

**Altitud  
y  
riesgo neurológico  
Alpinistas europeos  
versus  
Sherpas del Himalaya**

**TESIS DOCTORAL**

**Eduardo Garrido**

**1997**



# **ALTITUD y RIESGO NEUROLÓGICO**

## **Alpinistas Europeos *versus* Sherpas del Himalaya**

**Eduardo Garrido Marín**



**Barcelona**

**1997**

Tesis Doctoral

Departament de Ciències Fisiològiques i de la Nutrició

UNIVERSITAT DE BARCELONA

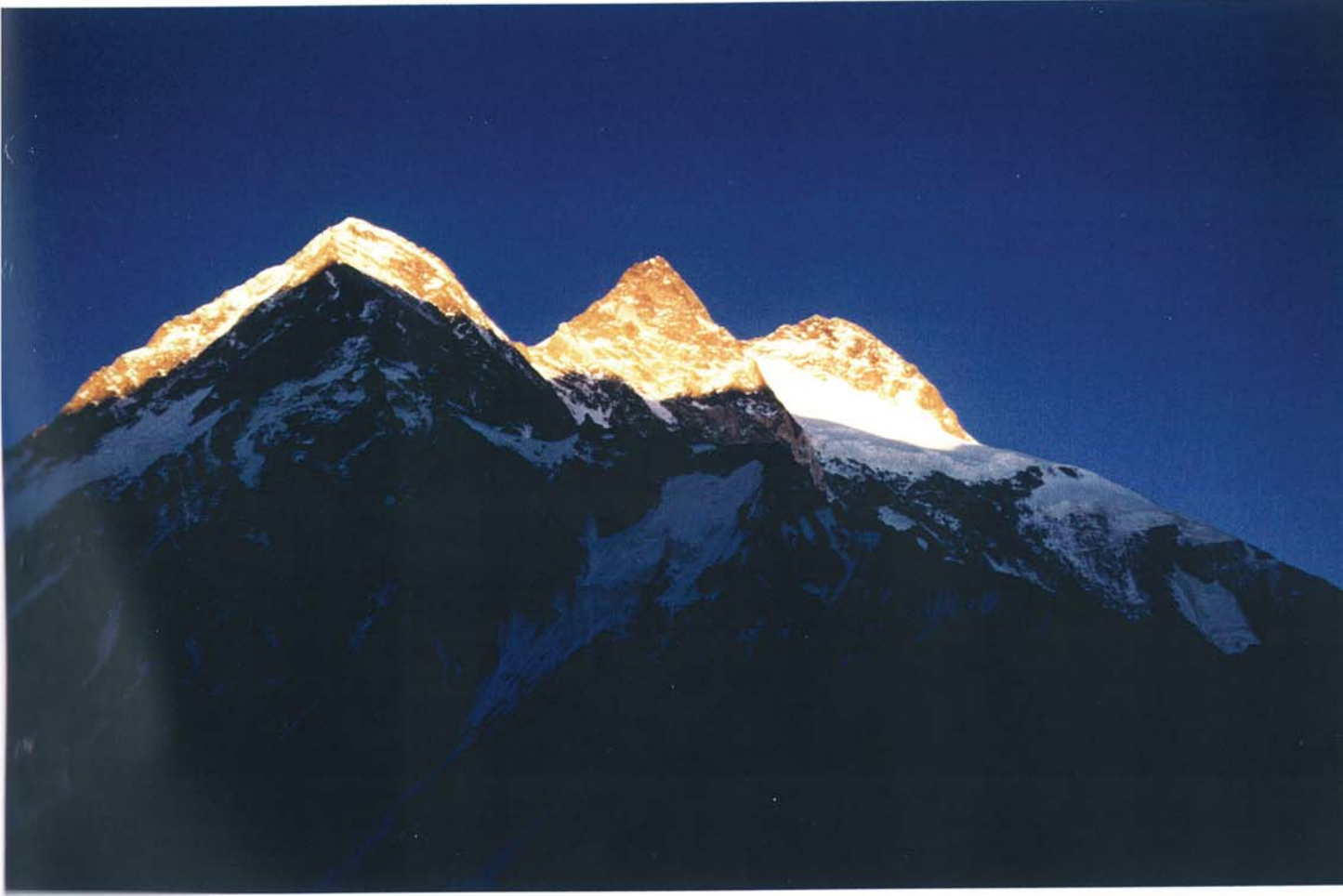
DIRECCION

Dr. Josep Lluís Ventura Farré (*Barcelona*)

TUTORIA

Prof. Dr. Ramon Segura Cardona (*Barcelona*)

A mis padres y hermana



A mis colegas Joan Martínez y Xavier Lamas

*"Si en realidad no hay ninguna roca, ningún serac, ninguna grieta que me esté esperando en algún lugar del mundo para detener mi carrera, llegará un día en el que viejo y cansado, encontraré la paz entre los animales y las flores. El círculo quedará cerrado, y por fin seré el simple pastor que añoraba ser en mis sueños de niño"*

Lionel Terray, 1961

A todos y cada uno de los alpinistas y nativos de la etnia Sherpa, auténticos protagonistas del presente proyecto científico

*"Cuanto más alto suba más hundiré la mirada en las profundidades de mi ser"*

Reinhold Messner, 1978

A las montañas más altas de la Tierra, sin ellas tampoco hubiera sido posible este proyecto

*"He visto el aire tenebroso por encima de mí y el sol que bañaba la montaña más luminoso que en las llanuras bajas porque se interponía menos espesor de aire entre la cima del monte y el propio sol"*

Leonardo da Vinci, s.XVI

# ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	6
INTRODUCCIÓN	
I. Historia	7
II. Fisiopatología	17
III. El nativo de la gran altitud	40
JUSTIFICACIÓN, UNIDAD TEMÁTICA y OBJETIVOS	48
DISEÑO GENERAL y MÉTODO	54
SINOPSIS	
I. Atrofia cortical y otros cambios cerebrales de imagen por resonancia magnética (RMI) después de escaladas a extrema altitud sin oxígeno suplementario	59
II. Nueva evidencia de cambios cerebrales por resonancia magnética tras escaladas a extrema altitud	62
III. ¿Están los Sherpa del Himalaya mejor protegidos frente al daño cerebral asociado con las escaladas a extrema altitud?	66
IV. Respuesta cardiorrespiratoria al ejercicio en alpinistas de élite de la etnia Sherpa trasladados a nivel del mar	69
V. Afasia motora transitoria a gran altitud	73
VI. Afasia transitoria a extrema altitud	74
VII. El mal de montaña	75
CONCLUSIONES	82
PUBLICACIONES ORIGINALES ( <i>Science Citation Index</i> )	
REFERENCIAS	
CURRICULUM VITAE DEL PROYECTO	



## Agradecimientos

Al Dr. August Castelló i Roca, impulsor de la medicina ambiental en nuestro país, maestro con quien tuve la fortuna de compartir día a día su humanidad y sabiduría.

A todo el equipo que conjuntamente iniciamos en 1989 este ambicioso proyecto de investigación, al cual guardo una especial admiración y afecto: Dr. Josep Lluís Ventura (*Ciutat Sanitària i Universitària de Bellvitge, Barcelona*); Prof. Dr. Ramon Segura y Dr. Casimiro Javierre (*Departament de Ciències Fisiològiques i de la Nutrició, Universitat de Barcelona*); Dr. Antoni Capdevila, Dr. Jesús Pujol y Dr. Jordi Aldomá (*Centre Diagnòstic Pedralbes, Barcelona*); Dr. Javier Botella (*Hospital N<sup>a</sup> S<sup>a</sup> de la Fe, Valencia*); Prof. Dra. Begoña Campos (*Departament de Bioestadística, Universitat de Barcelona*); Prof. Dr. Jaume Gili (*Ciutat Sanitària i Universitària de la Vall d'Hebrón, Barcelona*). Asimismo, al excepcional equipo de técnicos del Centre Diagnòstic Pedralbes de Barcelona (CETIR-Grup Mèdic).

Al Prof. Dr. Sidney Goldstein (*Henry Ford Hospital, Detroit, EEUU*) y al Prof. Dr. Emilio Marticorena (*Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú*) por sus valiosos comentarios.

A los Sres. Kunga Sherpa y Raju Shakya (*Kathmandu, Nepal*), al Ilmo Sr. Lluís Belvis (*Consulado Real de Nepal en Barcelona*), al Sr. Pablo Ruiz (*Embajada Española en Nueva Delhi, India*) y al Sr. Gerald-Patrick Fannon (*Leeds, Inglaterra*) por su colaboración.

A la Acadèmia de Ciències Mèdiques de Catalunya i Balears por habernos otorgado el *Premio Emili Moragas 1991*, así como a la Sociedad Española de Medicina y Auxilio en Montaña por habernos otorgado el *Primer Premio SEMAM 1993* y el *Primer Premio SEMAM 1995*.

A Televisión Española de Catalunya y TeleMadrid, La Vanguardia, El Periódico de Cataluña, ABC, El Correo Español, El Mundo Deportivo, el Diario Sport, El Observador, El Diario de Barcelona, Le Quotidien du Medicine, la revista Desnivel y la revista Todo Aventura por la difusión social realizada de nuestras investigaciones.

**-Patrocinio-  
"Sandoz Sports Research"**

*Edición subvencionada por Laboratorios Masterfarm*

Fotografías realizadas por Eduardo Garrido; fotografías cedidas por Xavier Robiró (pág. 11), Josep A. Pujante (pág. 17,25), Antoni Ricart (pág. 36,39,47,53) y CETIR-Grup Mèdic (pág. 76-81)

## INTRODUCCIÓN

### I. Historia

Las referencias más antiguas que han llegado a nuestros días acerca de la afectación del sistema nervioso por la exposición a la altitud, datan del período comprendido entre los siglos IV y XIII d.C. Aunque las descripciones son escasas y vagas, el peregrino Fa-Hsien, el misionero Xuan Zang y el comerciante Marco Polo ya relataron haber sufrido diversas molestias físicas y mentales atravesando las altas rutas de Asia Central (*Houston 1994*). No obstante, pese a esos pioneros relatos, la primera descripción de la 'enfermedad de las alturas' es atribuida al español José de Acosta, quedando incluida en su extensa obra titulada *Historia Natural y Moral de las Indias*, publicada en Sevilla hace 400 años. Dicho tratado contiene párrafos como éste: "...tras cruzar el puerto Andino de Pariacaca me sentí acometido por un mal tan mortal y extraño sobrecogiéndome un dolor tal con hipos y vómitos que pensé entregar el alma. Aquello no duró más de tres o cuatro horas hasta que hubimos bajado mucho..." (*Acosta 1590*). Otro religioso contemporáneo de Acosta, el jesuita Alonso Ovalde, relató haber observado piedras con formas de temibles dragones en la cordillera de los Andes, descripciones similares a las visionadas por Fa-Hsien y Xuan Zang en Asia (*Houston 1994*). ¿Qué es lo que ellos realmente vieron? Probablemente, lo único que realizaron dichos exploradores y evangelizadores fué describir una serie



de sensaciones y alteraciones que desde milenios los indígenas del altiplano Sudamericano reconocían con el nombre de 'puna' o 'soroche' y los nativos del Himalaya como 'mundara', 'damgiri' o 'bishkha-jaba' a un mal que estas etnias creían provenir de la emanación de ciertas plantas (caléndula, brezo, ruibarbo) y minerales (antimonio, plomo) de las altas montañas.



Altiplano Tibetano a 5100 m

Pocos testimonios más existen hasta 1801, cuando el explorador Alexander von Humboldt relató haber padecido gran debilidad, vértigo intenso con vómitos y una sensación de rara distracción mental durante la ascensión que realizó al volcán Chimborazo (*Houston 1994*). No fue hasta mediados del siglo XIX cuando se conoció

el peligro vital que podía suponer un ascenso a gran altitud. En 1862, el meteorólogo Glaisher perdía la consciencia durante una ascensión en globo a 12.180 m de altitud (*Glaisher et al. 1871*). Trece años después, el científico Tissandier presencié como sus copilotos Croce-Spinelli y Sivel fallecían tras haber experimentado intensa sensación de euforia e indiferencia durante una rápida elevación a 7.500 m en el globo aerostático "Le Zenith" (*Tissandier 1875*). Poco después, en 1891, durante una de las tentativas científicas dirigidas por el astrónomo Jules Janssen en los Alpes, el Dr. Jacottet encontraba la muerte y el Dr. Imfeld sufría una parálisis tras varias horas de intenso esfuerzo físico ascendiendo al Mont Blanc (*Houston 1994*). En 1895, el explorador Roborowsky se vió sorprendido a 4300 m por una apoplejía que le dificultó el habla cuando atravesaba los montes del Kuen-Lun (*Roborowski 1896*). En 1927, nuevamente otro aeronauta, Gray, moría tras haber establecido en 12.940 m el récord humano de altitud (*Robinson 1973*).



Kang Taiga (6.685 m) y Thamskerku (6.623 m) Himalaya, Nepal

En 1933, durante una de las primeras expediciones llevadas a cabo en el Everest, el alpinista Frank Smythe relató haber visto unas extrañas nubes oscuras y pulsátiles con forma de cometa cuando alcanzó los 8.500 m de altitud. Asimismo, escalando en solitario, el propio Smythe sintió una fuerte sensación de estar acompañado de una segunda persona, dividiendo su ración de comida para el compañero inexistente (*Ruttledge 1933*). Otro expedicionario, Eric Shipton, plasmó en su diario "...la vida en aquellas altitudes extremas constituye una extraña experiencia, se mueve uno en una especie de sueño; la falta de oxígeno crea un estado de embotamiento mental que entorpece la inteligencia y paraliza la voluntad". En otra ocasión, Shipton padeció una súbita alteración del habla a 7.000 m: "...cuando quise decir dame una taza de té, articulé algo así como tranvía-coche, gato, pié..." (*Shipton 1943*). Michael Westmacott así como otros miembros de la tentativa Británica de 1953 al Everest se sorprendían por los frecuentes errores cometidos al realizar los cálculos durante las comprobaciones de las bombonas de oxígeno (*Pugh y Ward 1956*). En esa misma expedición, cuando Edmund Hillary junto al Sherpa Tensing Norgay alcanzaron por primera vez los 8.848 m del techo del mundo, curiosamente, sólo el primero obtuvo fotografías de su compañero el Sherpa en la cima. Aunque Hillary no pareció sufrir alteraciones confusionales en la cumbre (*Ward 1993*) su máscara de oxígeno permaneció desconectada unos minutos (*Hunt 1954*), padeciendo probablemente ciertas consecuencias de la deprivación del "aire inglés", tal como lo denominaron los portadores del Nepal al gas que emanaba de las botellas (*Oelz 1993*).





Cordillera Central. Andes, Bolivia

Relatos como los descritos se han ido sucediendo esporádicamente en la historia del hombre en la montaña. No obstante, el interés científico por los problemas derivados de la exposición humana a gran altitud no se inició hasta bien entrado el siglo XIX, momento en que el alpinismo se populariza en Europa como deporte. Ello ocurría poco más de cien años después de que Lavoiser y Priestley aislaran el oxígeno, conocido hasta entonces como "espíritu nitroaéreo", algo no palpable pero que, tal como informó Richard Lower en 1688, convertía la sangre de un negro espeso en un rojo brillante (Houston 1992). En 1874, el científico Paul Bert inició diversos estudios sobre la presión barométrica y en su obra titulada *La Pression Barométrique, Recherches de Physiologie Expérimentale*, implicó a la falta de oxígeno como la causa principal de los trastornos padecidos en las altas montañas (Bert 1878). Durante el

mismo año, el propio Bert se sometió a una presión ambiental de 274 mmHg en su laboratorio de París, simulando los 8.800 m de altitud. Dicha experiencia en cámara hipobárica ha sido reconocida como la "Operation Everest O" (*Dejours and Dejours 1992*). Angelo Mosso, interesado por el tema, hizo construir en 1893 una pequeña cabaña de observación a 4.300 m en la cumbre del Monte Rosa de los Alpes, y posteriormente, en 1898, Joseph Vallot realizó algo parecido a la misma altitud en el Mont Blanch (*Houston 1994*). En 1909, Joseph Barcroft permaneció bajo una campana de cristal a la que se le extraía el oxígeno. Este autor junto a Mosso introdujeron el término 'acapnia' e implicaron a la falta de anhídrido de carbónico como la responsable de los trastornos sufridos a gran altitud (*Barcroft 1925*).

Pese a estos destacados investigadores de la época, no fué hasta 1913 cuando Thomas Ravenhill, un cirujano destinado a una compañía minera del norte de Chile, publicó lo que actualmente está considerado como la primera descripción clínica de la enfermedad de las alturas. Ravenhill diferenció tres entidades clínicas que denominó como 'puna normal', 'puna nerviosa' y 'puna cardíaca' a lo que evolucionaba de forma benigna, con claros síntomas neurológicos o cardiopulmonares, respectivamente (*Ravenhill 1913*). La descripción realizada por Ravenhill superaba a lo aportado poco antes por Tom Longstaff en su tesis doctoral titulada "Mountain Sickness and Its Probable Cause" (*Longstaff 1906*).

Por su contribución en el conocimiento de la fisiopatología por exposición a grandes altitudes caben mencionar la "International Expedition to Pike's Peak" de 1911 en las Montañas Rocosas norteamericanas, la "Expedition to Cerro Pasco" de 1921-22 en Perú (*West 1984*), las observaciones realizadas en 1934 por Ulrich Luft durante la expedición científica Alemana al Nanga Parbat en Pakistán (*Houston 1994*), y especialmente todos los estudios dirigidos por MacFarland acerca de los efectos sobre el sistema nervioso de las ascensiones rápidas en cabina no presurizada (*MacFarland 1937*), así como sus observaciones realizadas en Chile durante la "International High Altitude Expedition to Aucanquilcha" de 1935 (*MacFarland 1938*).

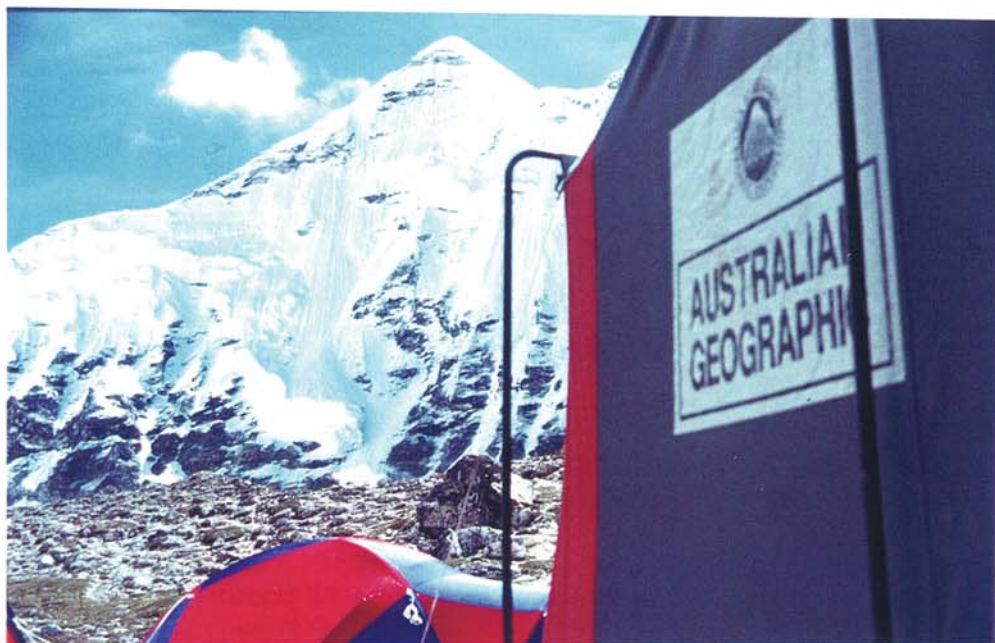


Everest (8.848 m)



A partir de los años veinte del presente siglo el hombre se lanza definitivamente a la conquista de la cima más alta, el Everest (8.848 m). Durante las sucesivas expediciones realizadas en 1922, 1924 y 1933 por el Tíbet, no se logró alcanzar la cumbre pero alpinistas ya míticos como George Mallory, Andrew Irvine, John Noel, Edward Norton, Howard Somervell, Frank Smythe o Jack Longland lograron sobrepasar en varias ocasiones, con o sin equipos de oxígeno, la cota de los 7.000 m, altitud sólo escalada en 1909 por el Duque de los Abruzzi en el Karakorum. No obstante, es a partir de los años cincuenta cuando se experimenta una auténtica explosión por la conquista de las montañas más altas del planeta. En 1950, los franceses Maurice Herzog y Louis Lachenal conseguían escalar por primera vez una cumbre superior a 8.000 m, el Annapurna. Ese mismo año, Bill Tilman y Charles Houston realizaban el primer reconocimiento de la ruta del Everest por la vertiente sur. Estos hechos y sin duda la estabilidad política que comenzaba a reinar en ciertos países del Himalaya permitió llevar a cabo nuevas expediciones, facilitándose la realización de estudios científicos en la propia cordillera. Desde entonces se han llevado a cabo las más prestigiosas investigaciones sobre hipoxia, las cuales han dilucidado muchos de los misterios acerca de la exposición humana a grandes altitudes. Destacan las llevadas a cabo por Pugh, Ward, Milledge, West y Gill durante la conocida "Himalayan Scientific and Mountaineering Expedition" de 1960-61, durante una permanencia de tres meses en el laboratorio denominado "Silver Hut" situado a 5.800 m de altitud en la región del Everest (*Gill et al. 1964*). Paolo Cerretelli realizó interesantes estudios en nativos de la etnia Sherpa durante la

"Spedizione Italiana 1973 all'Everest" (*Cerretelli 1976*), ampliando los conocimientos aportados por Saha (*1958*) o Lahiri y Milledge (*1965*). En 1977 se instala el laboratorio dirigido por Peter Hackett en el Mount Mckinley en Alaska. En 1981, tiene lugar la famosa "American Medical Research Expedition to Mount Everest" compuesta por numerosos científicos dirigidos por John West. Dicha expedición contó con dos sofisticados laboratorios base, uno de ellos enclavado en pleno glaciar "CWM Icefall" a una altitud de 6.300 m (*West 1984*). Poco después, Charles Houston, quien ya había dirigido en 1946 la investigación denominada "Operation Everest I", en 1985 lleva a cabo la "Operation Everest II" también en cámara de descompresión simulando altitudes extremas (*Houston et al. 1987*). Recientemente, Jean-Paul Richalet ha dirigido importantes investigaciones realizadas en la cumbre del volcán Sajama (6.542 m) en Bolivia (*Antezana et al. 1994*), y Lorna Moore en etnias Tíbetanas en el altiplano de Lhasa (*Moore et al. 1994*).



Campo base del Lhotse-Shar (5.300 m)



Debido al creciente número de población que por motivo laboral, deportivo o recreativo alcanza grandes altitudes todos los años, diversos laboratorios científicos han sido ubicados a gran altitud con la finalidad de despejar las incógnitas que existen sobre la exposición humana a la hipoxia ambiental. Entre ellos destacan los situados a mayor altitud sobre la corteza terrestre: el "Instituto Boliviano de Biología de la Altura" de cooperación Franco-Boliviana, ubicado a 3.700 m en la ciudad de La Paz, la pirámide Italiana "Ev-K2-CNR" conocida como "Ardito Desio" recientemente instalada a 5.050 m sobre la morrena del glaciar Khumbu (Nepal) y la "Cappana Regina Margherita", situada a 4.559 m en el Macizo del Mont Blanch (Italia-Suiza).



Pirámide EV-K2-CNR en Lobuche (5.050 m) Nepal