

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

**VALIDACIÓN DE DOS TÉCNICAS PARA MEDIR
COMPOSICIÓN CORPORAL EN ADULTOS
GUATEMALTECOS DE AREAS URBANAS**

Informe de Tesis

Presentado por:
Leyla Adelina Rosales Hernández

Para optar al título de:
Licenciada en Nutrición

Guatemala, octubre de 2000

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
06
+(2096)

JUNTA DIRECTIVA

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

| | |
|-------------------|--------------------------------------|
| Decana | Licda. Hada Marieta Alvarado Beteta |
| Secretario | Lic. Oscar Federico Nave Herrera |
| Vocal I | Dr. Oscar Manuel Cobar Pinto |
| Vocal II | Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda |
| Vocal III | Dr. Federico Adolfo Richter Martínez |
| Vocal IV | Br. César Alfredo Flores López |
| Vocal V | Br. Manuel Aníbal Leal Gómez |

DEDICATORIA

A Dios

A mis Padres

Dr. Jorge Mario Rosales Archila

Gladys Georgina Hernández Gómez de Rosales

A mis hermanos

María Georgina

Anna Tahani

Luz del Carmen

María Paulina

Juan Pablo

Luisa Fernanda

María Cecilia

Anna Sofía

A mis amigos

Lic. Mario Antonio Balladares Guevara

Dr. Hector Raúl Herrarte Juárez

Eleni Batsakis Curlas de Costacakos

A mis asesores

Licda. María Antonieta González Bolaños

Dr. Manuel Ramírez Zea

Muy especialmente

Lic. Sergio Pérez López

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|------|--|----|
| I. | RESUMEN | 1 |
| II. | INTRODUCCIÓN | 3 |
| III. | ANTECEDENTES | 5 |
| | A. COMPOSICIÓN CORPORAL | 5 |
| | 1. Edad | 5 |
| | 2. Estatura | 6 |
| | 3. Raza | 6 |
| | 4. Herencia | 6 |
| | 5. Embarazo | 6 |
| | 6. Nutrición | 7 |
| | 7. Actividad Física | 8 |
| | 8. Somatotipo | 9 |
| | B. NIVELES OPTIMOS Y NORMALES DE GRASA CORPORAL | 9 |
| | C. TÉCNICAS DE MEDICION DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL | 10 |
| | 1. Hidrodensitometría | 11 |
| | 2. Tablas de peso/talla e Índice de Masa Corporal | 12 |
| | 3. Antropometría | 13 |
| | 4. Bioimpedancia Eléctrica (BIA) | 16 |
| | D. ESTUDIOS ANTERIORES CON EL SISTEMA BIA PIERNA A PIERNA | 18 |
| IV. | JUSTIFICACIÓN | 20 |

| | | |
|-------|---|----|
| V. | OBJETIVOS | 21 |
| VI. | HIPÓTESIS | 22 |
| VII. | MATERIAL Y METODOS | 23 |
| | A. UNIVERSO | 23 |
| | B. MATERIALES | 23 |
| | C. METODOLOGÍA | 25 |
| | 1. Validación del instrumento | 25 |
| | 2. Selección de la muestra | 25 |
| | 3. Estandarización y capacitación | 26 |
| | 4. Antropometría | 27 |
| | 5. Bioimpedancia eléctrica | 32 |
| | 6. Hidrodensitometría | 33 |
| | 7. Análisis de datos | 35 |
| | 8. Observaciones | 35 |
| VIII. | RESULTADOS | 37 |
| IX. | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS ... | 42 |
| X. | CONCLUSIONES | 47 |
| XI. | RECOMENDACIONES | 48 |
| XII. | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 49 |
| XIII. | ANEXOS | 53 |

I. RESUMEN

Antecedentes. Existen varias técnicas de medición de la composición corporal, dentro de las cuales una de las más exactas es la hidrodensitometría. Lamentablemente no es aplicable en el ámbito clínico. Dentro de las técnicas más utilizadas en el ámbito clínico encontramos la toma de pliegues cutáneos, circunferencias y bioimpedancia eléctrica (BIA). Como nutricionistas tenemos a nuestro cargo la adecuada evaluación de la composición corporal. Por ello es necesario evaluar la concordancia entre estas técnicas.

Objetivos. Evaluar el acuerdo entre las ecuaciones de predicción del porcentaje de grasa de uso común derivadas de pliegues cutáneos y bioimpedancia eléctrica pierna a pierna con los valores obtenidos por hidrodensitometría.

Metodología. Se estudiaron 111 sujetos, 55 hombres y 56 mujeres, guatemaltecos, comprendidos entre 18 y 60 años de edad, residentes del área urbana de la ciudad capital, reclutados de forma voluntaria.

Se midió peso, estatura, algunas circunferencias y pliegues cutáneos. Se determinó la composición corporal por medio de hidrodensitometría, BIA pierna a pierna y antropometría; utilizando para esta última, la fórmula propuesta por el INCAP y la fórmula de Durnin & Womersley.

Resultados. Los análisis de confiabilidad utilizando el coeficiente de correlación de Pearson, mostraron la mejor correlación (0.94) y el menor error estándar de estimación (EEE = 3.28) utilizando la fórmula propuesta por el INCAP. Solamente en el caso de las

mujeres se obtuvo una correlación (0.89) y un EEE (3.25) similar por medio de BIA. Al evaluar la concordancia entre la hidrodensitometría y las técnicas evaluadas utilizando la prueba de correlación de acuerdo de Lin, la fórmula propuesta por el INCAP obtuvo el mejor acuerdo (0.9365), seguido por el resultado obtenido por BIA pierna a pierna (0.8874). Con el acuerdo de Kappa se determinó sensibilidad y especificidad entre hidrodensitometría y las técnicas evaluadas, el valor más alto lo obtuvo la fórmula propuesta por el INCAP (0.7296). En el caso de los hombres la fórmula propuesta por el INCAP presentó la mejor sensibilidad (0.9048) y especificidad (0.9412). En el caso de las mujeres BIA presenta la mejor sensibilidad (0.9189) y la fórmula propuesta por el INCAP la mejor especificidad (0.8947).

Conclusiones. Existe acuerdo para evaluar la composición corporal de hombres y mujeres, entre la técnica de pliegues cutáneos utilizando la ecuación propuesta por el INCAP y los resultados obtenidos por hidrodensitometría. Existe acuerdo para evaluar la composición corporal de mujeres, entre la técnica de BIA pierna a pierna y los resultados obtenidos por hidrodensitometría.

II. INTRODUCCION

Anteriormente se definía la obesidad en términos del peso corporal o del Índice de Masa Corporal (IMC). En dicha clasificación se incluían algunos deportistas, que por poseer mayor cantidad de masa muscular presentaban sobrepeso, y con dicho método no se podía determinar certeramente su estado nutricional. Actualmente nos encontramos en un mundo donde se le da prioridad a la apariencia del cuerpo y cada vez es mayor la cantidad de adeptos al ejercicio cuyo principal objetivo es tonificar su cuerpo. Entonces, para poder determinar el estado nutricional de una persona es necesario conocer su composición corporal, es decir cuanto tejido adiposo y muscular posee. El estado nutricional de la persona es evaluado de acuerdo a su porcentaje de grasa, el cual se refiere a la cantidad de grasa o energía de reserva con relación a los otros componentes del cuerpo (10,21).

Se han desarrollado diversas técnicas con este fin, dentro de las cuales, la hidrodensitometría es considerada una de las más exactas, es usada como el "estándar de oro" para validar otras técnicas. Esta técnica proporciona datos bastante exactos, pero con varios inconvenientes que no hacen factible su uso en el ámbito clínico (7).

Otra técnica bastante utilizada es la predicción del porcentaje de grasa mediante la medición de pliegues cutáneos y otras medidas antropométricas que proporcionan datos bastante confiables pero tiene varios inconvenientes, dentro de ellos quizá los de mayor peso sean el error entre mediciones y el tiempo de evaluación (7).

La Bioimpedancia eléctrica es otra técnica potencialmente segura, conveniente y exacta para medir la composición corporal por medio de la conductividad en el cuerpo. Esta técnica se basa en el hecho de que el tejido magro del cuerpo conduce mucho mejor la corriente eléctrica, debido a su alto contenido de agua. Se ha aprovechado el principio de

esta técnica para desarrollar diversos aparatos que son de fácil aplicación en la clínica, pero es importante asegurarse de que los datos que nos proporcionan son confiables, siendo este el principal objetivo de este estudio (5).

Tanto la antropometría como la bioimpedancia se basan en ecuaciones de predicción para conocer el porcentaje de grasa, y las mismas se derivan de la comparación con otros métodos de medición más directos como la hidrodensitometría. Estas ecuaciones de predicción generalmente son específicas para la población de la cual fueron derivadas, siendo en su gran mayoría poblaciones de países desarrollados. Ante ello, es necesario comprobar si dichas ecuaciones son aptas para la población a estudiar, y si no lo son, formular ecuaciones propias.

III. ANTECEDENTES

A. Composición Corporal

Anteriormente se definía la obesidad en términos del peso corporal o del Índice de masa corporal (IMC). En dicha clasificación se incluían algunos deportistas, que por poseer mayor cantidad de masa corporal magra (MCM) presentaban sobrepeso, y con dicho método no se podía determinar certeramente su estado nutricional. Actualmente la obesidad es definida como un exceso de grasa corporal. Con el aumento del interés en la salud personal, el estado nutricional y la condición física, se han desarrollado varias técnicas para determinar la composición corporal y han sido utilizadas en clínicas de salud. La composición corporal de un individuo puede variar de acuerdo con (10,34):

1. Edad

El inicio de la pubertad va acompañado de un aumento brusco en la MCM, que es más intenso en los niños, y de un aumento de grasa corporal, sobre todo en las niñas. El resultado final es que la mujer adulta tiene solo cerca de dos terceras partes de la MCM del varón, y que por su proporción de grasa corporal es más elevada que la de éste. De hecho, la diferencia de MCM en los adultos jóvenes es relativamente mayor que la diferencia de estatura o de peso corporal. Durante los últimos años de la vida, los adultos de ambos sexos experimentan una discreta reducción de la MCM. Se ha comprobado que tanto en la MCM como en la grasa corporal hay notables variaciones; sin embargo, cuando se analizan personas de edad, sexo y altura determinados, la MCM es mucho menos variable que la grasa corporal, de lo que se deduce que es esta última la que justifica la mayor parte de la variabilidad del peso total (14,21,34). Ver tabla No. 1.

Tabla No.1.
Valores medios del peso, la masa corporal magra y el porcentaje de grasa en función de la edad

| | Neonato | Niño de 10 años | Niña de 10 años | Varón de 15 años | Mujer de 15 años | Varón adulto | Mujer adulta |
|-------------------|---------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|--------------|--------------|
| Peso (Kg) | 3.4 | 31 | 32 | 60 | 54 | 72 | 58 |
| MCM (Kg) | 2.9 | 27 | 26 | 51 | 40 | 61 | 42 |
| % de grasa | 14.0 | 13 | 19 | 13 | 26 | 15 | 28 |

FUENTE: Forbes, G. Composición del organismo (14) 1997

2. Estatura

En general, la MCM es proporcional a la estatura. En personas de raza blanca que no realizan ejercicio ni trabajos pesados que requieren fuerza, la pendiente de regresión es de 0.69 Kg MCM/cm en los varones adultos y de 0.48 Kg/cm en las mujeres adultas (14).

3. Raza

Los orientales suelen ser de menor estatura y más livianos que las personas de raza blanca, por lo que puede esperarse también que sea menor su peso magro. Los estadounidenses de origen africano, tienden a presentar una MCM ligeramente superior a la de los blancos y mayor cantidad de calcio en su organismo (14).

4. Herencia

Se sabe que tanto la talla como el peso se hallan sometidos a la influencia genética. Algunos estudios han demostrado que lo mismo sucede con la MCM, la grasa total del organismo y el grosor del pliegue cutáneo (14).

5. Embarazo

Del aumento total de peso que tiene lugar durante el embarazo (de 12 a 13 Kg en promedio), el conjunto del feto, la placenta, y el líquido amniótico suponen cerca de

4.2 Kg; los restantes 8 Kg son adquiridos por los propios tejidos de la madre. Una parte del aumento de peso (calculada por distintos autores entre 2 y 4 Kg) corresponde a grasa (14).

6. Nutrición

El tema del balance energético es de importancia fundamental en el moderno escenario de la nutrición. El cambio a largo plazo, sea por aumento o reducción de peso, merece especial atención (14).

a) **Déficit de energía** - En términos generales, la velocidad de la reducción de peso es proporcional al déficit de energía. Cuidadosos estudios sobre personas subalimentadas han demostrado que durante el adelgazamiento se producen pérdidas tanto de la MCM como de la grasa. La contribución relativa de cada uno de estos componentes depende de dos factores: el contenido inicial de grasa en el organismo y la magnitud del déficit energético. A medida que consumimos la cantidad de alimentos adecuada a nuestras necesidades, se favorece la conservación de la MCM. En pacientes obesos sometidos a derivaciones intestinales o a operaciones de plicatura gástrica también pierden MCM a medida que adelgazan, y en varios estudios se ha observado que esta pérdida constituye de un 15 a 40% de la pérdida total de peso (14,17).

b) **Exceso de energía** - Cuando se produce un incremento de peso en personas desnutridas, aumentan tanto la MCM como la grasa. Es importante comprender que lo mismo sucede cuando se hiperalimenta a personas normales. Estudios de distintas procedencias demuestran que la cantidad de aumento de peso experimentada durante una hiperalimentación deliberada en personas normales es directamente proporcional al exceso total de energía consumida durante el período de hiperalimentación. Cerca de la tercera parte de este aumento corresponde a la MCM, cuando la dieta es adecuada en la cantidad de proteínas y otros elementos esenciales (14,17).

Cuando se consideran en conjunto las observaciones sobre dietas que inducen aumento o disminución de peso, es evidente que los cambios producidos se deben a ganancia o pérdida de MCM y grasa corporal; el cambio de una de ellas va acompañado del cambio de la otra, aunque no siempre en la misma proporción (14,17).

c) Composición del organismo en la obesidad - Salvo en casos raros, la obesidad humana solo puede desarrollarse cuando existe un balance positivo de energía, y en este sentido es una enfermedad nutricional. Los niños obesos tienden a ser altos para su edad, y los estudios realizados en ellos, en adolescentes y adultos demuestran que una parte del exceso de peso (de 10 a 30%) corresponde, en la mayoría de ellos, a tejidos magros. Este dato solo puede interpretarse como indicativo de que las personas obesas tienen una nutrición excesiva. Las excepciones a esta regla son las personas que presentan aumento de la actividad de la corteza suprarrenal y las que siguen dietas ricas en energía pero con muy pocas proteínas; en tales circunstancias, la grasa corporal aumenta a costa de la MCM (14,17).

d) Composición del organismo en la desnutrición - Los pacientes con anorexia nerviosa presentan disminución tanto de la grasa corporal como de la MCM. El cuerpo, durante períodos de estrés fisiológico, se protege, guardando sus reservas de grasa (energía de reserva) y consumiendo la MCM para subsistir (14,17).

7. Actividad Física

La actividad física contribuye a la estabilidad de la MCM, que tiende a disminuir durante el reposo en cama y en ausencia de gravedad. El ejercicio energético y sostenido induce el aumento de la MCM (aunque los cambios son discretos) y la disminución de la grasa corporal, aún cuando el peso corporal se mantenga constante. La

mayor MCM y el menor contenido en grasa de muchos atletas representa probablemente la combinación de las influencias hereditarias y el entrenamiento físico prolongado (14).

8. Somatotipo

Los cuerpos de los humanos difieren en el tipo de figura. Por lo general se les clasifica en tipo pera (ginecoide) o tipo manzana (androide). En el primero la grasa se acumula en la parte baja del cuerpo, mientras que en el segundo se encuentra en la parte alta. La idea de un tipo particular de cuerpo esta relacionada con ciertas enfermedades. La obesidad del cuerpo tipo manzana está más relacionada con desordenes metabólicos, representa un mayor riesgo de diabetes, enfermedades cardíacas, hipertensión e hiperlipidemias que el tipo pera (23).

B. Niveles Óptimos y Normales de Grasa Corporal

La siguiente tabla contiene los porcentajes óptimos de los niveles de grasa corporal para individuos, basada en sujetos por edad y sexo (10).

Tabla No. 2
Niveles Recomendados de Grasa Corporal.

| Edad | Varones | Mujeres |
|---------|---------|---------|
| < 20 | 15 | 19 |
| 20 – 29 | 16 | 20 |
| 30 – 39 | 17 | 21 |
| 40 – 49 | 18 | 22 |
| 50 – 59 | 19 | 23 |
| > 60 | 20 | 24 |

FUENTE: Cooper, K. And D.L. Parker. Recommended body fat levels. (10)1998

Los atletas deben tener al menos, de 2 o 3%, en grasa corporal, por debajo de los valores indicados en el cuadro anterior. Los corredores de largas distancias deben poseer por lo menos de 4 a 5 % menos (10).

Los niveles óptimos no deben ser confundidos con los valores promedio. El promedio para el varón en Estados Unidos es de 15.9% de grasa, mientras que el promedio para mujeres entre 20 a 29 años es de 22.1%. Es deseable que las personas traten de mantenerse cerca del nivel de grasa óptimo. Se considera que una persona esta obesa y tiene un riesgo más alto de desarrollar problemas de salud, cuando el hombre posee una proporción de grasa corporal total arriba del 24% y la mujer arriba del 30% (10).

C. Técnicas de Medición de la Composición Corporal

Los bioquímicos de finales del siglo XIX y principios del siglo XX se percataron de que la grasa neutra no se mezcla con el agua ni con los electrolitos, por lo que sugirieron calcular la composición del organismo sobre la base de la ausencia de grasa. Suponiendo que la masa corporal magra (MCM) de la totalidad del organismo tiene una composición constante, los investigadores han utilizado técnicas modernas para calcular el volumen de la MCM analizando el contenido de uno de los componentes del organismo, como el agua, el potasio o el nitrógeno, determinando la grasa corporal por sustracción (40).

La determinación de la composición corporal de una persona permite establecer cuanta masa muscular, grasa, agua o minerales contiene. La composición corporal se puede medir usando métodos directos (que permiten establecer muchas de sus características químicas), indirectos (se basan en los métodos directos) y doblemente indirectos (se basan en inferencias derivadas de relaciones estadísticas con otros métodos indirectos). En el

tabla a continuación se enumeran y clasifican los métodos de mayor uso o importancia. (40).

Tabla No. 3
Métodos para Determinar la Composición Corporal.

| Directos | Indirectos | Doblemente indirectos |
|-------------------------|--------------------------------------|--|
| Análisis químicos | Hidrodensitometría | Antropometría |
| Activación de neutrones | Hidrometría y dilución de marcadores | Conductividad e impedancia eléctrica |
| | Medición de potasio corporal | Ultrasonido |
| | Visualización de órganos y tejidos | Interactancia infrarroja |
| | Absorciometría de energía | Excreción de creatinina y 3-metilhistidina |

FUENTE: Torun, B. Diagnóstico nutricional por métodos de composición corporal. (40) 1995

A continuación se describen algunas de las características de los métodos para determinar la composición corporal relevantes para el presente estudio.

1. Hidrodensitometría

La hidrodensitometría es considerada el "Estándar de Oro" del análisis de la composición corporal. Esta técnica se basa en la suposición de que la densidad y la gravedad específica de la MCM es mayor que la del tejido graso. A mayor MCM, mayor el peso bajo el agua (1,9,20,22,26,30).

La densidad corporal suele determinarse pesando a la persona fuera del agua y después sumergido en el agua, haciendo correcciones para el volumen pulmonar residual y asignando un valor predeterminado al contenido gaseoso del intestino, debido al efecto de flotación de este aire atrapado dentro del organismo. Utilizando el principio de Arquímedes, se calcula la densidad corporal (D). Conociendo la densidad de MCM y grasa (estimada en 1.100 y 0.900 g/cm³ respectivamente) y la densidad observada del cuerpo en su totalidad, se puede estimar la proporción relativa de MCM y grasa. La fórmula más

utilizada para determinar la proporción de grasa es la de Siri. El "estándar de oro" de la composición corporal es una predicción matemática. Hay varias limitantes en la aplicación de esta técnica, dentro de las cuales las más comunes son: miedo a la inmersión, miedo a infectarse, temor de evidenciar obesidad y flacidez. La ansiedad del sujeto puede generar errores en la medición, principalmente observados en la medición simultánea del volumen residual pulmonar, que es necesaria para una estimación correcta de la grasa corporal. En esta técnica se asume que la densidad del tejido óseo humano es constante. Es probable que la densidad de la MCM sea distinta en niños y ancianos que en adultos jóvenes o de edad mediana. Estudios en que se ha logrado medir los cambios en el contenido corporal de agua, minerales y proteínas, se ha estimado el cambio en la densidad de la MCM con la edad y la maduración sexual durante la adolescencia (1,9,20,22,26,30).

2. Tablas de peso / talla e Índice de Masa Corporal (IMC)

a) Tablas de peso / talla - En el año 1953 la Metropolitan Life Insurance Company desarrolló la primera tabla de peso/talla para calcular el estado nutricional de los sujetos. Los datos se basaron en el promedio obtenido en sus clientes, hombres y mujeres. En 1983 estas tablas fueron revisadas y actualizadas. El tamaño de la muñeca del sujeto fue utilizado en el desarrollo de estas tablas para determinar la constitución en pequeña, mediana o grande, y obtener el "peso ideal" del sujeto (1,15,36).

Sin embargo, el uso de las tablas de la Metropolitan no nos indica el grado de obesidad o de magritud en sujetos individuales. En el estudio clínico individual, las tablas de peso/talla pueden indicarnos a grosso modo acerca del factor de riesgo del sujeto. La validez de la estimación del porcentaje de grasa corporal y la densidad partiendo de la medida de altura y peso tiene un pobre coeficiente de correlación (0.31 a 0.43)

comparándola con la hidrodensitometría. Por lo mismo, su uso es poco recomendable. (1,15,36).

b) Índice de masa corporal (IMC) - El IMC ha sido utilizado para cuantificar el nivel de obesidad de un individuo. Se deriva de la relación entre el peso (w) y el cuadrado de la estatura (h^2) ($IMC = w/h^2$). De nuevo, solamente se utiliza la altura y el peso del individuo y no se puede determinar el estado actual de magritud u obesidad (36). A pesar de ello, es el más recomendado y utilizado en estudios epidemiológicos y poblacionales. Sin embargo, su uso es limitado en el ámbito clínico e individual.

3. Antropometría

La exploración antropométrica es un conjunto de mediciones corporales que pueden utilizarse para conocer la composición corporal del individuo explorado. Con estas mediciones se obtienen ecuaciones de predicción de la grasa corporal o de la densidad corporal, derivados de mediciones directas (peso, altura, perímetros, pliegues cutáneos, etc.) o de mediciones derivadas (IMC, peso por edad, altura o longitud por edad, perímetro cefálico por edad) (15,16).

Su aplicación para estimar la composición corporal total es doblemente indirecta, ya que se basa en la relación estadística que se puede establecer entre diversas mediciones antropométricas y la estimación de composición corporal por un método indirecto, generalmente la hidrodensitometría. Tal relación usualmente se establece mediante ecuaciones de regresión múltiple. Estas ecuaciones varían cuando se obtienen de personas con distintos somatotipos (16).

Varias son las ventajas de la exploración antropométrica. Las más admitidas son las siguientes (7):

a) los procedimientos son simples y seguros

- b) el equipo necesario es barato, portátil y duradero
- c) personal con poca capacitación puede realizar un buen trabajo
- d) los métodos son precisos y exactos, si se utilizan de acuerdo a las normas estándar
- e) las mediciones pueden ayudar en la identificación de casos de malnutrición leve, moderada o grave, sobrepeso y obesidad.
- f) permite valorar cambios del estado nutricional en el tiempo, entre individuos y entre poblaciones, y de una generación a otra
- g) pueden diseñarse pruebas de tamizaje para identificar individuos de riesgo.

Los parámetros peso y talla por sí solos, así como los índices derivados, no permiten distinguir entre exceso de peso debido al aumento de grasa, músculo, esqueleto o líquidos corporales. Sin embargo, cuando estos parámetros antropométricos son incluidos en una ecuación de predicción junto con las medidas de pliegues cutáneos o de los perímetros, se puede obtener una buena valoración de la grasa corporal total. La MCM es la diferencia entre masa total y masa grasa. La exactitud establecida en la predicción de grasa corporal es generalmente de $\pm 5\%$, comparada con la hidrodensitometría (16).

Como la mayoría de grasa en el cuerpo se encuentra directamente bajo la piel, una forma eficiente y práctica de medir el porcentaje de grasa corporal es la toma de pliegues cutáneos, siendo esta la técnica más utilizada en el ámbito clínico. Su aplicación requiere la utilización de un "caliper" para medir el grosor de los depósitos de grasa subcutánea. Si se asume que ésta es proporcional a toda la grasa corporal, su medición en ciertos sitios puede predecir la grasa corporal total. Hay muchos sitios donde se puede tomar la medición (5,11).

Existen más de 100 ecuaciones de predicción para calcular la grasa corporal total a partir de las mediciones obtenidas con el "caliper", esto refleja el problema de exactitud de esta técnica. La validez de la toma de pliegues cutáneos es de $\pm 6\%$ comparada con la hidrodensitometría (22,40).

Así mismo, los resultados obtenidos con esta técnica varían de técnico a técnico. El "arte" de la toma de pliegues cutáneos requiere que el técnico identifique claramente el sitio donde se tomará la medición y tener cuidado de agarrar solo el depósito graso sin ningún otro tejido. El error estimado entre técnicos es de $\pm 8\%$ (26).

Se adquiere una mayor exactitud a medida que las mediciones se hacen en más partes del cuerpo y se comparan contra un estándar. La grasa corporal se distribuye de distinta forma en hombres y mujeres, por lo que las ecuaciones de predicción son diferentes de acuerdo al sexo de la persona (22,40).

Se asume que el 50% de la grasa corporal se encuentra localizada en el tejido subcutáneo y el 50% restante se encuentra entre el músculo y como grasa esencial (alrededor de los órganos vitales), lo cual no es universalmente válido. La distribución de la grasa corporal y el factor de riesgo para la salud, depende de la genética, el ejercicio y patrones alimentarios de la persona (5).

La población obesa representa una limitante para la aplicación de esta técnica, ya que los "calipers" no pueden abrirse tanto como para medir el grosor total del pliegue. Se tiende a subestimar el porcentaje de grasa corporal en las personas obesas. Otra consideración que se debe tener en cuenta con la población obesa, es que la compresión de la grasa por el "caliper" varía de acuerdo con la densidad de la grasa (11,22).

4. Bioimpedancia Eléctrica (BIA)

La Bioimpedancia eléctrica fue documentada por primera vez en 1880, como una técnica potencialmente segura, conveniente y exacta para medir la conductividad en el cuerpo. Esta técnica se basa en el hecho de que el tejido magro del cuerpo conduce mucho mejor la corriente eléctrica, debido a su alto contenido de agua.

Esta técnica se basa en un contador de bioimpedancia que generalmente es colocado en las extremidades. Una pequeña señal de 500 a 800 micro-amp, 50 kilo-hertz mide la habilidad del cuerpo para conducir la corriente. Entre más MCM presente el cuerpo mejor será el potencial de conductividad el cual es medido en ohms (41).

En la década de los 80's, apareció la primera unidad comercial de BIA para medir la composición corporal humana. Esta unidad utilizó fórmulas de "regresión lineal" para predecir la grasa corporal basándose en datos biológicos introducidos en una simple ecuación. Se realizaron algunos estudios donde se concluyó que las unidades de BIA, donde se utilizan ecuaciones de regresión lineal, tendían en cierta manera a ser válidas para poblaciones "normales", pero subestimaban el valor de grasa corporal en sujetos obesos y lo sobrestimaban en sujetos magros. El error estándar estimado para estas ecuaciones es de $\pm 5\%$ a $\pm 6.4\%$ en poblaciones normales cuando se compara con la hidrodensitometría.

En 1985 fue validada la primera ecuación algorítmica para interpretar las mediciones de bioimpedancia. El uso de esta ecuación en lugar de la de regresión lineal permite incluir a grupos específicos, como sujetos muy magros, obesos, de tercera edad y niños. En los estudios de validación se incluyeron más de 1000 sujetos encontrando un margen de error de $\pm 3.3\%$ y un coeficiente de correlación de 0.88 comparado al criterio de la hidrodensitometría (24,35).

La variación aceptada entre dos mediciones con la técnica de hidrodensitometría es de 2.5% cuando es comparada contra ella misma. La variación aceptada entre dos mediciones utilizando la técnica de BIA es menor a $\pm .5\%$ (16).

Para asegurar un menor porcentaje de error, debemos tomar en cuenta las siguientes características en los sujetos de estudio antes de efectuar la medición utilizando este método: el nivel de hidratación, ejercicio realizado, comidas efectuadas, el haber evacuado antes de la prueba, medicamentos (diuréticos y esteroides principalmente), la calibración y operación del equipo (24,31,41).

a) Sistema de BIA pierna a pierna - El analizador de la composición corporal de Tanita determina la grasa corporal utilizando el análisis de bioimpedancia eléctrica (BIA), proceso en el cual una pequeña corriente eléctrica (50 Khz.) es enviada a través del cuerpo para medir la impedancia, o la resistencia a la corriente. Los tejidos biológicos (músculo, grasa, huesos y tejido conectivo) actúan ya sea como conductores, o como aislantes de la corriente. Esta pasa a través de la parte de menor resistencia. La MCM, que contiene aproximadamente 80% de agua, actúa como un buen conductor de la corriente, mientras que el tejido graso, que contiene muy poca agua, actúa como aislante. De esta forma, la corriente viajará alrededor del tejido adiposo y a través de la MCM (35,41).

A mayor cantidad de grasa presente en el tejido conectivo del cuerpo, mayor dificultad tendrá la corriente para viajar alrededor de la grasa y a lo largo de la estructura muscular. En este caso, la resistencia a la corriente genera un valor de impedancia más alto, que a su vez refleja un valor alto para la grasa corporal. El valor de la impedancia es entonces insertado en una ecuación (conjuntamente con el peso, altura y sexo) la cual calcula la densidad y el porcentaje de grasa corporal. Esta ecuación se ha correlacionado

con DEXA (Dual Energy X Ray Absorptiometry) e hidrodensitometria (35). En los instrumentos para BIA de Tanita, los electrodos consisten en 2 plataformas subdivididas de acero inoxidable montadas sobre una plataforma con escala digital (16,31,35,41).

D. Estudios Anteriores con el Sistema de BIA Pierna A Pierna

En el estudio de Nuñez, et. al.(33) realizado en 1997, titulado Bioimpedance analysis: evaluation of leg-to-leg system based on pressure contact foot-pad electrodes, encontraron que se obtienen resultados similares de impedancia entre el método tradicionalmente utilizado de bioimpedancia eléctrica (el de electrodos con gel en una mano y en una pierna) y el de contacto de presión de pies sobre los electrodos. Así mismo, concluyeron que el método de BIA de pierna a pierna con contacto de presión de pies sobre los electrodos tiene todas las características para medir la impedancia del cuerpo y analizar la composición corporal, similares al método convencional de BIA, ofreciendo la ventaja de aumentar la velocidad y facilitar la toma de mediciones. En enero de 1999, el estudio realizado por Utter, et. al.(42), el cual se titula Use of the leg-to-leg bioelectrical impedance method in assessing body-composition change in obese women, concluyó que el sistema de BIA de pierna a pierna evalúa correctamente la masa corporal magra en mujeres obesas y no obesas, y los cambios de masa grasa con dieta únicamente o combinada con ejercicio. En el X Congreso Internacional de Nutrición Clínica, Chirife, G., et. al.(8) del Instituto de Investigaciones en Ciencia de la Salud - UNA, presentaron un estudio titulado Composición Corporal por Bioimpedancia Eléctrica en adultos obesos, en el cual se midieron peso, talla, pliegue tricípital y se utilizó un analizador de composición corporal

pierna a pierna por bioimpedancia eléctrica. Se encontró que este último método puede servir para valorar la respuesta en la composición corporal al tratamiento de la obesidad.

No existen estudios en países en desarrollo utilizando esta técnica.

IV. JUSTIFICACION

Actualmente, nos encontramos con un buen porcentaje de la población que día a día se preocupa más por su salud. Una forma de prevenir el deterioro de la salud, y que se está popularizando, es el ejercicio. Se conoce la relación entre la práctica del ejercicio y el mejoramiento de la condición física. La condición física abarca varios aspectos como: condición del sistema cardio respiratorio, flexibilidad, composición corporal, fuerza y resistencia muscular, entre otros. Como nutricionistas tenemos a nuestro cargo la adecuada evaluación de la composición corporal.

Existen varias técnicas de medición de la composición corporal, dentro de las cuales la más exacta es la hidrodensitometría, que es considerada como el "estándar de oro" en la determinación de la composición corporal. Lamentablemente no es aplicable en el ámbito clínico. Sin embargo, es de gran utilidad para comprobar la efectividad de otros métodos más indirectos para la determinación de la densidad corporal. Dentro de las técnicas que son factibles de utilizar en el ámbito clínico, encontramos la toma de pliegues cutáneos. Sin embargo, esta técnica presenta varias desventajas, entre ellas, el porcentaje de error de las mediciones, el tiempo y el método de medición. En el mercado encontramos varios aparatos que utilizan la técnica de bioimpedancia eléctrica y que están adaptados para facilitar la toma y cálculo de datos (5,8,14,31).

El propósito de este estudio es determinar el acuerdo entre las ecuaciones de predicción del porcentaje de grasa de uso más común derivadas de pliegues cutáneos, las ecuaciones de predicción derivadas de la bioimpedancia eléctrica pierna a pierna, y los valores obtenidos por hidrodensitometría.

V. OBJETIVOS

A. General

Evaluar el acuerdo entre las ecuaciones de predicción del porcentaje de grasa de uso común derivadas de pliegues cutáneos y bioimpedancia eléctrica pierna a pierna con los valores obtenidos por hidrodensitometría.

B. Espccíficos

1. Determinar la composición corporal de las personas con la técnica de:
 - a) Pliegues cutáneos.
 - b) Bioimpedancia eléctrica, pierna a pierna.
 - c) Hidrodensitometría.
2. Determinar el acuerdo entre el porcentaje de grasa obtenido por hidrodensitometría y el estimado por las otras dos técnicas.
3. Establecer nuevas ecuaciones de predicción de porcentaje de grasa si las ecuaciones de predicción utilizadas no acuerdan con los valores obtenidos por hidrodensitometría.

VI. HIPOTESIS

No existe acuerdo entre la medición del porcentaje de grasa por la técnica de hidrodensitometría con las técnicas de pliegues cutáneos y bioimpedancia eléctrica de pierna a pierna.

VII. MATERIAL Y METODOS

A. Universo

Personas adultas, entre 18 y 60 años, que residen en la ciudad capital de Guatemala y forman parte de la población urbana. El estudio se realizó en el laboratorio de fisiología del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, por las mañanas.

1. Muestra

Se estudiaron 111 personas, ya que de acuerdo con Flack et al. y Matute et al. (12,32) para estimar Kappa con un 95% de confianza el tamaño mínimo de la muestra es de 100 personas. En este estudio se uso un $n=111$, 55 hombres y 56 mujeres.

2. Tipo de estudio

Transversal, descriptivo.

B. Materiales

1. Recurso Humano

- a) Investigador
- b) Asesor del trabajo de investigación
- c) Revisor del trabajo de investigación
- d) Auxiliares

2. Recursos Materiales

- a) Cáliper o calibrador tipo Harpenden con capacidad de 45 mm.

(Holtan Ltd. , Reino Unido).

- b) Aparato de BIA pierna a pierna con capacidad de 300 lb./136 kg. (TBF - 531 Body Fat Monitor Scale de Tanita, Estados Unidos).
- c) Cinta métrica y un cartabón.
- d) Cinta métrica metálica
- e) Balanza Toledo digital con capacidad de 200 libras (Toledo Scale, modelo 8140, Ohio)
- f) Tanque de hidrodensitometría.
- g) Balanza Detecto con escala de rango de 10kg (Detecto Scales Inc., Brooklin, NY).
- h) Espirómetro con capacidad de 9 litros (Warren E. Collins Inc., Boston, Mass.) oxígeno, helio y gas propano.
- i) Equipo de computación.
- j) Materiales y útiles de oficina.

3. Instrumentos

Para la recolección de datos se utilizaron dos formularios que aparecen en el anexo No.1; en los cuales se incluyeron las variables de acuerdo a los objetivos planteados. Se utilizó un formulario para la toma de medidas antropométricas y BIA, y el otro para anotar los datos de la prueba de hidrodensitometría. Dichos instrumentos fueron validados al mismo tiempo en que se estandarizó el investigador, antes de iniciar la recolección de datos.

C. Metodología

1. Validación del Instrumento

Los instrumentos fueron validados haciendo los cambios necesarios antes de iniciar la recolección de datos. Esta validación se realizó durante la estandarización del investigador.

2. Selección de la Muestra

Los sujetos que participaron en el estudio fueron reclutados en forma voluntaria por medio de carteles colocados en distintos puntos del área urbana de la ciudad capital. Para la inclusión de personas en el estudio, se tomó en cuenta las siguientes características:

- a) Hombres y mujeres adultos sanos, entre 18 y 60 años de edad.
- b) Que no tuvieran ningún impedimento físico o deformidad notoria.
- c) Que no fueran deportistas de alto nivel.
- d) Que fueran de nacionalidad guatemalteca o tuvieran más de 15 años de residir en el país.
- e) Que no utilizaran medicamentos que alteren la composición corporal.

El muestreo se realizó basado en los criterios anteriores, teniendo el cuidado de incluir sujetos adultos de ambos sexos, y con características corporales diversas. Después de explicar las razones del estudio, cada sujeto dio su consentimiento por escrito de participar como voluntario (ver anexo No. 2). El estudio fue aprobado por el comité de ética del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP).

3. Estandarización y Capacitación

El proceso de estandarización de las medidas antropométricas se efectuó en el INCAP antes de iniciar el estudio, durante el cual se estandarizó el investigador y el auxiliar. Se utilizó el método del supervisor como norma, requiriendo para ello cuatro voluntarios a los cuales se les realizó al menos dos veces cada medición. Se evaluó la precisión entre las medidas del investigador, así como la exactitud entre las medidas del investigador con respecto a las del supervisor, tomando como valores límites para cada medida los valores aceptables descritos en la literatura (<0.5 unidades). Cuando no se obtenían los valores aceptables, se continuó haciendo la medición las veces necesarias. Ambos se estandarizaron en la toma de peso, talla, circunferencias de brazo, cintura, abdomen, cadera, muslo y pantorrilla; y toma de pliegues cutáneos tricípital, subescapular, suprailíaco y abdominal. En la toma de los dos últimos pliegues hubo mayor dificultad y la mayor exactitud alcanzada fue de 0.6 mm.

Para la toma de bioimpedancia no se requirió estandarización, ya que es un procedimiento sencillo y el resultado se lee en una pantalla digital.

Se recibió capacitación para aprender a realizar la prueba de hidrodensitometría. Se le enseñó al investigador la técnica correcta para efectuarla y se realizaron algunas pruebas para demostrar la técnica y aprender a leer la escala de la balanza. Se le indicó todas las precauciones necesarias, así como las indicaciones que se debían dar a cada sujeto. El supervisor estuvo presente en las mediciones hasta que el investigador obtuvo la destreza suficiente.

4. Antropometría

Dentro de las medidas antropométricas se tomaron peso, talla, circunferencias de brazo, cintura, cadera, abdomen, muslo y pantorrilla; y los pliegues cutáneos subescapular, abdominal, suprailíaco, y tricipital. Para la toma de dichas medidas se siguieron los siguientes procedimientos y precauciones(7):

a) Se contó con dos personas capacitadas. Una de ellas (investigador o primer auxiliar) tomó la medida y la otra (primer o segundo auxiliar) anotó las medidas en el cuestionario.

b) Se colocó el tallímetro y la balanza en un lugar con una iluminación adecuada.

c) Se procedió a la toma de medidas después de anotar la información verbal en el cuestionario. Se evitó tomar las medidas al principio de la entrevista, ya que esto se consideraría como una intromisión.

d) Se tomó las medidas de un sujeto a la vez para evitar el riesgo de cometer errores tales como anotar las medidas de una persona en el cuestionario de otra.

f) Se anotaron las medidas con lápiz. Si se cometía algún error, se anuló colocando una línea y se anotó el valor correcto en la línea siguiente, con el fin de no perder el dato erróneo. Se evitó llevar objetos en las manos o lápices en la boca, pelo o bolsillo del pecho cuando se tomaron el peso y la talla. Se evito tener anillos y relojes que pudieran molestar antes de proceder a tomar las medidas.

g) Todas las medidas se hicieron en el lado no dominante y en duplicado; sin embargo, si la diferencia entre las mismas era mayor de 0.5 unidades, se realizaba una tercera medida.

A continuación se presenta la técnica para la toma de medidas antropométricas.

a) Técnica para la toma de peso - Antes de pesar al sujeto se revisó que la balanza estuviera en una superficie plana. Al inicio se verificó que la balanza estuviera calibrada utilizando pesos muertos ya establecidos. Se pidió al sujeto que se vistiera con traje de baño o ropa liviana. Se colocó al sujeto en el centro de la plataforma. Antes de hacer la lectura de peso, se aseguró que el sujeto estuviera sin moverse y sin tocar ningún objeto o superficie. Al hacer la lectura se procedió a anotarla inmediatamente en el cuestionario. La lectura se realizó con una precisión de 10 gramos (28,29).

b) Técnica para la toma de talla - Se pidió al sujeto que se quitara los zapatos, así como que se retirara cualquier adorno del pelo que pudiera estorbar en la medición de la talla. Se pidió al sujeto que se colocara con los pies juntos en el centro y contra una escala métrica colocada sobre una pared. Se aseguró que las piernas del sujeto estuvieran rectas y que los talones, pantorrillas, glúteos, omóplatos y cabeza estuvieran en contacto con la pared. La vista del sujeto debió ir paralela al piso, los hombros rectos y las manos descansando rectas a los lados. Con la mano derecha se colocó el cartabón encima de la cabeza del sujeto, asegurándose de presionar sobre el pelo. Cuando la posición del sujeto fue correcta, se leyó en voz alta la medida, aproximándola al 0.1 cm más cercano. La medida se anotó inmediatamente. En caso de contar con un auxiliar se revisó la medida anotada en el cuestionario para asegurar su exactitud y legibilidad (28,29).

c) Técnica para la toma de circunferencias

i. Circunferencia de cintura - El sujeto se paró recto, con el abdomen relajado, los brazos a los lados y los pies juntos. El investigador se colocó frente al sujeto y deslizó una cinta métrica metálica en contacto directo con la piel, en plano horizontal, al nivel de la cintura natural, que es la parte más angosta del torso. En sujetos obesos en que se dificultaba identificar la parte más angosta, la circunferencia horizontal

menor fue medida en el área entre las costillas y la cresta ilíaca. La medición se tomó al final de una expiración normal, sin que la cinta compresionara la piel. Se aproximó al 0.1 cm próximo (29).

ii. Circunferencia abdominal - La medición se realizó de frente al sujeto quien debió estar de pie con los brazos a los lados y los pies juntos. El procedimiento fue el mismo que se siguió para tomar la circunferencia de la cintura, excepto que la cinta se colocó alrededor del sujeto al nivel de la mayor extensión anterior del abdomen en el plano horizontal. Este nivel usualmente, no siempre, se encontró al nivel del ombligo (29).

iii. Circunferencia de cadera - El sujeto debió llevar ropa liviana, que no le ciñera el cuerpo (en la mayoría de casos se le tomó vistiendo traje de baño). El procedimiento fue el mismo que se siguió para tomar la circunferencia de la cintura, excepto que el investigador debió colocarse de rodillas a la par del sujeto y palpo el trocante mayor, donde se colocó la cinta métrica metálica alrededor del sujeto en plano horizontal y sin compresionar la piel (29).

iv. Circunferencia media del brazo - Se pidió al sujeto que flexionara su codo 90° y se midió la distancia entre la proyección lateral del acromio y el borde inferior del olécranon, para obtener el punto medio donde se colocó una marca. Luego se pidió al sujeto que extendiera su brazo, se deslizó el metro alrededor del brazo sobre la marca que se hizo y se tomó la medida aproximándola al 0.1 cm próximo (29).

v. Circunferencia media del muslo - Se pidió al sujeto que flexionara su pierna no dominante, se tomó el largo del muslo desde el punto medio del pliegue inguinal hasta el borde proximal de la rótula, se determinó el punto medio donde se

hizo una marca. Luego se pidió al sujeto que se parara con las piernas ligeramente separadas y que se apoyara en la pierna dominante. El metro se colocó alrededor del muslo de la pierna no dominante a la altura de la marca hecha con anterioridad y ahí se tomó la medida (29).

vi. Circunferencia de pantorrilla - Durante esta medición el sujeto permaneció sentado con sus piernas un poco separadas. En todos los sujetos se aseguró que sus pies estuvieran apoyados completamente en el suelo y que el ángulo entre la pierna y el muslo fuera de 90° . Se colocó el metro alrededor de la pantorrilla y se movió hacia arriba y hacia abajo para localizar la circunferencia mayor en plano perpendicular al axis mayor de la pantorrilla donde se tomó la medida (29).

d) Técnica para la toma de pliegues cutáneos - La palpación del sitio antes de la medición ayuda al sujeto a familiarizarse con el contacto en dicha área. El dedo pulgar y el índice de la mano izquierda fueron usados para elevar una doble capa de piel y tejido adiposo cerca de 1 cm al sitio donde se tomó el pliegue. La separación entre los dedos y el sitio de medición es necesaria para que la presión de los mismos no afecte el valor de la medición. El pliegue se elevó situando el pulgar y el índice sobre la piel con una separación de 4 a 6 cm aproximadamente, en línea perpendicular al eje largo del futuro pliegue. Se tuvo cuidado para que solo piel y tejido adiposo fueran elevados. El caliper se sostuvo con la mano derecha mientras que el pliegue se elevó con la mano izquierda. Las pinzas del caliper fueron aplicadas a 1 cm del pliegue elevado por el pulgar y el índice, y el grosor se aproximó al 0.1 mm más próximo (29).

i. Pliegue subescapular - Este se elevó en diagonal, con una inclinación inferolateral aproximadamente de 45° con respecto al plano horizontal, paralelo

a las líneas naturales de la piel. El sitio es justamente abajo del ángulo inferior de la escápula. Para localizar el sitio, el investigador palpó la escápula, corriendo los dedos hacia abajo y lateralmente, a lo largo del borde vertebral hasta que el ángulo inferior fue identificado. Para algunos sujetos, especialmente los obesos, se pasó cuidadosamente el brazo detrás de la espalda para ayudar a identificar el sitio exacto (29).

ii. Pliegue abdominal - Para medir el grosor del pliegue abdominal, se le pidió al sujeto que relajara la musculatura de la pared abdominal durante el procedimiento y que respirara normal. Se seleccionó un sitio 2 cm al lado del punto medio del ombligo y 1 cm debajo de él. Se elevó el pliegue en forma horizontal con la mano izquierda y se aproximó la medición al 0.1 mm más próximo (29).

iii. Pliegue suprailíaco - El pliegue suprailíaco se midió en la línea axilar media arriba de la cresta ilíaca. Un pliegue oblicuo fue tomado sobre el eje medio lateral siguiendo las líneas naturales de la piel. Los brazos del sujeto se colocaron a los lados o, cuando fue necesario, se le pidió que los abriera ligeramente para facilitar el acceso al sitio donde se tomó la medida (29).

iv. Pliegue tricipital - Este se midió en la línea media del lado posterior del brazo, sobre el músculo del tríceps. El sitio de la medición se determinó midiendo la distancia entre la proyección lateral del acromio y el borde inferior del olécranon, utilizando una cinta métrica, con el codo a 90°. El punto medio se marco en el lado lateral del brazo (el mismo utilizado para la circunferencia de brazo). El pliegue fue medido con el brazo colgando suave y confortablemente al lado del sujeto (29).

Para el cálculo del porcentaje de grasa utilizando pliegues cutáneos y circunferencias se utilizaron las siguientes fórmulas:

- Fórmula propuesta por el INCAP derivada de una población similar:

HOMBRES: % GRASA = $2.813 - 0.200(w) + 1.481(pt) - 1.284(pt - 10)(it) + 0.131(psb) + 0.0925(ca) + 0.559(ca - 75)(ica)$

Donde:

w = peso en kilogramos

pt = pliegue de tríceps

it = indicador de tríceps

psb = pliegue subescapular

ca = circunferencia abdominal

ica = indicador de circunferencia abdominal

Indicador de tríceps = 0 si el pliegue de tríceps es igual o menor de 10.

= 1 si el pliegue de tríceps es mayor de 10.

Indicador de circunferencia abdominal = 0 si la c. abdominal es igual o menor de 75.

= 1 si la c. abdominal es mayor de 75

MUJERES: % GRASA = $- 23.694 - 0.352 (w) + 0.530(pt) + 0.229(psb) - 0.868(cb) + 0.425(ca) + 0.278(cca) + 0.570(cp)$

Donde:

w = peso en kilogramos

pt = pliegue de tríceps

psb = pliegue subescapular

cb = circunferencia de brazo

ca = circunferencia abdominal

cca = circunferencia de cadera

cp = circunferencia de pantorrilla

FUENTE: INCAP datos no publicados proporcionados por M. Ramírez y B. Tortín

- Fórmula de Durnin and Womersley (11):

$DC = c - m * \log (pt + psb + psi).$

Donde c y m son valores específicos según sexo y edad.

DC = densidad corporal

pt = pliegue de tríceps

psb = pliegue subescapular

psi = pliegue suprailíaco

% GRASA = $(495/DC) - 450$

FUENTE: J.V. Durnin and J. Womersley 1974(11)

5. Bioimpedancia Eléctrica

Se utilizó el sistema de pierna a pierna, con la balanza TBF - 531 Body Fat Monitor Scale de Tanita, la cual mide el porcentaje de grasa mediante la conducción de una pequeña corriente eléctrica que va de una pierna a otra llegando hasta el límite superior del abdomen. Este procedimiento no causó ninguna molestia al voluntario y es un instrumento utilizado ampliamente en gimnasios y clínicas. Antes de hacer la medición se ingresaron los valores de estatura y sexo en el aparato. Este sistema tiene la forma de una balanza de

baño, posee dos plataformas de acero inoxidable donde se deben colocar los pies descalzos y una pantalla digital donde se lee el resultado (porcentaje de grasa). La impedancia de una pierna a otra y el peso corporal son medidos simultáneamente mientras que la planta del pie del sujeto ejerce contacto y presión con los electrodos y la escala digital. Los electrodos son un componente permanente de este sistema de BIA y no requieren ser reemplazados con cada uso. La fórmula utilizada se deriva del peso, sexo, estatura y resistencia bioeléctrica. La fórmula exacta no fue proporcionada por el fabricante (8,24,31).

6. Hidrodensitometría

La densidad corporal se determinó por la técnica de pesado bajo el agua en un tanque diseñado para este propósito. Para ello, el sujeto se sentó en una silla, que estaba unida a una balanza Detecto. En esta posición el agua del tanque le llegó al cuello al voluntario. El peso se tomó varias veces, pidiéndole al sujeto que expirara completamente y contuviera la respiración. En esta condición la cabeza del sujeto se sumergió lentamente en el agua, reclinando el respaldo de la silla; la nariz fue ocluida con un clip nasal y el sujeto permaneció respirando por la boca a través de una boquilla hacia una llave de tres vías conectada al espirómetro. Luego de obtener varios pesos similares, el volumen pulmonar residual fue medido por dilución con helio al final de una expiración máxima en forma simultánea al siguiente peso obtenido igual a los anteriores. La temperatura del agua se mantuvo entre 36 y 37°C durante toda la prueba. Durante todo el procedimiento se tomó las precauciones necesarias para evitar cualquier contratiempo o molestias al sujeto. Las medidas se hicieron con el sujeto en ayunas. Todas las pruebas fueron realizadas por el investigador y un técnico capacitado (4,6,18,19).

La densidad se define como la concentración de materia, medida como la masa por unidad de volumen. La masa fue determinada pesando al sujeto fuera del agua. El volumen del cuerpo fue estimado por el peso bajo el agua. Este método se basa en el principio básico de Arquímedes que establece que un cuerpo sumergido en un líquido es afectado por la flotabilidad, y además que la "pérdida" de peso es igual al fluido desplazado al sumergirlo dentro del agua. Así, cuando el sujeto fue sumergido en el agua, el volumen del cuerpo fue igual a la pérdida de peso dentro del agua, corregido por la densidad del agua correspondiente a la temperatura del agua en ese momento. Otros dos volúmenes contribuyeron a esta medición y fueron sustraídos del volumen corporal bruto; estos fueron: el volumen de aire en los pulmones (volumen residual) y el volumen total de gas en el tracto gastrointestinal. El volumen del gas gastrointestinal es considerablemente pequeño y no fue medido; Buskirk (1961) propuso utilizar una corrección constante de 100 ml para aproximar el volumen de gas del tracto gastrointestinal (4,6,18,19).

El volumen residual fue medido utilizando un espirómetro de circuito cerrado, donde había una concentración conocida de Helio que es virtualmente insoluble en la sangre. El sujeto fue conectado al espirómetro y después de un período de respiración a un volumen tidal, con una duración típica de 3 - 5 minutos, la concentración de helio en el espirómetro y en los pulmones se convirtió en la misma. Como no hay pérdida de helio, la cantidad presente antes y después del equilibrio es la misma; a partir de esto se calculó el volumen pulmonar. Se agregó oxígeno al espirómetro para reemplazar el oxígeno consumido por el sujeto, y se utilizó un absorbente de dióxido de carbono para evitar que se acumulara en el sistema. El volumen residual fue corregido por la temperatura corporal, la presión ambiental y la saturación con vapor de agua (BTPS) (4,6,18,24).

7. Análisis de datos

Una vez obtenidos los datos anteriores, estos fueron introducidos a una hoja electrónica creada en Microsoft Excel para su análisis. Se utilizaron las pruebas estadísticas de Correlación (Microsoft Excel), Correlación de Acuerdo de Lin para variables continuas (SAS System), Acuerdo de Kappa para variables categóricas, sensibilidad y especificidad (Kappa Ex).

8. Observaciones

El reclutamiento de sujetos se dificultó ya que al pedirles que se presentaran en ayunas para realizar las pruebas se creyó que se les harían análisis de sangre. Otro motivo fue que los sujetos que no sabían nadar, tenían miedo de realizar la prueba dentro del tanque; esto ocasionó la eliminación de algunos casos por problemas de nerviosismo, que dificultaba tomar el peso bajo el agua y seguir las indicaciones de la respiración. Los voluntarios de sexo femenino mostraron incomodidad al saber que dentro del equipo que realizaba las pruebas habría hombres presentes. Otro inconveniente fue el horario en que se realizaban las pruebas (por la mañana, de lunes a viernes), por lo que se hizo necesario trabajar algunos sábados.

Tomando en cuenta el número de la muestra pretendida y la cantidad de pruebas que se le hicieron a cada sujeto, con el fin de aprovechar el tiempo al máximo, se solicitó la colaboración de un auxiliar para la toma de medidas antropométricas y bioimpedancia. Dicho auxiliar fue capacitado y estandarizado al mismo tiempo que el investigador. También se contó con la colaboración de personal del INCAP para el manejo del espirómetro durante la prueba de densitometría; y para la toma de peso y talla.

A pesar de tomar en cuenta las precauciones de calibración y mantenimiento del equipo utilizado para las pruebas de densitometría el espirómetro falló en dos

oportunidades, ocasionando la pérdida de los resultados de 4 sujetos los cuales ya no pudieron ser recuperados.

Para realizar las pruebas de densitometría se solicitó al investigador que aportara el gas propano utilizado para calentar y mantener la temperatura del tanque. Durante el periodo de recolección de datos, el valor del cilindro de gas propano varió de Q180.00 a Q260.00 y fue necesaria la adquisición de 6 cilindros para completar la muestra. La cantidad tan elevada de gas pudo deberse a que las pruebas se empezaron a realizar en el mes de diciembre donde la temperatura ambiental es baja.

VIII. RESULTADOS

Cuadro No. 1

**Características de la Población de Adultos Guatemaltecos de Áreas Urbanas
Guatemala, diciembre 1999 – septiembre 2000**

| | HOMBRES | MUJERES | TOTAL |
|------------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|
| Número de sujetos | 55 | 56 | 111 |
| Edad | 27 ± 8.8(18-56)* | 30 ± 8.0(18-47)* | 29±8.8(18-56) |
| Peso | 77.0 ± 14.0(55-130.4) | 59.2 ± 11.2(42.1-99.0)☒ | 68.0±15.6(42.1-130.4) |
| Talla | 170.9 ± 6.4(150.1-185.9) | 156.5 ± 5.8(146.3-177.3)☒ | 163.6±9.5(146.3-185.9) |
| IMC (kg/m ²) | 26.3 ± 4.0(20.0-37.8) | 24.2 ± 4.5(18.2-38.6)☒ | 23.3±4.5(18.2-38.6) |
| Relación cintura / cadera | 0.87 ± 0.09(0.62-1.04) | 0.78 ± 0.04(0.66-0.87)☒ | 0.83±0.07(0.66-1.04) |
| % de grasa corporal: | | | |
| - Hidrodensitometría | 21.9 ± 6.1(6.1-35.9) | 32.8 ± 7.4(19.7-52.2)☒ | 27.5±9.7(6.1-52.2) |
| - BIA☉ | 24.0 ± 7.4(10-40) | 34.2 ± 6.9(18.5-50.0)☒ | 29.2±9.0(10-50) |
| - Antropometría: | | | |
| • INCAP☺ | 22.9 ± 7.4(7.5-42.7) | 31.7 ± 7.7(16.4-52.8)☒ | 27.4±9.1(7.5-52.8) |
| • D&W☻ | 25.1 ± 5.5(11.7-37.9) | 34.0 ± 4.5(23.7-41.9)☒ | 29.7±7.0(11.7-41.9) |
| Suma de pliegues❖ | 95.0 ± 31.1(26.4-160.4) | 96.0 ± 27.8(47.8-157.7) | 95.6±29(26.4-160.4) |

* Promedio ± desviación estándar (mínimo - máximo)

★ p < 0.05 Hombres vs. Mujeres

☒ p < 0.01 Hombres vs. Mujeres

☉ Bioimpedancia eléctrica utilizando el TBF-531 Body Fat Monitor/Scale de Tanita.

☺ Fórmula propuesta por el INCAP derivada de una población similar.

☻ Fórmula de Durnin & Womersley.

❖ Pliegue de tríceps, subescapular, suprailíaco y abdominal.

Al comparar las características de edad y composición corporal entre hombres y mujeres se encontró que estas presentan grandes diferencias, siendo estadísticamente significativas en todos los casos, a excepción de la suma de pliegues cutáneos, donde la diferencia no fue significativa (ver cuadro No. 1). Al clasificar a los sujetos de acuerdo con el Joint Dietary Committee (1990) (25), según el valor obtenido para la relación cintura/cadera(>0.95 hombres y >0.80 mujeres) se encontró que el 13%(7 sujetos) de los hombres y el 27%(15 sujetos) de las mujeres se encuentran por encima de estos valores, lo cual denota un mayor riesgo a padecer enfermedades coronarias.

No se encontró diferencia significativa entre los valores absolutos obtenidos por cada técnica para estimar porcentaje de grasa corporal.

Cuadro No. 2

Clasificación de la Población en estudio Según Ocupación

| OCUPACION | HOMBRES | % | MUJERES | % | TOTAL | % |
|------------------------------|---------|----|---------|----|-------|----|
| Estudiantes | 23 | 42 | 16 | 29 | 39 | 35 |
| Profesionales universitarios | 13 | 23 | 13 | 23 | 26 | 24 |
| Profesionales nivel medio | 2 | 4 | 14 | 25 | 16 | 14 |
| Amas de casa | 0 | 0 | 8 | 14 | 8 | 7 |
| Comerciantes | 7 | 13 | 0 | 0 | 7 | 6 |
| Instructores deportivos | 4 | 7 | 1 | 2 | 5 | 5 |
| Otros [†] | 6 | 11 | 4 | 7 | 10 | 9 |

[†] Investigadores, vendedores, artesanos, mecánicos, músicos.

Del total de la población el 45%(50 sujetos) realizaba ejercicios en forma regular (3 o más veces por semana, durante 30 minutos o más, por lo menos desde hace 6 meses). Cincuenta y cuatro por ciento (30 sujetos) de los hombres realizaban ejercicios en forma regular, de los cuales 31%(17 sujetos) hacían ejercicios de fuerza, de los cuales ninguno era profesional. Por otro lado, 36%(20 sujetos) de las mujeres realizaban ejercicio en forma regular.

Cuadro No.3

Valores de Correlación de los Resultados de dos Técnicas para Medir Composición Corporal en Adultos Guatemala, diciembre 1999 – septiembre 2000

| METODO | HOMBRES n = 55 | EEE [✓] | MUJERES n = 56 | EEE | TOTAL n = 111 | EEE |
|--------|-------------------|------------------|-------------------|------|------------------|------|
| BIA | 0.82 | 4.57 | 0.89 | 3.25 | 0.90 | 3.99 |
| INCAP | 0.93 | 2.92 | 0.89 | 3.26 | 0.94 | 3.28 |
| D&W | 0.76 | 5.14 | 0.82 | 4.15 | 0.87 | 4.66 |

[✓] Error estándar de estimación.

La mejor correlación y el menor error estándar de estimación (EEE) se obtuvo utilizando la fórmula propuesta por el INCAP. Solamente en el caso de las mujeres se obtuvo una correlación y un EEE similar por medio de BIA. Ver gráficas de correlación en el anexo No. 3.

Cuadro No.4

**Acuerdo de Correlación entre el Porcentaje de Grasa
medido por Hidrodensitometría comparado con otras 3 técnicas
Guatemala, diciembre 1999 – septiembre 2000**

| METODO | HOMBRES n = 55 | MUJERES n = 56 | TOTAL n = 111 |
|--------|-------------------|-------------------|------------------|
| BIA | 0.7871 | 0.8820 | 0.8874 |
| INCAP | 0.9221 | 0.8973 | 0.9365 |
| D&W | 0.6456 | 0.7296 | 0.7944 |

Se compararon los distintos métodos para medir composición corporal contra el estándar (Hidrodensitometría) y se determinó el acuerdo de correlación para cada uno. El mejor acuerdo lo obtuvo la fórmula propuesta por el INCAP derivada de una población similar, seguido por el resultado obtenido por bioimpedancia eléctrica, tanto en hombres como en mujeres.

Cuadro No. 5

**Acuerdo Kappa para determinar Sensibilidad y
Especificidad entre Hidrodensitometría y las técnicas
que obtuvieron un buen Acuerdo de Correlación
Guatemala, diciembre 1999 – septiembre 2000**

| METODO | HOMBRES n = 55 | MUJERES N =56 | TOTAL n = 111 |
|--------|-------------------|------------------|------------------|
| BIA | 0.5800 | 0.4750 | 0.5807 |
| S* | 0.7619 | 0.9189 | 0.8621 |
| E⊗ | 0.8235 | 0.5263 | 0.7170 |
| INCAP | 0.8459 | 0.5914 | 0.7296 |
| S | 0.9048 | 0.7568 | 0.8103 |
| E | 0.9412 | 0.8947 | 0.9245 |

*Sensibilidad
⊗Especificidad

Para la utilización de esta prueba fue necesario clasificar a los sujetos como normales (los que se encontraron debajo del 85 percentil) y anormales (los que se encontraron arriba del 85 percentil). Fueron clasificados según los valores referidos por el "Institute for Aerobics Research", ver cuadro No. 6 (2). Se tomó como grupo control los valores obtenidos en las pruebas de hidrodensitometría. El valor mas alto de acuerdo Kappa lo obtuvo la fórmula del INCAP, siendo este un buen acuerdo. Al observar únicamente los datos de los hombres, la fórmula del INCAP presenta la mejor sensibilidad (capacidad de la prueba para detectar como anormales a los sujetos que están por arriba del 85 percentil) y especificidad (capacidad de la prueba para clasificar como normales a los sujetos que se encuentran debajo del 85 percentil). En el caso de las mujeres BIA presenta la mejor sensibilidad y el INCAP la mejor especificidad (13).

Cuadro No.6

**Porcentaje (%) de Grasa Corporal por Hidrodensitometría
Clasificación según el "Institute For Aerobics Research"(2)
Guatemala, diciembre 1999 – septiembre 2000**

| PERCENTIL | VALOR | HOMBRES | % | VALOR | MUJERES | % |
|-----------|-----------|---------|----|-----------|---------|----|
| < 85 | 23.8 | 30 | 54 | 29.8 | 18 | 32 |
| 85 – 94 | 23.9-28.9 | 13 | 24 | 29.9-35.2 | 21 | 38 |
| ≥ 95 | 29 | 12 | 22 | 35.3 | 17 | 30 |

Al clasificar a los sujetos de acuerdo con el % de grasa corporal obtenido por el método de hidrodensitometría se encontró que el 46%(25 sujetos) de los hombres y el 68%(38 sujetos) de las mujeres se clasifican arriba del 85 percentil (valor normal).

Cuadro No. 7

**Clasificación del IMC (kg/m²) de la Población en Estudio
Guatemala, diciembre 1999 – septiembre 2000**

| VALOR | INTEPRETACION | HIOMBRES | % | MUJERES | % |
|-----------|--------------------|----------|------|---------|----|
| < 18.5 | Delgadez | 0 | 0 | 2 | 4 |
| 18.5-24.9 | Normal | 24 | 43.5 | 37 | 66 |
| 25-29.9 | Sobrepeso | 24 | 43.5 | 11 | 20 |
| 30-34.9 | Obesidad grado I | 5 | 9 | 3 | 5 |
| 35-39.9 | Obesidad grado II | 2 | 4 | 3 | 5 |
| > 39.9 | Obesidad grado III | 0 | 0 | 0 | 0 |

Al clasificar a los sujetos de acuerdo con su índice de masa corporal, se encontró que el 56.5%(31 sujetos) de los hombres y el 30%(17 sujetos) de las mujeres presentaron un valor de 25 kg/m² o más. El acuerdo de correlación encontrado al relacionar el IMC con hidrodensitometría en el caso de los hombres fue de 0.52 y en mujeres fue de 0.40.

IX. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El propósito de este estudio fue evaluar el acuerdo entre las ecuaciones de predicción del porcentaje de grasa de uso común derivadas de pliegues cutáneos y bioimpedancia eléctrica pierna a pierna con los valores obtenidos por hidrodensitometría. Los resultados demostraron que existe un buen acuerdo para evaluar composición corporal de hombres y mujeres, con la técnica de pliegues cutáneos que usa la ecuación propuesta por el INCAP y los resultados obtenidos por hidrodensitometría. Así mismo, se encontró un buen acuerdo con BIA pierna a pierna para evaluar composición corporal en mujeres. Ambos métodos son apropiados para el uso clínico.

Las características generales de hombres y mujeres fueron comparadas entre sí, utilizando para ello la prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales, encontrando, como era de esperarse, diferencias significativas entre edad ($p < 0.05$), peso, talla, IMC, relación cintura/cadera y porcentaje de grasa por los diferentes métodos ($p < 0.01$). En la suma de pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, suprailíaco y abdominal) no se encontró diferencia estadísticamente significativa, pero esto no quiere decir que ambos sexos tengan la misma distribución de grasa corporal. En promedio los sujetos de sexo masculino presentaron mayores los pliegues suprailíaco y el abdominal, y para el sexo femenino son mayores el pliegue tricípital y el subescapular.

Llama la atención que una mayor proporción de mujeres que de hombres tenía una relación cintura/cadera arriba de los valores límites considerados como de mayor riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares. Los sujetos fueron clasificados utilizando el criterio del Joint Dietary Committe (1990) (25) (>0.95 en hombres y >0.80 para mujeres) y se encontró que el 13% de los hombres y el 27% de las mujeres se encuentra por encima de

estos valores. Esto puede deberse a que la ocupación y actividad física de las mujeres que participaron en este estudio era más sedentaria y ligera que en el caso de los hombres. En los estudios realizados por otros autores como el de St. Jeor en 1993 (39), Kuhn and Rackley en 1993 (27) y Angel et.al. en 1994 (3) concluyeron que la grasa localizada en el área abdominal incrementa el riesgo a enfermedades cardiovasculares, diabetes, hipertensión y cáncer y que esta distribución de grasa es mayor en el sexo masculino.

Se encontró con el método de densitometría que únicamente el 54% (30 sujetos) de los hombres y el 32% (18 sujetos) de las mujeres presentan un valor normal de grasa corporal, al utilizar como punto de corte el 85 percentil de los valores proporcionados por el Institute for Aerobic Research (1994) (2). Con el IMC se encontró normal al 43.5% (24 sujetos) de los hombres y el 66% (37 sujetos) de las mujeres, al utilizar como punto de corte un valor de 25 kg/m². Al relacionar estos dos indicadores del estado nutricional encontramos que en general las mujeres tienen un peso corporal adecuado para su estatura pero con un porcentaje de grasa corporal por arriba de lo normal; lo contrario en el caso de los hombres donde presentan en general un peso mayor al adecuado para su estatura pero un porcentaje de grasa corporal adecuado. Esto puede estar relacionado con el ejercicio, ya que fue mayor el porcentaje (54%) de hombres que realizaba ejercicios y en general el hombre practicaba el levantamiento de pesas que como es sabido aumenta la masa corporal magra y por consiguiente el peso. El grupo de mujeres lleva un estilo de vida más sedentario y solamente el 36% realizaba ejercicio y únicamente el 9% practican levantamiento de pesas. Aunque ninguno de los participantes puede ser considerado como atleta.

Los sujetos participantes pertenecían en su mayoría a la clase media, y media alta. Se contó con una pobre participación de sujetos de clase baja, se observó falta de interés en

conocer su composición corporal, ya sea por ignorancia o por miedo, siendo el principal limitante la prueba de hidrodensitometría.

Los resultados obtenidos al calcular el porcentaje de grasa corporal fueron primeramente analizados utilizando el coeficiente de correlación múltiple (r) y el error estándar de estimación (EEE), donde la fórmula propuesta por el INCAP presenta los mejores valores, lo que se pudo deber a que esta fórmula fue derivada de una población guatemalteca del área rural similar a la del presente estudio; se derivó con una muestra de 115 sujetos (57 hombres y 58 mujeres) comprendidos entre 18 y 41 años, que presentaron valores de porcentaje de grasa corporal entre 4.2 a 30.0 para hombres y entre 13.2 a 46.9 para mujeres. Utilizando la fórmula de Durnin & Womersley (8) se obtuvo una baja correlación y un alto EEE ($r = 0.76$ y $EEE = 5.14$), esto pudo haberse debido a que esta fórmula fue derivada de una población con características distintas a las del presente estudio; se derivó de una población extranjera con una muestra de 481 sujetos (209 hombres y 272 mujeres), comprendidos entre 16 a 72 años y con un porcentaje de grasa entre 5 a 50% en hombres y de 10 a 61% en mujeres.

Esto concuerda con lo mencionado por Lohman (1988) (28) en *Anthropometry and Body Composition*, donde encontraron que ciertas ecuaciones antropométricas son altamente específicas para una población determinada, o sea, que una ecuación derivada de una población determinada que no es aplicable a otras poblaciones debido a los factores biológicos que influyen en la relación entre antropometría y la grasa corporal total. Junto con los factores biológicos, se sabe que hay diferencias metodológicas que también pueden afectar el desarrollo de una ecuación. También mencionan que en general la ecuación lineal de Sloan [Sloan, 1967 (38); Sloan et. al., 1962 (37)] se relaciona a un porcentaje menor por edad para el valor de grasa en una población determinada, y la ecuación de

Durnin & Womersley (1974) (8) se relaciona con valores más altos. La ecuación de Sloan no fue valorada en el presente estudio.

En el caso de bioimpedancia eléctrica pierna a pierna (BIA) presentó muy buena correlación en el caso de las mujeres, siendo el mismo valor ($r = 89$ y $EEE = 3.25$) al obtenido con la fórmula del INCAP, en el caso de los hombres no presenta un EEE aceptable ($EEE = 4.57$). Lamentablemente no se obtuvo acceso a la fórmula que utiliza el monitor de BIA pierna a pierna utilizado, por lo que no podemos discutir el porque no existe buena correlación para el sexo masculino, aunque se podría deber a que la población de donde fue derivada tenía características distintas a la población de estudio. Esta misma relación fue observada en el estudio realizado por Utter, et. al.(1999) (42), titulado Use of the leg-to leg bioelectrical impedance method in assessing body-composition change in obese women, donde se concluyó que el sistema de BIA pierna a pierna evalúa correctamente la masa corporal magra en mujeres obesas y no obesas, y los cambios de masa grasa cuando se someten a un régimen dietético de reducción de peso únicamente o combinado con ejercicio.

Debido a que la correlación no evalúa la coincidencia entre el estándar (hidrodensitometría) y las técnicas evaluadas, no se puede asegurar que no exista sesgo en los resultados, pudiendo incluir verdaderos positivos, verdaderos negativos, falsos positivos y falsos negativos. Fue necesario evaluar el acuerdo (concordancia o reproducibilidad) para conocer si las técnicas evaluadas miden la composición corporal al igual que el estándar. Al aplicar la prueba de correlación de acuerdo de Lin nuevamente la fórmula propuesta por el INCAP obtuvo los mejores acuerdos y BIA obtuvo un acuerdo similar en el caso de las mujeres. Esto nos indica que estas técnicas bajo las condiciones utilizadas en el presente estudio, son fiables al momento de predecir la composición corporal. La

fórmula de Durnin & Womersley obtuvo un acuerdo bastante bajo por lo que no se prosiguió su análisis. Esto concuerda con lo presentado por Lohman (1988) (28) en *Anthropometry and Body Composition* donde sugieren que la combinación de pliegues cutáneos con circunferencias reducen el error de predicción y puede ofrecer la propuesta óptima para la estimación de la composición corporal a partir de la antropometría.

Por último los datos se sometieron a la prueba estadística de acuerdo de kappa, donde la fórmula del INCAP presentó la mejor sensibilidad (capacidad del método para clasificar como anormales a los sujetos que presentaron un porcentaje de grasa corporal mayor al valor referido como normal) en el caso de los hombres, y la mayor especificidad (capacidad del método para clasificar como normales a los sujetos que presentaron un porcentaje de grasa corporal menor al valor referido como normal) en el caso de hombres y mujeres; BIA presentó la mejor sensibilidad en el caso de las mujeres.

X. CONCLUSIONES

1. Existe acuerdo para evaluar la composición corporal de hombres y mujeres, entre la técnica de pliegues cutáneos utilizando la ecuación propuesta por INCAP y los resultados obtenidos por hidrodensitometría.
2. Existe acuerdo para evaluar la composición corporal de mujeres, entre la técnica de bioimpedancia eléctrica pierna a pierna y los resultados obtenidos por hidrodensitometría.
3. En el cálculo de la composición corporal utilizando la fórmula de Durnin & Womersley se obtuvo una baja correlación, un error estándar de estimación elevado y no se observó un buen acuerdo de correlación con los resultados obtenidos por hidrodensitometría.
4. El índice de masa corporal por sí solo no es el mejor indicador de la composición corporal de una persona.
5. Al existir acuerdo entre los resultados obtenidos utilizando pliegues cutáneos y circunferencias por medio de la fórmula propuesta por INCAP con los resultados de hidrodensitometría, no fue necesario el cálculo de nuevas ecuaciones de predicción de la composición corporal. Lo mismo puede decirse de los resultados obtenidos por BIA.

XI. RECOMENDACIONES

1. Utilizar la fórmula propuesta por INCAP para determinar composición corporal teniendo el cuidado de seguir la técnica para toma de pliegues cutáneos y circunferencias descritas en este estudio.
2. Al utilizar bioimpedancia eléctrica pierna a pierna para evaluar composición corporal tomar las siguientes precauciones: que la persona se encuentre debidamente hidratada, que no halla ingerido alimentos por lo menos cuatro horas antes y que no se halla ejercitado por lo menos durante 24 horas.
3. Para obtener un resultado más confiable se sugiere utilizar los dos métodos anteriores.
4. Para disminuir los costos de en futuras investigaciones con hidrodensitometría de preferencia realizar las pruebas de hidrodensitometría durante época cálida.
5. Realizar un trabajo de investigación similar entre atletas, personas que realizan ejercicio en forma regular y personas que no realizan ejercicio.

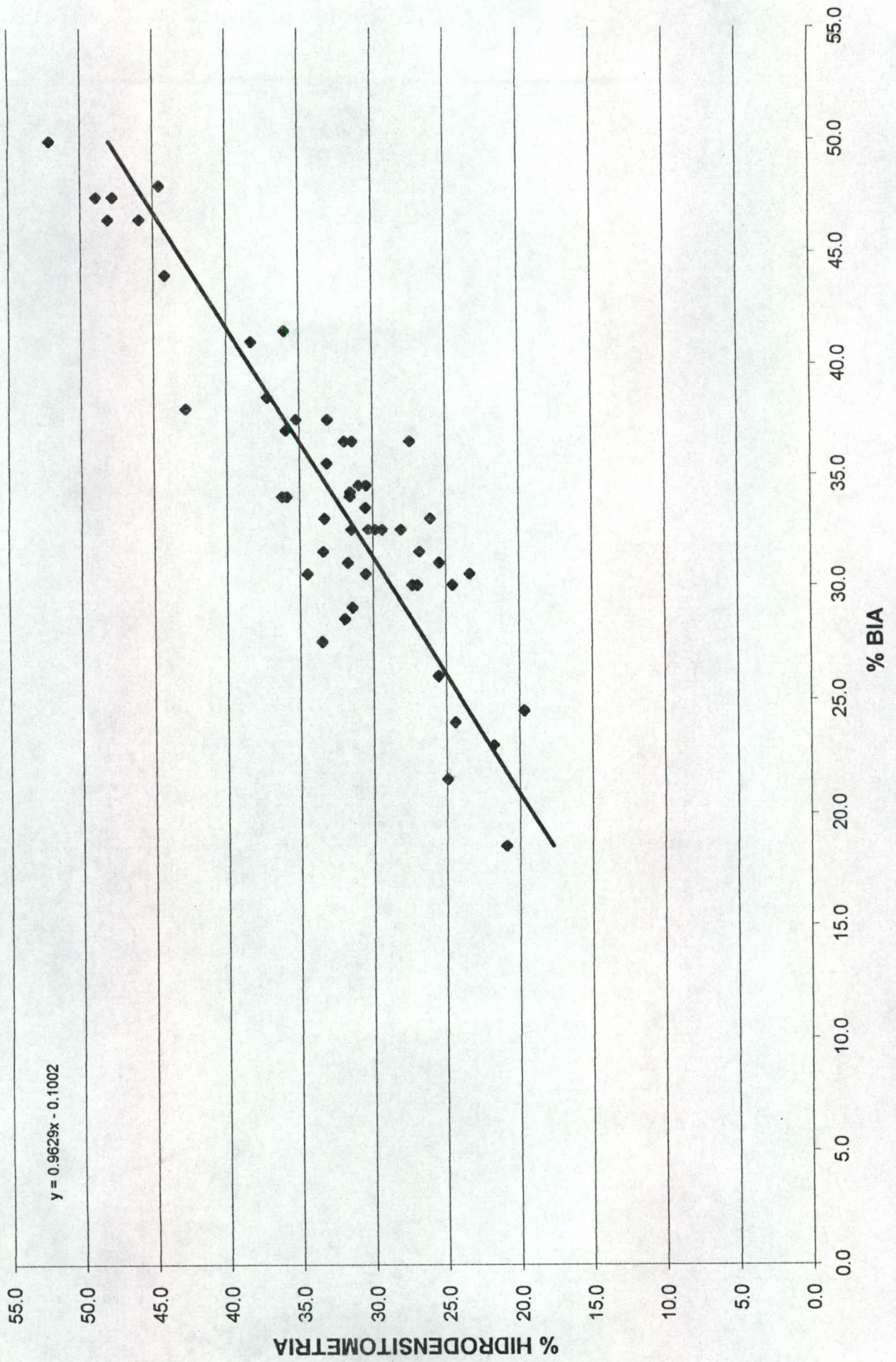
XII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ADAMS, J.A. 1985. Symposium on human body composition. USA, Ross Medical Publications. pp. 1-12.
2. AMERICAN College of Sports Medicine ACSM'S. 1995. Guidelines for excersises testing and prescription. 5th Edition. Williams & Wilkins. pp. 111-112.
3. ANGEL, A., et al. 1994. Clustering of cardiovascular risk disease factors with abdominal obesity in Canada. Intl J Obesity (USA) 18(supp2): 100 (abstract).
4. BEHNKE, A.R. 1961. Comment on the determination of whole body density and a resume of body composition data. In Brozek, J. Techniques for measuring body composition. pp. 118-133.
5. BROZEK, J. 1965. Methods for the study of body composition: some recent advances and developments. In Brozek, J. Human body composition: Approaches and applications. Oxford, Pergamon Press. vol. VII pp.1-19.
6. BUSKIRK, E.R. 1961. Underwater weighing and body density: a review of procedures. In Brozek, J. Techniques for measuring body composition. pp. 90-106.
7. CENTRO de Documentación Científica. 1998. Evaluación del estado nutricional: Antropometría. In Curso de Dietética y Nutrición.
8. CHIRIFE, G., et. al. 1999. Composición corporal por Bioimpedancia eléctrica en adultos obesos. In X Congreso Latinoamericano de Nutricionistas y Dietistas del Comité Científico.
9. COHN, D.A., et. al. 1981. Comparison of methods for estimating body fat in normal subjects and cancer patients. American Journal of Clinical Nutrition. (USA) 34: 2839-2847.
10. COOPER, K. And D.L. Parker. 1998. Recommended body fat levels. USA, Biodynamics Corporation.
11. DURNIN, J.U. and J. Wormersly. 1974. Body fat assessment from total body density and its estimation from skinfold thickness: Mesurement of 481 men and women aged 16-72. British Journal of Nutrition (UK) 32: 77-97.
12. FLACK, A, et. al. 1988 Sample determinations for the two rater Kappa statistic. *Psychometria*, 53:321-325.
13. FLETCHER, R., et. al. 1982. Clinical Epidemiology, the essentials. Baltimore, Waverly Press Inc. pp. 41-57.

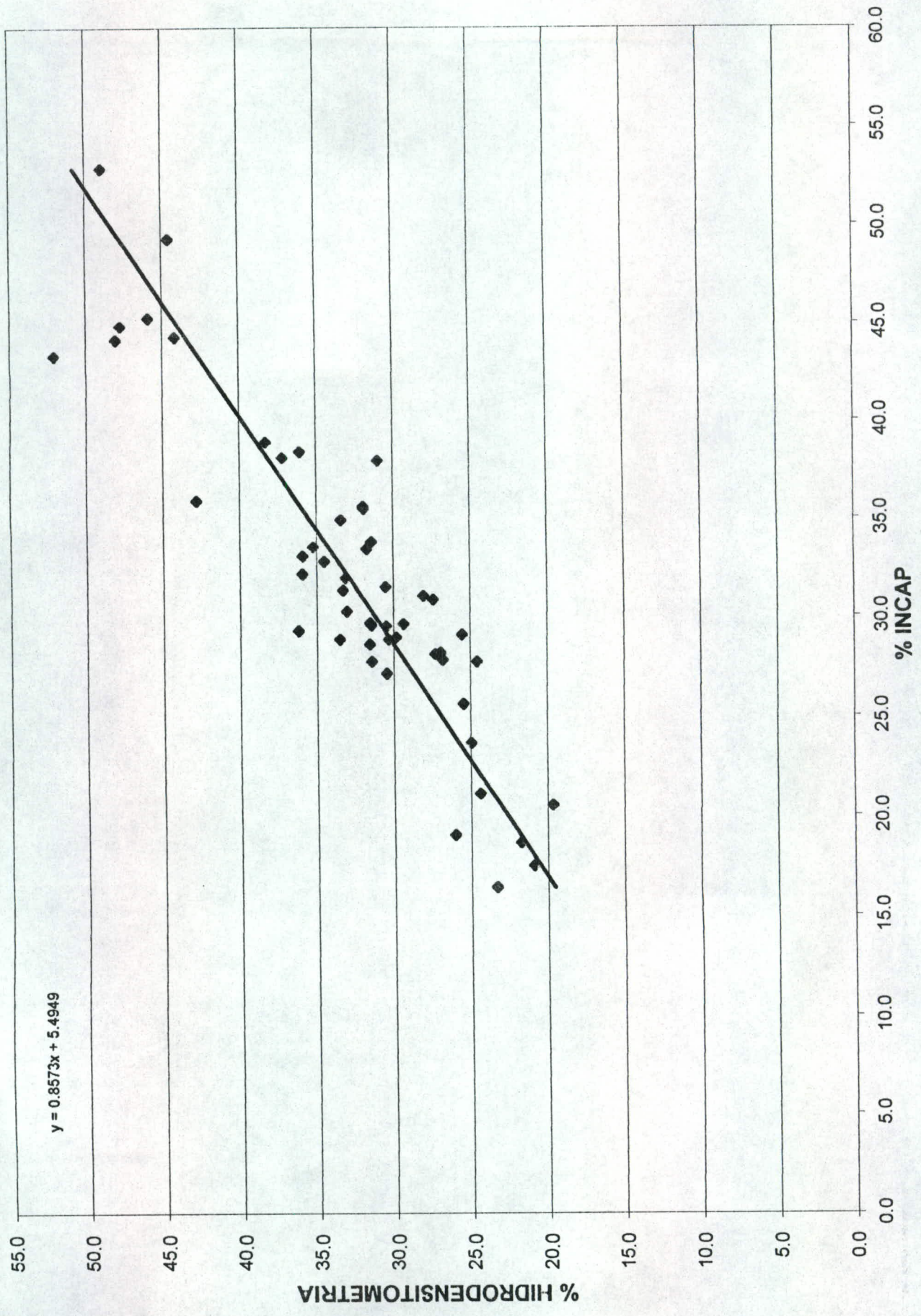
14. FORBES, G.B. 1997. Composición del organismo. In Ziegler, E. E. y L. J. Filer. Conocimientos actuales sobre nutrición. 7ª. Ed. USA, ILSI, OPS, ONU. Pp. 8-13. (Publicaciones científicas no. 146).
15. FRISANCHO, R. A. 1990. Anthropometric Standards for the Assessment of Growth and Nutritional Status. The University of Michigan Press. USA pp.58-59.
16. GIRANDOLA, R.N., et. al. 1997. Algorithmic ElectroLipoGraphy. A simple and accurate method for the clinical diagnosis of obesity. www.Bioanalogs.com
17. GIBSON, R.S. 1990. Principles of nutritional assessment. Oxford, Oxford University Press. pp. 187-246.
18. GOING, S.B. 1996. Densitometry. In Roche, A.F., S.B. Heymsfield and T.G. Lohman. Human Body Composition. Human Kinetics. USA pp. 3-19.
19. GOLDMAN, R.F. and E.R. Buskirk. 1961. Body volume measurement by underwater weighing: Description of a method. In Brozek, J. Techniques for measuring body composition. pp. 78-89.
20. GRANDE, F. and A. Keys. 1980. Body weight, body composition and calorie status. In Goodhart, R. and M.E. Shils. Modern nutrition in health and disease. 6ª. Ed. Philadelphia, Lea & Febiger. pp. 3-27.
21. HARSHA, D.W., et. al. 1978. Racial differences in subcutaneous fat patterns in children age 7-15. American Journal of Physical Anthropology (USA) 53: 333-337.
22. _____ 1978. Densitometry and anthropometry of blacks and whites. Human biology (USA) 51(1): 261-280.
23. HEGARTY, V. 1995. Nutrition, food and environment. USA, Eagan Press. pp. 322-325.
24. JACKSON, A.S., et. al. 1988. Reliability and validity of bioelectrical impedance in determining body composition. Department of Health and Physical Education, and Recreation. University of Houston. www.Bioanalogs.com
25. JOINT Dietary Guidelines Advisory Commette of United States, department of Agriculture, Health and Human Services. 1990. USDA.
26. KATCH, F.I. and V.L. Katch. 1980. Measurement and prediction errors in body composition assessment and the search for the perfect equation. Research Quarterly (USA) 51(1): 249-260.
27. KUHN, F.E. and C.E. Rackley. 1993. Coronary artery disease in women. Arch Intern Med (USA) 153:2626-2636.

28. LOHMAN, T.G. 1988. Anthropometry and body composition. In Anthtopometry Standarization Reference Manual. Human Kinetics Publishers. Illinois. pp. 125-129.
29. _____ 1992. Advances in Body Composition Assessment. Human Kinetics Publishers. USA. pp.37-55.
30. LOHMAN, T. G., A.F. Roche and R. Matorell. 1991. Anthropometric Standarization Reference Manual. Abridged Edition. Human Kinetics Books. Illinois. pp. 42-68.
31. LUKASKI, H.C. and J. Mendez. 1984. Assessment of fat-free mass using Bio-electrical Impedance measurements of human body. American Journal of Clinical Nutrition (USA) 41(4): 809-816.
32. MATUTE, J. y E. Boy. 1991. Estandarización del personal en diagnóstico clínico de bocio: ¿Cómo evaluar la concordancia entre examinadores de la tiroides? INCAP.
33. NUÑEZ, C. et. al. 1997. Bioimpedance analysis: evaluation of leg- to- leg system based on pressure contact footpad electrodes. Official Journal of the American College of Sports Medicine.(USA) pp. 524-531.
34. OLESEN, K. 1965. Body Composition in normal adults. In Brozek, J. Human body composition: Approaches and applications. Oxford, Pergamon Press. (UK)VII:177-189.
35. SEGAL, K.R., et. al. 1988. Estimation of human body composition by electrical impedance methods: a comparative study. St. Lukes-Roosevelt Hospital Center and Applied Physiology Lab. www.Bioanalogics.com
36. SIENKIEWICZ, F. and E. Noss Whitney. 1994. Nutrition concepts and controversies. 6ª ed. Minneapolis, West Publishing Company. Pp. 320-322.
37. SLOAN, A.W, et. al. 1962. Estimation of body fat in young women. Journal of Applied Physiology 17:967-970.
38. _____ 1967. Estimation of body fat in young men. Journal of Applied Physiology 23:311-315.
39. ST JEOR, S.T. 1993. The role of weight management in the health women. JADA (USA) 93:1007-1012.
40. TORUN, B. 1995. Diagnóstico nutricional por métodos de composición corporal. In Venezuela entre el exceso y el déficit, V Simposio de Nutrición. Caracas, Ediciones Cavendes. pp.75-92.
41. THOMASSET, M.A. 1963. Properties of Bio-Electrical impedance des tissue. Lyon medicine (France) 22:11325-11350.

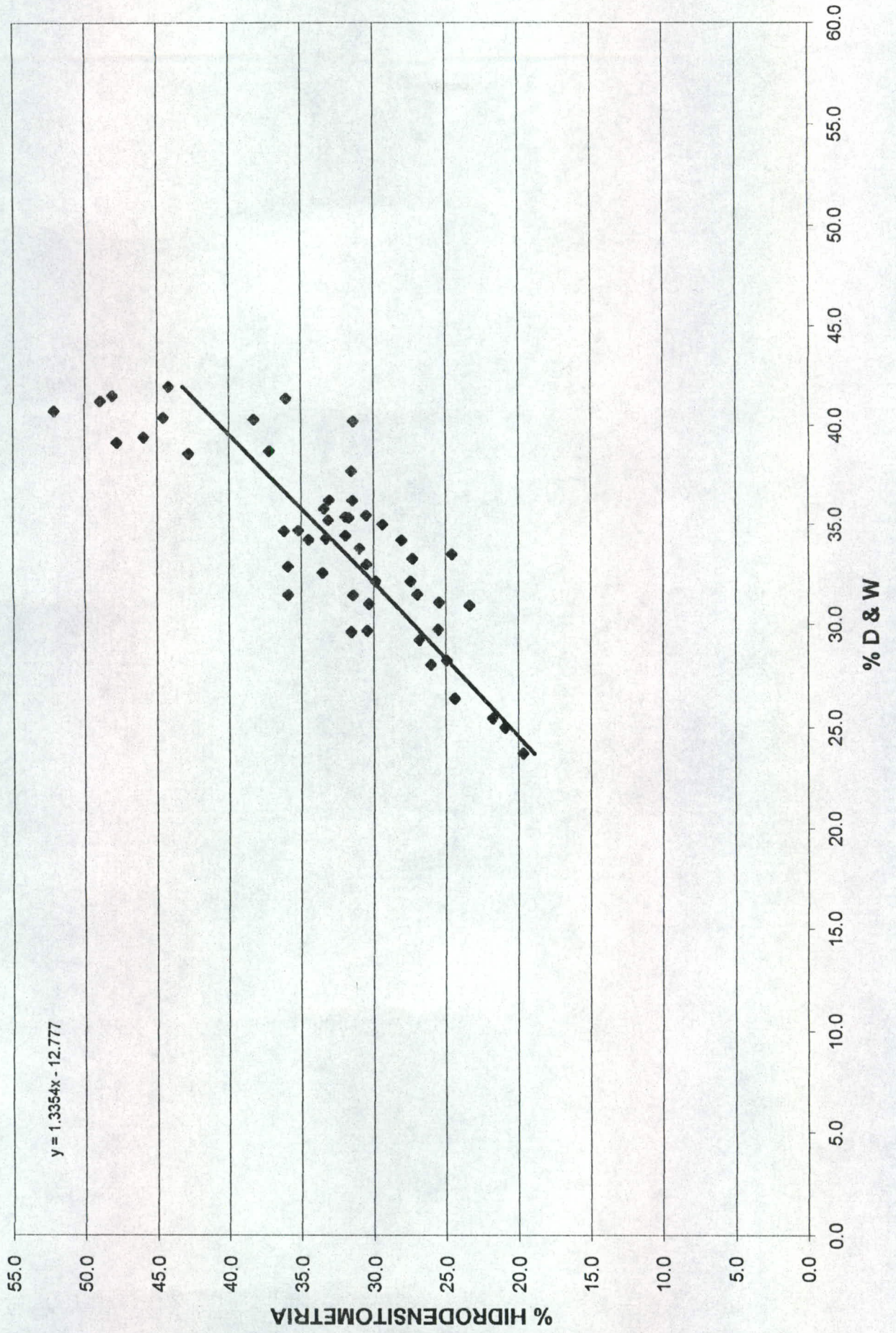
GRAFICA No. 1
HIDRODENSITOMETRIA VRS. BIA - MUJERES
Guatemala, diciembre 1999 - septiembre 200



GRAFICA No. 2
HIDRODENSITOMETRIA VRS. INCAP - MUJERES
Guatemala, diciembre 1999 - septiembre 2000



GRAFICA No.3
HIDRODENSITOMETRIA VRS. D & W
Guatemala, diciembre 1999 - septiembre 2000



GRAFICA No. 4
HIDRODENSITOMETRIA VRS. BIA - HOMBRES
Guatemala, diciembre 1999 - septiembre 2000

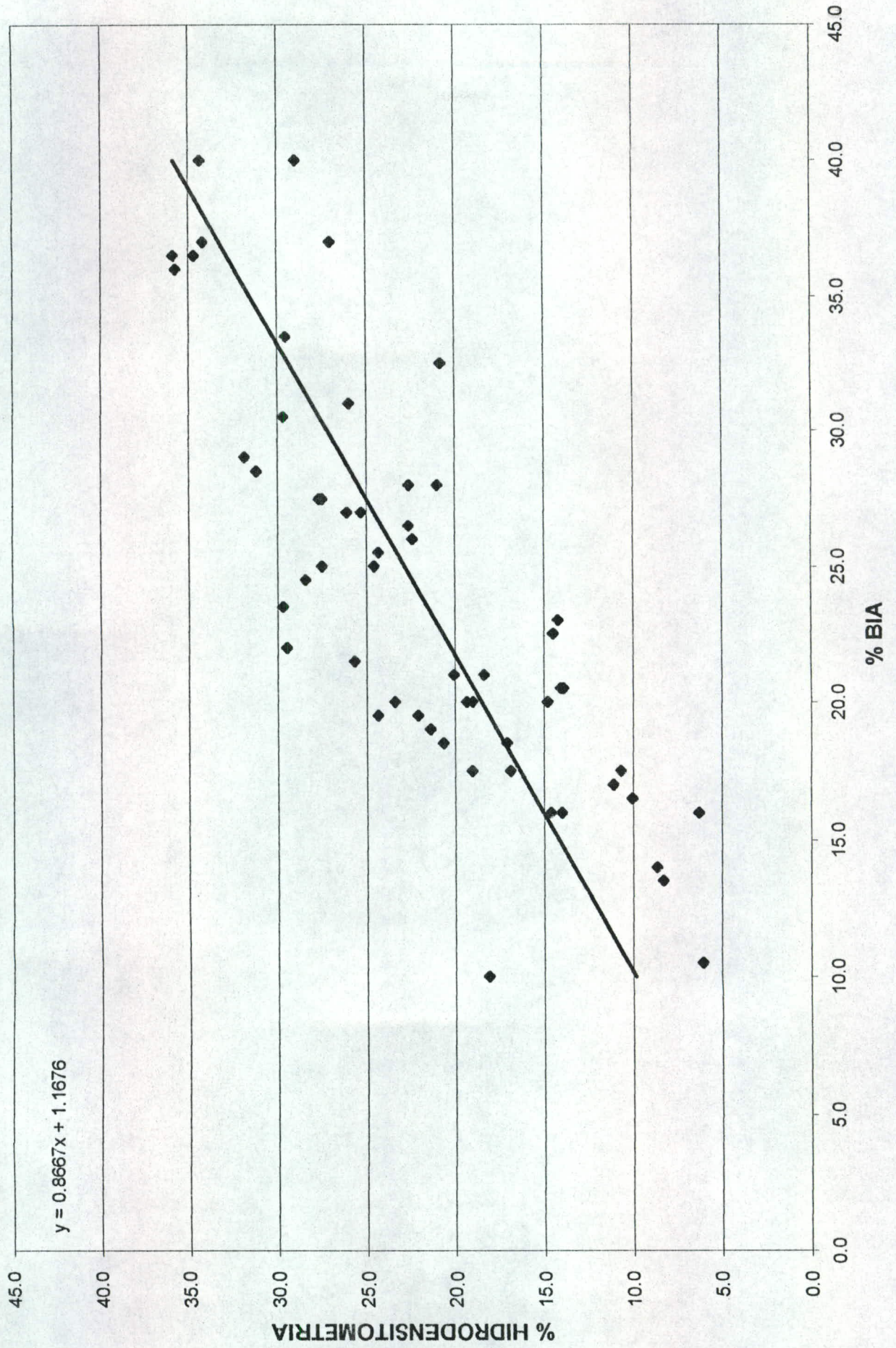
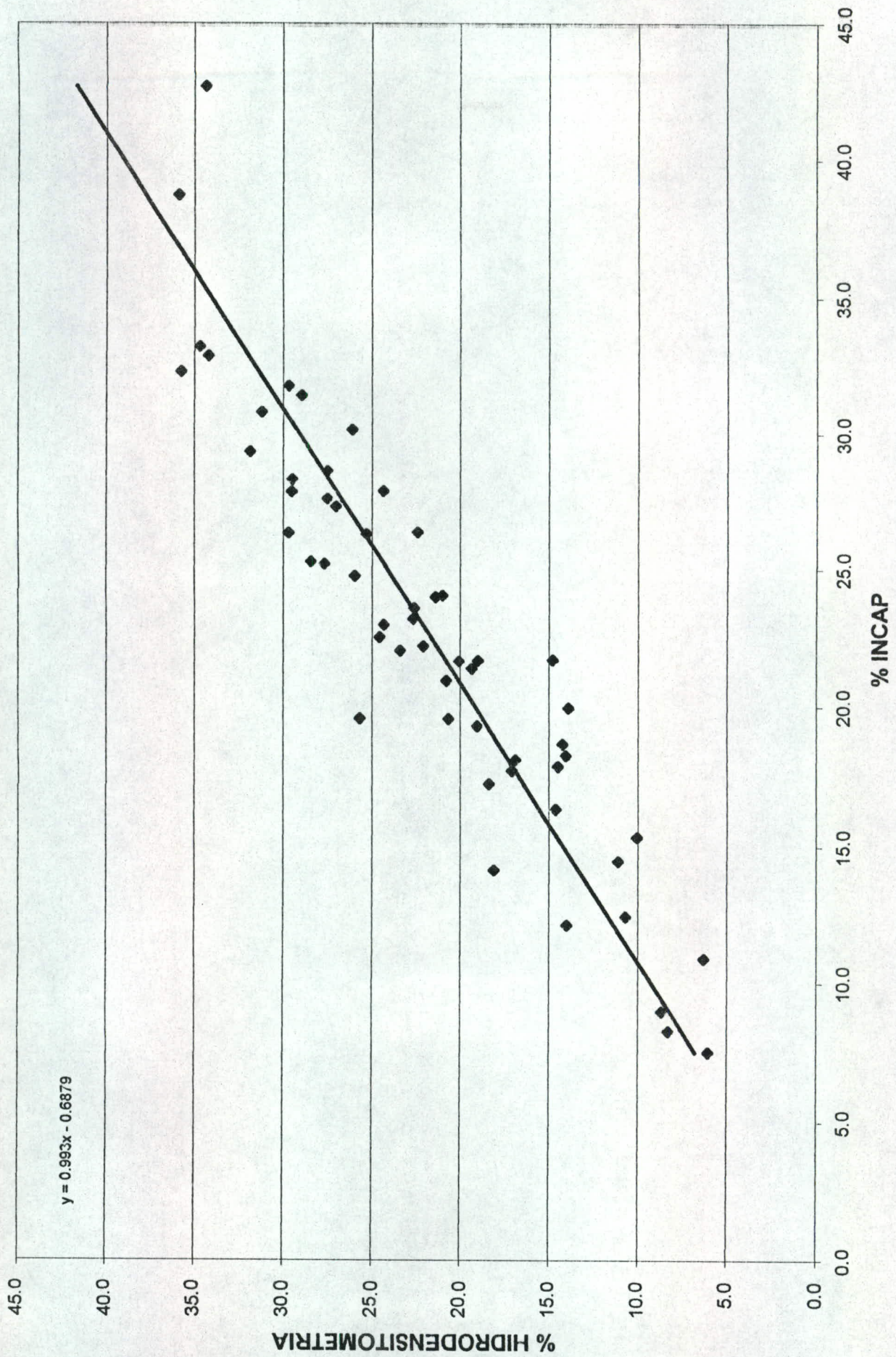
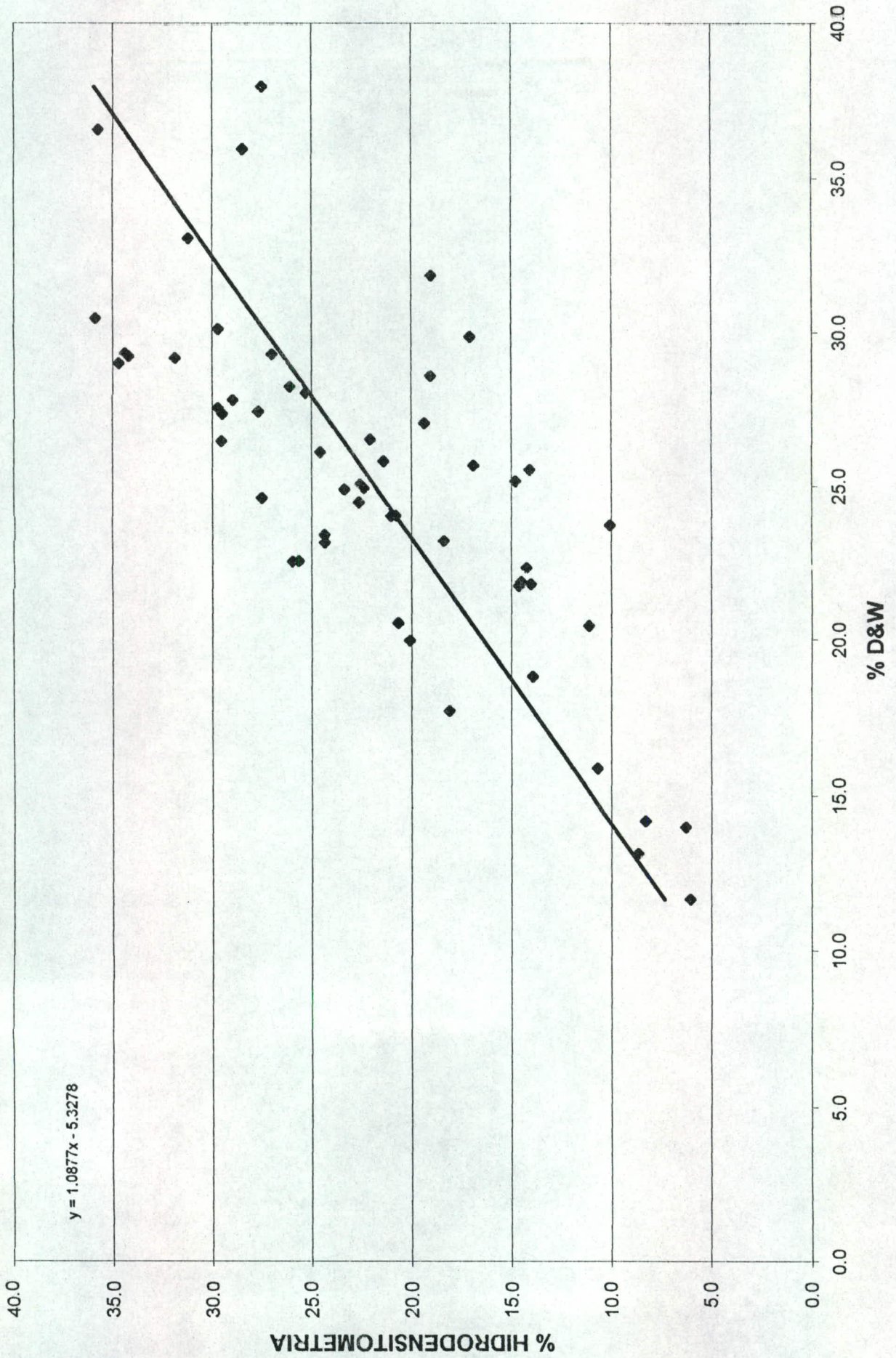
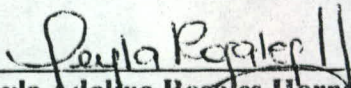


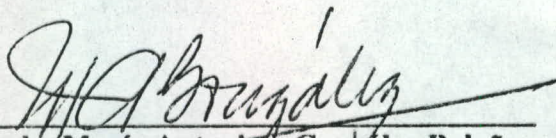
GRAFICO No5
HIDRODENSITOMETRIA VRS. INCAP - HOMBRES
Guatemala, diciembre 1999 - septiembre 2000




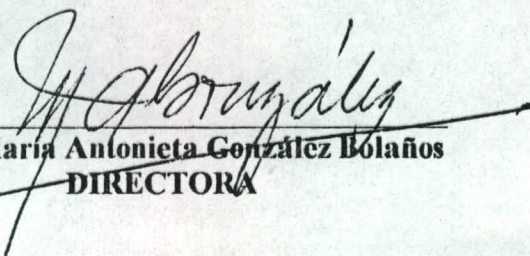
GRAFICA No. 6
HIDRODENSITOMETRIA VRS. D&W - HOMBRES
Guatemala, diciembre 1999 - septiembre 2000





Leyla Adellina Rosales Hernández
AUTORA


Licda. María Antonieta González Bolaños
ASESORA


Dr. Manuel Ramírez Zea
ASESOR


Licda. María Antonieta González Bolaños
DIRECTORA


Licda. Hada Marieta Alvarado Beteta
DECANA