

# BIOLOGIA DE LA ALTURA

ESTUDIOS SOBRE RESIDENTES EN BOGOTA (2,640 M. DE ALTURA) \*

J. HERNANDO ORDÓÑEZ

Para abordar el estudio de las modificaciones que sufre el organismo en la altura hay necesidad de distinguir las diferentes fases del problema; con frecuencia se encuentran datos desemejantes y aún contradictorios a veces; ello se debe generalmente a que las investigaciones llevadas a cabo en unas condiciones se aplican a otras; por ejemplo, los datos obtenidos en una excursión con ejercicio se generalizan a los residentes de la altura, o los datos obtenidos en una altura se generalizan a otra.

La Biología de la Altitud puede dividirse en los siguientes capítulos:

- a) Aclimatación congénita;
- b) Aclimatación adquirida;
- c) Adaptación transitoria;
- d) Mal de las montañas o enfermedades de Monge;
- e) Ascenso con ejercicio (Scoutismo);
- f) Ascenso lento sin ejercicio (carretera o ferrocarril);
- g) Ascenso rápido sin ejercicio (avión);
- h) Ejercicio en la altura (deportes, trabajo, etc.);
- i) Comportamiento de algunas enfermedades en la altura (cardiopatías, hemopatías, neumopatías, etc.).

Por otra parte es necesario distinguir los resultados obtenidos según los diferentes métodos para investigar la influencia de la anoxemia, a saber:

- a) Cámaras de depresión barométrica;
- b) Respiración de nitrógeno y oxígeno;
- d) Vuelos en avión;
- e) En individuos que suben;
- f) En habitantes aclimatados).

\* Presentado al Symposium sobre Biología de la Altitud, Noviembre de 1949. Lima, Perú.

Es necesario además comparar los resultados obtenidos a una misma altura, para poder comparar los resultados entre sí.

No hay duda de que el factor principal responsable de las perturbaciones del organismo en la altura es la disminución de la presión parcial del oxígeno. Es necesario tener en cuenta sin embargo los demás factores climatológicos de las montañas, tales como estado higrométrico, la carga eléctrica atmosférica, la luminosidad, la presión atmosférica, la temperatura, etc.

Siendo la disminución de la presión parcial del oxígeno la causa de la anoxia en el organismo, será por lo tanto el primero de los factores que conviene estudiar, para saber si a determinada altura hay o no anoxemia. Habrá que tener en cuenta además el papel de la presión parcial del  $\text{CO}_2$  sobre la curva de disociación de la oxihemoglobina, ya que dicho  $\text{CO}_2$  baja en la altura.

En la imposibilidad de comentar los diferentes temas antes enunciados, concretaré esta exposición a uno solo: las condiciones fisiológicas y patológicas de los individuos residentes en Bogotá, a 2,640 metros de altura.

*Aparato cardiovascular.* Las modificaciones observadas por diferentes autores concuerdan en que en este aparato donde se hacen los cambios más notorios. El contenido de la sangre en oxígeno fué estudiado por Forero quien en 32 casos estudiados encontró una concentración de oxígeno en la sangre arterial de 85% a 95% con un promedio de 91%. Esta cifra está de acuerdo con la que Ordóñez había calculado teóricamente antes o sea de 90%, basándose en que para Bogotá la presión parcial del oxígeno en el aire alveolar debe ser de 67 mm. Hg. Aunque esta cifra del 90% de saturación de oxígeno es casi normal, puede considerarse sin embargo que hay una muy ligera anoxia en Bogotá. Por otra parte no descarto la posibilidad de que haya una concentración normal, ya que el aparato que Forero usó fué el tipo pequeño del van Slyke, que no da una gran precisión. Podemos pues concluir que la saturación de oxígeno en la sangre arterial en Bogotá, es normal o casi normal.

La tensión arterial es normal, tanto la máxima, como la media y la mínima (Corpas, Atalaya, Gnecco Mozo, Gutiérrez, Ordóñez y otros). El electrocardiograma es normal; sólo se observó una ligera tendencia a desviarse hacia la derecha (Ordóñez) y una pequeña diferencia entre la relación entre el espacio QT y el intervalo RR a saber: cuando hay taquicardia el espacio QT es relativamente corto, siendo el coeficiente de correlación  $r = 0.68$  en vez en  $0.69 \pm 0.052$  según los datos de Larsen y Skulason. Este dato es interesante porque White, Kossmann

y Ershler en vuelos en avión y a alturas de 6,500 m. encontraron que la frecuencia cardíaca aumentaba en un 17.7% en tanto que la duración del intervalo QT no disminuía sino en 1.9%.

La frecuencia cardíaca es normal en Bogotá (Ordóñez). Este dato era de esperarse, ya que sólo de 6,000 en adelante empieza a modificarse el electrocardiograma (Binet, Strumza, Ordóñez y otros autores).

El tamaño del corazón, estudiado en la radiografía es normal (Esguerra) aunque a este trabajo le han hecho algunas observaciones en cuanto a su exactitud (Barriga-Villalba y Bernal-Tirado). Más recientemente Llinás hizo un estudio en condiciones de gran precisión, pues utilizó como material humano el que va al anfiteatro de Medicina Legal, donde las muertes que se investigan son debidas a heridas, fracturas, etc.; por lo tanto se puede considerar que corresponden a personas sanas; de 72 autopsias saca las siguientes cifras promedios globales: peso del corazón 284 grs., espesor del ventrículo derecho 9 mm., espesor del ventrículo izquierdo 16 mm., discriminando para 62 hombres y 10 mujeres de las siguientes cifras: hombres, peso 290 grs., espesor del ventrículo derecho 10.64 mm., espesor del ventrículo izquierdo 16.70 mm., para las mujeres: peso del corazón 288 grs., espesor del ventrículo derecho 10 mm., espesor del ventrículo izquierdo 14 mm. Con muy buen criterio científico dice: "Algunas de estas cifras difieren de las indicadas por los autores que he citado, pero como las medidas de los investigadores europeos se refieren a sujetos de raza diferente de la nuestra, la comparación no da base segura para conclusiones definitivas"; a continuación insinúa a los médicos legistas que trabajan en alturas inferiores que hagan un estudio similar para poder comparar los resultados.

El aumento del tamaño del corazón en alturas mayores ha sido demostrado por varios autores, tales como van Liere, Gramels y Starling, Tateuchi, Hilton y Eicholtz, Kerwin, Rotta A., etc. Sin embargo, a alturas intermedias, entre 2,000 a 3,000 m. no ha sido estudiado a fondo este problema. Ello ha servido para una ya larga dismusión entre nosotros, sobre si a esta altura está aumentado o no el trabajo del corazón. Los dos principales opositores han sido Barriga-Villalba y Gnecco Mozo. En mi concepto este problema necesita más estudio.

En íntima relación con este tópico está el referente a las cardiopatías, tema sobre el cual Ordóñez ha llamado la atención recientemente y que es de gran trascendencia tanto desde el punto de vista teórico como práctico. En efecto, en estos países andinos existe un problema con las cardiopatías y es si deben o pueden permanecer en la altura en que están o si deben bajar, o si pueden subir. En mi con-

cepto este problema está por estudiar. Es cierto que se ha medido el volumen minuto del corazón en la altura, pero de los estudios hechos no se pueden sacar conclusiones definitivas. Grollman por ejemplo, encontró que el minuto volumen retornaba a las cifras del nivel del mar después de algunos días de permanencia en la altura. Entre nosotros Bernal-Tirado encontró el volumen minuto muy alto, de 5.88 por minuto, un índice sistólico de 73 cc. y un índice cardíaco de 3.41, cifras que son bastante altas si las comparamos con las de Grollman, de 3.87 por minuto, 62 cc. volumen sistólico y 2.21 de índice cardíaco. Tengo la impresión de que debemos estudiar un poco más este problema pues la cifra más alta que encontró Grollman fué de 4.30 litros a 4,300 metros de altura.

El trabajo del corazón en la altura está aumentado por varios factores: por el aumento de la viscosidad sanguínea, por el aumento del volumen sanguíneo y de los hematíes, por la taquicardia, por el aumento al minuto volumen.

Respecto de la química sanguínea ha habido cierta tendencia a creer que debemos tener constantes diferentes de las de los habitantes del nivel del mar. Sin embargo estudios recientes han demostrado que nuestra química sanguínea no está modificada. La reserva alcalina parece estar ligeramente disminuída.

Los datos referentes a las constantes hematológicas han sido un poco diferentes. Barragán encontró las siguientes cifras: viscosidad 6, hematíes: promedio en mujeres 5'090,000, promedio en hombres 5'250,000 \*, hemoglobina 17.43 grs., volumen globular 52 cc. %, índice de volumen 1.05, índice de coloración 0.94.

*Aparato respiratorio.* El número de respiraciones es de 18-20 por minuto. Ningún radiólogo ha observado modificaciones especiales que se puedan relacionar con la altura.

*Metabolismo.* Algunos autores, entre ellos Torres Umaña sostuvieron que la nutrición estaba retardada en la altura. Sin embargo estudios sobre metabolismo basal (Gnecco Mozo), química sanguínea y funciones renales no han confirmado dicha hipótesis.

Ordóñez ha llamado la atención sobre una melanosís generalizada que se observa en Bogotá, en personas mal alimentadas. Esta melanosís parece ser por carencia, entre otras razones, porque nunca se la

\* Tengo la impresión de que esta cifra es un poco alta, porque casi nunca se la encuentra en los cuadros hemáticos de rutina, en el hospital o en clientela particular.

ha observado en las clases sociales altas bien alimentadas. Estudiando la patogenia de esta melanosia Ordóñez y Dueñas llegan a la conclusión de que el factor hipofisario (por la hormona melanotropa) se puede descartar. Monroy trató 12 casos de esta melanosia con ácido pantoténico y observó una disminución de la pigmentación. Hasta el momento ignoramos si la altura tenga algún papel en su patogenia; en todo caso parece que en los climas bajos no se presenta, o es rara, ya que no ha sido descrita, aún en los estados de desnutrición tan marcada como la que se observó en los prisioneros de la guerra mundial pasada.

Esta melanosia presenta las siguientes características: es generalizada a la piel y a las mucosas; más marcada en las partes descubiertas, en las líneas de la palma de las manos, en la cara dorsal de las articulaciones interfalángicas, en las uñas de las manos y de los pies, en la lengua, cara interna de las mejillas, velo del paladar, mucosa vulvar (respetando siempre la mucosa vaginal), la conjuntiva, y en órganos profundos, como la adventicia de los capilares dérmicos, pulmonares, en algunas partes del sistema nervioso central, etc. La tensión arterial no es nunca baja; la tensión máxima es alta en 69.23%, la tensión mínima es alta en 42.9%, normal en 50.10%, variable (normal o alta) en 7% de los casos. Por estudios post-mortem se descartan las lesiones suprarrenales e hipofisarias. En algunos casos de esta melanosia la pigmentación ha disminuido con el solo cambio de alimentación, o con cloruro de sodio, o con nicotinamida. El factor racial está descartado, entre otras cosas porque desaparece la pigmentación como ya se ha dicho.

*Sistema nervioso.* Mucho se ha discutido este problema; es innegable que las células nerviosas son las más sensibles a la anoxia. Sin embargo, para el caso de Bogotá, tengo la impresión de que el sistema nervioso trabaja lo mismo que al nivel del mar. En efecto la vida intelectual en Bogotá, es tan activa como la de los habitantes de los climas bajos.

En raras ocasiones he observado a personas que se quejan de malestares vagos que hacen pensar en los síntomas de la enfermedad de Monge. Se trata casi siempre de extranjeros, especialmente europeos, que traen ya la idea preconcebida de que a 2,640 metros no van a poder vivir. En estos casos no se puede saber exactamente si las manifestaciones que sienten son debidas únicamente a la altura o si son en parte debidas a autosugestión. Lo cierto es que después de algún tiempo estas personas no sienten dichas molestias, especialmente si el médico logra infundirles confianza en el sentido de que se les van a

quitar; en todo caso la gran mayoría de personas que vienen del nivel del mar no se quejan de nada especial, excepto del frío que a veces las molesta un poco.

Conozco por otra parte el caso de personas que se sienten mejor en la altura. En tales circunstancias hay que atribuir el fenómeno a otros factores tales como la temperatura, estado higrométrico atmosférico, condiciones sociales, etc.

*¿Existe la enfermedad de Monge en Bogotá?* De la sintomatología descrita por Monge no hemos observado en los residentes sino muy pocos síntomas y en raras acasiones. Por lo demás hay que anotar que Monge no discrimina entre los síntomas observados y su relación con el grado de altura, sino que hace una descripción global y distingue el mal de las montañas agudo, subagudo y crónico; seguramente su descripción corresponde especialmente a lo que ha observado en Oroya (3,730 m.) y Morococha (4,540 m.), aunque ha observado casos a alturas de 1,500 metros.

En todo caso en Bogotá no hemos observado esterilidad, abortos frecuentes, anorexia, digestión lenta, insomnio, astenia, disminución de la capacidad para esfuerzos físicos o mentales, ni cianosis, diaforesis palmar y plantar, mayor tolerancia a la atropina, retardos psíquicos, etc., que puedan relacionarse directamente con la altura. Como dijimos antes, sólo hemos observado algunos síntomas leves, transitorios, en personas nerviosas, sugestionables, recién llegadas y aún en tales casos no estamos seguros de que dichas manifestaciones sean debidas realmente a la altura, pues hay que contar con el factor psíquico.

Un hecho de observación constante es el de que casi todos los habitantes de la altura sienten un placer grande en bajar a los climas calientes, siempre que su temperatura no sea muy alta, entre unos 20° a 25°. Todos hemos experimentado esta sensación de bienestar, de euforia; nos parece que todas las funciones biológicas se hacen mejor, nos parece como mejor el aire que respiramos. Creo que estas manifestaciones sean debidas especialmente al aumento de la temperatura ambiente, más que a la mayor presión de la presión parcial del oxígeno, por dos razones principales: porque como hemos visto ya, a esta altura la saturación de la sangre en oxígeno es del 90%, es decir, casi normal y habría desproporción entre la pequeña diferencia de las saturaciones de oxígeno y las grandes manifestaciones subjetivas; en segundo lugar, porque todas las funciones biológicas son estimuladas por la temperatura.

*Neumopatías en la altura.* No cabe la menor duda que toda lesión de los alveolos pulmonares que disminuya la superficie de intercambio

gaseoso entre el aire alveolar y la sangre, debe ser influenciada desfavorablemente por la altura. Este problema ha sido estudiado por varios autores, entre ellos Hurtado, Merino y Delgado, pero creo que necesita ser estudiado de una manera más amplia.

*Cardiopatías.* A pesar de la enorme trascendencia de este problema, no ha sido tampoco resuelto en todas sus fases. Entre nosotros Ordóñez planteó los siguientes aspectos del problema:

- 1º Que el corazón esté o no descompensado;
- 2º Que la cardiopatía sea o no cianótica;
- 3º Que el enfermo quiera subir o quiera bajar;
- 4º Que el viaje sea corto o por tiempo indefinido;
- 5º Que el viaje sea en avión o por tierra;
- 6º Los recursos médicos del sitio a donde va el enfermo;
- 7º La naturaleza de la afección, que sea curable o incurable.

Demostrado está que en las grandes alturas el trabajo del corazón está aumentado y como consecuencia de ella viene la hipertrofia. El problema sin embargo no está resuelto para las alturas intermedias de 2,000 a 2,500 metros, dado que la deficiencia de la saturación de oxígeno en la sangre es nula o casi nula y en tales circunstancias no sabemos si los mecanismos reguladores (aumento de la hemoglobina, de la ventilación pulmonar, etc.) alcancen a ser suficientes para compensar la pequeña deficiencia del oxígeno. Para el caso particular de Bogotá (2,640 m.) el problema de saber si el corazón trabaja más o no, no está resuelto. A priori es de suponer que la altura es desfavorable para las cardiopatías descompensadas o cianógenas (síndrome de Ayerza, tetralogía de Fallot, etc.). Pero ignoramos la repercusión que tenga la altura sobre una cardiopatía compensada. No sabemos si la altura por sí sola agrave la enfermedad o no (repito que me refiero a la altura de Bogotá).

Es posible que en México (2,250 metros) hayan estudiado estos problemas; en todo caso, si lo han hecho, no conozco sus publicaciones al respecto. La escuela peruana, que es la que más ha estudiado estos asuntos, ha dirigido sus investigaciones a alturas mayores (Oroya 3,730 metros, Morococha 4,540 metros, Cerro de Pasco 4,300 metros), y en cambio son escasos los datos que traen de investigaciones verificadas por ejemplo en Matucana (2,400 metros).

¿Qué debemos aconsejar a un cardíaco compensado que vive en la altura, que permanezca allí o que cambie de residencia por un sitio más bajo? ¿Qué diremos a un cardíaco compensado que por razones particulares desea o necesita trasladarse a un sitio más alto? ¿Qué diremos en los mismos casos si la cardiopatía está descompensada?

Necesitamos una base experimental sólida para responder a estos interrogantes y no continuar resolviéndolos a priori.

*Ejercicio en la altura.* Al aumentar la tensión parcial del  $\text{CO}_2$ , la hemoglobina se hace menos apta para fijar oxígeno y viceversa. Por lo tanto el ejercicio hará que en los pulmones se fije con más dificultad el oxígeno; en cambio en los tejidos, este mismo aumento del  $\text{CO}_2$  hará que la oxihemoglobina se disocie más fácilmente, aunque al aproximarse a 0 los valores, este factor tiene poca importancia.

Por lo tanto el ejercicio en la altura estará modificado por dos factores: por la necesidad de una mayor cantidad de oxígeno y por la abundancia del  $\text{CO}_2$ .

En Bogotá, Rey estudio la prueba de Nylin con el objeto de investigar el trabajo del corazón de una manera indirecta y encontró que para el mismo ejercicio el oxígeno gastado era el mismo que al nivel del mar. Este resultado no prueba nada, pues el resultado tenía que ser ese, de acuerdo con las leyes de la física, pues un mismo ejercicio, o sea un trabajo, consume la misma energía y por lo tanto consume la misma cantidad de combustible cualesquiera sean las circunstancias.

En lo que he podido observar grosso modo, parece que la altura de Bogotá poco o nada modifique el estado de los deportistas. He visto casos de equipos que llegan a climas bajos y al día siguiente dar un rendimiento prácticamente normal. Sin embargo es costumbre de la generalidad de los deportistas venirse unos ocho días antes con el fin de adaptarse a esta altura. Experimentalmente no se ha resuelto este aspecto de la Biología de la altura.

#### RESUMEN Y CONCLUSIONES

1º La saturación de oxígeno en la sangre de la altura de Bogotá (2,640 metros); es normal o casi normal.

2º En esta altura se han observado los siguientes datos: el pulso es normal, la tensión arterial no está modificada, el electrocardiograma no muestra signos de anoxemia

3º No se han observado modificaciones del metabolismo, ni de la respiración ni del sistema nervioso. De una manera excepcional se han observado algunos síntomas leves del mal de las montañas crónicas.

4º Se ha observado una melanosis generalizada la cual es por carencia de algunos factores en la alimentación y parece que la altura tenga un papel secundario en su patogenia.

5º Hace falta estudiar más el comportamiento especial de algunas enfermedades, cardiopatías y neumopatías especialmente, en la altura. Otro tanto puede decirse de las condiciones del ejercicio en la altura.



## BIBLIOGRAFIA

- ARMSTRONG, H. G. *Principles and Practice of Aviation Medicine*. Williams & Wilkins Co., Baltimore, 1943.
- ATALAYA, RAMÓN. *Algunas investigaciones sobre tensión arterial*. Tesis de grado. Bogotá, 1928.
- BARCROFT y CAMIS. *The dissociation curve of blood*. J. of Phys. 39: 11, 1909.
- BARCROFT, J.; BINGER, C. A.; DOGGART, J. H.; FORBES, H. S.; HARROP, G.; BOCK, A. V.; MEAKINS, J. C., and REDFIELD A. C. *Observations upon the effect of high altitude on the physiological processus of the human body carried out in the Peruvian Andes, chiefly at Cerro de Pasco*. Phil Trans of the Roy Soc. of London B. 211: 351, 1922.
- BARCROFT, J.; CAMIS, MATHESON; ROBERT and RYFFEL. *Report of the Monte Rosa Expedition of 1911*. Phil. Trans. of the Roy. Soc. of London B. 206: 45, 1914.
- BARCROFT, J. *The Respiratory function of the blood. Lessons from High Altitudes*. Cambridge University Press. 1925.
- BARCROFT, J. *L'Hémoglobine et son rôle biologique*. C. R. Soc. Biol. 99: 660, 1928.
- BARRAGÁN, JESÚS. *Constantes Hematológicas en Bogotá*. Tesis de grado. Bogotá, 1942.
- BARRIGA - VILLALBA A. M. *El trabajo, el corazón y la presión arterial media. II De cómo el trabajo del corazón aumenta con las alturas*. Revista del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario. 31: 627, 1936.
- BARRIGA - VILLALBA, A. M. *Cálculo del trabajo del corazón en Bogotá*. Revista Médico-Quirúrgica de los Hospitales. Septiembre de 1925.
- BARRIGA - VILLALBA, A. M. *Comentarios sobre medidas del corazón en Bogotá*. An. Soc. Biol. Bogotá 3: 127, 1948.
- BAYEUS, R. *La respiration maximum aux très hautes altitudes*. C. R. Ac. Sc. 174: 1037, 1922.
- BAYEUS, J. *Quelques recherches sur la relation qui unit le débit respiratoire maximum et la pression atmosphérique*. J. Phys. Path. Gen. 21: 30, 1923.
- BÉHAGUE, P.; GARSAX, P. ET RICHEL L. (Fils). *Reproduction expérimentale du mal des altitudes*. C. R. Soc. Biol. 96: 768, 1927.
- BERNAL-TIRADO. *Débito cardíaco, velocidad de la sangre en las arterias y trabajo del corazón en Bogotá*. Tesis de grado. 1942.
- BERNAL-TIRADO, J. *Trabajo del corazón en Bogotá*. An. Soc. Biol. Bogotá, 3: 50, 1948.
- BERT, P. *La Pression Barométrique*. Masson. Paris. 1878.
- BINET, LEON; STRUMZA, M. V. ET ORDOÑEZ, J. H. *Modifications de l'électrocardiogramme au cours de l'anoxémie aigue chez le Chien*. C. R. Soc. Biol. 125: 318, 1937.
- BINET, LEON; STRUMZA, M. V. ET ORDOÑEZ, J. H.; COEUR ET ANOXIE. Arch. Mal. Sœur et Vaisseaux. 31: 11, 1938.
- BINET, LEON; BOCHET, M. ET STRUMZA, M. V. *L'Anoxémie. Ses Effets. Son Traitement*. Sassen. Paris, 1939.
- BOGUE, J. Y. ET BOUCKAERT, J. *Afferent impulses in the carotid sinus nerve (nerve of Hering) during asphyxia and anoxemia*. J. Physiol. 83: 459, 1935.
- BORGARD, W. *Ergebnisse elektrokardiographischer Untersuchungen bei Erniedrigung des atmosphärischen Druckes*. Arbeitsphysiologie. 9: 308. 1936.
- CORPAS, JUAN N. *La atmósfera de la altiplanicie de Bogotá en algunas de sus relaciones con la Fisiología y la Patología del hombre*. Tesis de grado. Bogotá, 1910.
- DAUTREBANDE, L. *Les Echanges Respiratoires*. Les Presses Universitaires de France. 1930.
- DRATISCH, L. *Rôle de la rate dans les modifications sanguines produites par le séjour dans une atmosphère raréfiée*. C. R. Soc. Biol. 97: 1768, 1927.

- DUCCESCHI, V. *El mal de montaña "Puna" en Sur América*. Trabajos del Lab. de Fisiol. de la Universidad Nacional de Córdoba. 1910.
- FORERO, C. J. *Contenido de oxígeno en la sangre*. Tesis de grado. Bogotá, 1944.
- GEMMIL, C. L. *Physiology in Aviation*. C. C. Thomas, Baltimore, 1943.
- GNECCO-MOZO, F. *Introducción al estudio del Metabolismo Basal en Bogotá*. Tesis de grado. 1932.
- GNECCO-MOZO, FRANCISCO. *El trabajo del corazón en Bogotá. Introducción al estudio de la tensión arterial media en Colombia*. Editorial Cromos. Bogotá. 1936.
- GREENE, W. C.; GILBERT, N. C. *Studies on the Responses of the Circulation to Low Oxygen Tension; Changes in the Pace-Maker and in Conduction during Extreme Oxygen Want as shown in the Human Electrocardiogram*. Arch. Int. Med. 27: 517, 1921.
- GREENE, C. W. y GILBERT, N. C. *Studies on the Responses of the Circulation to low Oxygen Tension: the cause of the Changes Observed During Extreme Anoxemia*. Am. J. Physiol. 60: 155, 1922.
- GROLLMAN, A. *The cardiac Output of Man in Health and Disease*. Ch. C. Thomas. Baltimore. 1932.
- GUILLEMARD ET MOOG. *Influence des hautes altitudes sur la nutrition générale*. C. R. Ac. Sc. 141: 843-846. 1905.
- GUILLEMARD, H.; MOOG, R. *Variations des échanges nutritifs sous l'influence du travail musculaire développé au cours des ascensions*. C. R. Ac. Sc. 143: 133, 1906.
- GUILLEMARD, H.; MOOG, R. y REGNIER G. *Sur la deshydratation de l'organisme par les voies pulmonaire et cutanée, et ses variations avec l'altitude*. C. R. Ac. Sc. 149: 1151, 1909.
- GUTIÉRREZ ALFONSO. *Tensión media arterial en Bogotá*. Tesis de grado. Bogotá, 1936.
- HALDANE, J. S. *Acclimatisation to high altitude*. Physiol. Reviews. 7: 363, 1927.
- HALDANE, KELLAS and KANNAWAY. *Experiments on acclimatisation to reduced atmospheric pressure*. J. of Physiol. 53: 181-206. 1919.
- HALL, DILL y BARRON. *Comparative Physiology in High Altitudes*. J. Cell. Comp. Physiol. 8: 301, 1936.
- HEGER, P. *Modification du coeur par adaptation à l'altitude*. Congrès de Physiologie. Paris. 1920.
- HURTADO, A. *Chronic mountain sickness*. J. A. M. A. 120: 1278, 1942.
- HURTADO, A.; MERINO, C.; DELGADO, E. *Influence of anoxemia on the hemopoietic activity*. Arch. Int. Med. 75: 284, 1945.
- IZQUIERDO, J. J. *Le débit respiratoire maximum des habitants des hautes altitudes*. C. R. Soc. Biol. 87: 639, 1922.
- IZQUIERDO, J. J. *Realité de l'hyperlobulie des altitudes*. C. R. Soc. Biol. 87: 1195, 1922.
- IZQUIERDO, J. J. *The polycythemia of acute anoxemia and its relation to the simpatico adrenal system*. Am. J. Phys. 86: 145, 128.
- KATZ, L. N. y HAMBURGER, W. W. *Effect of Anoxemia on the Electrocardiogram of Normal Persons*. J. Am. Med. Ass. 100: 141, 1933.
- KERWIN, A. J. *Observations on the heart size of natives living at high altitudes*. Am. Heart J. 28: 69, 1944.
- KUSS, G. *Les combustions intra-organiques mesurées par les échanges respiratoires ne sont pas modifiées par un séjour à l'altitude de 4.350 m*. C. R. Ac. Sc. 146: 272, 1905.
- LAMUS-GIRÓN, A. *La colesterinemia en Bogotá*. Tesis de grado. 1937.
- LUTZ and SCHNEIDER. *Alveolar air and respiratory volume at low oxygen tensions*. Am. J. of Phys. 50: 280-301, 1919.
- LLINÁS, P. A. *Cardiometrias tomadas en el Anfiteatro de Medicina Legal de Bogotá*. Rev. Med. Legal. Bogotá. 10: 144, 1948.

- MONGE, C. *La Enfermedad de Los Andes*. Lima. 1928.
- MONGE, C. *Les Erythémies de l'Altitude*. Masson. Paris. 1929.
- MONGE, C. *Physiol. Rev.* 23: 166, 1943.
- MORROY, J. *Tratamiento de una melanosis por carencia, con ácido pantoténico*. Tesis de grado. Bogotá. 1949.
- MOOG, R. *La dépression barométrique fait apparaitre l'azotémie. Pathogénie du mal des montagnes*. C. R. Soc. Biol. 73: 131, 1912.
- ORDÓÑEZ, J. H. *Fisiopatología de las enfermedades del corazón en la altura. Indicaciones y contraindicaciones del viaje de los enfermos del corazón a tierra caliente*. Boletín de la Clínica de Marly. 3: 255, 1941.
- ORDÓÑEZ, J. H. *Electrocardiograma normal en Bogotá y su relación con los signos electrocardiográficos de anoxemia*. Rev. Fac. Med. Bogotá. 11: 18, 1942.
- ORDÓÑEZ, J. H. *Tensión arterial normal en Bogotá. Valores normales de acuerdo con la edad*. An. Soc. Biol. Bogotá. 2: 4, 1943.
- ORDÓÑEZ, J. H. *Duración del espacio QT en la Altura. Estudio de 400 electrocardiogramas tomados a personas sanas adaptadas a la altura de 2640 m*. An. Soc. Biol. Bogotá. 1: 53, 1943.
- ORDÓÑEZ, J. H. *Melanosis de causa desconocida. Trastornos hipolisiarios, carencia nutritiva y vida en la altura, como posibles causas*. An. Soc. Biol. Bogotá. 2: 121, 1946.
- ORDÓÑEZ, J. H. y DUEÑAS, V. *Hormona melanotropa de la hipófisis en Clínica. Contribución al estudio de la patogenia de la melanosis*. An. Soc. Biol. Bogotá. 2: 235, 1947.
- REY TURIAGO. *Prueba de Nylin en Bogotá*. Tesis de grado. 1944.
- TORRES-UMAÑA, C. *La nutrición en la altiplanicie de Bogotá*. Trabajo presentado al Segundo Congreso Científico Panamericano y publicado en Public Health and Medicine de Washington. 1916.
- VAN LIERE, E. J. *Anoxia, its Effect on the Body*. University of Chicago Press. 1943.
- VIAULT, F. *Sur l'augmentation considérable do nombre des globules rouges dans le sang chez les habitants des hauts plateaux de l'Amérique du Sud*. C. R. Ac. Sc. 111: 917, 1890.
- WHITE, M. S.; KOSSMANN, C. F.; y ERSHLER. I. *The effect of high altitude on the duration of electrical systole in man* Am. Heart J. 24: 230, 1942.