

11224



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
JEFATURA DE ENSEANZA E INVESTIGACION  
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES  
CENTRO MEDICO NACIONAL LA RAZA

## CORRELACION DEL GASTO CARDIACO MEDIDO POR LOS METODOS DE TERMODILUCION Y BIOIMPEDANCIA ELECTRICA TRANSTORACICA EN PACIENTES CON INESTABILIDAD HEMODYNAMICA

### T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO  
DE LA ESPECIALIDAD DE :  
MEDICINA DEL ENFERMO ADULTO  
EN ESTADO CRITICO  
P R E S E N T A :  
DR. ABRAHAM ANTONIO CANO OVIEDO

ASESORES : DR. FERNANDO MOLINAR RAMOS  
DR. JOSE ANGEL BALTAZAR TORRES



MEXICO, D.F.

2000

28-401



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**DIRECTORES DE TESIS:**

**DR. FERNANDO MOLINAR RAMOS.**

**DRA. MARÍA INÉS VAZQUEZ HERNÁNDEZ.**

**DR. JOSÉ ÁNGEL BALTAZAR TORRES.**



hospital de especialidades

**DIVISION DE EDUCACION  
E INVESTIGACION MEDICA**

ARTURO BOULES RAMO

JEFE DE EDUCACION E INVESTIGACIONES MEDICAS  
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES DEL CENTRO MEDICO NACIONAL  
"LA RAZA"

DR. FERNANDO MOLINAR RAMOS  
PROFESOR TITULAR DEL CURSO UNIVERSITARIO DE  
MEDICINA DEL ENFERMO EN ESTADO CRITICO  
JEFE DEL SERVICIO DE CUIDADOS INTENSIVOS  
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CENTRO MEDICO NACIONAL  
"LA RAZA"

PROTOCOLO No. 99690 0106

- A LA MEMORIA DE MI PADRE QUIEN FUE Y SEGUIRA SIENDO UN EJEMPLO A SEGUIR.
- A “PATTY” Y “DANNY” QUIENES ME IMPULSAN A SEGUIR ADELANTE A PESAR DE TODAS LAS CIRCUNSTANCIAS Y QUE SON MOTIVO PARA SER MEJOR DÍA A DÍA.
- A MI MADRE PÓR SU AMOR Y APOYO INCONDICIONAL.
- A MIS HERMANOS SAMUEL Y LUIS CON TODO EL CARIÑO.
- A MIS PROFESORES DEL CURSO QUIENES SON FUENTE DE SUPERACION TODOS LOS DÍAS
- A TODOS LOS PACIENTES QUIENES SIEMPRE HAN SIDO UN LIBRO ABIERTO Y HAN FORMADO PARTE DE MI FORMACIÓN PROFESIONAL.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
MATERIAL Y MÉTODOS.....	6
RESULTADOS.....	8
DISCUSIÓN.....	9
CONCLUSIONES.....	11
BIBLIOGRAFÍA.....	12

### GRAFICAS Y CUADROS

CUADRO 1.....	CARACTERÍSTICAS DE LOS PACIENTES
FIGURA 1.....	EDAD PROMEDIO
FIGURA 2.....	SEVERIDAD DE LA ENFERMEDAD
FIGURA 3.....	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN "r"

## **RESUMEN.**

**TITULO.** Correlación del gasto cardiaco por los métodos de termodilución(TD) y bioimpedancia eléctrica transtoracica(BET) en pacientes con inestabilidad hemodinámica.

**OBJETIVO.** Determinar si existe diferencias del gasto cardiaco en pacientes con inestabilidad hemodinámica cuando se mide por TD y BET.

**MATERIAL Y METODOS:** Se estudiaron 10 pacientes, 9 hombres y 1 mujer que ingresaron a la unidad de cuidados intensivos. Cursaron con inestabilidad hemodinámica y que su terapéutico requirió de instalación de catéter flotación en la arteria pulmonar, de forma paralela simultanea se instalo el equipo de BET (Cardiodynamics international, Mod B2 4110-05) de acuerdo a la especificaciones del fabricante. Se registro el GC por TD y de manera simultánea se registro el GC mostrado en la pantalla del equipo de BET se correlacionaron con los obtenidos con TD mediante el coeficiente de correlación  $r$ .

**RESULTADOS.** Se analizan 10 pacientes, 9 hombres y 1 mujer con edad promedio de  $60.4 \pm 16.68$  años. La severidad de la enfermedad por APACHE II fue de  $19.6 \pm 5.70$  y el promedio de la presión arterial media fue de  $76.42 \pm 16.4$  mmHg. Se realizaron 85 determinaciones del GC por ambos métodos. El valor promedio del GC medido por TD fue de  $5.23 \pm 0.16$  L/m y por BET fue de  $5.03 \pm 0.15$  L/m. El coeficiente de correlación  $r$  fue de 0.938 con valor de  $P < 0.05$ .

**CONCLUSIONES:** La determinación del GC por BET es tan confiable como los resultados que se obtienen por TD con la ventaja de que el primero es un método no invasivo determinando además el GC de manera continua.

**PALABRAS CLAVE:** GASTO CARDIACO, TERMODILUCION, BIOIMPEDANCIA ELECTRICA TRANSTORACICA, INESTABILIDAD HEMODINAMICA.

**TITLE:** Correlation between cardiac output measured by thermodilution method and transthoracic electrical bioimpedance in hemodynamically unstable patients.

**OBJECTIVE:** Compare Cardiac output (CO) using the thermodilution method (TD) vs the transthoracic bioimpedance method (TB) in hemodynamically unstable patients.

**MATERIAL AND METHODS:** 10 patients were studied, who were admitted to the ICU and presented hemodynamic instability and requires a Swan-Ganz catheter. Simultaneously a bioimpedance monitor was installed (Cardiodynamics international, Mod B2 4110-05) according to the fabricators specifications. The CO by TD was registered and simultaneously the CO on the screen of the TB monitor. The values obtain by TD were correlated with those obtain by TB using the correlation coefficient  $r$ , a value of  $p < 0.05$  was considered significant.

**RESULTS:** 10 patients were analysed 9 men and 1 woman with averang age  $60.4 \pm 16.68$  yrs. The severity of their illnes using the APACHE II score was  $19.6 \pm 5.70$ . The average mean arterial pressure was  $76.42 \pm 16.4$  mmHg. A total of 85 measurements of CO using both methods was obtain, The average of CO by TD method was  $5.23 \pm 0.16$  lts/min and by TB was  $5.03 \pm 0.15$ . The coefficient  $r$  was 0.938 and  $p$  obtain a value af  $< 0.05$ .

**CONCLUSION:** The measurements fo CO used the TB is accurated as teh obtain using the TD method also, the TB is non-invasive and continous.

**KEY WORDS:** CARDIAC OUTPUT, THERMODILUTION, BIO-IMPEDANCE, HEMODYNAMIC UNSTABILITY.

## INTRODUCCION

El gasto cardiaco (GC) es un reflejo de la función cardiovascular y su determinación en los pacientes en estado crítico es parte fundamental de la evaluación integral, lo que permite la identificación del estado cardiocirculatorio y con ello optimizar el plan terapéutico.

El GC puede medirse a la cabecera del paciente mediante diversos métodos. El método de termodilución (TD) se considera el estándar de oro, este método requiere de la colocación de un cateter multilumen (cateter de Swan-Ganz) en la arteria pulmonar a través de un acceso venoso (una vez instalado en su posición correcta, el lumen proximal se encuentra en la aurícula derecha y el lumen distal en la arteria pulmonar). Este método fue descrito desde 1957, pero es hasta 1971 en que Ganz y colaboradores lo introducen en la práctica de la medicina. El método de TD consiste en la administración de un indicador (solución fría) a través del extremo proximal del catéter, el efecto dilucional del indicador en el torrente sanguíneo es medido en el extremo distal mediante un sensor de temperatura y se calcula el GC mediante la siguiente fórmula:

$$GC = \frac{V1 \cdot (TB - T1) \cdot K1 \cdot K2}{TbdT}$$

En donde V1 es el volumen del indicador inyectado, TB es la temperatura sanguínea, T1 es la temperatura del indicador, K1 es el factor de densidad sanguínea y K2 es la constante de cómputo, TbdT es el cambio de la temperatura del indicador en función del tiempo (1)

En 1870, Adolfo Fick promulgo la teoria para calcular el flujo sanguineo pero que nunca uso en su laboratorio: La toma o liberación de una sustancia por un órgano es el producto del flujo sanguíneo de dicho órgano y la concentración arterio venosa de la sustancia. La formula de Fick es la forma del indicador dilucional. En este método el oxigeno que ingresa a la circulación pulmonar es el indicador que es medido en el flujo sanguineo pulmonar. De acuerdo a el principio de Fick, el GC (litros por minuto) es igual a el consumo de oxigeno (V02) dividido por la diferencia arteriovenosa (D(av)02) multiplicado por 10.

$$GC = \frac{vO_2}{D(av)O_2} \times 10$$

Este es un método directo para medir el GC. Existen métodos indirectos para la medición del GC y este se basa en que cuando una sustancia indicadora es agregada a la corriente sanguínea, la proporción del flujo será inversamente proporcional a la concentración media del indicador en el sitio flujo distal. El método original de dilución utilizaba una sustancia colorante denominada indocianina verde, como una sustancia indicadora, en la actualidad se utiliza solución fría como indicador (indicador térmico)

La introducción del catéter de Swan-Ganz en la práctica clínica vino a cambiar las perspectivas de la evaluación cardiovascular a la cabecera del enfermo y contribuyó a otorgarle identidad propia a la práctica de la Terapia Intensiva. Sin embargo, la instalación del catéter de Swan-Ganz no esta exenta de complicaciones que incluso pueden poner en peligro la vida del paciente. Las complicaciones mas frecuentemente observadas incluyen arritmias, producción de hematomas, infección, embolismo, trombosis, ruptura

de la arteria pulmonar, etc. (2). Recientemente se reportó que el uso de éste dispositivo se relaciona a mal pronóstico así como a incremento en los costos de estancia de los pacientes en terapia intensiva (3). Es por ello que existen indicaciones precisas para su instalación.(4)

Otros métodos de más reciente introducción en la practica clínica son la BET que se acerca a lo que coincide al monitoreo ideal; menos riesgosa, preferentemente en forma continua y no invasiva. La determinación del GC mediante bioimpedancia eléctrica transtorácica (BET) fue descrita en los años 60's. Esta técnica se basa en la observación de que el flujo sanguíneo de la aorta puede ser cuantificado continuamente mediante impedancia cuando se aplica al tórax una corriente eléctrica alterna. Requiere de 4 pares de electrodos los que se colocan a cada lado del cuello y de la base del tórax. Un electrodo de cada par aplica la corriente y el otro mide el voltaje, permitiendo hacer los cálculos para determinar el GC (1).

La ventaja de esta técnica es que las determinaciones se realizan de manera no invasiva, permitiendo medir en forma continua el GC y calcular otras variables hemodinámicas como las resistencias vasculares sistémica y pulmonar y el volumen sistólico (5).

Diversas publicaciones demuestran que hay adecuada correlación entre los valores de GC medido por ambos métodos (6-10), pero hay algunas situaciones que pueden influir para que la correlación sea pobre: colocación inadecuada de los electrodos, frecuencia cardíaca mayor de 120 latidos por minuto, arritmias, cirugía de aorta torácica, anatomía anormal del tórax, cambios en el hematocrito y derrame pleural (11-12). En algunos estados patológicos específicos como insuficiencia valvular aórtica, defectos septales o sepsis con alteraciones hemodinámicas, se ha reportado una

sobreestimación (10 a 15%) de los resultados del GC medido por BET (13). Así mismo, la tecnología de los dispositivos para determinar el GC por BET ha evolucionado continuamente, con la finalidad de mejorar la eficacia con que miden el GC. Estos dispositivos son monitores más confiables, que sin embargo, *deberán demostrar su confiabilidad en comparación con los datos proporcionados por el método de TD.*

El presente estudio se realizó para establecer la correlación que existe entre ambos métodos en la medición del GC en pacientes con inestabilidad cardiocirculatoria.

## MATERIAL Y METODOS.

Se estudiaron 10 pacientes que ingresaron a la Unidad de Terapia Intensiva (UTI) del Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional "La Raza", IMSS, y que reunieron los siguientes criterios de inclusión: ambos sexos, mayores de 18 años, con inestabilidad hemodinámica la cual se considero como la presencia de presión arterial sistólica menor de 90mmHg, oliguria,  $D(av)O_2 > 5$  y con indicación para monitoreo hemodinámico con catéter de Swan Ganz. Se excluyeron aquellos pacientes con alguna contraindicación para la instalación del catéter de Swan-Ganz y aquellos con derrame pleural, frecuencia cardíaca  $>120$  x', anomalías físicas del tórax, cirugía de aorta torácica y/o presencia de arritmias cardíacas.

Se registró la edad, sexo, diagnóstico principal y la severidad de la enfermedad estimada mediante APACHE II (15) al ingreso.

Se colocó el catéter de flotación en la arteria pulmonar Swan Ganz (Baxter, Mod. 131, F7) mediante venodisección de la mediana o basilíca, vena subclavia o vena yugular. La posición adecuada del catéter se corroboró mediante radiografía del tórax y por la morfología de la curva de presión de la arteria pulmonar reflejada en el monitor (Datex Engstrom, módulo de gasto cardíaco M COP y MCOPSV). Simultáneamente se colocó el equipo de BET (Cardiodynamics International, Mod. BZ 4110-05 [ioz.com](http://ioz.com)) de acuerdo a las especificaciones del fabricante (4 electrodos en las caras laterales del cuello y 4 en las caras laterales de la base del tórax). La determinación del GC por TD se realizó administrando un bolo de 10 cc de solución salina fría a través del extremo proximal del catéter, al final de la espiración. El promedio de tres determinaciones se

considero como el valor del GC por TD. Simultáneamente se registró el GC mostrado en la pantalla del equipo de BET.

El manejo del paciente fue a criterio del médico tratante y posterior a cada modificación del mismo se realizó una nueva determinación del GC por ambos métodos.

Los valores del GC medidos por BET se correlacionaron con los valores de GC medidos por TD mediante el coeficiente de correlación  $r$ , un valor de  $P < 0.05$  se consideró estadísticamente significativo.

## RESULTADOS.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Se analizaron 10 pacientes, 9 hombres y 1 mujer con edad promedio de  $60.4 \pm 16.68$  años(FIGURA 1). Los diagnósticos se muestran en el cuadro 1. La severidad de la enfermedad promedio mediante APACHE II fue de  $19.6 \pm 5.70$ (FIGURA 2) y el promedio de la presión arterial media fue de  $76.42 \pm 16.4$  mmHg. Se realizaron 85 determinaciones del GC por ambos métodos. El valor promedio del GC medido por TD fue de  $5.23 \pm 0.16$  L/m y por BET fue de  $5.03 \pm 0.15$  L/m. El coeficiente de correlación r fue de 0.938 con valor de  $P < 0.05$ (FIGURA 3).

## DISCUSIÓN.

Por más de dos décadas se ha considerado que la determinación del GC por TD mediante la colocación de un catéter de flotación en la arteria pulmonar es parte esencial de la evaluación y manejo de los pacientes con inestabilidad hemodinámica. Hasta ahora siendo considerado como el estándar de oro en la determinación del GC de este grupo de pacientes. Sin embargo, a lo largo de su historia, ha sido cuestionada la utilidad de este método para cumplir su función de monitor y más aún, algunas publicaciones han asociado su utilización a un incremento en la mortalidad de los pacientes en los que se emplea.(3)

Esto ha motivado el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan determinar el GC a la cabecera del enfermo de forma continua, no invasiva y por lo tanto con menor riesgo de complicaciones. Dentro de ellas destaca la BET, la cual a través del tiempo ha ido perfeccionando su tecnología. A pesar de ello, aun existe gran controversia sobre el grado de confiabilidad de los valores de GC obtenido por BET. Se han descrito factores que se asocian a una pobre correlación de los valores de GC medidos por BET con los de los valores obtenidos por TD, entre ellos Doering (6) describe, en pacientes sometidos a cirugía cardíaca, incremento de resistencias vasculares sistémicas, disminución de la presión arterial media y la presencia de marcapasos (auricular o ventricular).

Por esta razón los avances tecnológicos han permitido mejoría en los equipos de BET y por ello tienen que comparar su confiabilidad con relación a la TD. En estudios previos se documentó que la determinación de GC por BET ofrece buena correlación con las mediciones de GC por TD en pacientes con características similares a las de los nuestros (11). Este estudio reporta GC por TD de 6.18 L/m y de 6.11 L/m por BET. En

nuestro reporte el GC fue de  $5.23 \pm 0.16$  L/m por TD y de  $5.03 \pm 0.15$  L/m por BET. En ambos estudios la diferencia no es significativa y es pertinente mencionar que los pacientes de nuestro estudio recibieron fármacos inotrópicos y vasopresores, mientras que los pacientes de Wong no recibieron este tipo de apoyo.

Otro factor asociado a las determinaciones erróneas del GC por BET es la inestabilidad hemodinámica, por lo que la utilidad de esta tecnología, paradójicamente en los pacientes en que es más necesaria, ha sido cuestionada. En nuestro estudio el objetivo fue evaluar la correlación entre ambos métodos en los pacientes con inestabilidad hemodinámica. A pesar de ello encontramos buena correlación, incluso aún en un paciente que requirió marcapaso temporal. Posiblemente esto se debió a que hemos utilizado la última versión de este tipo de monitores y que ello proporcione mayor confiabilidad en las determinaciones del GC en este tipo de pacientes.

Finalmente en este estudio con 10 pacientes, concluimos que la determinación del GC por BET es tan confiable como la que se obtiene al utilizar el método de TD con catéter de flotación en la arteria pulmonar, con las siguientes ventajas:

- 1.- Es un método no invasivo.
- 2.- Permite realizar determinaciones de GC en forma continua.
- 3.- Evalúa diversas mediciones: índice cardiaco, Índice de resistencias sistémicas, índice de aceleración y cantidad de líquido intratorácico.
- 4.- Es de fácil instalación
- 5.- Menos riesgos para el paciente.

Además demostrando que la correlación en pacientes con inestabilidad hemodinámica es tan confiable como cuando se utiliza el catéter de flotación en la arteria pulmonar.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Civetta JM. Taylor RW. Kirby RR. *Critical Care*. Lippincott-Raven Publishers. Third Edition, Philadelphia 1997,888-9.
2. Marino PL. *The ICU book*. Editorial médica panamericana. 1ra ed. Buenos Aires. 1993. 115-123.
3. Connors AF, et al. The effectiveness of right heart catheterization in the initial care of critically ill patients. *JAMA*. 1996, 276 (11): 889-897.
4. *Pulmonary artery catheter consensus conference: Consensus statement*. *Crit Care Med*. 1997, (25) 6: 910-924.
5. Huerta TJ. Lazaro CJ. Dominguez GL. Sánchez VL. Bautista BE. Comparación entre el gasto cardíaco medido por los métodos de termodilución y bioimpedancia eléctrica transtorácica. *Rev Asoc Mex Med Crit y Ter Int*. 1996, 10(5):214-217.
6. Doering L R, Lum E, Dracup K, Friedman A. Predictors of between-method differences in cardiac output measurement using thoracic electrical bioimpedance and thermodilution. *Crit Care Med* 1995, 23:1667-1673.
7. Salandin V, et al. Comparison of cardiac output estimation by thoracic electrical bioimpedance, thermodilution, and Fick methods. *Crit Care Med*. 1988, 16(11): 1157-8.
8. Castor G. Molter G. Helms J. Niedermarrk I Altmayer P. Determination of Cardiac output during positive end expiratory pressure . Noninvasive electrical bioimpedance compared with standar thermodilution. *Crit Care Med* 1990, 18(5): 544-6.
9. Appel PL. et al. Comparision of measurements of cardiac output by bioimpedance and thermodilution in severely ill surgical patients. *Crit Care Med* 1986, 14(11): 933-4.

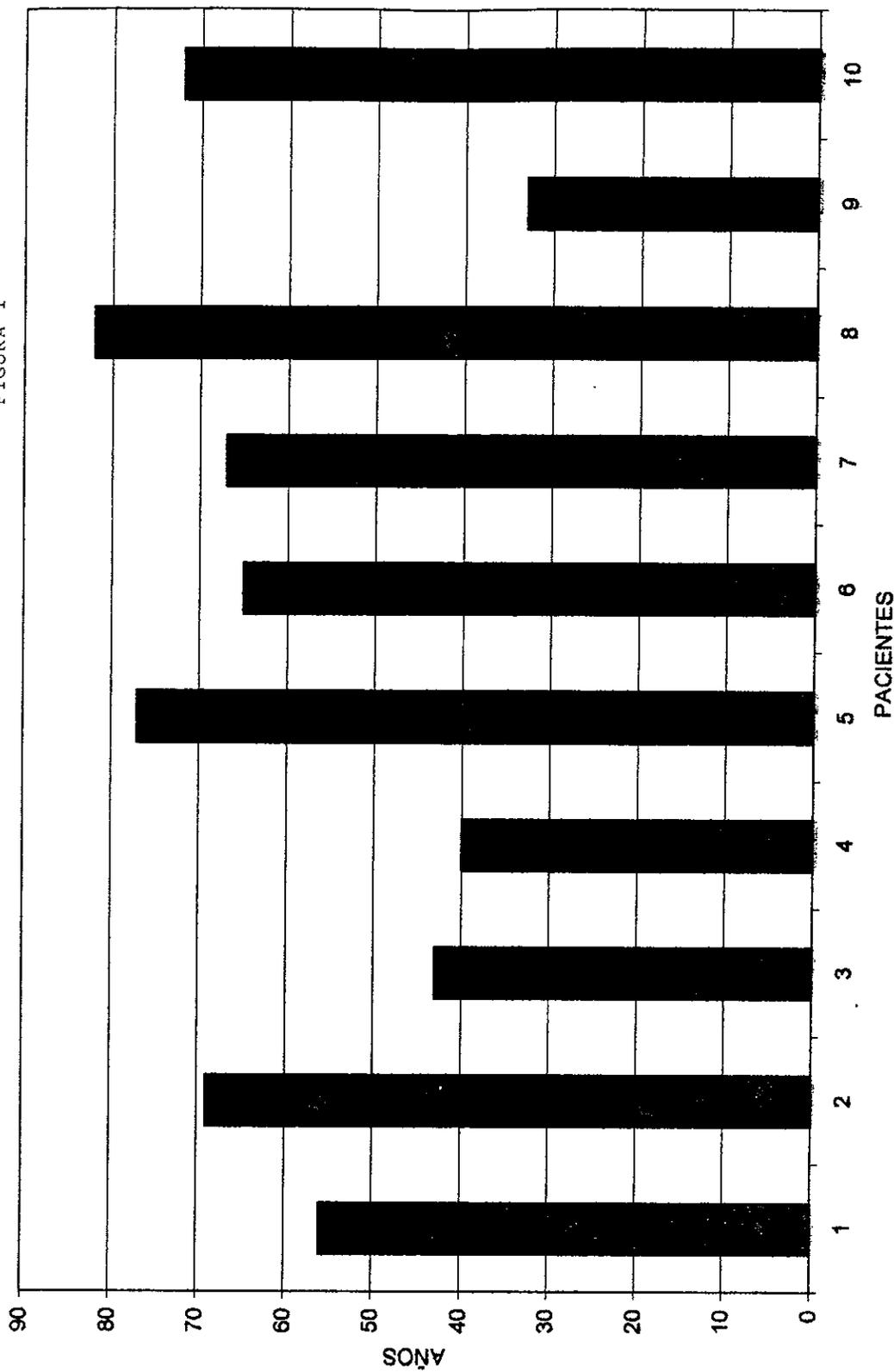
10. Shoemaker WC Et al. Multicenter trial of a new thoracic electrical bioimpedance device for cardiac output estimation . Crit Care Med 1994, 22(12): 1907 -1912.
11. Wong DH. Tremper KK. Stremer EA; Noninvasive cardiac output: simultaneous comparison of two different methods with thermodilution. Anesthes, 1990; 72: 784.
12. Genoni M et al. Determination of cardiac output during mechanical ventilation by electrical bioimpedance or thermodilution in patients with acute lung injury: effects of positive end expiratory pressure. Crit Care Med 1998. 26(8) 1441-5.
13. Berstein DP. Continuous noninvasive real-time monitoring of stroke volumen and cardiac output by thoracic electrial bioimpedance. Crit Care Med. 1986, 14(10): 898-901.
14. Hulley SB. Cummings SR. Diseño de la investigación clínica. Ed Doyma Barcelona España, 1993.
15. Knaus WA. Draper EA. Wagner DP. Zimmerman JF. APACHE II : A severity of disease classification system. Crit Care Med. 1985, 13 (10): 818.

# CARACTERÍSTICAS DE LOS PACIENTES

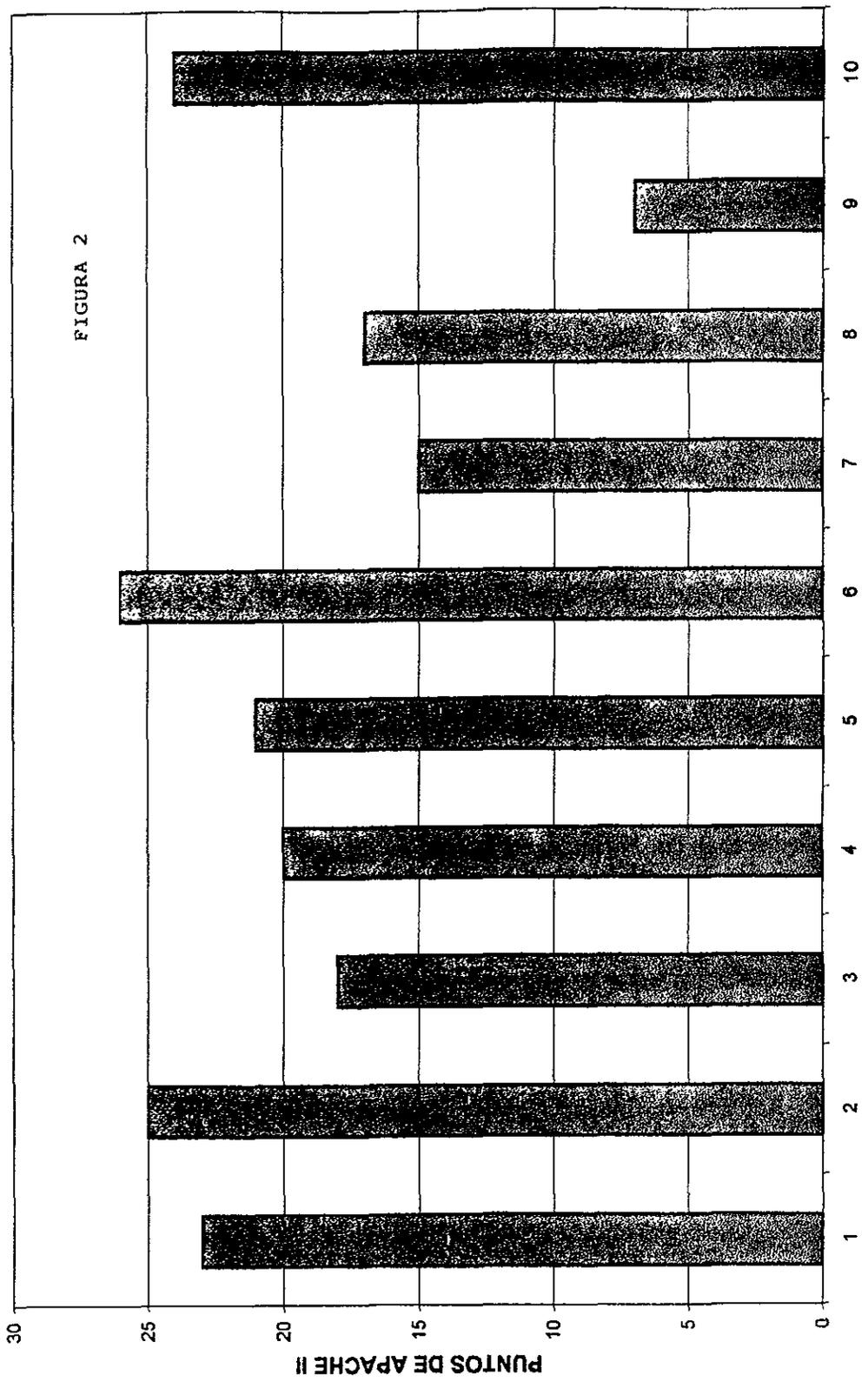
PACIENTE	EDAD	SEXO	APACHE	DIAGNOSTICO
1	56	MASCULINO	23	SEPSIS ABDOMINAL
2	69	MASCULINO	25	INFARTO MIOCARDIO AS NO Q
3	43	MASCULINO	18	DHE
4	40	MASCULINO	20	CHOQUE SEPTICO
5	77	MASCULINO	21	IAM PI
6	65	FEMENINO	26	HEMORRAGIA PULMONAR
7	67	MASCULINO	15	IAM PI TBL
8	82	MASCULINO	17	IAM AS
9	33	MASCULINO	7	CHOQUE CARDIOGENICO
10	72	MASCULINO	24	IAM SUBENDOCARDICO
PROMEDIO	60.4±16.6		19.6±5.70	

# EDAD PROMEDIO

FIGURA 1



# SEVERIDAD DE LA ENFERMEDAD APACHE II



# CORRELACION DEL GASTO CARDIACO

FIGURA 3

