₂, (de valores aproximados a 40 mmHg la PaCO₂ desciende a 20 mmHg en las personas más sensibles), ésta fue la razón por la que se pensó que el estímulo CO₂ en la altura tenía menor significación que a nivel del mar.

De acuerdo con nuestras observaciones sobre la aclimatación de los nativos de la altura a tierras bajas, (Santa Cruz, 420 m) desde las primeras horas luego de su llegada, se produce una disminución de la ventilación (efecto O₂), este fenómeno ocasiona un aumento del CO₂ sanguíneo y una acidosis que paradójicamente, se mantiene sin respuesta ventilatoria de incremento (2) (3). Los resultados, a veces diferentes, de los trabajos sobre la sensibilidad de los centros respiratorios al CO₂ y a la concentración de hidrogeniones, nos muestran que es necesario tener en cuenta otros factores a parte de la sola respuesta de los centros.



En realidad las discrepancias más se refieren al grado de sensibilidad de los centros respiratorios al CO₂ en ambos grupos humanos. Los estudios realizados en I.B.B.A (5) (7) muestran que al igual que para el estímulo O₂, en los nativos de altura existe una menor sensibilidad al CO₂ que también persiste luego de una estadía prolongada a nivel del mar (2). Otros investigadores encontraron respuestas más altas a la inhalación de CO₂ en los nativos de altura, en fin, se admite también que las diferencias son el resultado de la interacción de una sensibilidad normal al CO₂ y otra sub-normal al O₂ en andinos y en nativos de Himalaya.

El estímulo producido por la concentración de hidrogeniones (H⁺) solo fué estudiado indirectamente, el poder tampon de la sangre, ligado estrechamente a la tasa de hemoglobina, fué determinado in vitro para la altura de La Paz (8), por el método de tonometría de la sangre expuesta a la acción de diferentes PCO₂ en muestras gaseosas. En líneas generales se admite que la pendiente de la línea tampón es más pronunciada que a nivel del mar, luego de un periodo de adaptación conveniente no se observa diferencia entre ambos grupos, solamente cabe mencionar el leve efecto de la hiperventilación en el grupo del nivel del mar.



La mayor concentración de hemoglobina produce un aumento del poder tampón de la sangre oponiéndose de esta forma a las variaciones nocivas del pH, así las perturbaciones del equilibrio ácido base en la altura serían menos dramáticas al principio gracias a la acción tampón de los grupos amino de las proteínas de la hemoglobina.

Mecánica Ventilatoria - Volúmenes y capacidades pulmonares:

Desde el punto de vista mecánico, el aparato ventilatorio puede ser considerado como un recinto respiratorio y que contiene a los pulmones; el conjunto, denominado sistema tóraco-pulmonar es susceptible de variaciones de volumen debido a su elasticidad; estas variaciones permiten la entrada y salida del aire (volumen corriente

de un ciclo ventilatorio), producen además cambios en el flujo de aire o débito instantáneo, además soportan las variaciones de presión negativa intratorácica.

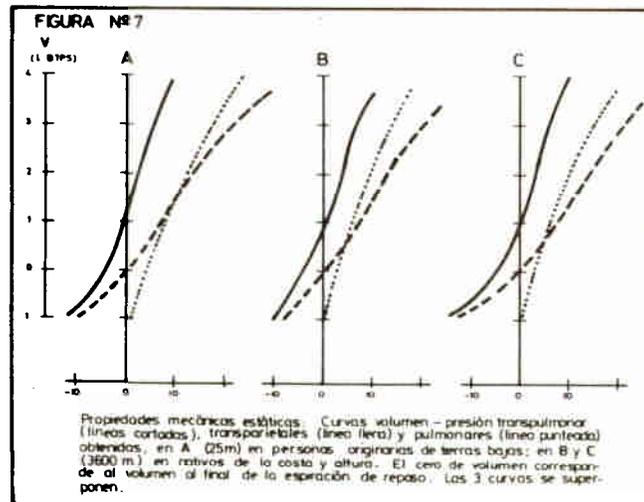
El estudio de la mecánica ventilatoria permite medir todos estos parámetros relacionados unos con otros (16).

La elasticidad mecánica del pulmón se denomina "compliance", expresión anglosajona que quiere decir: complacencia, acomodación, el término define la variación de volúmen pulmonar (V) por unidad de variación de presión (P) y se expresa en ml/cm H₂O.

De acuerdo a la anterior definición podemos decir que un pulmón tendrá una mejor compliance cuando la variación de su volúmen se amplía al ejercer sobre él una presión negativa intratorácica de 1cm de H₂O. De esta forma se establece el cálculo de la elasticidad tóraco pulmonar conociendo, por una parte las variaciones del volúmen corriente y por otra parte las variaciones de la presión negativa intratorácica entre dos momentos del ciclo ventilatorio en los cuales el débito o paso del aire sea nulo, (ejemplo: comienzo pausa inspiratoria y fin de un ciclo ventilatorio), en estos momentos y por un instante se puede medir la compliance pulmonar de acuerdo a la siguiente relación:

$$\text{Compliance pulmonar} = \frac{V \text{ (ml de aire)}}{P \text{ (cm de H}_2\text{O)}} = 160 \text{ a } 220 \text{ ml/cm H}_2\text{O valor Normal para La Paz}$$

Los estudios realizados en I.B.B.A. sobre la elasticidad tóraco pulmonar en la altura no son muy numerosos, unos se refieren a las propiedades mecánicas del conjunto tórax pulmón en forma aislada ya sea con referencia a personas normales (16), o bien a estudios en pacientes (14) (15), otros estudios relacionan los valores de la compliance pulmonar en la altura con datos espirométricos (11); de acuerdo a todos los trabajos realizados se establece que la compliance pulmonar no varía con la altitud, es decir que no se encontraron cambios anatómicos estructurales en el sistema ventilatorio.



Con referencia a los volúmenes y capacidades pulmonares en función de la altura, estos fueron los primeros parámetros estudiados por el Prof. Hurtado y Col. en el Perú, en nuestro medio las primeras determinaciones, aunque en grupos etareos reducidos, fueron realizadas en el Instituto de Salud Ocupacional (INSO), por Salguero H., y colaboradores; los estudios en mayor escala que efectua el IBBA dan por resultado las tablas de valores normales para los diferentes parámetros que empezando por la capacidad vital publicamos en el presente volumen, (ver tablas 4 al 9).

La capacidad vital pulmonar puede ser definida como la máxima posibilidad del sistema tóraco pulmonar para movilizar el aire mediante movimientos inspiratorios y espiratorios forzados, en otras palabras es la cantidad máxima de aire que el sistema puede movilizar mediante estos movimientos.

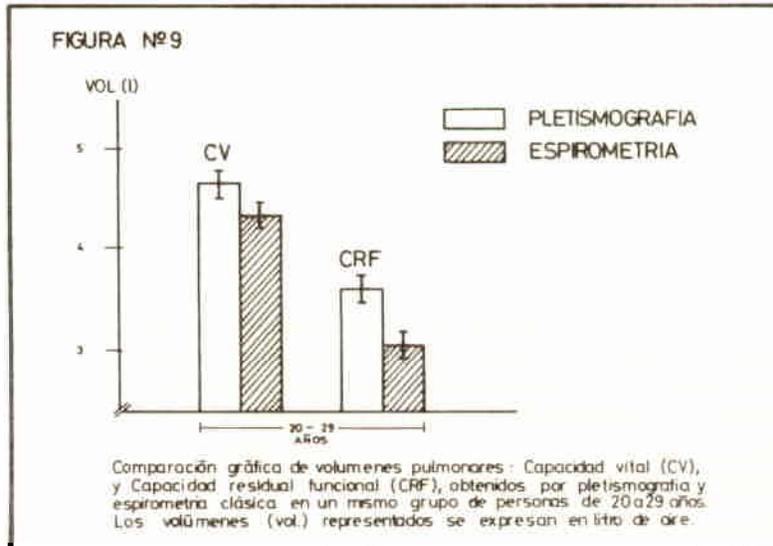
Un exámen espirométrico, de rutina en nuestros laboratorios, nos permite medir los componentes de la capacidad vital en litros de aire, estos son: el volúmen de reserva inspiratoria, el volúmen corriente y el volúmen de reserva espiratoria. Clásicamente se admite que los nativos residentes de altura tienen una capacidad vital superior a los residentes del nivel del mar (10), estas afirmaciones son válidas para adultos normales de ambos sexos.



Con sistemas modernos estos parámetros son actualmente también medidos en IBBA aplicando la técnica de espirometría extracorporal por el método de Pletismografía Corporal Total que permite determinar los volúmenes y capacidades pulmonares durante la ventilación de reposo o la forzada, a partir de las modificaciones de las moléculas gaseosas de un medio artificialmente delimitado. A través de una cadena electrónica conectada al pletismógrafo se registran los movimientos de la caja torácica obteniéndose los parámetros espirométricos. Los estudios realizados con este

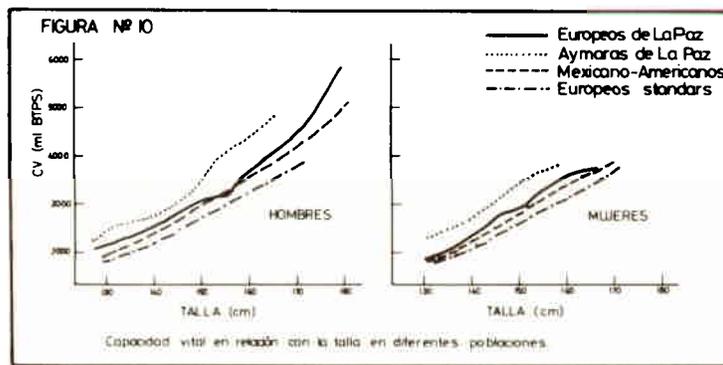
método y comparados con los obtenidos por espirografía en los mismos sujetos muestran valores superiores (21).

Estas diferencias parecen ser solo debidas a factores físicos puesto que las medidas por pletismografía corporal total se hacen en condiciones corporales (BTPS) mientras que la espirometría convencional requiere una corrección a partir de los valores obtenidos en condiciones ambientales (ATPS) en relación a la temperatura y presión barométrica.



En lo que se refiere a la influencia de la hipoxia de altura sobre el desarrollo ponderal y los principales parámetros espirométricos, recientemente L.P. Greksa estudió en el IBBA el efecto de varios grados de exposición a la hipoxia crónica sobre la talla, el diámetro torácico antero-posterior y la capacidad vital (C.V) en niños europeos migrantes a la altura.

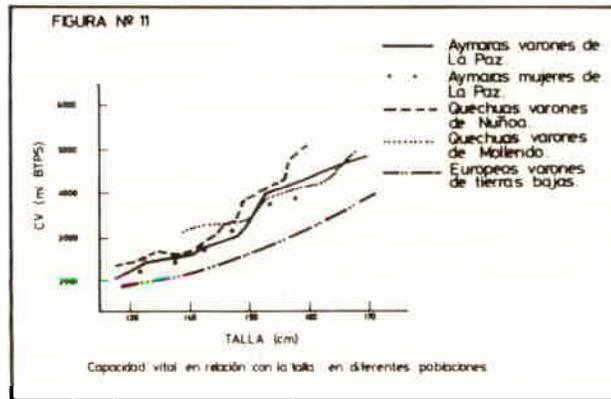
Los resultados de estos estudios muestran un retraso moderado y lineal del crecimiento de niños bien alimentados y, un incremento significativo del diámetro antero-posterior del torax, así como de la capacidad vital. La magnitud del incremento de ésta última está estrechamente relacionada con el grado de expansión del torax. Se estima que el nacimiento y la residencia permanente en la altura tienen un efecto negativo sobre la talla, como promedio máximo de 4,3 cms y, un efecto positivo sobre el diámetro torácico antero-posterior, promedio máximo de 1.8 cms; en lo que se refiere a la capacidad vital el incremento sería de 384 ml.



El mismo autor, esta vez junto a H. Spielvogel y colaboradores estudiaron, desde un punto de vista antropológico y funcional respiratorio: 195 mujeres y 217 varones jóvenes adolescentes de ascendencia aymara, residentes de La Paz, comparando la capacidad vital, el volumen espiratorio máximo por segundo y el índice de permeabilidad bronquial con medidas antropométricas especialmente la talla y los diferentes diámetros torácicos. Los datos obtenidos los relacionan con medidas ya existentes en adolescentes de ascendencia quechua habitantes de zonas altas similares del Perú; las conclusiones más notorias son que: en ambos grupos aun cuando en forma variable, existe un incremento de los volúmenes y capacidades pulmonares estáticos y dinámicos de manera precóz, con aumento paralelo de los diámetros torácicos, estos valores obtenidos en ambos grupos autóctonos son significativamente mayores que los publicados para adolescentes europeos de la misma talla.

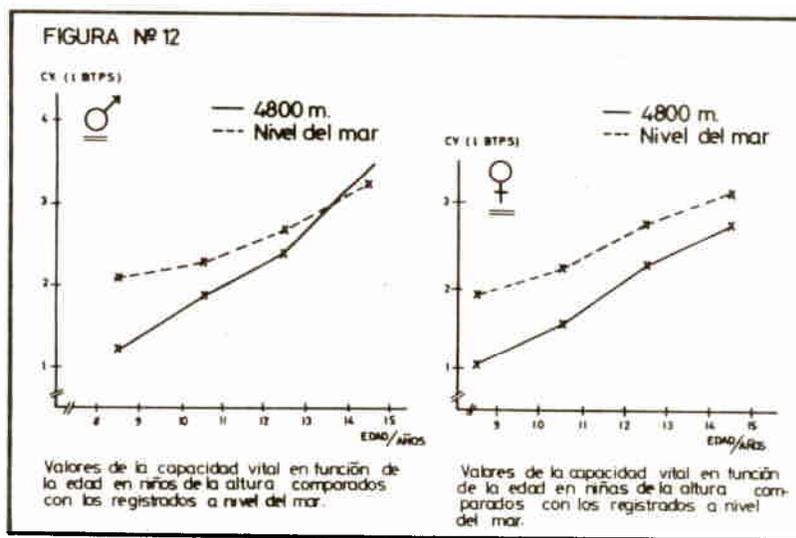
En estas diferencias, según los autores, pueden tener influencia otros factores, además del simple desarrollo incrementado del torax.

En un trabajo asociado entre IBBA y la Clínica del Deporte en La Paz, Greksa realizó un estudio en adolescentes nativos y residentes de altura, pero de ascendencia europea cuyas cifras funcionales y antropométricas compara con datos obtenidos en jóvenes aymaras y en europeos del nivel del mar.



Los resultados evidencian un incremento significativo en los valores espirométricos de los grupos residentes de altura, variaciones que en términos de porcentaje pueden calificarse como pequeños (1.5 a 4.1%) y moderados (7.7 a 11.9%); sin embargo, cuando se comparan ambos grupos de altura, es decir adolescentes de ascendencia europea y aymaras, estos últimos tienen siempre volúmenes pulmonares estáticos y dinámicos mayores, concluyendo, una vez más, en que es posible que existan otros factores aparte de lo que significan el tamaño corporal y los diámetros torácicos entre los fenómenos de adaptación.

En los niños de las zonas situadas por encima de los 4.000 m. se produce un fenómeno inverso, los datos de la encuesta realizada por el Departamento Respiratorio del IBBA en la población de Chorolque situada a 4.850 m. muestran en niños de diferente edad escolar y de ambos sexos, que los valores de capacidad vital son significativamente menores a los registrados en tablas para niños del nivel del mar, es indudable que la causa para esta diferencia tiene relación, no solo con el medio ambiente (hipoxia, temperatura, etc....) sino y en forma especial con las condiciones higiénico dietéticas que influyen directamente sobre el crecimiento (15), el desarrollo físico, que en estos niños es marcadamente reducido con relación a los del nivel del mar.



Otro de los volúmenes estáticos, y quien sabe el más importante cuando se habla de procesos de adaptación, es el volumen residual o aire residual; en la mayoría de los estudios clásicos, se describe un aumento con relación a los valores de los habitantes de tierras bajas, éste aumento es indudablemente adaptativo y no influye negativamente en la movilidad del tórax, al contrario de las medidas de compliance, que como lo hemos visto, no sufren variaciones con relación al nivel del mar.

En relación a la medida de la capacidad residual funcional (CRF) y el volumen residual (VR) es bien conocido el hecho de que el método de la pletismografía corporal total es el que más fielmente refleja los auténticos valores de estos parámetros ya que permite conocer incluso el aire contenido en zonas del pulmón no comunicadas con las vías aéreas, lo que no es posible con otros métodos (radiográfico, lavado de nitrógeno, dilución de helio).

Los estudios de comparación entre los métodos de dilución de helio y el pletismográfico realizados en nuestros laboratorios, muestran diferencias un poco mayores que las obtenidas por otros autores.

TABLA N° 1

CAPACIDAD RESIDUAL FUNCIONAL (CRF - dm ³)			VOLUMEN RESIDUAL (VR - dm ³)		
N°	Dilución de helio	Pletismografía	Dilución de helio	Pletismografía	
1	3.50	3.83	1.68		1.91
2	3.26	3.57	2.05		2.60
3	4.05	4.62	1.24		1.56
4	4.31	4.72	1.90		2.08
5	3.42	3.55	1.68		1.76
6	2.12	2.73	1.04		1.29
7	2.50	3.15	1.26		1.51
8	2.93	3.42	1.94		2.02
9	2.53	2.94	1.37		1.53
10	2.59	3.16	1.18		1.50
M	3.18	3.57	1.54		1.78
	+/-0.75	+/- 0.66	+/-0.36		+/-0.38
	$\Delta 0.39$ dm ³		$\Delta 0.24$ dm ³		

Relaciona los valores de la capacidad residual funcional y del volumen residual obtenidos por el método espirográfico de dilución de helio y los encontrados por pletismografía.

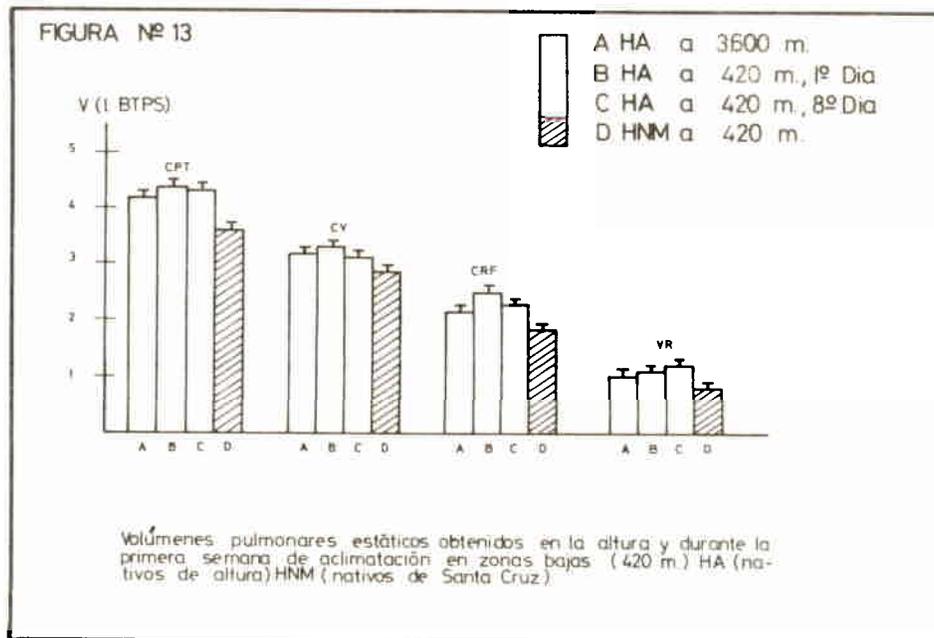
Para la CRF se observa una diferencia de 0.39 dm³ que corresponden a un incremento del 11% en los resultados obtenidos por pletismografía.

Para el VR la diferencia es de 0.24 dm³ (13%) en favor de los resultados pletismográficos.

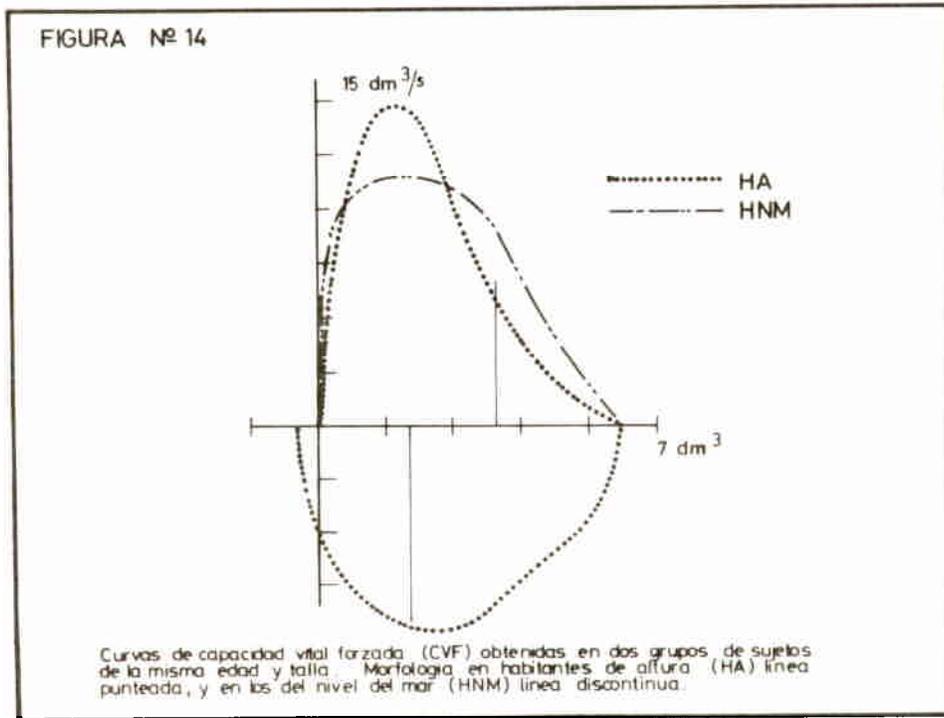
Esta "distensión" pulmonar que provoca el volúmen residual incrementado; influye netamente sobre la capacidad residual funcional produciendo un doble efecto favorable : por un lado permite una distribución más homogénea del aire inspirado; por otro proporciona una mayor superficie alveolar de intercambio gaseoso.

Estas afirmaciones se corroboran por observaciones experimentales en animales de laboratorio, las mismas ponen en evidencia modificaciones anatómicas del parénquima pulmonar con, entre otros, aumento de la superficie de intercambio alveolo-capilar, cuando el animal es sometido a un medio hipóxico desde su nacimiento y por un lapso suficientemente prolongado.

Por otra parte, los volúmenes pulmonares estáticos y muy especialmente el volúmen residual de los nativos de altura, no se modifican durante los primeros quince días de estadía en zonas bajas (Santa Cruz, 420 m.); es posible que estas características del parénquima pulmonar adquiridas a través del tiempo persisten por un tiempo prolongado de aclimatación a baja altura (2), (3)

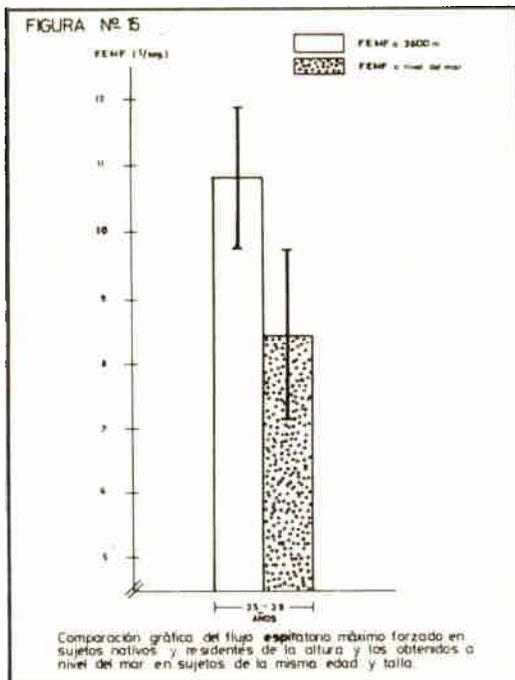


La medición de los volúmenes pulmonares dinámicos también muestran un aumento en función de la altura, estos parámetros son: el volumen espiratorio máximo por segundo (VEMS), la ventilación máxima por minuto (VMM), determinados por espirometría o por pletismografía corporal total; además de los anteriores, la capacidad vital forzada (CVF), el flujo espiratorio máximo forzado (FEMF) y las fracciones de este último a 25, 50 y 75% de la capacidad vital forzada, todos ellos sobre un trazado de la curva flujo - volumen.

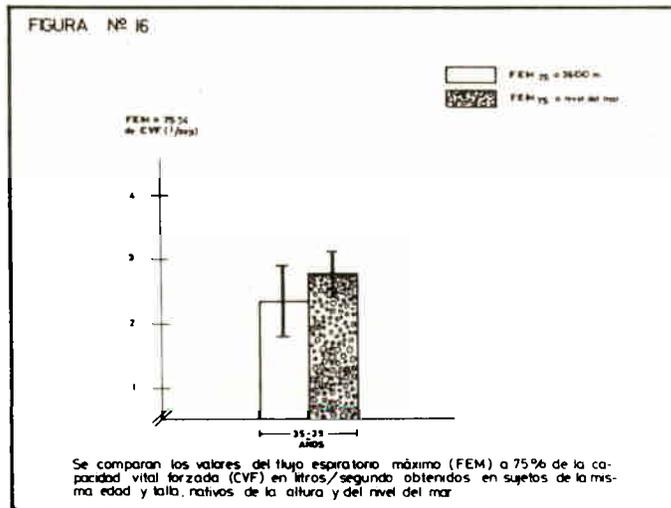


Aplicando la técnica de espirometría extracorporal por pletismografía y con ayuda de un neumotacógrafo es posible obtener estos parámetros que más correctamente informan sobre el estado de las vías aéreas centrales ($>2mm$ de diámetro) y periféricas ($<2 mm$ de diámetro).

Es sabido que los flujos a 50% y 75% de la capacidad vital forzada que reflejan el estado de las medianas y pequeñas vías aéreas aportan una información idónea de la capacidad ventilatoria, por cuanto es sabido que numerosos procesos obstructivos pulmonares se inician topográfica y cronológicamente a nivel de dichas vías aéreas.



Los estudios de la curva de capacidad vital forzada realizados por pleuismografía en nuestros laboratorios muestran variaciones entre las obtenidas en sujetos nacidos y residentes de altura y los de sujetos del nivel del mar. En los primeros, en todos los casos, se observan valores de flujo espiratorio máximo forzado superiores a los valores teóricos del nivel del mar, en tanto que se aprecian valores disminuidos en mayor o menor porcentaje del débito a 75% de la capacidad vital forzada.



Todos los autores están de acuerdo en que el aumento de los volúmenes dinámicos (espirometría) y los valores de la curva flujo volumen, (pletismografía) en la altura tendría, en parte, su explicación en la menor densidad del aire, que por esta razón, entra y sale más fácilmente del sistema broncopulmonar durante los movimientos inspiratorios y espiratorios forzados. La disminución del débito a 75% estaría explicada por el aumento del volumen residual en sujetos nacidos residentes de altura, pues, estudios realizados en habitantes del nivel del mar recién llegados a la altura, muestran valores similares a los teóricos del nivel del mar.

Intercambio gaseoso - Difusión alveolo - Capilar:

Una vez que se produce la inspiración, el aire penetra con una presión de oxígeno ambiental mezclándose con el aire residual que permanece en tráquea y bronquios gruesos desde el anterior ciclo, al producirse la mezcla entre ambos la concentración de O₂ del aire ambiente disminuye como efecto de la "dilución" de una mayor concentración (aire ambiente) en una menor (aire residual), así en forma sucesiva se equilibra la concentración y al final del trayecto se encuentra el aire alveolar cuya mezcla gaseosa proporcional representa la presión alveolar del O₂ (PAO₂)

Su valor en La Paz es de alrededor 64 mmHg a diferencia de 105 mmHg a nivel del mar. Por este mecanismo de diferencias de presión se produce la difusión alveolo capilar; existe por lo tanto, un gradiente para el oxígeno (DA-aO₂) y otro para el CO₂ (DA-aCO₂), este último funciona en sentido inverso, es decir, es mayor a nivel capilar pulmonar que en el alveolo.

El gradiente alveolo capilar para el O₂ es menor en la altura, en ello intervienen: un aumento de la ventilación alveolar, una difusión alveolo capilar mayor como efecto de una superficie de contacto más efectiva, una concentración de hemoglobina incrementada y quizás el efecto de una presión arterial pulmonar también superior, que favorecería la perfusión de zonas normalmente en reposo a nivel del mar (3). Los valores de DA-aO₂ para La Paz son de 3 a 5 mmHg habiéndose descrito un valor de 7.5 a 10 para el nivel del mar.

La capacidad de transferencia del O₂ al nivel alveolar o difusión alveolo-capilar se define: como la cantidad de O₂ que atraviesa la membrana alveolo-capilar en el tiempo de un minuto para una diferencia de presión de 1 mmHg entre el alveolo y la sangre capilar.

Este parámetro fué estudiado a diferentes alturas dentro de nuestro territorio, en grupos de personas de diferentes edades, en todos los casos hemos encontrado que, esta función de adaptación tan importante, tiene valores superiores a los descritos a nivel del mar.

Como ya lo hemos mencionado, el mecanismo de difusión A-C depende de otros parámetros como ser; entre los principales: la ventilación alveolar, la concentración de hemoglobina, la oferta sanguínea del otro lado de la membrana o perfusión, posiblemente favorecida por una mayor presión arterial pulmonar.

Los valores normales de la difusión alveolo-capilar en un grupo de 138 personas de edades comprendidas entre 20 y 35 años es de 28.6 +/- 1.4 ml/min/mmHg para la altura de la ciudad de La Paz, en el mismo estudio y en habitantes del nivel del mar, los valores medios estadísticos para el mismo grupo etareo fueron 20.2 +/- 1.8 ml/min/mmHg, para una altura de 150 m (Vincent y Col, 1978).

Otro estudio más reciente en 125 niños de ambos sexos permitió establecer los valores de referencia normal para niños habitantes de la ciudad de La Paz en edades comprendidas entre 4 y 6 años.

Los resultados se muestran en la tabla N° 2

TABLA No 2
VALORES PROMEDIO Y DESVIACIONES STANDARD
PARA DIFUSION ALVEOLO-CAPILAR Y PARAMETROS
HEMATOLOGICOS EN NIÑOS Y NIÑAS RESIDENTES DE
ALTURA.

DIFUSION ALVEOLO-CAPILAR (DLCO)	NIÑOS (n=63)		NIÑAS (n=54)	
DLCO, ml/min/mmHg	13.41	+/- 2.67	13.94	+/- 1.88
DLCO, corregida según la concentración de Hb*	13.18	+/- 2.7	14.20	+/- 1.9
DLCO en niños del nivel del mar **	7.7	+/- 2.0	7.1	+/- 1.8
Hemoglobina, gr%	14.6	+/- 1.0	14.1	+/- 1.9
Hematocrito, %	44.0	+/- 2.1	42.6	+/- 1.9
Glóbulos rojos, 10 ⁶ / cm ³	4.69	+/- 0.23	4.50	+/- 0.33

*Corrección según la fórmula de Dinakara : diferencia significativa entre niños y niñas.

test de Student -

Test de t (t= 2.82 ; p< 0.05).

$$DLCO = \frac{DLCO \text{ no corregida}}{0,06965 \times Hb}$$

**Datos según De Muth y Howatt para niños del nivel del mar.

Varias publicaciones en los últimos 20 años han reportado importantes ajustes fisiológicos a nivel pulmonar que ocurren en el curso de la primera infancia cuando el organismo se ve sometido a condiciones de hipoxia hipobárica (Hurtado , Frisancho).

Se observa un aumento del tamaño torácico y capacidad pulmonar total, un aumento proporcional del volumen residual. Este último no implica mayor cantidad de moléculas en los niños residentes de altura pero se produce en una fase de crecimiento rápido y precóz.

Una proliferación acelerada de las unidades alveolares y el área de intercambio durante la primera etapa de crecimiento sugiere que la DLCO mantiene el ritmo con el crecimiento permanente como respuesta a la exposición a un ambiente en hipoxia hipobárica.

Transporte de O₂ - Gasometria arterial

Una vez que se produce el equilibrio de presiones entre los alveolos y la sangre de los capilares pulmonares, el oxígeno se combina con la hemoglobina para ser transportado hasta los tejidos.

Entre ambos forman al unirse, un compuesto lábil, la oxihemoglobina (HbO₂), que no representa una reacción química, sino una combinación física de fácil desprendimiento, su comportamiento fisiológico representa un maravilloso sistema de adaptación a la vida en altura.

La presión de O₂ es muy importante, de ella depende la cantidad de O₂ que se unirá a la Hb para formar HbO₂, sin embargo, la relación entre P_{O₂} y HbO₂ no es lineal, sino exponencial y la curva obtenida se conoce con el nombre de "curva de disociación de la hemoglobina".

La saturación (SaO₂) completa se alcanza a presiones superiores a 100 mmHg. Cuando la presión disminuye, como es el caso de la P_{O₂} tisular debido al metabolismo, el oxígeno combinado a la Hb se libera produciéndose la difusión del O₂ a nivel tisular y la consiguiente desaturación arterial.

Debido a la forma sigmoide de la curva de disociación de la hemoglobina, una importante disminución de la PaO₂ produce liberación de pequeñas cantidades de O₂, por ejemplo: si la PaO₂ baja de 100 a 60 mm Hg, la saturación solo disminuye en 5% (de 95 a 90%). Los valores de PaO₂ de 60 mm Hg. y de saturación de oxígeno de 90% son normales en La Paz.

A medida que la PaO₂ desciende, la curva tiene una forma mucho más pendiente, de tal manera que pequeñas variaciones de presión provocan una disminución brusca de la saturación.

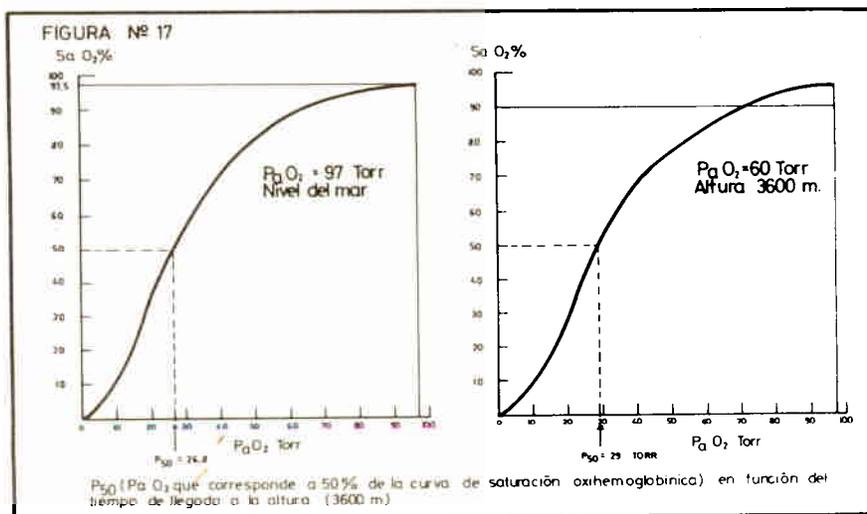
La Hb se une al O₂ por su llamada "afinidad", por lo anteriormente expuesto la saturación completa está representada en la parte horizontal de la curva, y es muy difícil precisar la presión de O₂ a la que se obtiene el 100% de saturación siendo de mayor utilidad usar el valor de P_{O₂} necesario para una saturación de 50%, está es la P₅₀ que permite definir en forma cuantitativa la afinidad de la hemoglobina.

Esta afinidad puede aumentar o disminuir en función de modificaciones fisiológicas como las que se producen en altura, al aumentar su afinidad, la curva de disociación se desvía hacia la izquierda al disminuir se produce lo inverso, la curva se desvía a la derecha.

La posición de la curva de disociación de la hemoglobina ha sido objeto de numerosos estudios, en 1944 Aste-Salazar y Hurtado encontraron una franca desviación de la curva hacia la derecha para nativos residentes de Morococha, posteriormente y en un grupo más numeroso, Hurtado y Col. (1956) confirman el anterior hallazgo, encontrando además P_{50} que varían entre 24.75 mmHg (pH 7.38) y 24.15 (pH 7.40) para el nivel del mar, y 27.22 mmHg - 26.24 respectivamente para una altura de 4.520 m (Morococha). Los estudios realizados en La Paz por Geysant y Col. muestran que desde su llegada los nativos del nivel del mar elevan su P_{50} (1er. día : 26.8 +/- 0.9 mmHg; 12º día : 29.0 +/- 0.5 mmHg).

Se conoce además que éste aumento es paralelo con un incremento en la concentración de 2.3 Difosfoglicerato DPG, que de un valor de 0.73 mol/molHb llega hasta 1.12 mol/molHb en el duodécimo día y, de adenosin trifosfato (ATP) que varía desde 0.23 +/- 0.02 mol/molHb a 0.36 +/- 0.02 mol/molHb en el mismo espacio de tiempo.

El desplazamiento de la curva de disociación de la hemoglobina hacia la derecha es uno de los más importantes fenómenos de adaptación a la vida en altura, éste desplazamiento produce un aumento de la presión a 50% de saturación (P_{50}) y es favorecido, entre otros, por un aumento en la concentración de 2.3-Difosfoglicerato y Adenosin trifosfato, la consecuencia es una disminución de la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno, factor que a su vez favorece una mejor extracción de oxígeno a nivel tisular.



Los datos de gasometría arterial son resumidos en la tabla Nº 3 que muestra datos comparativos entre nativos de altura que fueron estudiados en La Paz y durante un período de aclimatación a tierras bajas (Santa Cruz, 420 m).

TABLA Nº 3

	GRUPOS NATIVOS DE ALTURA			GRUPOS NATIVOS DE LLANO	
	a 3600 m	6-7 hrs a 420 m	23-32 hrs a 420 m	5 día a 18 día 420 m	p 420 m
n	17	12	9	11	10
pH	7.40				7.40
PaO ₂ (mmHg)	61.50 +/-1.1	98.9+/-1.2	103.9+/-1.4	98.8+/-1.4	NS 95+/- 1.7
PaCO ₂ (mmHg)	30.5+/-0.7	35.5+/-0.7	36.2+/-0.8	40.3+/-0.7	0.005 37+/-0.4

En ocasión de ese estudio multidisciplinario (3) se concluye que después de un tiempo de 18 días a baja altitud, el nativo del altiplano andino se acerca en un cierto número de parámetros al nativo de los llanos. Pero la persistencia prolongada o definitiva de ciertas características morfológicas y fisiológicas inducidas por la vida a grandes alturas desde hacen varias generaciones, permiten además individualizarlo netamente.

TABLA 4
CAPACIDAD VITAL
VALORES TEORICOS NORMALES EN FUNCION DE LA EDAD Y LA TALLA
SEXO MASCULINO

La Paz (3.600 m)

Litros condiciones BTPS

TALLA (mts)	18-19 años	20-29 años	30-34 años	35-39 años	40-44 años	45-49 años	50-54 años	55-59 años	60-64 años	65-69 años	70-74 años
1.50	3.460	3.580	3.560	3.530	3.500	3.460	3.390	3.330	3.260	3.190	3.120
1.51	3.530	3.650	3.630	3.590	3.560	3.530	3.460	3.390	3.320	3.250	3.180
1.52	3.600	3.720	3.700	3.660	3.630	3.600	3.530	3.460	3.390	3.320	3.250
1.53	3.670	3.790	3.770	3.730	3.700	3.670	3.590	3.520	3.450	3.380	3.310
1.54	3.740	3.860	3.840	3.800	3.770	3.740	3.660	3.590	3.520	3.450	3.380
1.55	3.810	3.940	3.920	3.880	3.840	3.810	3.730	3.660	3.580	3.500	3.430
1.56	3.880	4.020	4.000	3.960	3.920	3.880	3.800	3.730	3.650	3.570	3.490
1.57	3.950	4.090	4.070	4.030	3.990	3.950	3.870	3.800	3.720	3.640	3.560
1.58	4.020	4.160	4.140	4.100	4.060	4.020	3.940	3.870	3.790	3.710	3.630
1.59	4.100	4.240	4.220	4.180	4.140	4.100	4.020	3.940	3.860	3.780	3.700
1.60	4.180	4.320	4.300	4.260	4.220	4.170	4.090	4.010	3.930	3.850	3.770
1.61	4.250	4.400	4.380	4.360	4.300	4.250	4.160	4.080	4.000	3.920	3.840
1.62	4.330	4.480	4.460	4.420	4.380	4.330	4.240	4.160	4.070	3.980	3.910
1.63	4.410	4.560	4.540	4.500	4.460	4.410	4.320	4.230	4.150	4.060	3.970
1.64	4.490	4.640	4.620	4.580	4.540	4.490	4.400	4.310	4.220	4.130	4.040
1.65	4.570	4.720	4.700	4.660	4.620	4.570	4.480	4.390	4.300	4.210	4.120
1.66	4.650	4.810	4.790	4.750	4.700	4.650	4.560	4.470	4.370	4.270	4.170
1.67	4.730	4.890	4.870	4.830	4.780	4.730	4.640	4.550	4.470	4.370	4.270
1.68	4.810	4.980	4.950	4.910	4.860	4.810	4.720	4.630	4.530	4.430	4.330
1.69	4.890	5.070	5.040	4.990	4.940	4.890	4.800	4.710	4.610	4.510	4.410
1.70	4.980	5.160	5.130	5.080	5.030	4.980	4.880	4.790	4.690	4.590	4.490
1.71	5.070	5.250	5.220	5.170	5.120	5.070	4.970	4.870	4.770	4.670	4.570
1.72	5.160	5.340	5.310	5.260	5.210	5.160	5.060	4.950	4.870	4.770	4.670
1.73	5.250	5.430	5.400	5.350	5.300	5.250	5.140	5.050	4.940	4.870	4.720
1.74	5.340	5.520	5.490	5.440	5.390	5.340	5.230	5.120	5.020	4.910	4.800
1.75	5.430	5.610	5.580	5.530	5.480	5.430	5.320	5.210	5.100	4.990	4.880
1.76	5.520	5.710	5.680	5.630	5.570	5.520	5.410	5.300	5.190	5.080	4.970
1.77	5.610	5.800	5.770	5.720	5.660	5.610	5.500	5.390	5.280	5.170	5.060
1.78	5.700	5.900	5.870	5.810	5.750	5.700	5.590	5.480	5.360	5.240	5.120
1.79	5.790	6.000	5.970	5.910	5.850	5.790	5.680	5.570	5.450	5.330	5.210
1.80	5.890	6.100	6.070	6.010	5.950	5.890	5.780	5.660	5.540	5.420	5.300
1.81	5.990	6.200	6.170	6.110	6.050	5.990	5.870	5.750	5.630	5.510	5.390
1.82	6.090	6.300	6.270	6.210	6.150	6.090	5.970	5.850	5.720	5.590	5.460
1.83	6.190	6.400	6.370	6.310	6.250	6.190	6.060	5.940	5.810	5.680	5.550
1.84	6.290	6.510	6.470	6.410	6.350	6.290	6.160	6.040	5.900	5.770	5.640
1.85	6.390	6.610	6.570	6.510	6.450	6.390	6.260	6.130	6.000	5.870	5.740
1.86	6.490	6.720	6.680	6.620	6.560	6.490	6.360	6.230	6.100	5.970	5.840
1.87	6.590	6.820	6.790	6.720	6.660	6.570	6.460	6.330	6.200	6.070	5.940
1.88	6.700	6.930	6.900	6.830	6.770	6.700	6.560	6.430	6.300	6.170	6.040
1.89	6.800	7.040	7.010	6.940	6.870	6.800	6.660	6.530	6.400	6.270	6.140
1.90	6.910	7.150	7.120	7.050	6.980	6.910	6.770	6.640	6.500	6.360	6.220
1.91	7.020	7.260	7.230	7.160	7.090	7.020	6.880	6.740	6.600	6.460	6.320
1.92	7.130	7.370	7.340	7.270	7.200	7.130	6.990	6.840	6.700	6.560	6.420
1.93	7.240	7.480	7.450	7.380	7.310	7.240	7.100	6.950	6.800	6.650	6.510
1.94	7.350	7.600	7.570	7.490	7.420	7.350	7.200	7.060	6.910	6.760	6.620
1.95	7.460	7.720	7.680	7.610	7.540	7.460	7.310	7.160	7.020	6.870	6.720

CAPACIDAD VITAL
VALORES NORMALES PARA LA PAZ(3600 m.)
SEXO FEMENINO

Condiciones BTPS

TALLA (mts)	18-19 años	20-29 años	30-34 años	35-39 años	40-44 años	45-49 años	50-54 años	55-59 años	60-64 años	65-69 años	70-74 años
1.41	2.510	2.610	2.590	2.570	2.540	2.510	2.540	2.400	2.340	2.280	2.220
1.42	2.560	2.660	2.640	2.620	2.590	2.560	2.500	2.450	2.390	2.330	2.270
1.43	2.610	2.710	2.690	2.670	2.640	2.610	2.550	2.500	2.440	2.380	2.320
1.44	2.660	2.760	2.740	2.720	2.690	2.660	2.600	2.550	2.490	2.430	2.370
1.45	2.710	2.810	2.790	2.770	2.740	2.710	2.650	2.600	2.540	2.480	2.420
1.46	2.760	2.860	2.840	2.820	2.790	2.760	2.700	2.650	2.590	2.530	2.470
1.47	2.810	2.910	2.890	2.870	2.840	2.810	2.750	2.700	2.640	2.580	2.520
1.48	2.860	2.960	2.940	2.920	2.890	2.860	2.800	2.750	2.690	2.630	2.570
1.49	2.910	3.010	2.990	2.970	2.940	2.910	2.850	2.800	2.740	2.680	2.620
1.50	2.960	3.060	3.040	3.020	2.990	2.960	2.900	2.850	2.790	2.730	2.670
1.51	3.020	3.120	3.100	3.080	3.040	3.020	2.960	2.900	2.840	2.780	2.720
1.52	3.080	3.180	3.160	3.130	3.100	3.080	3.020	2.960	2.900	2.830	2.770
1.53	3.140	3.240	3.220	3.190	3.160	3.140	3.070	3.010	2.950	2.890	2.830
1.54	3.200	3.300	3.280	3.250	3.220	3.200	3.130	3.070	3.010	2.950	2.890
1.55	3.260	3.370	3.350	3.320	3.280	3.260	3.190	3.130	3.060	2.990	2.920
1.56	3.320	3.440	3.420	3.380	3.350	3.320	3.250	3.190	3.120	3.050	2.980
1.57	3.380	3.490	3.470	3.440	3.410	3.380	3.310	3.250	3.180	3.110	3.040
1.58	3.440	3.550	3.540	3.500	3.470	3.440	3.370	3.310	3.240	3.170	3.100
1.59	3.500	3.620	3.610	3.570	3.540	3.500	3.440	3.370	3.300	3.230	3.160
1.60	3.570	3.690	3.670	3.640	3.610	3.560	3.490	3.430	3.360	3.290	3.220
1.61	3.630	3.760	3.740	3.710	3.670	3.630	3.550	3.490	3.420	3.350	3.280
1.62	3.700	3.830	3.810	3.780	3.760	3.700	3.620	3.550	3.480	3.410	3.340
1.63	3.770	3.890	3.880	3.840	3.810	3.770	3.690	3.610	3.540	3.470	3.400
1.64	3.830	3.960	3.950	3.910	3.880	3.830	3.760	3.680	3.610	3.540	3.470
1.65	3.900	4.030	4.020	3.980	3.950	3.900	3.830	3.750	3.670	3.590	3.510
1.66	3.970	4.110	4.090	4.060	4.010	3.970	3.890	3.820	3.730	3.650	3.570
1.67	4.040	4.170	4.160	4.120	4.080	4.040	3.960	3.890	3.820	3.740	3.660
1.68	4.110	4.230	4.230	4.190	4.150	4.110	4.030	3.950	3.880	3.800	3.720
1.69	4.170	4.300	4.300	4.260	4.220	4.170	4.100	4.020	3.940	3.860	3.780
1.70	4.250	4.400	4.380	4.340	4.290	4.250	4.170	4.090	4.000	3.910	3.820
1.71	4.330	4.480	4.460	4.410	4.370	4.330	4.240	4.160	4.070	3.980	3.890
1.72	4.400	4.560	4.530	4.490	4.450	4.400	4.320	4.230	4.140	4.050	3.960
1.73	4.480	4.630	4.610	4.570	4.520	4.480	4.390	4.300	4.210	4.120	4.030
1.74	4.560	4.710	4.680	4.640	4.600	4.560	4.450	4.370	4.280	4.190	4.100
1.75	4.630	4.790	4.760	4.720	4.680	4.630	4.540	4.450	4.350	4.250	4.150
1.76	4.710	4.870	4.850	4.800	4.750	4.710	4.620	4.520	4.420	4.320	4.220
1.77	4.790	4.950	4.920	4.880	4.830	4.790	4.690	4.600	4.500	4.400	4.300
1.78	4.860	5.030	5.010	4.960	4.910	4.860	4.770	4.680	4.580	4.480	4.380
1.79	4.940	5.120	5.090	5.040	4.990	4.940	4.850	4.750	4.650	4.550	4.450
1.80	5.020	5.200	5.170	5.130	5.080	5.020	4.930	4.830	4.730	4.630	4.530
1.81	5.110	5.290	5.260	5.210	5.160	5.110	5.010	4.910	4.800	4.690	4.580
1.82	5.190	5.370	5.350	5.300	5.250	5.190	5.090	4.990	4.880	4.770	4.660
1.83	5.280	5.460	5.430	5.380	5.330	5.280	5.170	5.070	4.960	4.850	4.740
1.84	5.360	5.550	5.520	5.470	5.420	5.360	5.250	5.150	5.030	4.920	4.810
1.85	5.450	5.640	5.600	5.550	5.500	5.450	5.340	5.230	5.120	5.010	4.900
1.86	5.530	5.730	5.700	5.650	5.590	5.530	5.420	5.310	5.200	5.090	4.980
1.87	5.620	5.820	5.790	5.730	5.680	5.620	5.510	5.400	5.290	5.180	5.070
1.88	5.710	5.910	5.880	5.820	5.770	5.710	5.590	5.480	5.370	5.260	5.150
1.89	5.800	6.000	5.980	5.920	5.860	5.800	5.680	5.570	5.460	5.350	5.240
1.90	5.890	6.100	6.070	6.010	5.950	6.090	5.770	5.660	5.550	5.440	5.330

TABLE 6
VOLUMEN RESIDUAL
VALORES NORMALES PARA LA PAZ (3.600 m)
SEXO MASCULINO

Condiciones BTPS

Talla m.	18-19 años	20-29 años	30-34 años	35-39 años	40-44 años	45-49 años	50-54 años	55-59 años	60-64 años	65-69 años	70-74 años
1.50	1.107	1.272	1.342	1.394	1.448	1.500	1.605	1.690	1.771	1.854	1.936
1.51	1.129	1.296	1.367	1.419	1.475	1.531	1.638	1.720	1.803	1.887	1.971
1.52	1.152	1.322	1.394	1.448	1.504	1.562	1.670	1.754	1.839	1.924	2.010
1.53	1.176	1.346	1.422	1.476	1.534	1.592	1.700	1.785	1.874	1.957	2.044
1.54	1.199	1.370	1.449	1.505	1.563	1.623	1.732	1.822	1.910	1.998	2.090
1.55	1.220	1.396	1.479	1.536	1.593	1.653	1.765	1.856	1.945	2.031	2.121
1.56	1.242	1.426	1.510	1.569	1.625	1.684	1.797	1.890	1.984	2.072	2.167
1.57	1.264	1.449	1.532	1.592	1.649	1.711	1.820	1.928	2.023	2.113	2.210
1.58	1.286	1.476	1.565	1.626	1.684	1.741	1.862	1.962	2.062	2.153	2.256
1.59	1.311	1.505	1.595	1.656	1.717	1.778	1.900	1.999	2.102	2.194	2.298
1.60	1.336	1.537	1.625	1.687	1.749	1.812	1.937	2.037	2.140	2.235	2.333
1.61	1.360	1.563	1.655	1.724	1.782	1.845	1.969	2.074	2.176	2.272	2.379
1.62	1.387	1.593	1.686	1.755	1.814	1.879	2.003	2.115	2.215	2.309	2.422
1.63	1.414	1.622	1.716	1.781	1.847	1.912	2.044	2.149	2.261	2.357	2.464
1.64	1.441	1.651	1.749	1.815	1.882	1.949	2.083	2.190	2.297	2.394	2.502
1.65	1.465	1.680	1.779	1.847	1.917	1.985	2.122	2.230	2.339	2.438	2.549
1.66	1.492	1.712	1.815	1.884	1.953	2.022	2.161	2.271	2.378	2.475	2.583
1.67	1.516	1.738	1.842	1.915	1.985	2.056	2.200	2.312	2.428	2.527	2.637
1.68	1.543	1.770	1.873	1.946	2.018	2.089	2.236	2.353	2.464	2.564	2.676
1.69	1.570	1.802	1.906	1.981	2.053	2.126	2.275	2.394	2.510	2.612	2.726
1.70	1.600	1.836	1.941	2.015	2.089	2.165	2.320	2.438	2.559	2.664	2.787
1.71	1.627	1.863	1.974	2.049	2.127	2.205	2.359	2.479	2.602	2.703	2.834
1.72	1.656	1.900	2.007	2.083	2.162	2.245	2.402	2.519	2.652	2.760	2.887
1.73	1.683	1.932	2.043	2.120	2.200	2.284	2.441	2.567	2.691	2.797	2.922
1.74	1.712	1.964	2.079	2.157	2.237	2.324	2.482	2.604	2.737	2.845	2.972
1.75	1.742	1.995	2.112	2.194	2.277	2.364	2.525	2.647	2.780	2.890	3.018
1.76	1.774	2.029	2.150	2.234	2.320	2.403	2.567	2.696	2.829	2.941	3.072
1.77	1.800	2.062	2.185	2.271	2.354	2.443	2.610	2.740	2.875	2.990	3.122
1.78	1.830	2.099	2.222	2.308	2.392	2.483	2.655	2.783	2.922	3.034	3.165
1.79	1.859	2.136	2.264	2.345	2.434	2.522	2.697	2.836	2.971	3.086	3.222
1.80	1.891	2.173	2.299	2.385	2.475	2.565	2.746	2.883	3.021	3.138	3.276
1.81	1.923	2.207	2.337	2.425	2.516	2.607	2.798	2.927	3.071	3.189	3.334
1.82	1.957	2.242	2.376	2.465	2.558	2.650	2.844	2.978	3.124	3.241	3.376
1.83	1.989	2.279	2.416	2.505	2.599	2.693	2.879	3.026	3.174	3.293	3.430
1.84	2.021	2.319	2.453	2.545	2.640	2.739	2.928	3.077	3.223	3.345	3.484
1.85	2.053	2.356	2.491	2.585	2.681	2.782	2.930	3.125	3.277	3.400	3.542
1.86	2.085	2.396	2.533	2.628	2.729	2.824	3.022	3.176	3.333	3.459	3.604
1.87	2.117	2.433	2.574	2.668	2.770	2.864	3.071	3.227	3.387	3.515	3.661
1.88	2.151	2.472	2.615	2.713	2.814	2.919	3.120	3.278	3.394	3.570	3.719
1.89	2.185	2.512	2.656	2.756	2.858	2.961	3.169	3.322	3.497	3.630	3.781
1.90	2.222	2.552	2.700	2.801	2.906	3.010	3.221	3.386	3.553	3.685	3.835
1.91	2.256	2.591	2.742	2.844	2.950	3.059	3.273	3.437	3.607	3.741	3.892
1.92	2.291	2.629	2.785	2.890	2.997	3.110	3.328	3.492	3.664	3.800	3.954
1.93	2.325	2.668	2.824	2.937	3.041	3.160	3.380	3.550	3.720	3.855	4.012
1.94	2.362	2.711	2.871	2.978	3.089	3.205	3.429	3.604	3.777	3.916	4.073
1.95	2.398	2.753	2.912	3.024	3.139	3.254	3.481	3.655	3.827	3.981	4.135
VR CPT %	24.5	26.5	27.5	28.5	29.5	30.5	32.5	34	35.5	37.	38.5

VALORES NORMALES PARA LA PAZ (3600 m.)

SEXO FEMENINO

Condiciones BTPS

Talla m.	18-19 años	20-29 años	30-34 años	35-39 años	40-44 años	45-49 años	50-54 años	55-59 años	60-64 años	65-69 años	70-74 años
1.41	0.814	0.951	1.077	1.025	1.067	1.110	1.156	1.244	1.330	1.394	1.467
1.42	0.830	0.949	1.026	1.039	1.090	1.134	1.161	1.270	1.358	1.423	1.497
1.43	0.847	0.966	1.045	1.070	1.114	1.158	1.206	1.277	1.366	1.433	1.528
1.44	0.864	0.974	1.064	1.032	1.137	1.132	1.231	1.323	1.414	1.482	1.558
1.45	0.881	1.002	1.083	1.114	1.160	1.206	1.255	1.350	1.442	1.511	1.568
1.46	0.898	1.030	1.102	1.137	1.133	1.230	1.280	1.376	1.470	1.540	1.619
1.47	0.914	1.053	1.120	1.159	1.206	1.254	1.305	1.402	1.498	1.573	1.638
1.48	0.931	1.056	1.139	1.182	1.230	1.278	1.330	1.429	1.526	1.602	1.680
1.49	0.948	1.073	1.153	1.204	1.253	1.302	1.355	1.455	1.554	1.631	1.710
1.50	0.965	1.091	1.177	1.226	1.276	1.326	1.379	1.481	1.582	1.660	1.740
1.51	0.984	1.112	1.119	1.246	1.299	1.353	1.407	1.503	1.610	1.690	1.771
1.52	1.013	1.135	1.233	1.274	1.325	1.380	1.435	1.527	1.641	1.717	1.801
1.53	1.025	1.155	1.247	1.299	1.351	1.407	1.460	1.564	1.673	1.752	1.835
1.54	1.044	1.175	1.272	1.324	1.377	1.434	1.488	1.577	1.704	1.788	1.877
1.55	1.063	1.198	1.299	1.352	1.404	1.461	1.516	1.626	1.736	1.818	1.900
1.56	1.082	1.224	1.326	1.378	1.433	1.498	1.544	1.656	1.771	1.854	1.946
1.57	1.103	1.242	1.340	1.403	1.459	1.512	1.572	1.689	1.806	1.891	1.984
1.58	1.121	1.265	1.374	1.438	1.495	1.559	1.600	1.719	1.841	1.927	2.025
1.59	1.140	1.290	1.401	1.456	1.514	1.569	1.634	1.752	1.876	1.964	2.063
1.60	1.164	1.318	1.426	1.484	1.543	1.599	1.662	1.785	1.911	2.000	2.094
1.61	1.183	1.341	1.453	1.512	1.569	1.629	1.689	1.818	1.942	2.033	2.136
1.62	1.207	1.367	1.480	1.540	1.604	1.659	1.724	1.851	1.977	2.069	2.174
1.63	1.231	1.390	1.507	1.565	1.627	1.689	1.751	1.881	2.016	2.110	2.215
1.64	1.253	1.415	1.536	1.596	1.659	1.719	1.783	1.917	2.051	2.146	2.253
1.65	1.274	1.441	1.561	1.624	1.691	1.752	1.823	1.953	2.086	2.179	2.284
1.66	1.298	1.469	1.593	1.658	1.720	1.785	1.854	1.989	2.121	2.215	2.322
1.67	1.320	1.489	1.617	1.683	1.749	1.815	1.887	2.026	2.187	2.263	2.371
1.68	1.344	1.517	1.644	1.711	1.778	1.845	1.918	2.059	2.201	2.299	2.409
1.69	1.366	1.545	1.671	1.742	1.810	1.875	1.953	2.095	2.240	2.339	2.451
1.70	1.392	1.573	1.704	1.772	1.839	1.911	1.990	2.135	2.282	2.280	2.497
1.71	1.416	1.601	1.733	1.800	1.873	1.947	2.024	2.171	2.320	2.419	2.538
1.72	1.440	1.629	1.760	1.831	1.905	1.980	2.061	2.207	2.359	2.460	2.580
1.73	1.464	1.655	1.793	1.865	1.937	2.016	2.096	2.244	2.397	2.500	2.622
1.74	1.490	1.683	1.822	1.896	1.972	2.052	2.127	2.280	2.439	2.544	2.668
1.75	1.514	1.711	1.852	1.929	2.007	2.085	2.167	2.319	2.478	2.580	2.702
1.76	1.543	1.739	1.887	1.963	2.039	2.121	2.204	2.359	2.520	2.624	2.747
1.77	1.567	1.767	1.914	1.996	2.073	2.157	2.238	2.399	2.562	2.668	2.793
1.78	1.591	1.798	1.949	2.030	2.108	2.190	2.278	2.442	2.607	2.716	2.842
1.79	1.618	1.831	1.982	2.061	2.143	2.226	2.316	2.481	2.649	2.759	2.892
1.80	1.644	1.861	2.017	2.097	2.181	2.262	2.356	2.524	2.695	2.806	2.941
1.81	1.673	1.892	2.049	2.131	2.216	2.301	2.393	2.564	2.737	2.840	2.983
1.82	1.702	1.920	2.084	2.167	2.253	2.337	2.430	2.607	2.786	2.898	3.029
1.83	1.730	1.953	2.117	2.201	2.288	2.376	2.470	2.649	2.831	2.945	3.078
1.84	1.757	1.986	2.152	2.237	2.326	2.415	2.511	2.692	2.873	2.989	3.124
1.85	1.796	2.020	2.184	2.271	2.361	2.454	2.551	2.735	2.922	3.040	3.177
1.86	1.812	2.053	2.222	2.310	2.401	2.490	2.591	2.788	2.971	3.091	3.230
1.87	1.841	2.086	2.257	2.344	2.439	2.532	2.635	2.824	3.020	3.143	3.283
1.88	1.870	2.119	2.292	2.383	2.477	2.574	2.675	2.867	3.066	3.190	3.333
1.89	1.900	2.152	2.330	2.422	2.517	2.613	2.718	2.917	3.118	3.245	3.390
1.90	1.932	2.183	2.368	2.461	2.558	2.655	2.762	2.963	3.171	3.300	3.447
VR CPT %	24	25.5	27	28	29	30	31	33	35	36.5	38

VOLUMEN ESPIRATORIO MAXIMO POR SEGUNDO (V.E.M.S.)
VALORES NORMALES PARA LA PAZ (3.600 m)
SEXO MASCULINO

Condiciones BTPS

TALLA m	18-19 años	20-29 años	30-34 años	35-39 años	40-44 años	45-49 años	50-54 años	55-59 años	60-64 años	65-69 años	70-74 años
1.50	2.837	2.864	2.769	2.718	2.642	2.578	2.492	2.398	2.282	2.169	2.059
1.51	2.895	2.920	2.831	2.764	2.688	2.630	2.543	2.441	2.324	2.210	2.099
1.52	2.952	2.976	2.886	2.818	2.740	2.682	2.594	2.491	2.373	2.258	2.145
1.53	3.094	3.032	2.941	2.872	2.793	2.734	2.639	2.534	2.415	2.298	2.185
1.54	3.067	3.088	2.995	2.926	2.846	2.786	2.690	2.585	2.464	2.346	2.231
1.55	3.124	3.152	3.058	2.988	2.899	2.838	2.741	2.635	2.506	2.380	2.264
1.56	3.182	3.216	3.120	3.049	2.960	2.891	2.793	2.686	2.555	2.428	2.303
1.57	3.239	3.272	3.175	3.103	3.012	2.943	2.844	2.736	2.604	2.475	2.350
1.58	3.296	3.328	3.229	3.157	3.065	2.995	2.896	2.789	2.653	2.523	2.396
1.59	3.362	3.392	3.292	3.219	3.141	3.054	2.955	2.838	2.702	2.570	2.442
1.60	3.428	3.456	3.354	3.434	3.186	3.107	3.061	2.887	2.751	2.618	2.488
1.61	3.485	3.520	3.416	3.357	3.246	3.166	3.058	2.938	2.800	2.666	2.534
1.62	3.551	3.584	3.479	3.403	3.307	3.226	3.116	2.995	2.849	2.706	2.581
1.63	3.616	3.648	3.541	3.465	3.367	3.285	3.175	3.046	2.905	2.761	2.620
1.64	3.682	3.712	3.604	3.527	3.428	3.345	3.234	3.103	2.954	2.808	2.666
1.65	3.747	3.776	3.666	3.588	3.488	3.405	3.293	3.161	3.010	2.863	2.719
1.66	3.813	3.848	3.736	3.657	3.548	3.464	3.352	3.218	3.059	2.904	2.752
1.67	3.879	3.912	3.799	3.719	3.608	3.524	3.410	3.276	3.129	2.972	2.818
1.68	3.944	3.984	3.861	3.781	3.669	3.583	3.469	3.334	3.171	3.012	2.858
1.69	4.010	4.056	3.931	3.842	3.730	3.643	3.528	3.391	3.227	3.067	2.911
1.70	4.084	4.128	4.001	3.912	3.798	3.710	3.594	3.449	3.283	3.121	2.963
1.71	4.157	4.200	4.072	3.981	3.866	3.777	3.653	3.506	3.339	3.176	3.016
1.72	4.231	4.272	4.142	4.050	3.933	3.844	3.719	3.564	3.409	3.244	3.082
1.73	4.305	4.344	4.212	4.119	4.001	3.911	3.778	3.636	3.458	3.284	3.115
1.74	4.379	4.416	4.282	4.189	4.069	3.978	3.844	3.686	3.514	3.339	3.168
1.75	4.453	4.488	4.352	4.258	4.137	4.045	3.910	3.751	3.570	3.393	3.221
1.76	4.526	4.568	4.430	4.335	4.205	4.112	3.976	3.816	3.633	3.454	3.280
1.77	4.600	4.640	4.500	4.404	4.273	4.179	4.042	3.881	3.696	3.516	3.340
1.78	4.674	4.720	4.579	4.474	4.341	4.246	4.109	3.946	3.752	3.563	3.379
1.79	4.748	4.800	4.657	4.551	4.417	4.313	4.175	4.010	3.815	3.624	3.439
1.80	4.830	4.880	4.735	4.628	4.492	4.388	4.248	4.075	3.878	3.686	3.498
1.81	4.912	4.960	4.813	4.705	4.568	4.462	4.314	4.140	3.941	3.747	3.557
1.82	4.994	5.040	4.891	4.782	4.643	4.537	4.388	4.212	4.004	3.801	3.604
1.83	5.076	5.120	4.969	4.859	4.719	4.611	4.454	4.277	4.067	3.862	3.663
1.84	5.158	5.208	5.047	4.936	4.794	4.686	4.528	4.349	4.130	3.924	3.722
1.85	5.240	5.288	5.125	5.013	4.870	4.760	4.601	4.414	4.200	3.992	3.788
1.86	5.322	5.376	5.210	5.097	4.953	4.835	4.675	4.486	4.270	4.060	3.854
1.87	5.404	5.456	5.296	5.174	5.028	4.895	4.748	4.558	4.340	4.128	3.920
1.88	5.494	5.544	5.382	5.259	4.960	4.991	4.822	4.630	4.410	4.196	3.986
1.89	5.576	5.632	5.468	5.344	5.187	5.066	4.895	4.702	4.480	4.264	4.052
1.90	5.666	5.720	5.554	5.428	5.270	5.148	4.976	4.781	4.550	4.325	4.105
1.91	5.756	5.808	5.639	5.513	5.353	5.230	5.057	4.853	4.620	4.393	4.171
1.92	5.847	5.896	5.725	5.598	5.436	5.312	5.138	4.925	4.690	4.461	4.237
1.93	5.937	5.984	5.811	5.683	5.519	5.393	5.218	5.001	4.760	4.522	4.297
1.94	6.027	6.080	5.905	5.767	5.602	5.476	5.292	5.083	4.837	4.597	4.369
1.95	6.117	6.176	5.999	5.860	5.693	5.568	5.373	5.155	4.914	4.672	4.435
$\frac{VEMS}{CV}$	82	80	78	77	75.5	74.5	73.5	72	70	68	66

VALORES NORMALES PARA LA PAZ (3600 m.)

SEXO FEMENINO

Condiciones BTPS

TALLA m.	18-19 años	20-29 años	30-34 años	35-39 años	40-44 años	45-49 años	50-54 años	55-59 años	60-64 años	65-69 años	70-74 años
1.41	2.058	2.089	2.020	1.979	1.943	1.870	1.801	1.728	1.638	1.550	1.452
1.42	2.099	2.128	2.059	2.017	1.981	1.907	1.837	1.764	1.673	1.584	1.498
1.43	2.140	2.168	2.098	2.056	2.020	1.944	1.874	1.800	1.708	1.618	1.531
1.44	2.132	2.208	2.137	2.094	2.058	1.982	1.911	1.836	1.743	1.652	1.564
1.45	2.222	2.248	2.176	2.133	2.096	2.019	1.948	1.872	1.778	1.686	1.597
1.46	2.263	2.289	2.215	2.171	2.134	2.056	1.984	1.908	1.813	1.720	1.630
1.47	2.304	2.328	2.254	2.210	2.173	2.093	2.021	1.944	1.848	1.754	1.663
1.48	2.345	2.368	2.293	2.248	2.211	2.131	2.058	1.980	1.883	1.788	1.696
1.49	2.386	2.408	2.332	2.287	2.249	2.168	2.095	2.016	1.918	1.822	1.729
1.50	2.427	2.448	2.371	2.325	2.287	2.205	2.131	2.052	1.953	1.856	1.762
1.51	2.476	2.496	2.418	2.356	2.326	2.250	2.176	2.088	1.988	1.890	1.795
1.52	2.526	2.544	2.465	2.410	2.371	2.295	2.220	2.131	2.030	1.924	1.828
1.53	2.575	2.592	2.512	2.456	2.417	2.339	2.256	2.167	2.065	1.965	1.868
1.54	2.624	2.640	2.558	2.502	2.463	2.384	2.300	2.210	2.107	2.006	1.907
1.55	2.673	2.696	2.613	2.556	2.509	2.429	2.345	2.254	2.142	2.033	1.927
1.56	2.722	2.752	2.668	2.603	2.563	2.473	2.386	2.297	2.184	2.074	1.967
1.57	2.772	2.792	2.714	2.649	2.609	2.518	2.433	2.340	2.226	2.115	2.006
1.58	2.821	2.840	2.761	2.695	2.654	2.563	2.477	2.383	2.268	2.156	2.046
1.59	2.870	2.896	2.816	2.749	2.708	2.607	2.528	2.426	2.310	2.196	2.086
1.60	2.927	2.952	2.863	2.803	2.762	2.652	2.565	2.470	2.352	2.237	2.125
1.61	2.977	3.008	2.917	2.857	2.807	2.704	2.609	2.513	2.394	2.278	2.165
1.62	3.034	3.064	2.972	2.911	2.876	2.756	2.661	2.556	2.436	2.319	2.204
1.63	3.091	3.112	3.026	2.957	2.915	2.809	2.712	2.599	2.478	2.360	2.244
1.64	3.141	3.168	3.081	3.011	2.968	2.853	2.764	2.650	2.527	2.407	2.290
1.65	3.190	3.224	3.173	3.065	3.022	2.905	2.815	2.700	2.568	2.441	2.317
1.66	3.255	3.288	3.190	3.126	3.068	2.958	2.859	2.750	2.611	2.482	2.356
1.67	3.313	3.336	3.245	3.172	3.121	3.010	2.911	2.801	2.674	2.543	2.416
1.68	3.370	3.400	3.299	3.226	3.175	3.062	2.962	2.844	2.716	2.584	2.455
1.69	3.419	3.464	3.354	3.280	3.228	3.107	3.013	2.894	2.758	2.625	2.495
1.70	3.485	3.520	3.416	3.342	3.282	3.166	3.065	2.945	2.800	2.659	2.521
1.71	3.551	3.584	3.479	3.396	3.343	3.225	3.116	2.995	2.849	2.706	2.567
1.72	3.608	3.648	3.533	3.457	3.404	3.278	3.175	3.046	2.998	2.754	2.614
1.73	3.674	3.704	3.596	3.519	3.458	3.338	3.227	3.096	2.947	2.802	2.660
1.74	3.739	3.768	3.650	3.573	3.519	3.397	3.278	3.146	2.996	2.849	2.706
1.75	3.797	3.832	3.713	3.634	3.580	3.449	3.337	3.204	3.045	2.890	2.739
1.76	3.862	3.896	3.783	3.696	3.634	3.509	3.396	3.254	3.094	2.938	2.785
1.77	3.928	3.960	3.838	3.758	3.695	3.568	3.447	3.312	3.150	2.992	2.838
1.78	3.985	4.024	3.908	3.819	3.756	3.621	3.506	3.370	3.206	3.046	2.891
1.79	4.051	4.096	3.970	3.881	3.817	3.680	3.565	3.420	3.255	3.094	2.937
1.80	4.116	4.160	4.040	3.950	3.886	3.740	3.623	3.478	3.311	3.148	2.990
1.81	4.190	4.232	4.103	4.012	3.947	3.807	3.682	3.535	3.360	3.189	3.023
1.82	4.256	4.296	4.173	4.081	4.016	3.866	3.741	3.593	3.416	3.244	3.076
1.83	4.330	4.368	4.235	4.143	4.077	3.934	3.800	3.650	3.472	3.298	3.128
1.84	4.395	4.440	4.306	4.212	4.146	3.993	3.859	3.708	3.521	3.346	3.175
1.85	4.469	4.512	4.368	4.273	4.207	4.060	3.925	3.766	3.584	3.407	3.234
1.86	4.535	4.584	4.446	4.350	4.276	4.120	3.984	3.823	3.640	3.461	3.287
1.87	4.608	4.656	4.516	4.412	4.345	4.187	4.050	3.888	3.703	3.522	3.346
1.88	4.682	4.728	4.586	4.481	4.414	4.254	4.105	3.946	3.759	3.577	3.399
1.89	4.756	4.800	4.664	4.558	4.483	4.321	4.175	4.010	3.822	3.638	3.458
1.90	4.830	4.880	4.735	4.628	4.551	4.537	4.241	4.075	3.885	3.699	3.518
VEMS	82	80	78	77	76.5	74.5	73.5	72	70	68	66
CV											

BIBLIOGRAFIA

- 1.- CONVENIO HIPOLITO UNANUE - 1ra. Reunión de la Comisión Asesora de Biología de Altura - Resumen de conclusiones - IBBA, Febrero 1978.
- 2.- COUDERT, J, PAZ ZAMORA, M., VARGAS, E.- Volúmens pulmonaires, ventilation et pressions des gaz du sang chez les résidents de haute altitude transférés á basse altitude. J. Physiol. 67, 336, 1973.
- 3.- COUDERT, J., PAZ ZAMORA, M., VARGAS E., ERGUETA J., NALLAR,N., HAFTEL, W. Aclimatación de los nativos de grandes alturas a bajas alturas - revista IBBA Nº 22. Vol. V., 1974.
- 4.- ERGUETA, J., QUINTANILLA, R.J., NAVAJAS, M., PINTO, M.Eritrocitemia por hipoxia. Cuadernos del Hospital General de Miraflores, La Paz, 1965, Vol. 6, pp 27-31.
- 5.- LEFRANCOIS,R., GAUTIER, H., PASQUIS,P., Ventilory oxigen drive in acute and chronic hypoxia. Respiration Physiol 4, 217-228, 1968.
- 6.- LEFRANCOIS R., GAUTIER, H., PASQUIS,P., VARGAS , E., Factors controlling respiration during muscular exercise at altitude. Federation proceeding USA Vol. 28, Nº 3, 1969.
- 7.- LEFRANCOIS,R., GAUTIER, H., PASQUIS,P., VARGAS, E.- Sensibilidad al CO2 en el hombre durante la hipoxía aguda y crónica. Anuario IBBA, 1971.
- 8.- LEFRANCOIS, R., GAUTIER, H., PASQUIS, P., CEVAER, A.M., HELLOT, M.F. Poder tampon de la sangre humana en la altura y en tierras bajas. Anuarios del IBBA imprenta UMSA. 1969.
- 9.- LEFRANCOIS, R., VARGAS, E., HELLOT, M.F., PASQUIS. P. and DENIS, PH. Interaction of humoral ventilatory stimuli at high altitude. Plenum press. New York, 1978.
- 10.- PARAMETROS BIOLOGICOS NORMALES DEL HABITANTE DE LA CIUDAD DE LA PAZ I.B.B.A.- Publicación de la Honorable Alcaldía Municipal, 1980.
- 11.- PAZ ZAMORA, M., VARGAS, E., PINTO E.- Estudio de la mecánica ventilatoria en las enfermedades bronco- pulmonares obstructivas crónicas. Revista IBBA. Vol. IV. Nº 16-1972.
- 12.- PAZ ZAMORA, M., COUDERT, J., LEFRANCOIS, R.- Sensibilidad respiratoria al oxígeno con relación al tiempo de estadía en la altura (La Paz 3.500 m.) Revista del IBBA. Vol. IV, Nº 2, pp.5, 1972.
- 13.- VARGAS PACHECO, E.- Características respiratorias de los nativos de altura *Boletín del IBBA* Nº 12, 1970.
- 14.- VARGAS, E., PAZ ZAMORA, M., ANTEZANA, G., ERGUETA, J., PINTO, E., MEDEIROS, S., -Obesidad y Eritrocitosis- Valoración funcional respiratoria- revista del IBBA. Vol. V Nº 20, 1973.

- 15.- VARGAS, P. E., VASQUEZ, R., VILLENA, M., VIDEA, R., VIDAURRE, M.,- Estudio de la función respiratoria en personas residentes en Chorolque (4.850 m). Informe encuesta IBBA. 1978.
- 16.- VARGAS, P.E.- Exploración Funcional y Mecánica Ventilatoria. Anuario del IBBA, imprenta UMSA, 1979.
- 17.- VILLENA CABRERA, M., VARGAS, E., BEAULIEU, P.- Mecánica ventilatoria en pacientes con eritrocitosis de altura. Actas de las Primeras Jornadas de Medicina y Cirugía de Altura . La Oroya. Perú 1978.
- 18.- BEARD J., HURTADO L., VILLENA M., VARGAS E., Transporte de oxígeno y hematología en niños de altura. Anuario del IBBA. La Paz 1979.
19. GUENARD H., VARGAS E., VILLENA M., CARRAS PM., Hypoxemie et hematocrite dans la polyglobulie pathologique d' altitude. Bulletin European de Physiopathologie Respiratoire. Paris, Francia. 1984.
- 20.- VARGAS E., VILLENA M., VIDEA R., NALLAR N., VILLENA de RODRIGUEZ N., PASQUIS P., La hemoglobina como factor de incremento en la difusión alveolo-capilar en habitantes de altura. Anuario 1983-1984 IBBA La Paz.
- 21.- VILLENA M., VARGAS E., La pletismografía corporal total como método de apoyo diagnóstico en las enfermedades broncopulmonares en nuestro medio. Anuario IBBA 1983-1984, La Paz.
- 22.- VILLENA M., VARGAS E., GUENARD H., NALLAR N., TELLEZ W., SPIELVOGEL H., Etude en double insu de l' effect de l' almitrine sur les malades porteurs de polyglobulie pathologique d' altitude. Bulletin European de Physiopathologie Respiratoire. Francia 1985 .
- 23.- MANIER G., CASTAING Y., GUENARD H., VARENE N., VARGAS E., Effect of Hemodilution in andean natives with excessive polycythemia. Bordeaux, Francia. (En prensa)
- 24.- GUENARD H., VILLENA M., VARGAS E., La polycythemie pathologique d' altitude: essaie therapeutique avec le bismesilate d' Almitrine. La revue de médecine interne . J.B . Bailliere Editeurs. Paris, Francia 1986.
- 25.- VARGAS E., VILLENA M., GUENARD H., Depresión de la sensibilidad de los quimio- receptores y efectos sobre la hematosis en pacientes con poliglobulia patológica de altura. Actas del Primer Simposium de la Investigación Francesa en Bolivia. La Paz 1986.
- 26.- VILLENA M., VARGAS E., GUENARD H., NALLAR N., TELLEZ W., SPIELVOGEL H., Estudio del efecto de la almitrina sobre pacientes con poliglobulia patológica de altura. Actas del Primer Simposium de Investigación Francesa en Bolivia. La Paz, 1986
- 27.- GREKSA L.P. Efecto de la altura sobre talla diámetro torácico anteroposterior y capacidad vital de niños europeos migrantes a la altura. Human Biology 1987 (En prensa).

- 28.- GREKSA L.P., SPIELVOGEL H., CACERES E., PAREDES L., Función pulmonar de jóvenes aymaras en la altura. *Annals of Human Biology*. 1987 (En prensa)
- 29.- GREKSA L.P., SPIELVOGEL H., PAZ ZAMORA M., CACERES E., PAREDES L. Efecto de la altura sobre la función pulmonar de residentes de altura de ascendencia europea. *American Journal of Physical Anthropology*, 1987 (En prensa).
- 30.- VARGAS E., VILLENA M., BEARD J., HAAS J., CUDKOWICZ L. Capacidad de difusión alveolocapilar en niños residentes de altura. *Anuario 1986-1987 IBBA La Paz*.
- 31.- VILLENA M., VARGAS E., GUENARD H., NALLAR M., TELLEZ W., SPIELVOGEL H., Estudio en doble ciego del efecto de la almitrina sobre los enfermos portadores de eritrocitosis patológica de altura. *Anuario 1986-1987 IBBA La Paz*.