

## NEUROCIRUGIA A 3600 m. SOBRE EL NIVEL DEL MAR

*Dr. H. RODRIGUEZ Serrano, Dr. Julio MOYA, Dr. Alfredo Wieler,  
Dr. Fernando RODRIGUEZ, Dr. Walter ORGAZ \**

\* Los autores agradecen a los Drs. Jean Coudert y Gerardo Antezana del Instituto Boliviano de Biología de la Altura, La Paz, Bolivia, por su colaboración en la realización de este trabajo.

### INTRODUCCION

Desde la suposición de Paul Bert, de que "el aire enrarecido de las alturas debía producir, como mecanismo compensatorio de adaptación un aumento del número de hematies", numerosos investigadores han reportado y comprobado que existen diferentes condiciones biofisiológicas en el habitante de la altura.

El cuadro N° 1, modificado de Comroe muestra que a medida que se asciende en altura, disminuyen: la presión barométrica (PB en mm de Hg), la presión de oxígeno inspirado (PIO<sub>2</sub> en mm Hg) sin modificación alguna de la concentración del porcentaje de oxígeno (O<sub>2</sub>). A su vez la disminución de la PIO<sub>2</sub> da lugar a una caída de la presión de oxígeno (PAO<sub>2</sub>) y la presión de anhídrido carbónico (PA-CO<sub>2</sub>) alveolares.

CUADRO N° 1

Nivel	Altura Mts.	P. B. mmHg	PIO <sub>2</sub> mmHg	PAO <sub>2</sub> mmhg	PaO <sub>2</sub> mmHg	PaCo <sub>2</sub> mmHg	SaO <sub>2</sub> %	HCt %	Hgb %
mar	0	760	159	100	90	40	96	45	15
La Paz Bolivia	3.600	495	104	62	60	30	90	50	17

Estas modificaciones que la altura imprime a los gases alveolares y sanguíneos suelen acompañarse de cambios hemáticos, respiratorios y hemodinámicos y que varían de acuerdo al individuo y al tiempo de permanencia en medios hipóxicos.

En la altura en la que trabajamos, cifras de 17 grs. de Hb (%) y un volumen globular hasta de 55% son considerados normales, el volumen de sangre ligeramente incrementado a expensas de los eri-

trocitos ya que el plasma disminuye, la saturación de oxígeno (SaO<sub>2</sub>) disminuye como lo muestra el cuadro N° 1, mientras que el contenido de oxígeno (volúmenes de O<sub>2</sub> %) aumenta. La SaO<sub>2</sub> disminuida en presencia de un contenido de oxígeno elevado se explica por la caída de la presión parcial de oxígeno arterial (PaO<sub>2</sub>) y que es de 60 mm de Hg., es decir, que a menor PaO<sub>2</sub>, menor SaO<sub>2</sub>. Por otra parte casi todo el oxígeno de la sangre del habitante de la altura depende de la cantidad de eritrocitos. Estos hechos nos llevan a la conclusión de que la mayor cantidad de hemoglobina, aunque menos saturada en el residente de elevadas altitudes (o simplemente altura) es capaz de transportar cargas de O<sub>2</sub> equivalentes a las manejadas por la Hb, que, en menor cantidad, pero con mayor saturación posee el habitante del nivel del mar.

Como quedó expresado más arriba (Cuadro N° 1) a medida que se asciende, la PB, PIO<sub>2</sub>, PAO<sub>2</sub>, PaO<sub>2</sub> disminuyen con la consiguiente desaturación arterial de oxígeno, además también disminuyen el tenor de anhídrido carbónico en el alveolo (PACO<sub>2</sub>) y la presión parcial de CO<sub>2</sub> arterial (PaCO<sub>2</sub>). La caída de PaO<sub>2</sub> y de la PAO<sub>2</sub> se explica por la disminución de la presión de O<sub>2</sub> inspirado, en cambio la disminución de las presiones alveolar y parcial arterial de CO<sub>2</sub> son expresión de hiperventilación alveolar y que es resultado de la estimulación que la hipoxemia produce sobre los quimiorreceptores aórtico y carotídeo.

Por último los cambios hemodinámicos que se observan en el habitante de la altura están en relación con la estructura de las arterias pulmonares, la misma que no evoluciona al tipo adulto, presentando, en consecuencia, carácter fetal (pared gruesa y luz pequeña), contrariamente a lo que se encuentra al nivel del mar, arterias tipo adulto (pared delgada y luz amplia). Este hecho guarda, al parecer, estricta relación con la hipertensión arterial pulmonar que encontramos en La Paz.

La circulación pulmonar es, pues de tipo "resistivo" y, en ella se constata un marcado efecto de la hipoxia que obra, al parecer, determinando elevación de la presión arterial pulmonar, la misma que es modificada por el oxígeno en el orden del 15% de caída, hecho que demuestra la existencia de vasoconstricción.

Después del traslado de los habitantes de la altura al nivel del mar se ha visto un cambio de todos estos parámetros fisiológicos como el que se encuentra en los sujetos del nivel del mar.

## **MATERIAL Y METODO**

Considerando la hipoxia de las grandes alturas en relación a los procedimientos neuroquirúrgicos se estudiaron veinte casos neuroquirúrgicos antes y durante el acto operatorio. Las edades se hallan comprendidas entre 11 y 61 años. La anestesia administrada en todos los casos fue similar, se premedicó con atropina utilizando una dosis entre 0,4 y 1 mg. La anestesia de base consistió en pentotal y succinil colina por vía intravenosa, y, según la duración del acto operatorio se utilizó entre 200 y 500 mg. de pentotal, entre 50 y 100 mg. de succinil colina como relajante. El mantenimiento de la anestesia fue realizado con fluotane en dosis que variaron entre 80 y 100

cc. con un circuito con reinhalación parcial, y, entre 3 y 4 litros de oxígeno por minuto. Se determinaron la hemoglobina y el hematocrito por métodos estandarizados. Se determina la presión parcial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>), presión parcial de anhídrido carbónico (PaCO<sub>2</sub>) y pH en un aparato ILMETER y se calculó la saturación arterial de oxígeno (SaO<sub>2</sub>) y reserva alcalina.

Se hicieron seis determinaciones de tomas de sangre arterial, la primera en condiciones basales, las siguientes muestras estuvieron en relación con el mantenimiento de la anestesia durante el acto operatorio. Antes y durante el acto operatorio se registraron las frecuencias cardíaca, respiratoria y la presión arterial, clínicamente. (Figs. 1, 2 y 3).

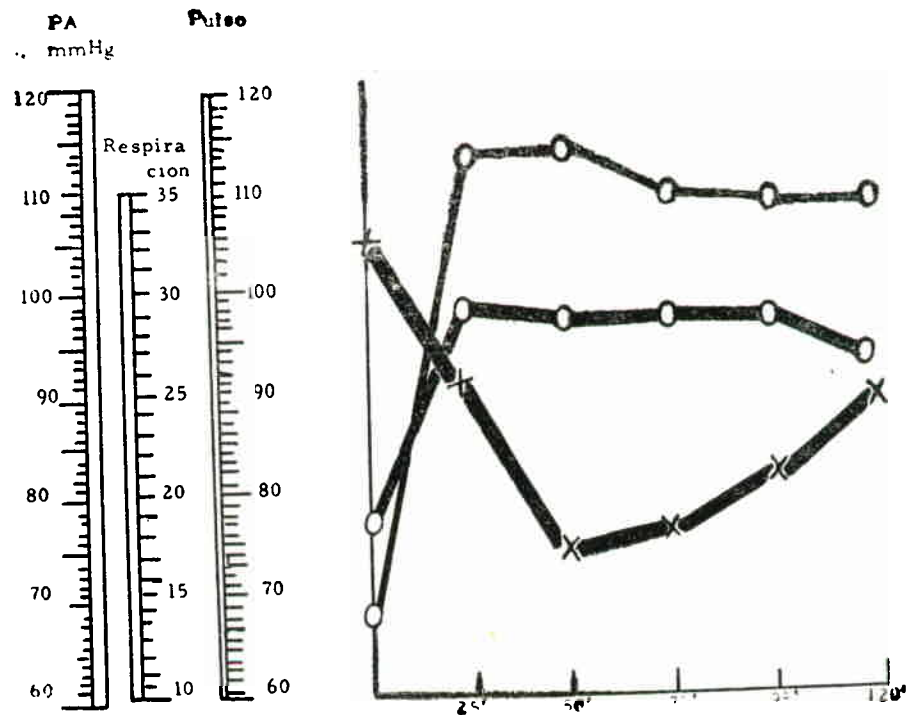


Figura I

Las figuras 1, 2 y 3 son curvas de nuestro primer grupo de casos donde obtuvimos alteración de los gases en sangre arterial que debían ser corregidos.

La figura 1 muestra aumento del pulso, aumento del ritmo respiratorio, caída de la presión arterial. Estas alteraciones con tendencia a normalizarse en el curso de la anestesia.

En el primer grupo, la mayoría de los pacientes eran anémicos e hipóxicos por las características propias de su enfermedad y posibles efectos de la altura. La saturación de Oxígeno durante la operación fue adecuada hasta 98%. En los primeros pacientes se notó una marcada hipercapnia que puede producir aumento del flujo sanguíneo cerebral, posible edema cerebral y acidosis, condiciones poco favorables para las operaciones neuroquirúrgicas.

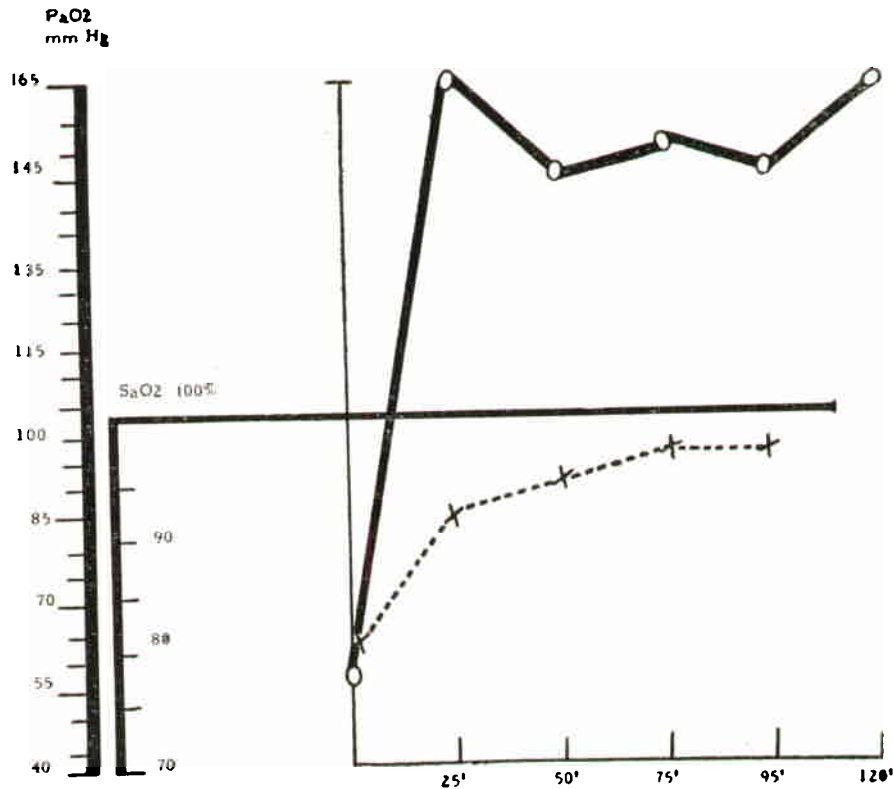


Figura II

Fig. N° 2.— La curva muestra que con niveles de la presión parcial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>) entre 145 y 165 mm de Hg. podemos obtener una saturación de oxígeno SaO<sub>2</sub> de 98%.

En el segundo grupo mejorando la técnica anestésica logramos que los niveles de gases en sangre, pH y reserva alcalina se mantengan cerca de los niveles normales de la altura. (Figs. 4 y 5).

### MORTALIDAD

Sabemos muy bien que, la mortalidad en operaciones neuroquirúrgicas, está supeditada a una serie de factores individuales, estado mórbico del paciente, estado general, grado de la afección neurológica, técnica operatoria, anestesia, experiencia quirúrgica y una serie de complicaciones, de tal manera que no sería posible estandarizar para hacer un avalúo perfecto de este parámetro, sin embargo, una visión general nos da una idea de la evolución de la neurocirugía a nivel del mar o en las grandes alturas.

Nuestro estudio de mortalidad está basado en 1.102 casos neuroquirúrgicos de los que daremos a conocer, por su importancia, solamente los casos de tumores y traumatismos encéfalo craneanos. (Figuras 6 y 7).

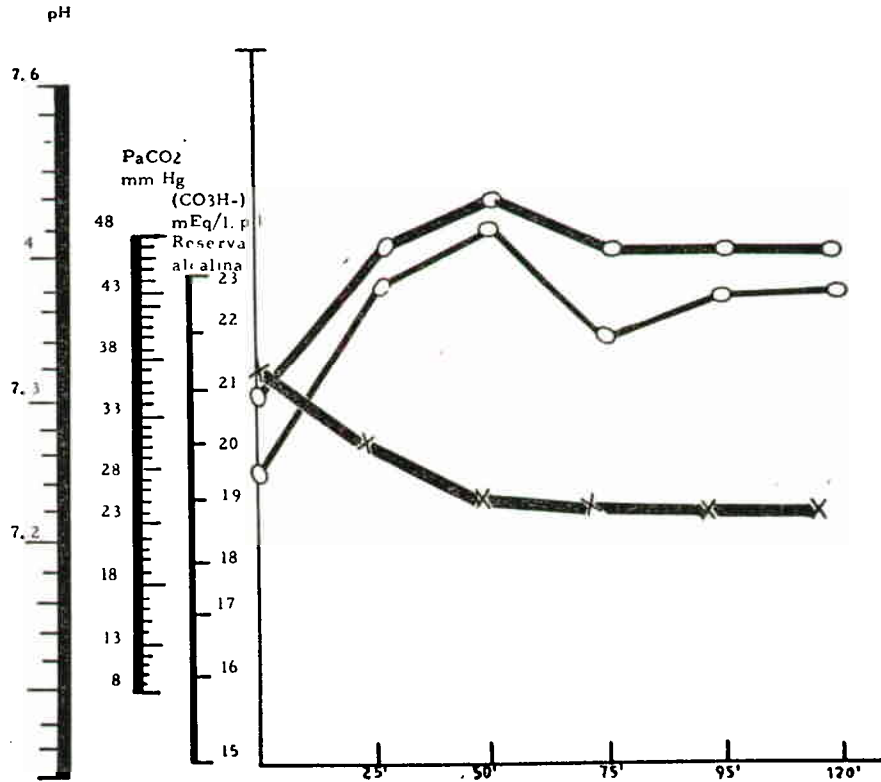


Figura III

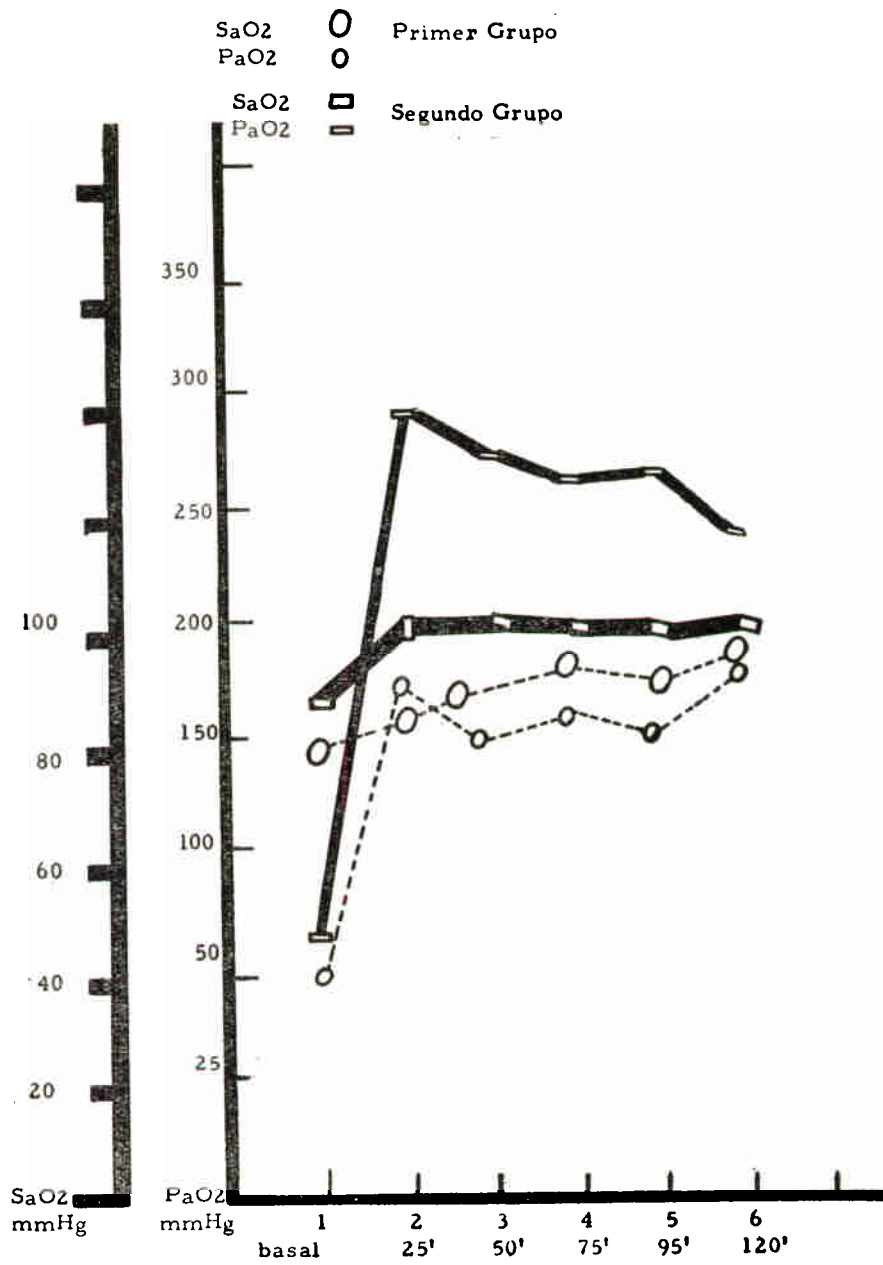
Fig. N° 3.— Muestra una baja del pH o sea una tendencia a la acidosis cuando el PCO<sub>2</sub> o dióxido de carbono, aumenta. La reserva alcalina en miliequivalentes por litro de plasma también aumenta para compensar la acidosis.

### CONCLUSIONES

Los mecanismos de adaptación del hombre nativo a las grandes alturas permiten realizar operaciones neuroquirúrgicas con los mismos riesgos que a nivel del mar. Las variaciones de los gases en la sangre a grandes alturas obligan a observar una técnica anestésica perfecta y un mejor control postoperatorio, en pacientes neuroquirúrgicos.

La mortalidad operatoria neuroquirúrgica en las grandes alturas ha mejorado en forma similar que a nivel del mar de acuerdo a los adelantos neuroquirúrgicos de la técnica operatoria, la anestesia y el diagnóstico precoz y preciso, además del uso de drogas que controlan la hipertensión endocraneana.

Es necesario profundizar las investigaciones clínicas y neurofisiológicas a grandes alturas para un conocimiento más preciso de las repercusiones que las operaciones producen en la presión intracraneana, su hemodinámica, metabolismo y mecanismos de autoregulación del flujo cerebral.



Figuras N° 4 y 5.— Las curvas comparan los dos grupos. El segundo grupo, después de mejorar la técnica anestésica muestra niveles normales de los gases en sangre.

Fig. 4.— La curva en punteado muestra el PaO<sub>2</sub> (presión arterial de oxígeno) entre 145 y 165 mm de Hg da una saturación de oxígeno (SaO<sub>2</sub>) hasta de 98%, en cambio mejorando la técnica anestésica, curvas en negro, el PaO<sub>2</sub> puede llegar hasta 290 mm Hg. determinando una SaO<sub>2</sub> hasta del 100%.

pH ○ Primer Grupo  
 PCO<sub>2</sub> ○ Segundo Grupo  
 pH □ Primer Grupo  
 PCO<sub>2</sub> □ Segundo Grupo

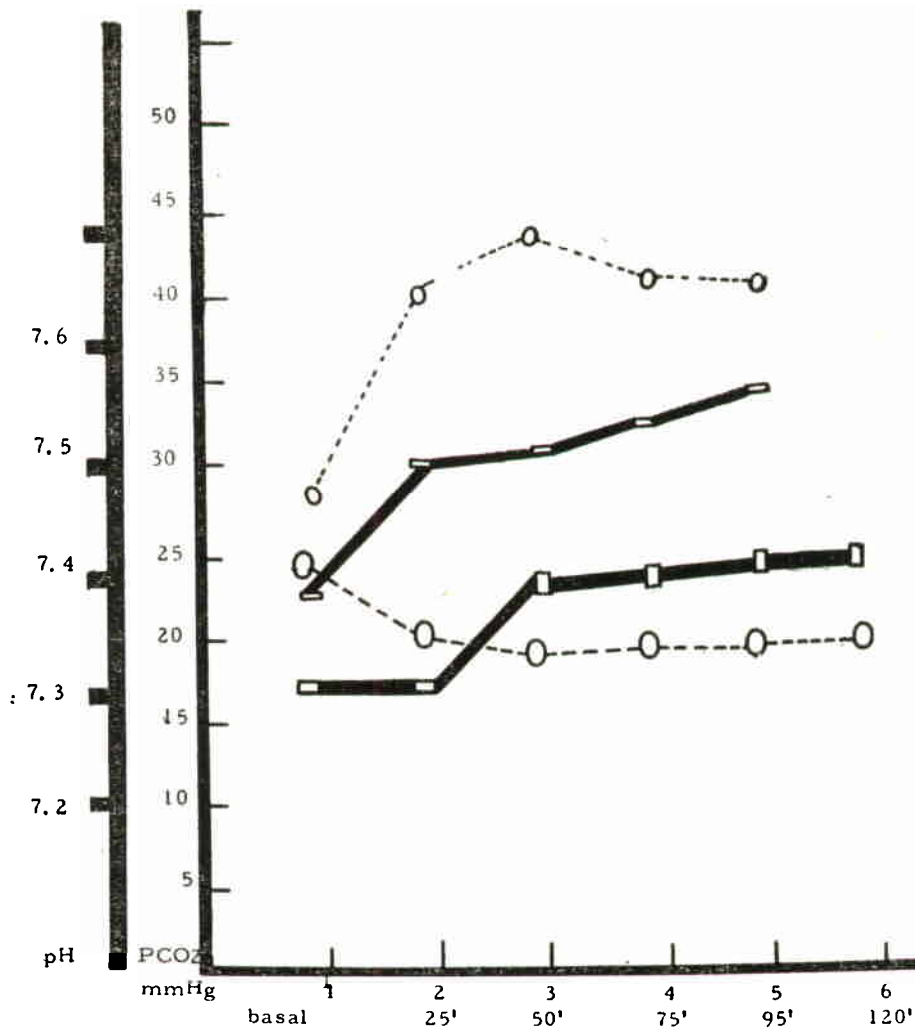


Fig. N° 5.— Antes de mejorar la anestesia, las curvas en punteado muestran una alta concentración del PCO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) con una baja del pH (acidosis). Las curvas en negro muestran, después de mejorar la técnica anestésica, una baja del PCO<sub>2</sub> y el pH mantiene en niveles normales.

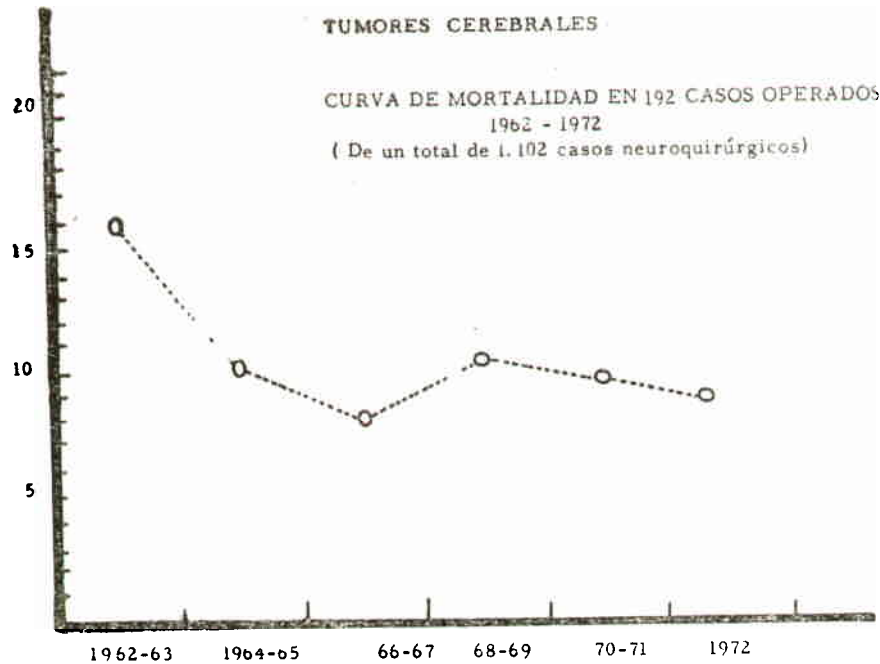


Fig. N° 6.— La curva muestra, en el curso de los 10 últimos años una baja de la mortalidad, posiblemente por una serie de factores (diagnóstico preciso, técnica operatoria y uso de drogas deshidratantes cerebrales (Dexametazona, Urea, Manitol).

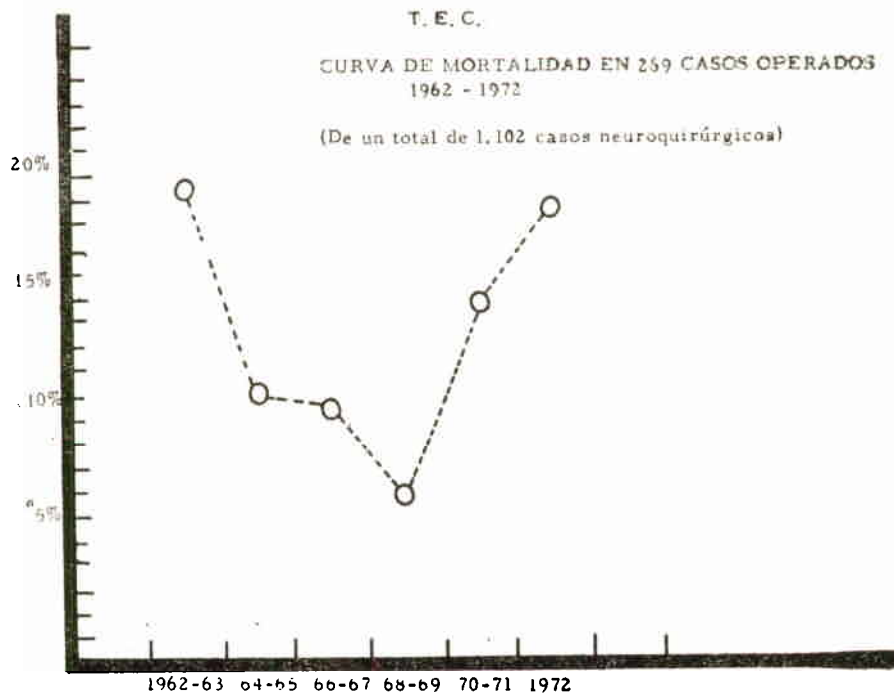


Fig. N° 7.— Muestra un franco descenso de la curva hasta 1968 y posteriormente un aumento de la mortalidad, lo que se explica por la gravedad de los traumatismos en los últimos años.



## B I B L I O G R A F I A

1. COUDERT Jean.— Comunicación personal.
2. CHAVEZ Rivera Ignacio— Síncope, Shock y Coma.— U. N. A. M. México D. F. 1966.
3. LASSEN Nielsen A.— Effect of Hypoxia on Cerebral Circulation and Cerebral Oxygen Uptake.— IBBA. Instituto Boliviano de Biología de la Altura. Vol. 4, N° 2, 12—15 1972.
4. MICHELFELDER John D., M. D.; Gronert Gerald A. M. D.; Rehder Kai, M.D. Neuroanesthesia. Anesthesiology January 65—89 1969.
5. SORENSEN Soren C. Lassen Nielsen A., Severinghaus John W.; Coudert Jean and Paz Zamora.— Cerebral Glucose Metabolism and Cerebral Blood Flow in High Altitude Residents.— En prensa.
6. VERGNES J. P. Marc.— Circulación y Metabolismo del Cerebro en el Estado de Coma. — IBBA. Vol. 14, N° 4, 21—28 1972.