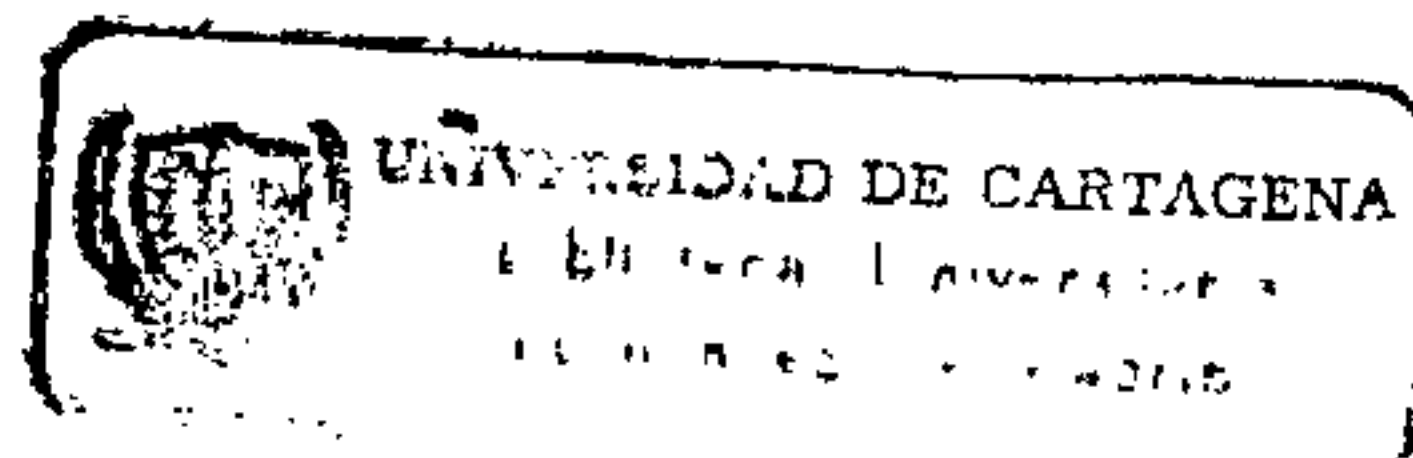


"EVALUACION CLINICA DEL ISOFLURANO EN LA ANESTESIA CUAN-  
TITATIVA, SISTEMA CIRCULAR CERRADO Y FLUJOS BAJOS"

ROBERTO MALDONADO BASSI



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTAD DE MEDICINA  
DEPARTAMENTO DE ANESTÉSIA  
CARTAGENA, 1.985

T.P  
617.96  
M. 244

"EVALUACION CLINICA DEL ISOFLURANO EN LA ANESTESIA CUAN-  
TITATIVA, SISTEMA CIRCULAR CERRADO Y FLUJOS BAJOS"

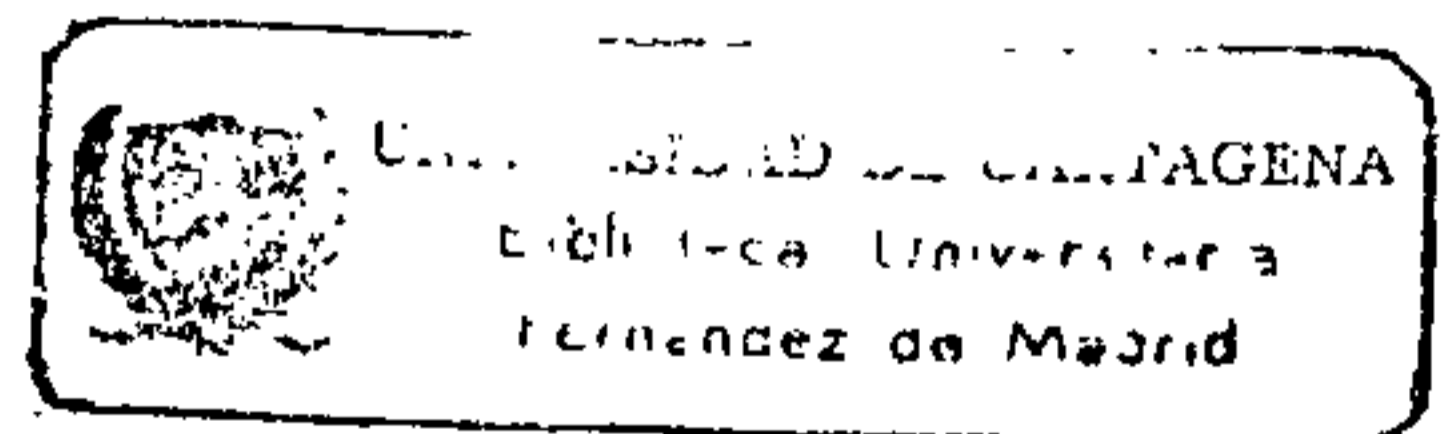
ROBERTO MALDONADO BASSI

**SCIB**  
00004233

Requisito parcial para optar  
el título de Anestesiólogo.

Asesor: Dr. JAIRO DE LA VEGA

SCIB



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTAD DE MEDICINA  
DEPARTAMENTO DE ANESTESIA  
CARTAGENA, 1.985

## T A B L A D E C O N T E N I D O

	Páginas
INTRODUCCION	1
1. ANESTESIA CUANTITATIVA EN CIRCUITO CERRADO	3
2. MATERIAL Y METODO	12
2.1 ELEMENTOS UTILIZADOS	12
2.2. CONDICIONES FUNDAMENTALES PREVIAS.	14
2.3 PREMEDICACION	16
2.4 INDUCCION Y MANTENIMIENTO	16
2.5 MONITOREO	17
2.6 CALCULOS DE LIQUIDOS Y CONSUMO DE OXIGENO	17
3. RESULTADOS	20
4. ISOFLURANO	29
4.1 INTRODUCCION	29
4.2 CARACTERISTICAS FISICAS	30
5. CONCLUSIONES	36
5.1 CIRCULATORIO	36
5.2 NEUROMUSCULAR	38
5.3 RESPIRATORIO	38
5.4 NERVIOSO	40
5.5. RECUPERACION Y METABOLISMO	41
5.6 COSTOS	42
6. BIBLIOGRAFIA	44

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

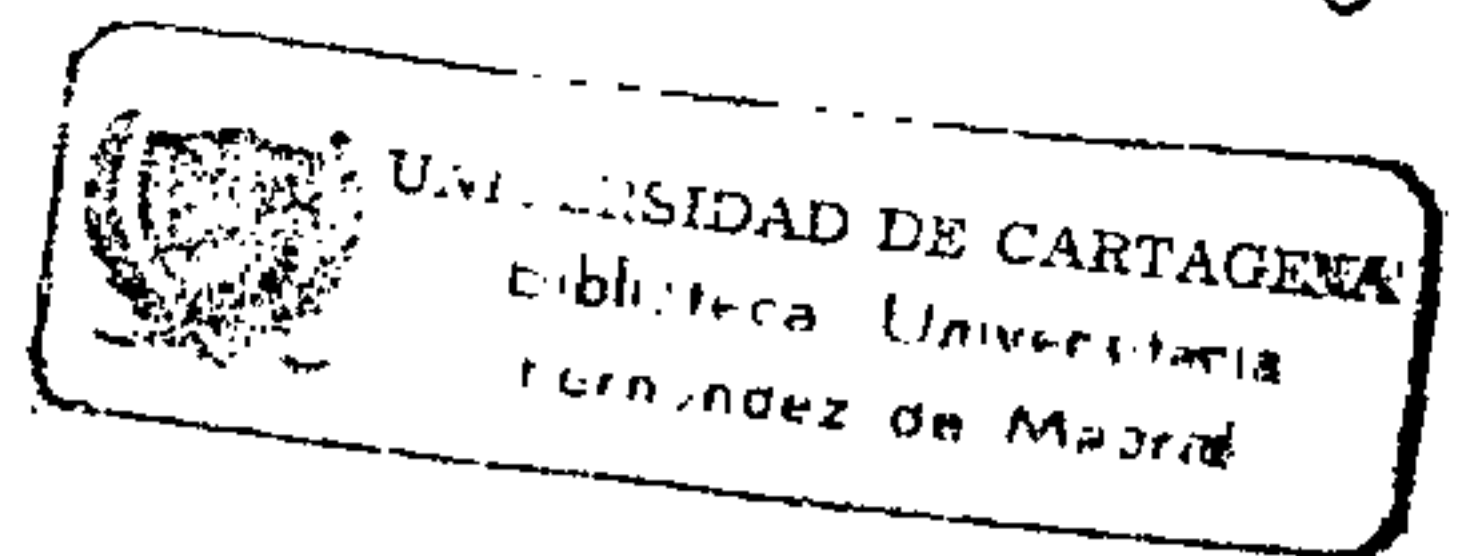
T A B L A S . -

Páginas

1.- Reducción de los requerimientos de los c.c. de vapor de anestésicos.	5
2.- Distribución por especialidades	11
3.- Estado clínico	13
4.- Distribución por Sexo	19
5.- Distribución por edades en años.	21
6.- Tiempo Quirúrgico	22
7.- Distribución por Peso	24
8.- Distribución por tiempo de recuperación	25
9.- Distribución por cantidad de anestésico	26
10- Salivación	27
11- Propiedades físicas y químicas	32
12- Coeficiente de partición	35

F I G U R A S

1.- Reducción de los requerimientos de vapor de anestésico	7
2.- Esquema de elementos utilizados	15
3.- Fórmula química del Isoflurano	28
4.- Variaciones en la presión arterial media	37
5.- Variaciones de la frecuencia cardíaca.	39



## I N T R O D U C C I O N

A través del tiempo el hombre ha buscado la supresión del dolor por diferentes mecanismos, y con diferentes sustancias; en ésta búsqueda incesante y tesonera, topó con los anestésicos volátiles y recurrió a diferentes formas de administración, desde los circuitos abiertos o de no reinhalación (Eter a la reina, máscara de Yankauer), hasta las tendencias actuales del sistema cerrado (reinhalación total), como era lógico vislumbrar, emprendió la marcha en procura de mejores anestésicos; vale decir, aquéllos que causen menor transgresión a la fisiología humana y fueran inertes metabólicamente hablando.

Hemos actualmente llegado al punto de encontrar en la búsqueda del anestésico ideal, el agente denominado Isoflurane, cuyas virtudes o defectos trataremos de constatar a través de ésta pequeña evaluación preliminar, administrándolo en sistema cerrado con flujos bajos, y cuantitativamente tratando de obtener las ventajas que ofrece tanto el anestésico como este tipo de sistema.

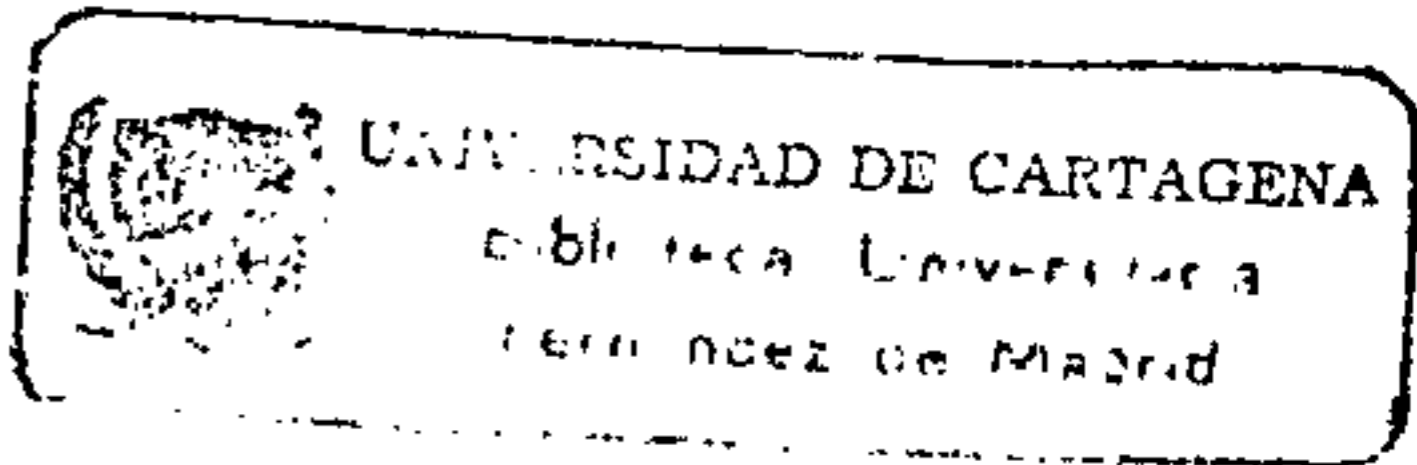
DADA la escasa difusión que ha tenido en nuestro medio la anestesia cuantitativa, iniciaremos el trabajo describiendo la técnica adoptada para éste fin, y posteriormente haremos la transcripción de las virtudes encontradas al administrar

el Isoflurano, por medio de éste sistema y del anestésico - en sí objetivo principal de éste trabajo.

Teniendo en cuenta que el anestésico con el que estamos trabajando, al momento del estudio no se encuentra disponible comercialmente y el suministro es restringido, limitamos el trabajo a veinte (20) casos, la mayoría de ellos de corta duración, para acumular un mayor número de casos.

Finalmente quiero presentar mis más profundos agradecimientos a todas aquéllas personas que, de una forma u otra han colaborado con su valioso aporte, haciendo posible la culminación de éste trabajo.

ROBERTO MALDONADO BASSI.



1.- ANESTESIA CUANTITATIVA EN -  
CIRCUITO CERRADO

La administración de agentes anestésicos en circuito cerrado no es una técnica nueva; desde 1.960 se vienen presentando estudios teóricos, clínicos y de laboratorio en circuito cerrado, inclusive se han desarrollado modelos para calcular la captación y distribución de los anestésicos en el organismo.

HARRY J. LOWE<sup>13</sup>, ha demostrado que la captación corporal total de anestésico a concentración arterial, constante, disminuye como una función de la raíz cuadrada de tiempo, lo cual significa que, a medida que transcurre el tiempo la cantidad de agente anestésico que es tomada por el organismo disminuye; igualmente demostró que la dosis acumulativa necesaria para alcanzar y mantener anestesiados al 95% de los pacientes, se logra por la siguiente ecuación:

$$D O S I S = 2 x 1.3 x MAC x B x Q x T^{1/2}$$

- 1.3 x MAC = Mínima concentración alveolar corregida al 95%
- B = Coeficiente de solubilidad sangre gas del agente anestésico.
- Q. = Gasto cardíaco expresado en decilitros, y calculado en base a 70- 100 ml/Kg.
- T<sup>1/2</sup> = Raíz cuadrada del tiempo. Significa que la rata

de absorción disminuye como una función-  
de la raíz cuadrada del tiempo.

Esta fórmula de dosis se usa para calcular la dosis unidad en c.c. de vapor anestésico para el primer minuto, para cada paciente individual y para el agente anestésico seleccionado.- Dicha dosis es readministrada durante cada intervalo de tiempo- cuadrado perfecto de las unidades de tiempo- así, (1,4,9, 16....). Los intervalos de tiempo entre la aplicación de una y otra dosis, corresponden a la progresión aritmética de los números impares, 1,3,5,7,..., así durante el segundo período que va del final del primer minuto al final del cuarto minuto, intervalo de tres minutos, solamente un tercio de ésta - dosis unidad es requerida por minuto; y del final del cuarto minuto, se requiere solamente una quinta parte de la dosis - unidad por minuto ( TABLA No.1).

Como se vé hay una disminución de los requerimientos anestésicos, pero al alcanzar las dos horas de anestesia el tejido graso se ha saturado, y a partir de éste momento no es posible continuar reduciendo la dosis minuto de vapor anestésico.

(Figura No.1) Después de las dos horas ya no se continua con la dosis de unidad que ha sido calculada, sino con los requerimientos necesarios para mantener la saturación del tejido-graso, requerimientos que para el caso del Halotano, y el Me



A N E S T E S I A   G E N E R A L   C U A N T I T A T I V A  
 C O N   I S O F L U R A N O   E N   C I R C U I T O  
 C E R R A D O .

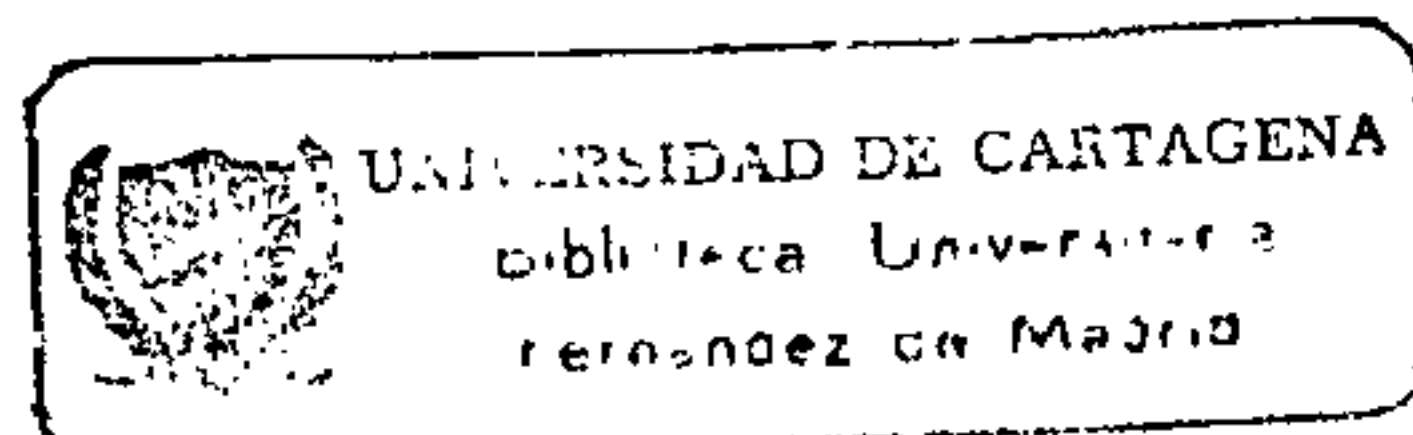
Reducción de los requerimientos de los centímetros cúbicos de vapor anestésico.

( P A C I E N T E   D E   6 0   K g ) .

Dosis de unidad 175,81 c.c. de vapor = 0,86 c.c. de líquido.

D O S I S .	INTERVALO DE TIEMPO ENTRE UNA Y OTRA DOSIS. ( EN MINUTOS ).	TIEMPO TRANSCURRIDO DESDE LA APLICACION DE LA DOSIS DE IMPREGNACION ( EN MINUTOS ).	REQUERIMIENTO DE C.C. DE VAPOR ANESTESICO POR MINUTOS .
IMPREGNACION: 0			
1a.	1	1	175.81/1 = 175.81
2a.	3	4	175.81/3 = 58.60
3a.	5	9	175.81/5 = 35.16
4a.	7	16	175.81/7 = 25.11
5a.	9	25	175.81/9 = 19.53
6a.	11	36	175.81/11 = 15.90
7a.	13	49	175.81/13 = 13.52
8a.	15	64	175.81/15 = 11.72
9a.	17	81	175.81/17 = 10.34
10a.	19	100	175.81/19 = 9.25
11a.	21	121	175.81/21 = 8.37
DESPUES DE DOS HORAS DE ANESTESIA.			5 - 6

T A B L A   1



toxiflurano son de 4-5 c.c. de vapor por minuto, o sean 240-300 c.c. de vapor por hora; para el Isoflurano 5-6 c.c. por minuto o sean 300-360 por hora, y para el caso del Enflurano de 12-15 c.c. de vapor por minuto, o lo que es lo mismo, 720-900 c.c. de vapor por hora; en caso de estar administrando Halotano, ésta dosis para la hora se fracciona en cuatro sub-dosis iguales, aplicándolas cada 15 minutos por todo el tiempo que dure el acto quirúrgico, y en el caso del Enflurano, Isoflurano y el Metoxiflurano, la dosis para la hora se fracciona en tres sub-dosis iguales, aplicándolas cada 20 minutos por todo el tiempo que dure el acto quirúrgico.

En pacientes de más de 60 años se reduce la dosis en un 10% por cada década de vida, y cuando usamos relajantes musculares porque el tipo de cirugía lo requiera, la dosis unidad se disminuye en un 20%, además cuando la temperatura baja por cada grado centígrado que descienda, se disminuye 10% la dosis unidad y viceversa; por cada grado centígrado que aumente, hay que subir 10% la dosis unidad.

Para el paciente deshidratado o Hipovolémico, el peso del paciente debe ser reducido lógicamente 10 Kls por cada 10% de disminución en el gasto cardíaco estimado.

Inmediatamente presentamos la manera de calcular la dosis Unidad tanto en centímetros de vapor como en centímetros de-

**ANESTESIA GENERAL CUANTITATIVA ISOFLURANO  
EN CIRCUITO CIRCULAR CERRADO.**

**Reduccion de los requimimiento de los c.c. de vapor Anestesico  
( Paciente 60 Kg ).**

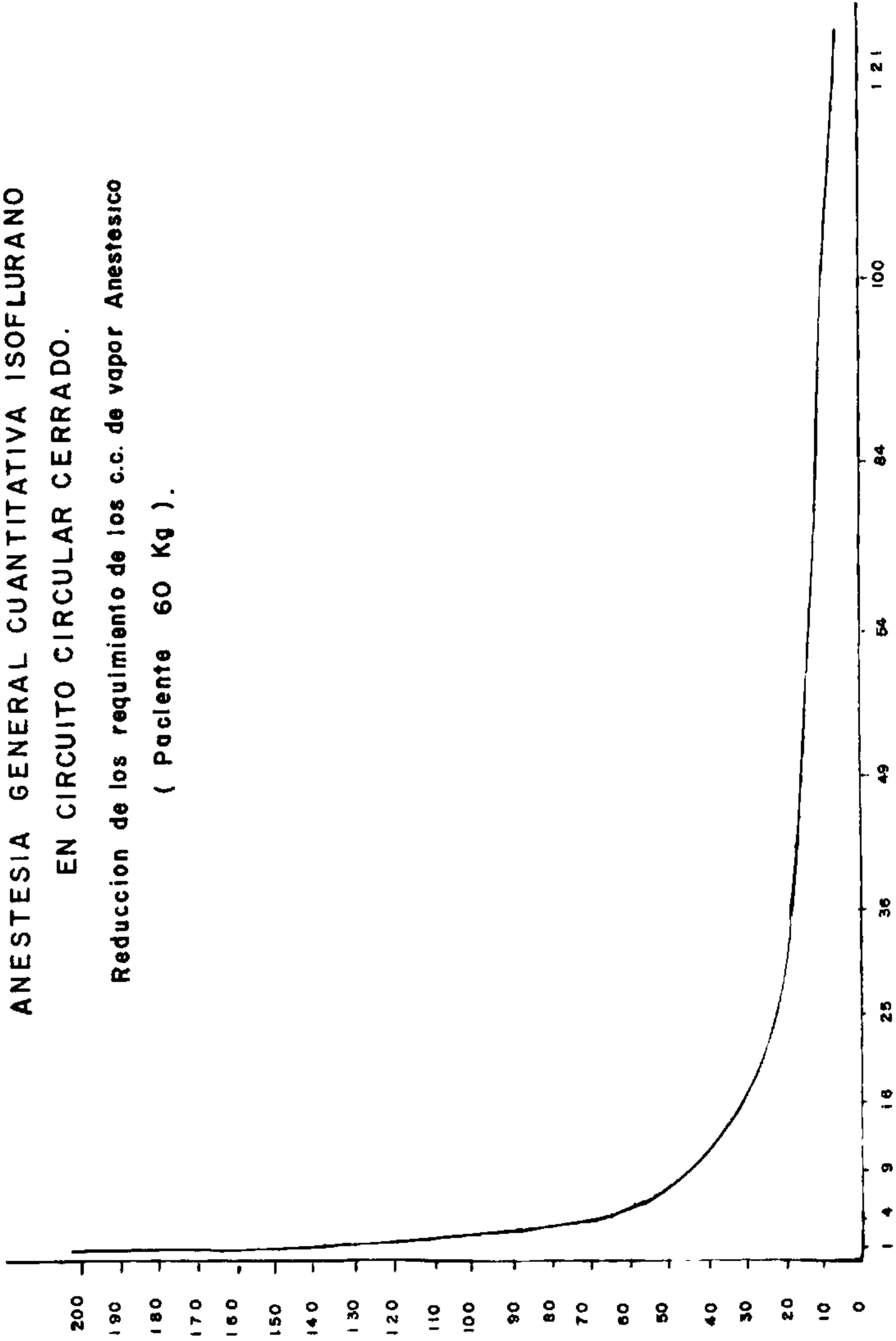


FIGURA N° 1. TIEMPO EN MINUTOS

líquido anestésico, para un paciente de 60 Kg de peso.

Se hace énfasis en la expresión "dosis unidad para el primer minuto" calculada por la fórmula en la cual  $T^{1/2}$ , es igual a  $1.(1^{1/2})$ , y una vez calculada ésta dosis unidad se readministra en los intervalos de tiempo previstos.

Observando la tabla No.1, nos damos cuenta que basta elevar al cuadrado el número de la dosis correspondiente (1a,2a,3a, ...) para saber a cuántos minutos después de haber aplicado la dosis de impregnación debemos aplicar la dosis unidad, así por ejemplo:

Para la primera dosis ;  $1^2 = 1$  (Al minuto después de la dosis de impregnación).

Para la segunda dosis :  $2^2 = 4$  (A los 4 minutos después de la dosis de impregnación).

Para la tercera dosis :  $3^2 = 9$  (A los 9 minutos después de la dosis de impregnación).

Para la cuarta dosis :  $4^2 = 16$  (A los 16 minutos después de la dosis de impregnación).

Y así sucesivamente hasta completar los 121 minutos (2 horas-1 minuto), a partir de éste momento se calcula la dosis para mantener la saturación del tejido graso, y se aplica una cuarta parte de ésta dosis cada 15 minutos si se trata de Halotano, o se aplica una tercera parte de ésta dosis cada 20 minu-

ANESTESIA GENERAL INDUCIDA CON NITROUS OXIDE Y ETHER  
 EN EL TRATAMIENTO DE LA ANESTESIA LOCAL

( Cálculo de la dosis unidad en c.c. de líquido del Agente Anestésico para un paciente de 60 Kg).

DOSIS UNIDAD =  $2 \times 1,3 \times \text{MAC} \times B \times Q \times T^{1/2}$  = c.c. de vapor anestésico.

DOSIS UNIDAD =  $2 \times 1,3 \times 1,15 \times 1,3 \times 42 \times 1$  = c.c. de vapor anestésico.

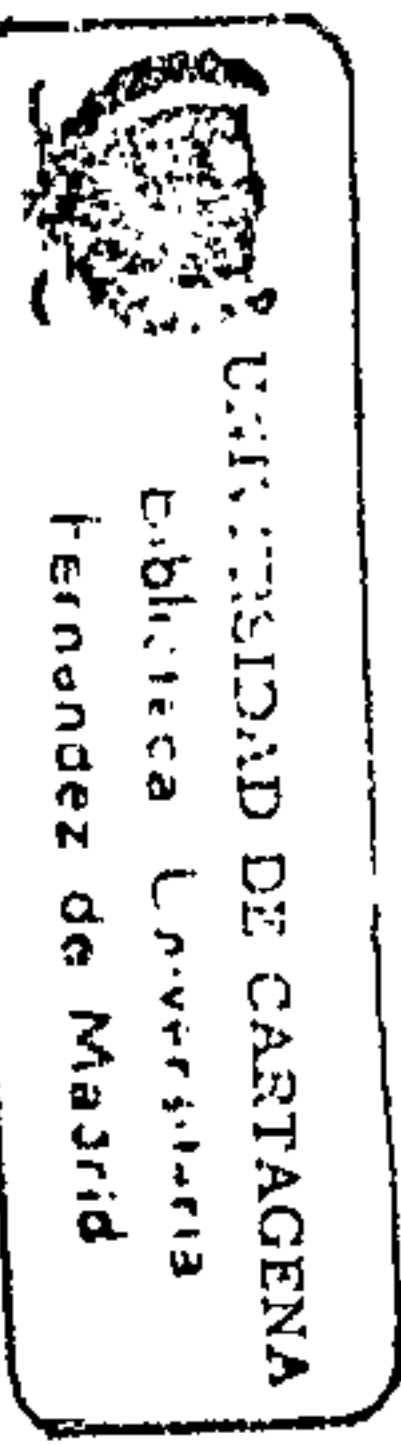
DOSIS UNIDAD = 175,81 c.c. de vapor anestésico.

1 c.c. de Isoflurano líquido de 20°C: produce 204 c.c. de vapor anestésico.

DOSIS UNIDAD =  $\frac{175,81}{204}$  = 0,86 c.c de líquido anestésico.

240

Después de la segunda hora de anestesia, se continúa con una dosis de 5-6 c.c. de vapor anestésico/minuto, o sean 300-360 c.c. de vapor por hora, aplicando una tercera parte de ésta dosis cada veinte minutos, o sean 58,6 c.c. de vapor por todo el tiempo que demore el acto quirúrgico, 58,6 de vapor equivale a 0,28 c.c. de líquido anestésico (  $58/204 = 0.3$  ).



tos si estamos trabajando con Enflurano, Metoxiflurano o Isoflurano.

Aquí consideramos necesario hacer una anotación muy importante en el desarrollo de nuestro trabajo, en los primeros casos pudimos darnos cuenta que si aplicábamos la primera dosis al minuto de haber aplicado la dosis de impregnación, como lo recomienda HARRY J. LOWE,<sup>13</sup> los pacientes presentaban una Hipotensión arterial severa, razón por la cual prescindimos de la dosis de impregnación y simplemente aplicamos la primera dosis, a los 4 minutos la 2a dosis; a los 9 minutos la 3a dosis; a los 16 minutos la 4a dosis; y así sucesivamente hasta completar los 121 minutos, para continuar a partir de éste momento con el esquema en igual forma que lo plantea HARRY J. LOWE

Coincide éste hallazgo con el que tuviera C.J. PARRA<sup>16</sup> en su trabajo con Enflurano y la explicación que pensamos se puede dar a éste hecho es, que posiblemente LOWE trabaje con circuitos anestésicos desechables, los cuales requieren la dosis de purga y por el contrario, los circuitos de los cuales nosotros trabajamos por estar impregnados del Agente Anestésico, no requieren dicha dosis.-

## ANESTESIA GENERAL CUANTITATIVA

## CON ISOFLURANO EN CIRCUITO CIRCULAR

## CERRADO

## DISTRIBUCION POR ESPECIALIDADES

## L I D A D E S

ESPECIALIDAD:	N ° DE CASOS.	%
Cirugía General	9	45
Ginecología	3	15
Ortopedia	2	10
Oftalmología	1	5
Cirugía Plástica.	1	5
Otorrinolaringología.	----- 4 -----	----- 20 -----
T O T A L:	20	100

T A B L A 2

## 2.- MATERIAL Y METODO

Este trabajo fué realizado en el Hospital San José de Bogotá durante los meses de julio - Agosto de Mil Novescientos ochenta y cinco (1.985), en donde fueron tratados veinte pacientes al azar, todos de cirugía electiva (Ver cuadro distribución por especialidades) y con riesgos anestésicos entre ASA I y ASA III (Ver cuadro), se hizo una premedicación, inducción y mantenimiento de líquidos anestésicos y consumo de oxígeno lo más rigurosamente posible, con el objeto de reproducir las mismas condiciones en todos los pacientes y poder valorar calidad de anestesia, salivación, tiempo de recuperación, relajación, cambios en T.A. y F.C., cantidad de anestésico utilizado.-

Se consideró hipo o hipertensión cambios del veinticinco por ciento con respecto a la tensión arterial, taquicardia, aumento de frecuencia de diez o más por encima de lo basal, y la salivación se valoró en una escala de cero a tres cruces, así: cero ausencia de secreciones, + salivación normal, ++ moderada, y +++ abundante.

2.1.- ELEMENTOS UTILIZADOS.- 1º) Adaptador en "T"; 2º.) LLave de tres vías, preferiblemente metálica; 3º.) Jeringa de vidrio de tres centímetros cúbicos; 4º.) Jeringa Reservorio de vidrio de veinte c.c. o de plástico, sin émbolo de caucho. Para inyectar la dosis unidad en el C.C. Cerrado,

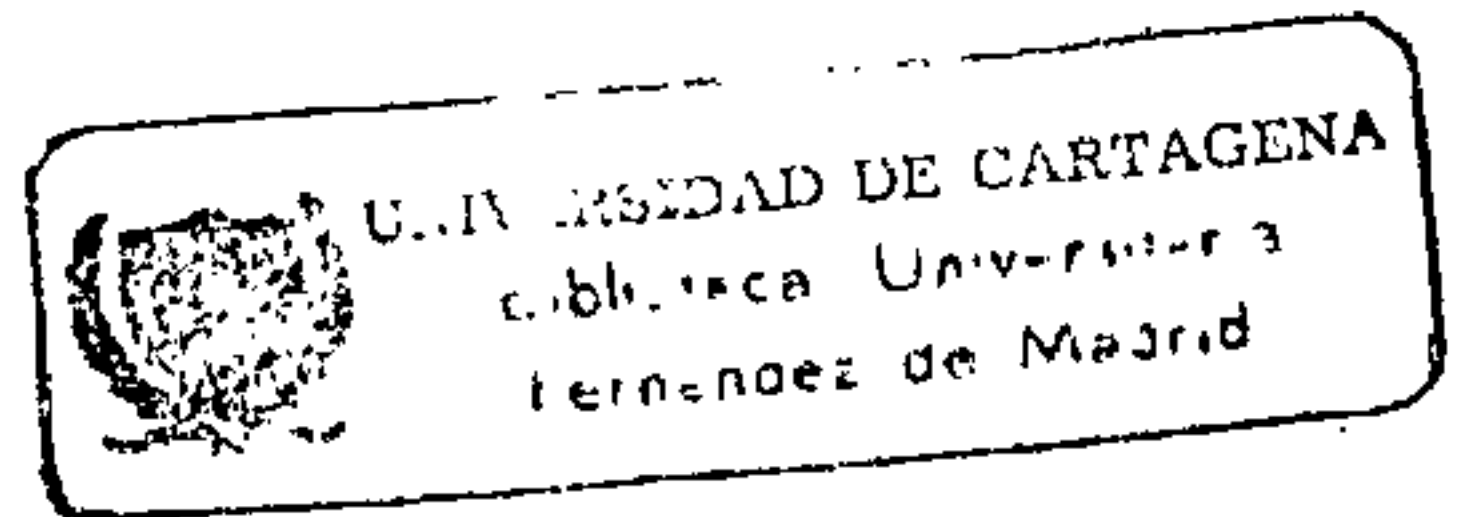


ANESTESIA GENERAL CUANTITATIVA

CON ISOFLURANO EN CIRCUITO CIRCULAR

CERRADO

ESTADO CLINICO



A. S. A.	Nº DE CASOS.	%
I	16	80
II	3	15
III	----- 1 -----	----- 5 -----
TOTAL	20	100

T A B L A 3

utilizamos un adaptador metálico en "T", que contiene en su interior un cateter, el cual termina por un extremo en el interior del tubo corrugado, y en el otro extremo permite la adaptación de una llave de tres vías en la cual acondicionamos dos jeringas una de tres c.c., tamaño que facilita la cuantificación de la dosis, y la otra de veinte c.c., como reservorio, volumen suficiente para aproximadamente dos horas de anestesia.-

En la Jeringa tomamos una cantidad cualquiera de líquido anestésico y luego valiéndonos de la llave de tres vías, hacemos llegar hasta la jeringa de tres c.c., la dosis unidad que ha sido previamente calculada, para posteriormente y volviendo a hacer uso de la llave de tres vías, aplicar ésta dosis en el circuito anestésico cada vez que se requiera (Figura No.2).

El adaptador lo usamos en la manguera espiratoria del circuito, con el fin de evitar una posible inhalación del líquido anestésico, en caso de aplicar éste en el lado inspiratorio. Por otra parte para evitar dañar mangueras con la punción repetida de las mismas, cada vez que se requiera la aplicación de la dosis (Método utilizado en caso de no tener adaptador), se hace directamente en la manguera con una aguaja número veinticinco.

## 2.2. CONDICIONES FUNDAMENTALES PRE

# ANESTESIA GENERAL CUANTITATIVA CON ISOFLURANO EN CIRCUITO CIRCULAR CERRADO

ADAPTADOR EN "T" - LLAVE DE TRES VIAS - JERINGAS.

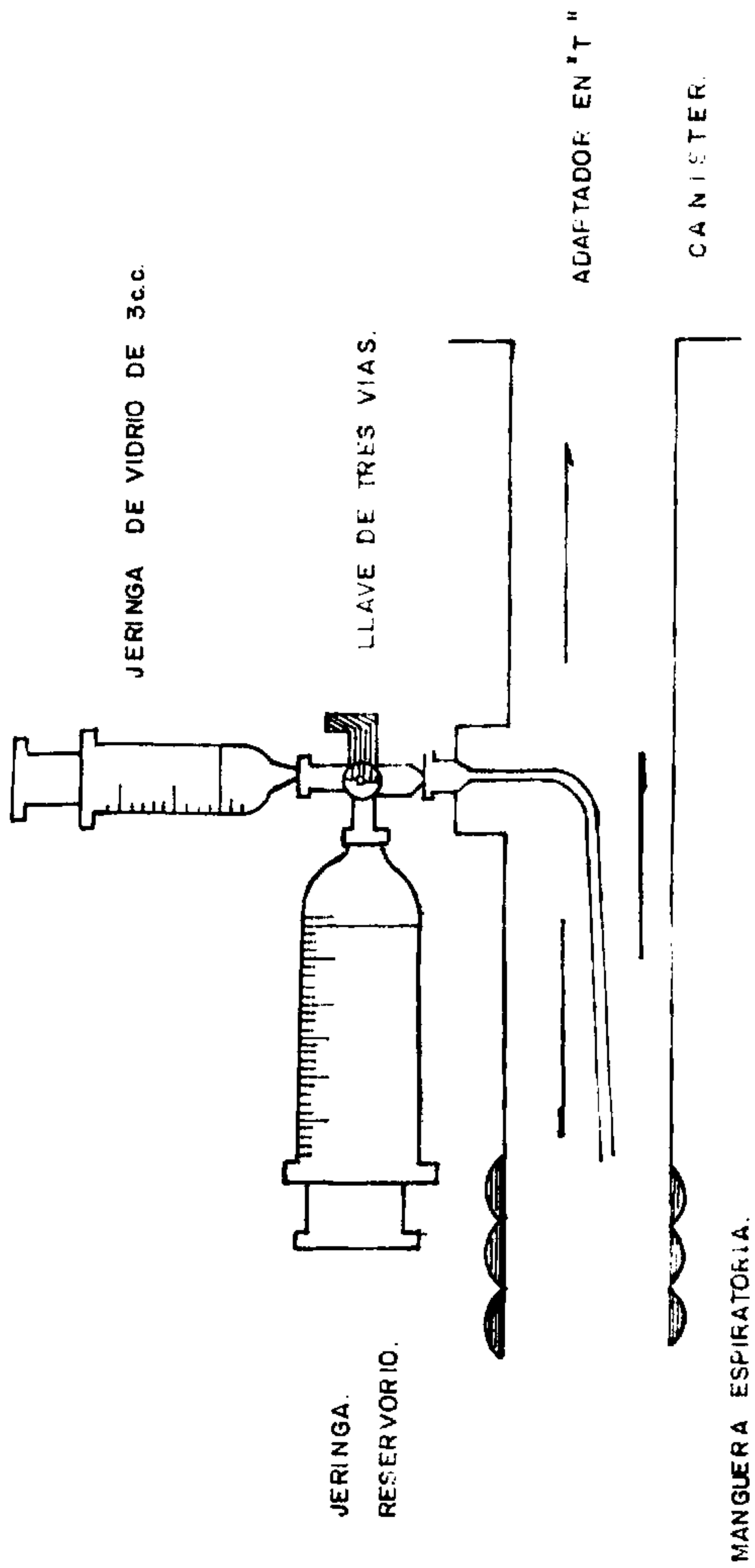
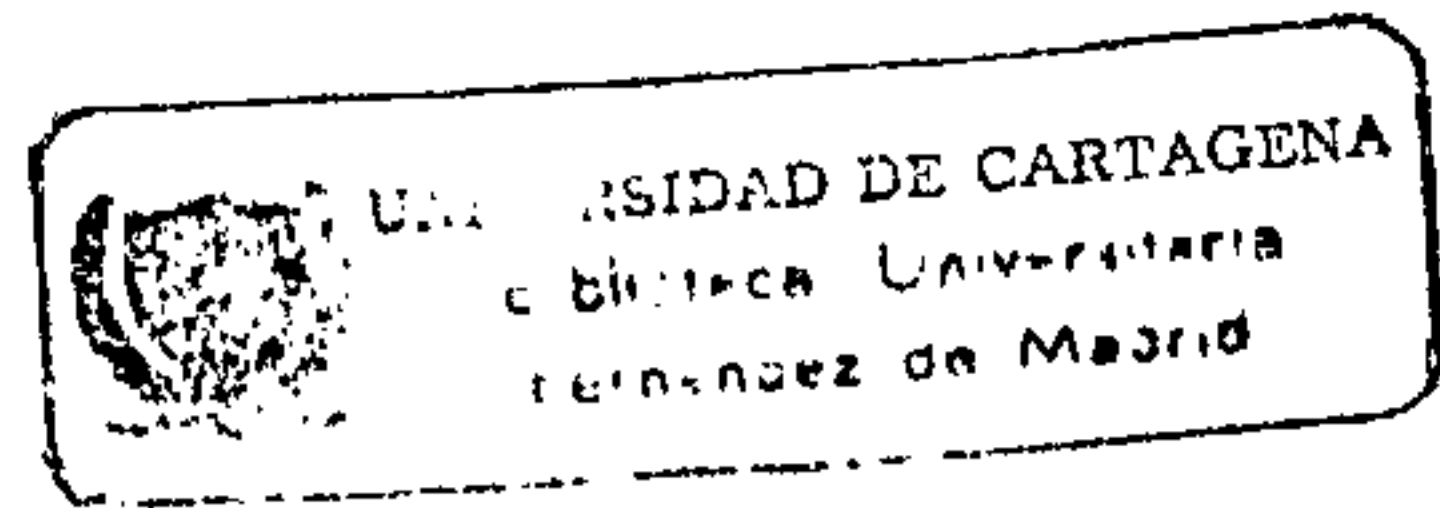


Figura No 2.



## V I A S . -

Para la administración de agentes anestésicos en dosis cuantitativa en circuito circular cerrado, se debe tener en cuenta las siguientes condiciones:

- 1º.- "Hermetismo del sistema cerrado, lo cual significa que se debe constatar previamente que no existe ninguna clase de escape en el circuito.
- 2º.- Efectividad del sistema absorbedor del  $\text{CO}_2$ .
- 3º.- Máquina anestésica equipada con flujómetros que permitan medición de volúmenes bajos de oxígeno.

### 2.3.- P R E M E D I C A C I O N .

En todos los pacientes que fueron programados, la premedicación se hizo con Diazepam 10 mg, V.O. la noche anterior a la cirugía, y una hora antes de la misma o en su defecto Lorazepam a dos miligramos.

### 2.4.- I N D U C C I O N Y M A N T E N I M I E N T O

La inducción Anestésica se practicó de la siguiente manera:

- 1º.- Precurarización con DTC 0.1 mg/Kg.
- 2º.- Tiopental Sódico : 5-7 mg/Kg.
- 3º.- Succinilcolina : 1-2 mg/Kg.

Inmediatamente se practicó intubación con tubos provistos de manguito neumotaponador a fin de asegurar el hermetismo del circuito y una vez hecho ésto, se procedió a administrar la dosis unidad que había sido previamente calculada. El mantenimiento se hizo con oxígeno 100%, utilizando flujos que oscilan entre 250-500 c.c. por minuto, más Isoflurano, aplicando la dosis unidad a intervalos de tiempo que corresponden a la progresión aritmética de los números impares (Tabla No.1), y relajante muscular cuando el tipo de cirugía lo requería.

#### 2.5.- M O N I T O R E O

En todos los casos, el control anestésico se hizo en base a tensión arterial, frecuencia cardíaca y perfusión tisular y la ventilación fué controlada manualmente.-

#### 2.6.- C A L C U L O S D E L I Q U I D O S Y C O N S U M O D E O X I G E N O

Un gran adelanto en la anestesia cuantitativa se produjo al determinarse con exactitud la masa metabólica activa de un individuo, y a través de ella calcular la ventilación alveolar, gasto cardíaco, manejo de líquidos pre-operatorios consumo de oxígeno y producción de bióxido de carbono.

Dicha masa metabólica activa es el resultado de elevar el peso del paciente en Kilogramos a la 3/4 potencia, o lo que-

es igual a elevar el peso al cubo y luego sacarle la raíz cuadrada, ejemplo: paciente de 70 Kg, su masa metabólica activa sería 70 al cubo =  $70 \times 70 \times 70 = 34.4 \times 10^4$ ; hallando la raíz cuadrada tenemos 585, al sacarle nuevamente la raíz cuadrada tenemos 24,2 que es la masa metabólica activa.

Entonces: Ventilación alveolar es igual a Masa metabólica activa  $\times 0,16 = 3,87$  c.c.

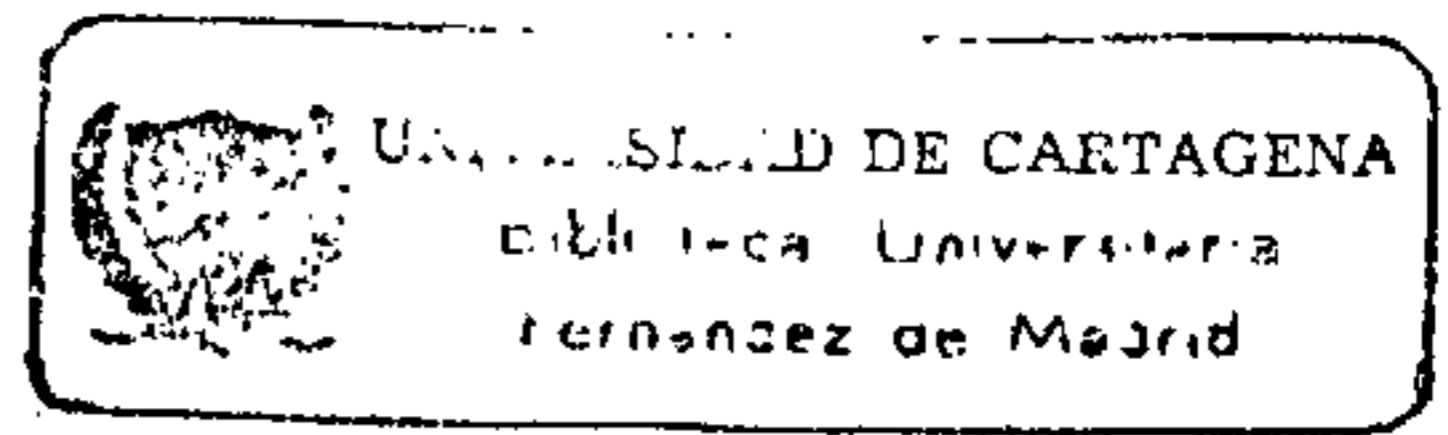
Gasto Cardíaco es igual a Masa Metabólica activa  $\times 2 = 48,2$  d.c.

Líquidos pre-operatorios es igual a Masa Metabólica activa  $\times 5 = 121$  c.c. por hora.

Producción del  $CO_2$  es igual a la Masa Metabólica activa  $\times 8 = 193,6$  c.c.

Consumo de  $O_2$  es igual a la Masa Metabólica activa  $\times 10 = 242$  c.c.

Como podemos ver, éste método nos dá cifras exactas en cuanto a parámetros tan rígidos como es el consumo de oxígeno en éste sistema, lo que nos permite suministrar exactamente el oxígeno que necesita la Masa corporal de cada paciente para su consumo, al igual que una adecuada hidratación.-



ANESTESIA GENERAL CUANTITATIVA

CON ISOFLURANO EN CIRCUITO CIRCULAR

CERRADO

DISTRIBUCION POR SEXO

SEXO	Nº DE CASOS.	%
HOMBRES	8	40
MUJERES	12	60
	-----	-----
	20	100

T A B L A 4

3.-

R E S U L T A D O S

Se tomaron veinte pacientes cuya distribución por sexo fué - de doce mujeres para un 60%, y ocho hombres para un 40% (ver Tabla #4).

En cuanto al riesgo anestésico se siguió la clasificación de la Sociedad Americana de Anestesia (A.S.A.) y se discriminaron los resultados así: 16 pacientes riesgo I, para un 80%, - 3 pacientes grado II, para un 15%; de éstos pacientes 2 eran hipertensos en tratamiento con beta bloqueadores, y otro era asmático; riesgo III hubo un solo paciente para un 5%,(Tabla #3).

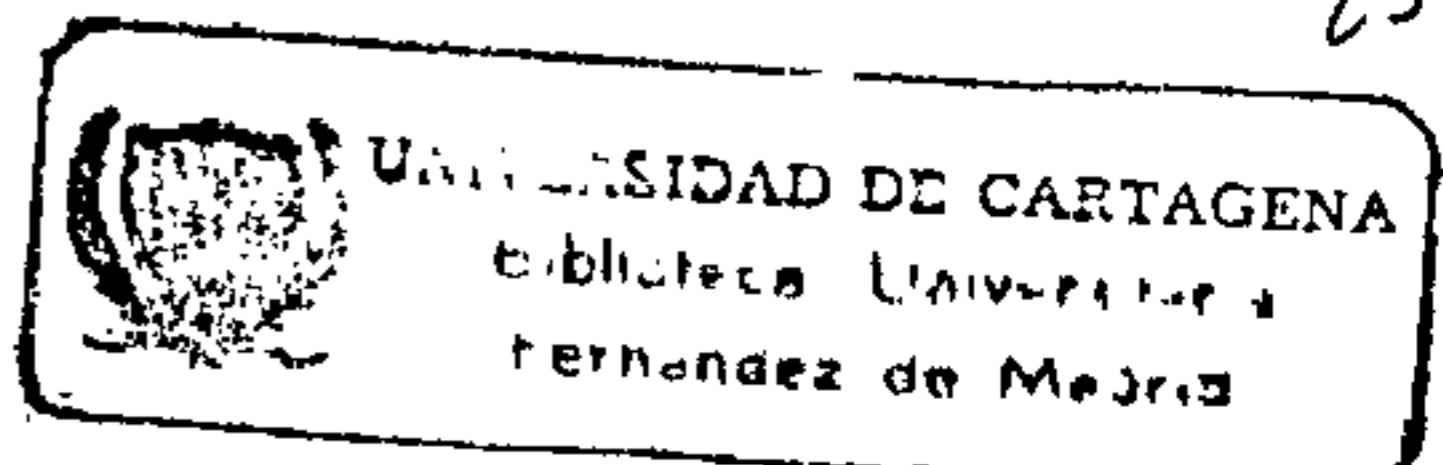
Por especialidades se obtuvieron los siguientes resultados : Ginecología :3 pacientes, 15%; Otorrinolaringología:4, 20% ; Cirugía General :9- 45%; Ortopedia :2-10%; Cirugía Plástica: 1- 5%; Oftalmología : 1-5% (Tabla #2).

La distribución por edad obtenida osciló entre los 7 años para dos casos, y los sesenta y cinco para el de mayor edad, - con una edad media de 37 años (Tabla #5).

Para el tiempo anestésico los datos tabulados nos dieron un tiempo mínimo de veinticinco minutos y tiempo máximo de tres horas ; con una media de una hora y treinta y cinco minutos. Los tiempos estuvieron así: menos de una hora, 5 pacientes - 25%; una a dos horas 6-30% y de dos horas a tres 9- 45% (Tabla #6).-

Con el peso en Kilogramos, el de menor peso fué de veinticuatro Kilos y el más pesado noventa y siete, el peso promedio





**A N E S T E S I A   G E N E R A L   C U A N T I T A T I V A**  
**C O N   I S O F L U R A N O   E N   C I R C U I T O   C I R C U L A R**  
**C E R R A D O**  
**D I S T R I B U C I O N   P O R   E D A D E S   E N**  
**A Ñ O S**

E D A D	N °   D E   C A S O S .	%
10 - 20	2	10
20 - 30	0	0
30 - 40	6	30
40 - 50	3	15
50 - 60	4	20
60 - ó más	1 -----	5 -----
T O T A L	20	100

T A B L A   5

ANESTESIA GENERAL CUANTITATIVA  
 CON ISOFLURANO EN CIRCUITO CIRCULAR  
 CERRADO

TIEMPO QUIRURGICO

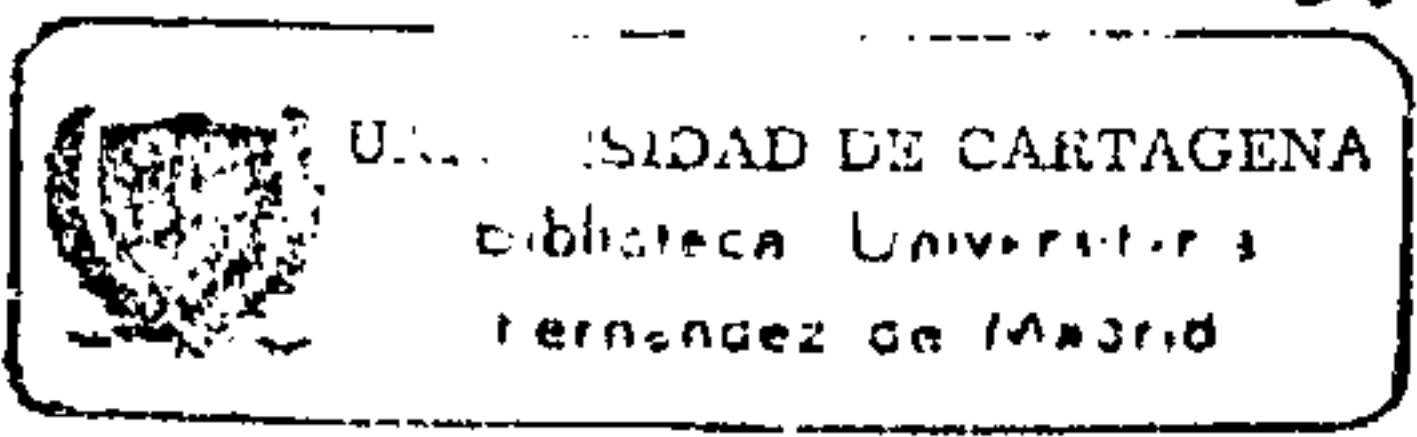
T I E M P O:	N ° DE CASOS.	%
Menos 1 Hora	5	25
1 - 2 Horas	6	30
2 - 3 Horas	-----9-----	-----45-----
T O T A L ..	20	100

fué de cincuenta y siete Kilos (Tabla #7)

Según el tiempo de recuperación medido desde el momento en que se abre el circuito hasta el momento en que el paciente obedece órdenes sencillas (Apertura de ojos), obtuvimos para la recuperación más rápida tres minutos y para la más lenta doce minutos; el tiempo promedio fué de seis minutos-treinta segundos (Tabla #8).

Para la cantidad de anestesia observamos que la cantidad mínima utilizada fué de tres y medio centímetros cúbicos y la mayor, catorce con sesenta y cuatro. Esto nos dá, que el consumo mínimo medio de anestésico fué de ocho c.c.(Tabla#9).

Finalmente para la salivación, ausente: tres pacientes para un quince por ciento; Leve catorce pacientes para un setenta por ciento; Moderada: dos pacientes y tres por ciento; y Abundante : Un paciente para completar el 100% (Tabla # 10)



ANESTESIA GENERAL CUANTITATIVA  
 CON ISOFLURANO EN CIRCUITO CIRCULAR  
 CERRADO

DISTRIBUCION POR PESO

P E S O	N ° DE CASOS.	%
20 - 30	2	10
30 - 40	0	0
40 - 50	3	15
50 - 60	9	45
60 - 70	3	15
70 - 80	2	10
80 - ó Más	----- 1 -----	----- 5 -----
T O T A L	20	100

T A B L A 7

## ANESTESIA GENERAL CUANTITATIVA

## CON ISOFLURANO EN CIRCUITO CIRCULAR

## CERRADO

## DISTRIBUCION POR TIEMPO DE

## RECUPERACION

TIEMPO DE RE CUPERACION:	Nº DE CASOS.	%
3-4 Minutos	2	10
4-5 Minutos	5	25
5-6 Minutos	4	20
6-7 Minutos	2	10
7-8 Minutos	5	25
8-9 Minutos	0	0
10- ó Más...	----- 2	----- 10
	20	100

ANESTESIA GENERAL CUANTITATIVA  
 CON ISOFLURANO EN CIRCUITO CIRCULAR  
 CERRADO

DISTRIBUCION POR CANTIDAD DE ANESTESICO

CANTIDAD	Nº DE CASOS.	%
4 - 5	3	15
6 - 7	3	15
7 - 8	5	25
9 - 10	6	30
11 - 12	2	10
13 - 14	0	0
14 - 15	1	5
	----- 20	----- 100

T A B L A 9

ANESTESIA GENERAL CUANTITATIVA

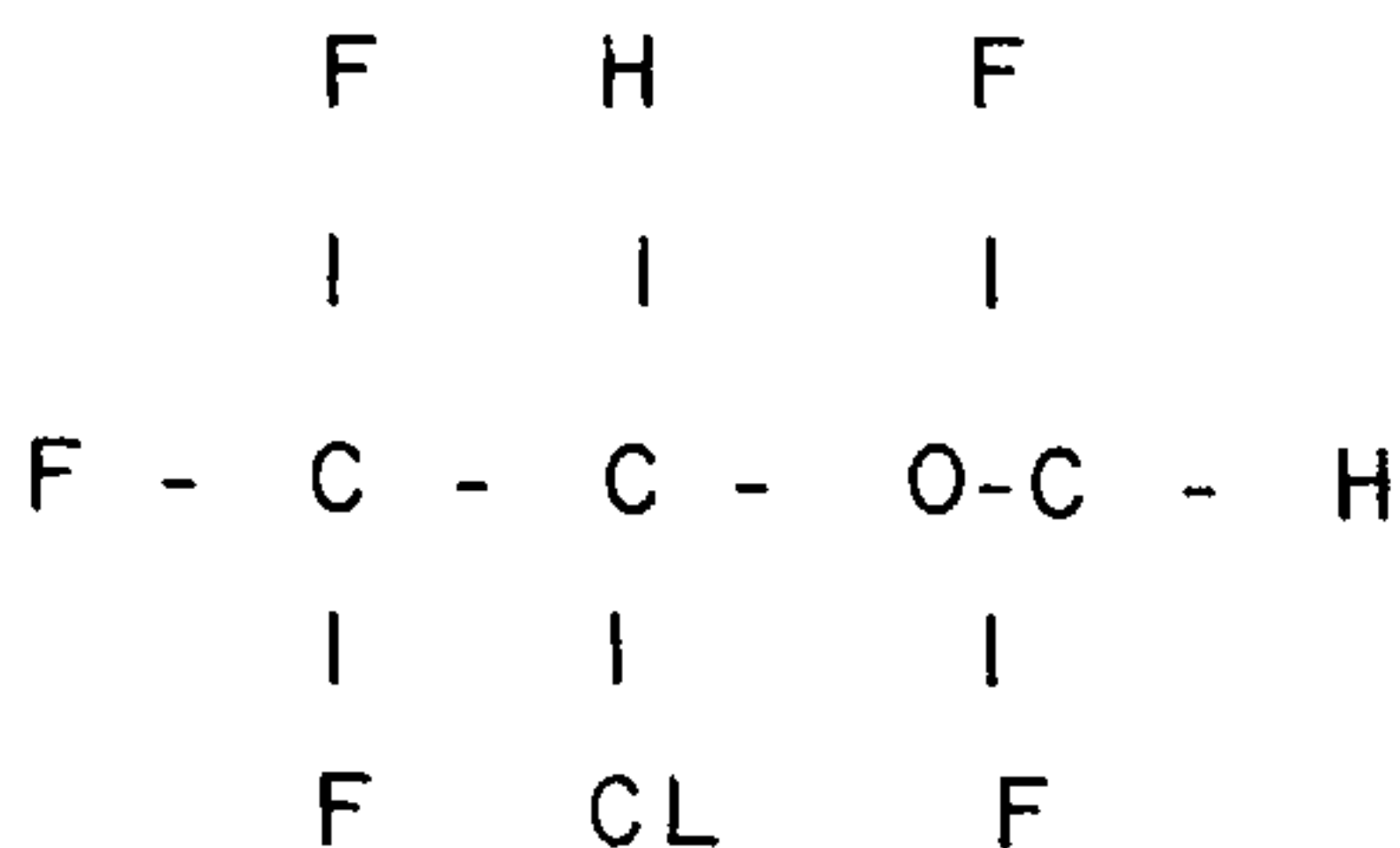
CON ISOFLURANO EN CIRCUITO CIRCULAR

CERRADO

SALIVACION

CANTIDAD	Nº DE CASOS.	%
0	3	15
+	14	70
++	2	10
+++	-----1-----	-----5-----
TOTAL ...	20	100

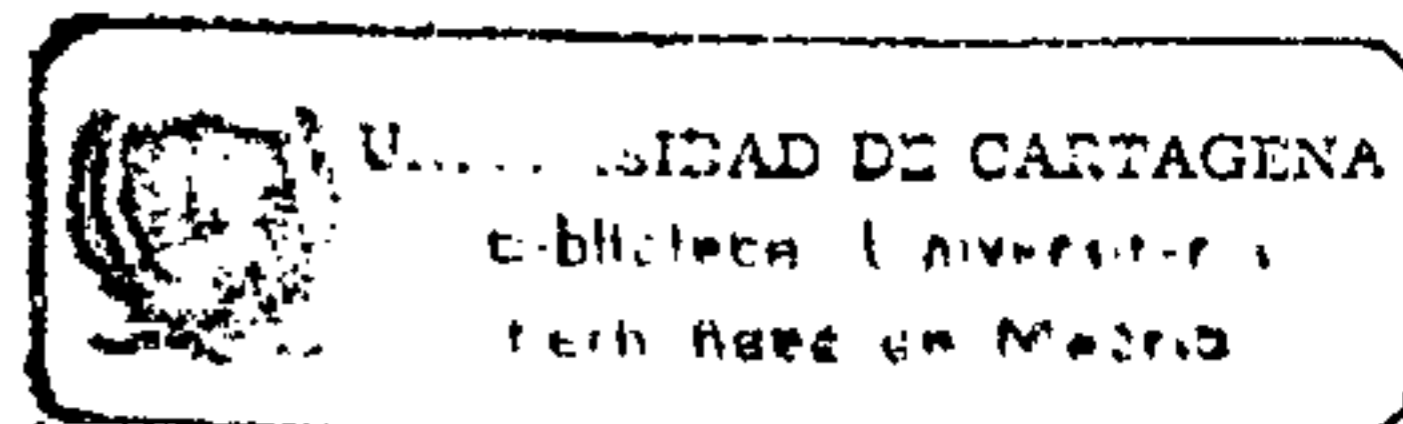
FORMULA QUIMICA  
DEL ISOFLURANO.



1 - CLORO 2, 2, 2 TRIFLUOROETIL DIFLUOROMETIL ETER.  
CF<sub>3</sub> - CHCL - O - F<sub>2</sub>

GRAFICA N° 3.





#### 4.- I S O F L U R A N O

4.1.- I N T R O D U C C I O N.- Los anestésicos inhalatorios potentes usados en la práctica moderna de la anestesia, son el desarrollo de la química fluorinada durante la Segunda Guerra Mundial, para la producción de la bomba atómica.

Fluroxene fué el primero de éstos agentes, pero nunca alcanzó amplia popularidad por su pungencia y tendencia a producir maréo y vómito post-operatorio. Fué desplazado por el Halotano que rápidamente llegó a ser el principal anestésico inhalatorio. A pesar de las ventajas del Halotano, se hicieron aparentes sus defectos al cabo de cierto tiempo de estar utilizándolo en la práctica clínica. Particularmente está relacionado con daño hepático, sensibilización del miocardio a las catecolaminas, tanto endógenas como exógenas, y a la depresión cardiorrespiratoria; como resultado la búsqueda de un mejor anestésico prosiguió. Metoxyflurano, Enflurano y ahora el Isoflurano son el producto de éstas investigaciones.

El Isoflurano o compuesto 469 es el último de la serie de los metiléteres, y fué sintetizado en 1.965 por ROSS C. TERREL, en los laboratorios de la OHIO MEDICAL, en New PROVINCE New Jersey, a pesar de ser isómero del Enflurano es más difícil de sintetizar y purificar que éste, por lo que demoró dos años más en ser producidos.

Dadas sus excelentes propiedades que fueron confirmadas duran

te su uso en la fase experimental, se proyectó lanzarlo al mercado para su uso clínico en el año 1.975, pero en ese mismo año el Dr. CORBETT realizó un trabajo con ratones y demostró que la incidencia de cáncer de hígado fué mayor en los ratones que recibieron Isoflurano, que en los que no lo habían recibido; ésta temible sombra impidió la comercialización del producto.

Al año siguiente se practicó un estudio por el DR. L.SPEER, con la colaboración del mismo Dr. CORBETT, y se halló que la aparente carcinogenicidad del Isoflurano era falso, y que los ratones del estudio de CORBETT estuvieron contaminados con bifenilos polibromados, un agente ampliamente conocido como carcinogénico; despejadas estas dudas la administración de drogas y alimentos de los Estados Unidos, dieron en el año 1.979 la aprobación para su uso clínico, y al año siguiente 1.980, se le dió vía libre en el Canadá, y hasta éste año es que en nuestro País se comienza a trabajar con éste elemento.

#### 4.2.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

Al igual que el Metoxiflurane y el Enflurane, el Isoflurano es un metiléter, además el Isoflurano es un Isómero estructural del Enflurane y por ello comparte muchas de las propiedades de éste, y otras que le son propias al cambiar de posición algunas radicales.-

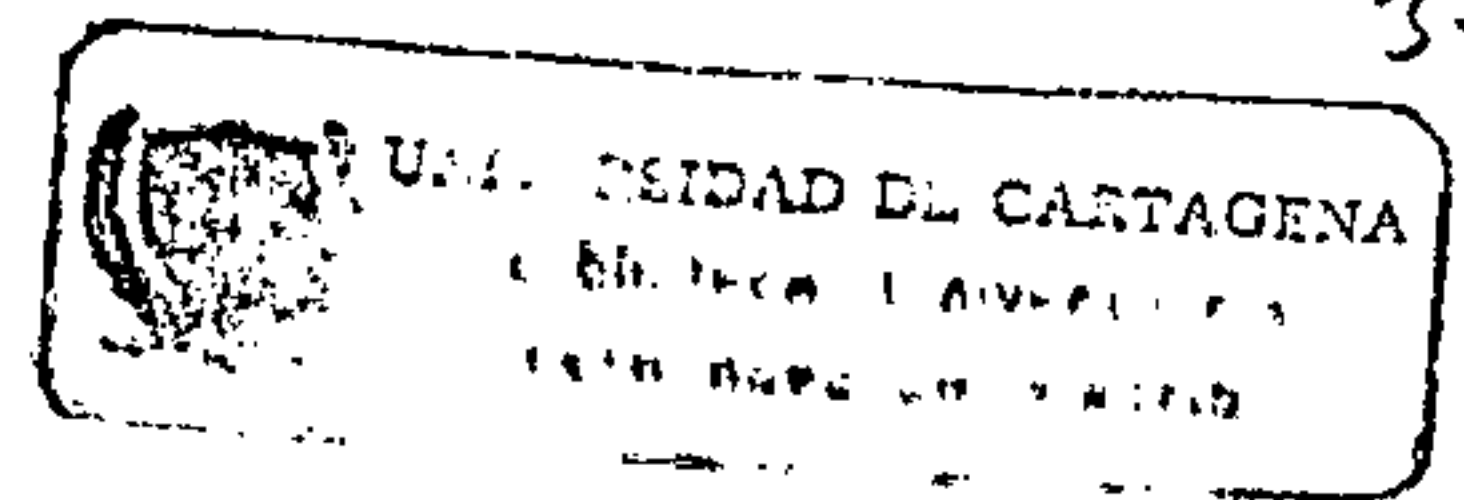
Estos tres éteres difieren del Halotano que es un alcano. Esta diferencia es importante porque los alcanos en general predisponen a las arritmias cardíacas, mientras que los éteres no lo hacen. Todos cuatro son halogenados; Fluorinados y clorinados; además de que el Halotano es brominado. La Fluorinación es esencial para hacer el producto poco inflamable, la clorinación reduce el metabolismo y por consiguiente la toxicidad a nivel de hígado y riñón.

Los cuatro agentes varían considerablemente en su presión de vapor, excepto para el Halotano y el Isoflurano que tienen presiones muy parecidas. Esto significa que un vaporizador tipo "TEC", calibrado para Halotano o Isoflurano, tendrá una seguridad de que la cantidad de vapor producido será similar para ambos, sin embargo el intercambio de anestésico no se recomienda por el posible error de identificación y la contaminación del vaporizador.

Hay autores que recomiendan vaciar el vaporizador y dejarlo vaporizando durante veinte minutos, para eliminar cualquier resto posible del agente; pero en la práctica nuestra hemos notado que al retirar el Halotano y dejar el vaporizador trabajando los veinte minutos, al cabo de éstos aún se percibe el olor característico de éste, por lo que creemos que es más prudente no limitarse a los veinte minutos de vaporización, sino que, además cumplido el tiempo de vaporización, hay que olfatear el circuito para constatar que el flujo proveniente

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS.	
PROPIEDAD	ISOFLURANO.
FORMULA	$  \begin{array}{c}  \text{F} \quad \text{H} \quad \text{F} \\    \quad   \quad   \\  \text{F}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{H} \\    \quad   \quad   \\  \text{F} \quad \text{Cl} \quad \text{F}  \end{array}  $
PESO MOLECULAR	184.5
GRAVEDAD ESPECIFICA (25°C)	1.50
PUNTO DE EBULLICION (°C).	48.5
PRESION DE VAPOR TORR	
18° C	218
20° C	238
22° C	261
26° C	311
OLOR	ETEREO
PUNGENCIA	SUAVE
PER SERVATIVO	NO NECESITA
ESTABILIDAD EN: SODA LIMA LUZ UV.	ESTABLE ESTABLE.
REACCION CON METALES.	NO.
CONCENTRACION INFLAMABLE MINIMA(%) CONDICIONES DE LABO- RATORIO(70% N <sub>2</sub> O/30% O <sub>2</sub> )	7.0.

TABLA N° 11 50136



del vaporizador es inodoro; si así no lo fuere hay que prolongar el tiempo de vaporización hasta que desaparezca el olor.

El Enflurane y el Isoflurano poseen una suave pungencia que limita la tasa de captación inspirada que permita al paciente que respire espontáneamente. Esto puede producir una inducción inhalatoria más lenta con éstos agentes, que con el Halotano ya que éste no posee ésta limitante.

El Isoflurano y el Enflurane son más estables que el Metoxiflurane y el Halotano, éstos dos últimos requieren de preservativos para mantener su estabilidad; al volatilizar el anestésico, la concentración del preservativo aumenta y produce atascamiento de las partes móviles del vaporizador que entren en contacto con él; como por ejemplo el dial del vaporizador o los dispositivos termocompensadores.

Tanto el Halotano como el Metoxiflurano se descomponen en presencia de la luz ultravioleta, la cal sodada o los álcalis fuertes. La descomposición del Halotano en circuito cerrado con la cal sodada, dá origen a un producto tóxico, sin embargo la cantidad de sustancia producida es muy pequeña.- Ni el Enflurano ni el Isoflurano se descomponen en presencia de los álcalis, cal o la luz.

El Isoflurano es el agente anestésico menos soluble en sangre

de los cuatro, de no ser por la limitación impuesta por la -  
pungencia, ésto implicaría que el Isoflurano sería el induc-  
tor más rápido de todos. Al mismo tiempo la baja solubilidad  
en sangre conlleva una recuperación más rápida, y que la con-  
centración alveolar del agente puede ser controlada con ma-  
yor precisión que con los otros agentes. Hay que añadir que,  
de todas maneras la diferencia de solubilidad entre el Halo-  
tano, Enflurano e Isoflurano, es pequeña.

La potencia del Isoflurano está entre la del Halotano y el -  
Enflurano; es interesante hacer resaltar la mayor potencia -  
del Isoflurano en relación con el Enflurano, a pesar de que -  
su coeficiente de partición aceite-gas, son similares.

El valor del MAC del Enflurano más alto, podría resultar de -  
la capacidad de éste para producir excitación del sistema -  
nervioso central, una capacidad que puede antagonizar parcial-  
mente sus efectos anestésicos.

Para mayor información de las propiedades físicas, ver la ta-  
bla de propiedades adjunta.

COEFICIENTES DE PARTICION A 37°C.

	ISOFLURANO	ENFLURANO	HALOTANO.
SANGRE / GAS	1.4	1.9	2.3
CEREBRO / GAS	3.6	2.6	4.1
GRASA / GAS	94.5	105.0	185.0
HIGADO / GAS	3.5	3.8	7.2
MUSCULO / GAS	5.6	3.0	6.0
ACEITE / GAS	90.8	98.5	224.0
AGUA / GAS	0.6	0.8	0.7
CAUCHO / GAS (23°C)	62.0	74.0	120.0

5.-

C O N C L U S I O N E S

5.1.- C I R C U L A T O R I O .- Pudimos notar que hay una-tendencia a aumentar levemente la frecuencia cardíaca inde-pendientemente de la estimulación quirúrgica, produciéndose dicho aumento entre el primer y el décimo minuto de iniciado el acto quirúrgico con tendencia a basal entre el minuto diez y el treinta; y obteniéndose de allí en adelante la frecuencia cardíaca que se tenía al inicio de la anestesia.

Es de anotar que el aumento de la frecuencia cardíaca es más notorio en las personas jóvenes (nuestro promedio de edad - fué de 37 años), y está en relación inversa con la edad, lo que está de acuerdo con los estudios de FORREST<sup>9</sup>. Dicho autor sostiene además que la frecuencia cardíaca aumenta más- si se deja al paciente respirar espontáneamente que contro-lándole.

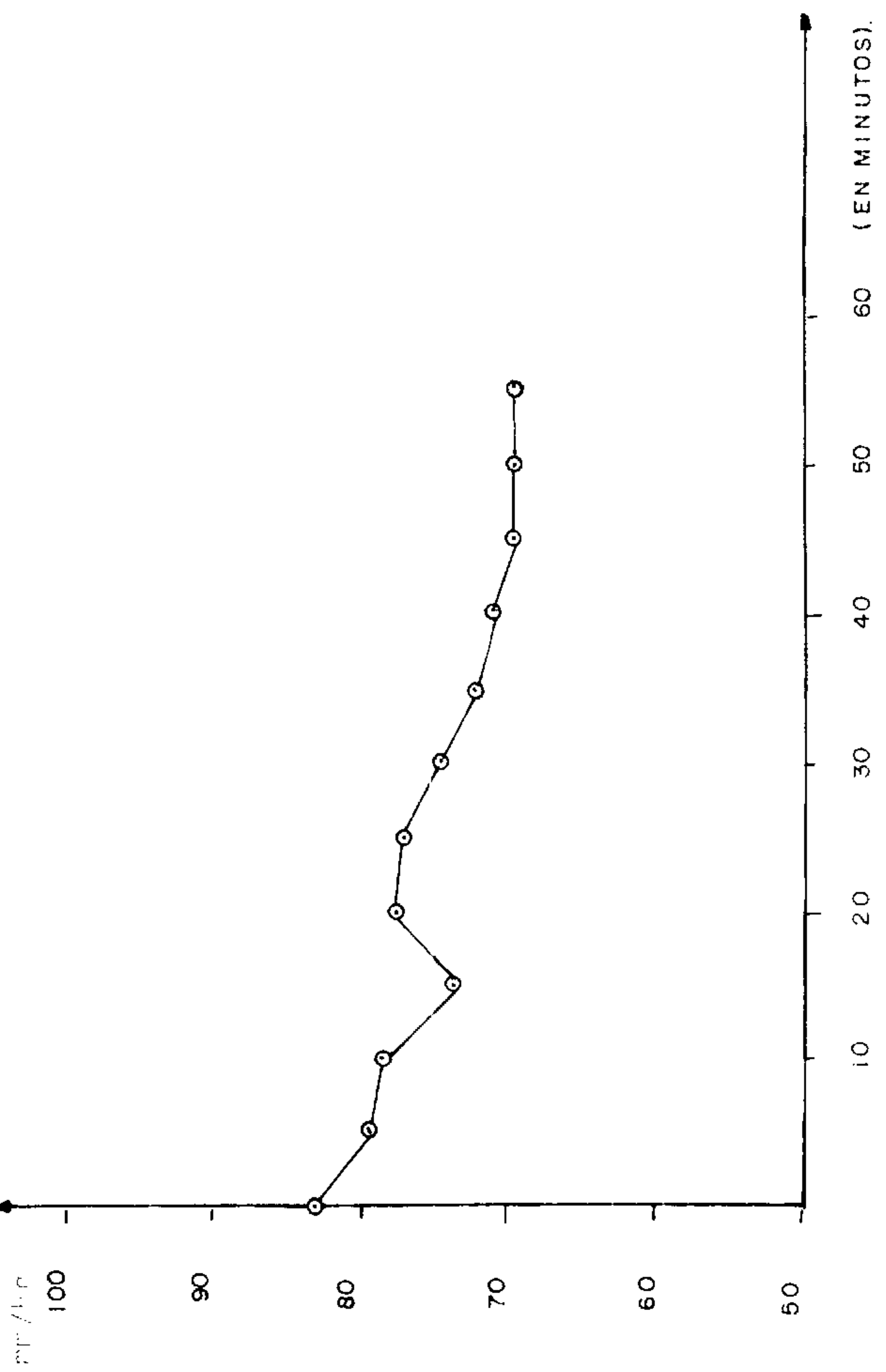
Referente a la tensión arterial pudimos observar una marcada estabilidad, mayor que la observada al utilizar el anestésico con vaporizador. La presión arterial es el elemento de -juicio de profundidad anestésica más fidedigna con éste anés-tésico. Los pacientes hipertensos que fueron anestesiados con éste agente todos estaban recibiendo beta-bloqueadores y no tuvieron comportamiento diferente al resto de los pacientes.

El comportamiento del Isoflurano cuando se utiliza catecolaminas



ANESTESIA GENERAL CUANTITATIVA CON ISOFLURANO EN CIRCUITO CERRADO"

P.A.M.



VARIACION EN PRESION ARTERIAL

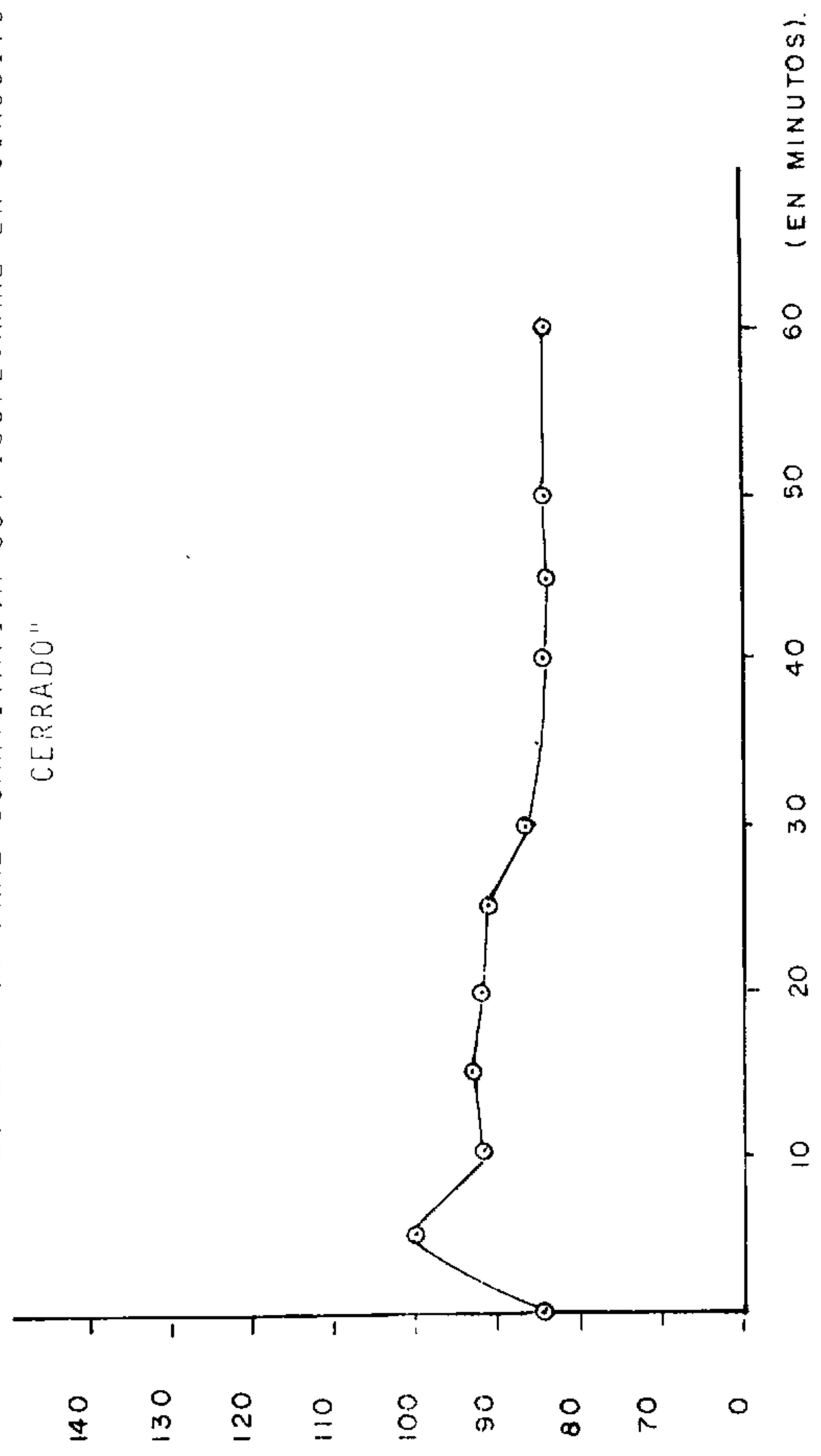
1954

minas, es excelente; en los cuatro pacientes de ORL y el de cirugía plástica se utilizó epinefrina en dosis que oscilan desde 1.9 ug/Kg, hasta los 4 ug/Kg, sin que se observara la aparición de extrasístoles; se tiene estipulado como dosis-máxima de adrenalina para éste agente 6,7 ug/Kg, mayor que los 3.7 ug/Kg del Halotano con lidocaína<sup>8</sup> que aunque no alcanza los 10 ug/Kg del Enflurano se sabe que con éste, en algunos pacientes a baja dosis presentan arritmias, sin que se haya podido esclarecer éste fenómeno. En nuestros pacientes observamos aumento de la FC pero no de TA, al utilizar epinefrina, pero dicho efecto fué pasajero y cedió a los cinco minutos, lo que está de acuerdo con otros autores<sup>2</sup>.

5.2.- NEUROMUSCULAR.- El relajante utilizado fué el pancuronio, que dicho sea de paso produce aumentos adicionales de la frecuencia cardíaca; comenzamos utilizándolo a 0.05 mg/Kg, y fuimos bajando la dosis hasta 0,03 mg/Kg, obteniendo aún magnífica relajación. Esto nos indica que se trata de un elemento que potencia los relajantes en igual proporción que el Enflurano, lo que es característico de los metiléteres en mayor proporción que los alkanos.

5.3.- RESPIRATORIO.- Dado que en nuestro trabajo la inducción no fué inhalatoria sino endovenosa, no observamos una serie de efectos indeseables como son: la tos, la ríngoespasma etc; además la ventilación fué controlada manualmente puesto que al utilizar flujos bajos de oxígeno -

F.C.A. " ANESTESIA GENERAL CUANTITATIVA CON ISOFLURANE EN CIRCUITO CERRADO"



MODIFICACIONES EN LA FUNCION CARDIACA

U. P. 4. 43

ajustados al consumo metabólico, no se puede correr el riesgo de alterar el transporte de oxígeno desde la máquina hasta los tejidos, de por sí transgredido con los cambios de posición, las bajas de tensión arterial, los desbalances de la relación ventilación-perfusión, etc.

Pero sí está claro que, en el paciente que está respirando espontáneamente el Isoflurano deprime la función respiratoria en grado mayor que el Halotano, pero menor que el Enflurano, efecto que es contrarrestado en parte por la estimulación quirúrgica.

En cuanto al aumento de la secreción ocupa también lugar intermedio entre ambos agentes citados. Se utilizó el Isoflurano con un paciente asmático que estaba recibiendo betamiméticos y no se presentó durante el curso de la anestesia complicación alguna; aunque FORREST<sup>9</sup> considera que el Halotano sigue siendo superior para el manejo de pacientes con problemas pulmonares.

5.4.- **N E R W I O S O**. - A pesar de que no tuvimos ninguna experiencia con pacientes que presentasen patología de éste sistema, es sabido que al igual que los otros agentes inhalatorios es un vasodilatador cerebral menos potente que el Halotano y el Enflurano, dados todos a 1 MAC, y que dicha vasodilatación se puede contrarrestar con la hiperventilación, y

que a diferencia del Halotano la hiperventilación se puede iniciar al momento de administrar el anestésico, lo que no sucede con el agente antes citado porque con él, hay que practicar la hiperventilación previamente.

Aunque la mayoría de los autores revisados coinciden en afirmar que, el Isoflurano carece de actividad estimulante en el sistema nervioso central, como el Enflurano cuando es administrado con  $PCO_2$  bajos y MAC altos; encontramos un reporte del Dr. POULTON y ELLIGSON<sup>19</sup>, en el cual relata el caso de un paciente que presentó convulsiones en dos ocasiones y que los antecedentes clínicos y electroencefalográficos eran completamente negativos.

5.5.- RECUPERACION Y METABOLISMO.- Debido a que su coeficiente de solubilidad en sangre es menor que el de otros agentes, el tiempo de recuperación es más corto para éste anestésico, y además no parece alargar el tiempo de recuperación en proporción directa a la duración de la cirugía sino que se mantiene estable<sup>9</sup>. Nuestro tiempo promedio de recuperación de seis minutos con treinta y siete segundos, es promedio entre cinco minutos y ocho segundos del Doctor ALVAREZ<sup>2</sup>, y el siete con tres del Doctor ALDRETE<sup>1</sup> y mucho más corto que los diez minutos del Doctor FORREST<sup>9</sup>.

Debido a su poca solubilidad, y el corto tiempo de recuperación su metabolismo de 0.17% es prácticamente nulo, compara-

do con el 2% del Enflurano, el 20% del Halotano, y el 50% del Metoxiflurano. Teniendo como principal metabolito el ácido trifluoroacético, los niveles del fluoruro sérico, con el Isoflurano son de 3,6 umol /litros comparado con los 15,6 umol/litros del Enflurano. Los niveles nefrotóxico de los fluoruros son de 50 umoles/litros; como podemos ver el margen de seguridad del Isoflurano es muy grande por lo que se considera atóxico.

5.6 .- **C O S T O S .-** Esta es una de las principales desventajas del Isoflurano con respecto a los otros agentes, dado su elevado costo ya que el frasco de 120 c.c. cuesta actualmente \$7.950,00 quedando el c.c. a \$66,25 comparado con los \$25,50 por c.c. y los \$13,70 por c.c. del Enflurano y el Halotano respectivamente.

Pero utilizando la anestesia cuantitativa éste problema desaparece sobre todo si se utiliza en procedimientos de larga duración.

Sabemos que un vaporizador de Isoflurano consume un promedio de 14,8 ml/hora<sup>2</sup>, lo que para una anestesia de tres horas representaría \$2.941,00 y 44,5 c.c. del anestésico; y nosotros en una anestesia de tres horas para un paciente de 97-Kilos nos gastamos 14,64 c.c. para un costo de \$967,00. Como podemos ver los costos se reducen prácticamente en un

300%, siendo ésta economía una de las principales ventajas de éste sistema cuantitativo con Isoflurano, neutralizándose así la desventaja de su alto costo en comparación con los otros agentes.-

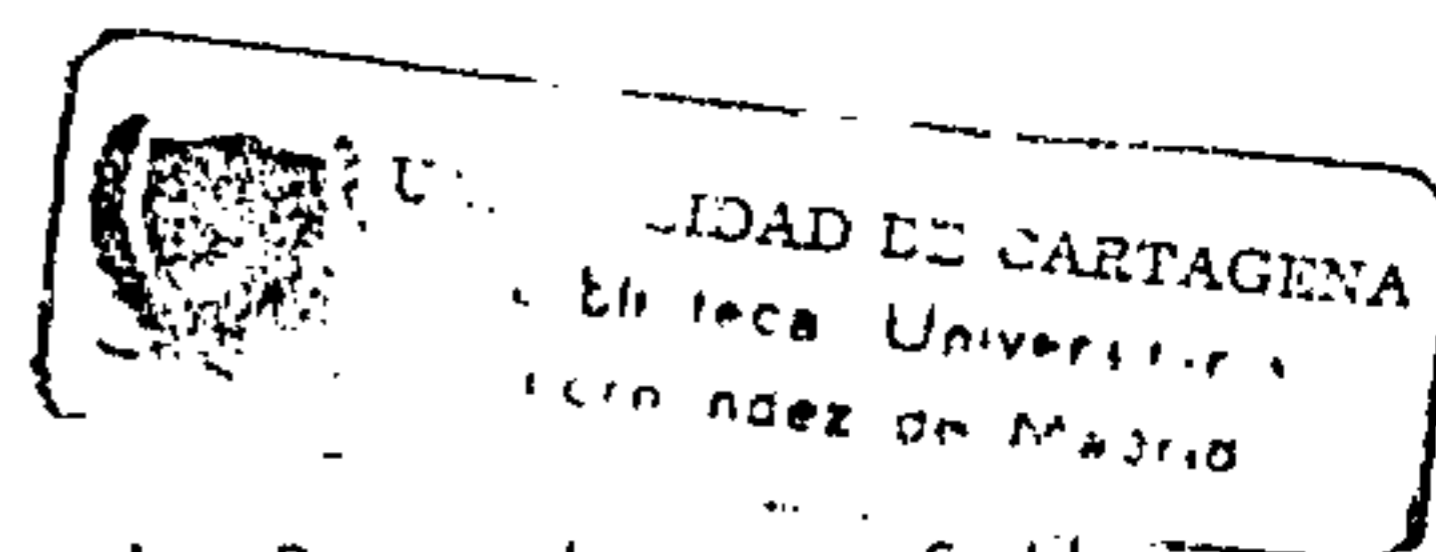
6.-

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

- 1.- ALDRETE ANTONIO "Uso clínico del Isoflurano" Revista Colombiana de Anestesiología, Bogotá V2 No.4, Editorial Gente Nueva 1.983,pág 315-321.
- 2.- ALVAREZ JUAN J. "FORANE: Reporte preliminar" Revista Colombiana de Anestesiología. Bogotá - V 10. No.2 Edit.Gente Nueva,1.982, - págs: 151-156
- 3.- BASTARD O. AND J. CARTER. "Circulatory Effects of Isoflurane in patients with Ischemic Heart-Disease". Anesthesia and analgesia Cleveland V.63 No.7 International Anesthesia Research, 1.984, Págs: 635-639
- 4.- CAMERON C.S.ROBINSON AND G. GREGORY. "The minimum anesthetic concentration of Isoflurane in children" Anesthesia and Analgesia Cleveland V.63 No. 6 International Anesthesia Research 1.984, págs; 418-420
- 5.- COLLINS VINCENT " Principles of Anesthesiology". Lea - and Febiger Philadelphia, 2a Edición - 1.979, Págs: 1512-1514.
- 6.- CONWAY CM. "Low Flow And Closed Breathing System" Clinic in Anaesthesiology.inhalation -



- Anaesthesiology. V.1.No.2,London Philadelphia, Editorial Saunders Company 1.983, Págs: 275-290.
- 7.- EGER EDMOND. "Isoflurano: A Review", Anesthesiology.V.55 No.5, Chicago Lipincott 1.981, Págs: 559-576
- 8.- EGER EDMOND "Isoflurano" Annual refresher courses Chicago Lipincott, 1.982, Cap.212 Pags 1-6
- 9.- FORREST JAMES. "Isoflurane, Past, Present and Future" Clinic in Anaesthesiology inhalation- Anaesthesiology.V.1 No.2 London Philadelphia,Editorial Saunders Company, 1.983- págs: 251-274.
- 10.- GELMAN S,K.FOWLER "Regional blood flow during Isoflurane and Halotane Anesthesia" Y L.SMITH. Anesthesia and Analgesia Cleveland.International Anesthesia Research V'63 - No. 6, 1.984, págs: 557-565.
- 11.- KORTTILE K. AND "Recovery after out patient Isoflurane and Enflurane Anesthesia" J. VAL. Anesthesia y Analgesia Cleveland V.64 No.2 International Anesthesia Research 1.984, págs: 239.



- 12.- LEBOWITZ PHILIP. "Clinic Anesthesia Procedures of the Massachusetts General Hospital," Boston Little, Brown and Company, Quinta-Edición 1.981, páginas 39.
- 13.- LOWE HARRY "Closed system Anesthesia: How to do it" Annual refresher courses, Chicago Editorial Lipincorr, 1.982 Pags:315-321
- 14.- LOWE HARRY. "Anestesia Cuantitativa en sistema cerrado en el paciente críticamente enfermo"  
Revista Colombiana de Anestesiología V. 12 No. 1, Bogotá Editorial Gente - Nueva, 19.84 Págs: 119-127.
- 15.-MANINEN P.H. " The effect of Isoflurane induced hypotension on the Myocardium" Anesthesia and Analgesia Cleveland, V.64 No. 2, International Anesthesia. 1.985 - pág: 251.
- 16.- PARRA CARLOS "Enflurano: dosis cuantitativa en Sistema cerrado" REvista Colombiana de Anestesia, Bogotá V.8 No. 1, Editorial Gente Nueva 1.984, págs: 36-45
- 17.- PARRA CARLOS. "Principios de Anestesia cuantitativa" Revista Colombiana de Anestesiología,

Bogotá V.12, Bogotá Editorial Gente nueva  
1.984, Páginas: 123-128.

18.-PEARSON JAMES "Prolonged Abesthesia with Isoflurane" -  
Abesthesia y Analgesia Cleveland, V.64 No.  
1, International Anesthesia Reserch 1.985  
Páginas: 92-93.

19. POULTON T. AND "SEIZURES Associated with induction of -  
R. ELLINGSON Anesthesia with Isoflurane". Anesthesiolo  
gy Philadelphia V.16 No.4, Editorial J.B.  
Lipincott 1.984. Páginas: 471-476.

50136