



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE MEDICINA**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**HOSPITAL ESPAÑOL DE MÉXICO.**

**“DESEMPEÑO DEL ÍNDICE DE MASA CORPORAL EN EL DIAGNÓSTICO DE SOBREPESO Y OBESIDAD EN POBLACIÓN MEXICANA.”**

QUE PRESENTA:

**ELIZABETH CASTILLO MONTUFAR**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA DE:

**MEDICINA INTERNA.**

TUTORES DE TESIS:

**DRA. LIVIA MAGDALENA MARTÍNEZ BORJA.  
DR. JORGE ALEJANDRO AYALA SAN PEDRO**

CIUDAD DE MÉXICO, AGOSTO 2022



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

## **Agradecimientos.**

A mis asesores, especialmente a mi tutora principal que creyó en mi y me oriento con sus conocimientos, habilidades, y aptitudes para hacer posible la realización de mi tesis.

A mis hermanos, abuelos y muy en especial a mi madre quien fue mi pilar y soporte en esta trayectoria que hoy concluyo.

A mi prometido y futuro esposo, quien me acompañó en las noches de desvelo, ya que sin su apoyo, paciencia y cariño no hubiera sido posible este logro.

## Índice.

<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>14</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>15</b>
<b>OBJETIVO</b> .....	<b>16</b>
<i>Objetivo General</i> .....	16
<b>HIPÓTESIS</b> .....	<b>17</b>
<b>MATERIAL Y METODOS</b> .....	<b>18</b>
DISEÑO DE ESTUDIO. ....	18
UNIVERSO DE TRABAJO. ....	18
CRITERIOS DE SELECCIÓN .....	18
<i>Criterios de inclusión</i> .....	18
<i>Criterios de exclusión</i> .....	18
<i>Criterios de eliminación</i> . ....	18
MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS. ....	18
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES. ....	19
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO.....	21
PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	21
<b>ASPECTOS ÉTICOS</b> .....	<b>22</b>
CONSIDERACIONES ÉTICAS. ....	22
DECLARACIÓN DE HELSINKI.....	22
ASEGURAMIENTO DE CALIDAD.....	23
ARCHIVO DE LA INFORMACIÓN.....	23
AUTORIZACION INSTUTUCIONAL. ....	24
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>25</b>
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>53</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>57</b>
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b> .....	<b>58</b>
.....	58
<b>REFERENCIA BIBLIOGRAFICA</b> .....	<b>59</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>63</b>
HERRAMIENTA DE RECOLECCIÓN DE DATOS. ....	63

## MARCO TEÓRICO.

El sobrepeso se define como un peso corporal desproporcionado para la altura, mientras que la obesidad se define como acumulación excesiva de tejido adiposo y suele ir acompañada de una inflamación sistémica crónica leve.<sup>30</sup>

Para determinar si alguien padece obesidad y en qué medida, se han diseñado y desarrollado diferentes métodos, incluida la evaluación basada en antropometría, análisis de impedancia bioeléctrica, densitometría y métodos basados en imágenes.<sup>30</sup> El índice de masa corporal (IMC) es una herramienta imprecisa para definir obesidad. En términos generales se ha utilizado para establecer una correlación entre el IMC y la grasa corporal en algunos escenarios, sin embargo la especificidad de esta correlación disminuye cuando el IMC es bajo. Hasta este momento ha sido una herramienta de uso común debido a que es práctica y de bajo costo, sin embargo subestima el diagnóstico oportuno.<sup>30</sup>

El porcentaje de adiposidad utilizando IMC como herramienta se puede estimar indirectamente estimado utilizando la ecuación de Deurenberg.<sup>2</sup>

Porcentaje de grasa corporal =  $1.2(\text{IMC}) + 0.23(\text{edad}) - 10.8(\text{sexo}) - 5.4$

Se designa 1 para los hombres y 0 para las mujeres. Esta ecuación tiene un error estándar del 4% y representa aproximadamente el 80% de la variación en grasa corporal.<sup>30</sup>

La obesidad es una enfermedad crónica multifactorial cuya prevalencia está aumentando en adultos, adolescentes y niños, y ahora se considera una epidemia mundial. La detección oportuna de la obesidad utilizando como método diagnóstico el porcentaje de tejido adiposo puede identificar a la población de alto riesgo. De otro modo, utilizando una herramienta diagnóstica como el IMC, podrían no recibir asesoramiento sobre los riesgos para la salud, los cambios en el estilo de vida, las opciones de tratamiento oportuno de la obesidad y así mismo la reducción de los factores de riesgo.<sup>17</sup>

La evaluación de un paciente con sobrepeso u obesidad debe incluir estudios clínicos y de laboratorio. La información combinada, se utiliza para caracterizar el tipo y gravedad de la obesidad, determinar el riesgo para la salud y así proporcionar una base para el tratamiento.

El Índice de Quetelet, descrito por Lambert Adolphe Jacque Quetelet quien fue un astrónomo y estadístico flamenco, considerado como el patriarca de los estadísticos, introdujo el concepto de promedios sociales. Al desarrollar este concepto, su objetivo era determinar las características de un hombre promedio y la distribución de varias características humanas. En general, su deseo era obtener una distribución tal que formara una curva en forma de campana, es decir, una distribución gaussiana o normal. Se refirió a sus estudios como "física social". Por lo tanto, esto representa la primera aplicación de las matemáticas de distribución a las características humanas. En 1835, Quetelet notó que la relación entre la masa corporal y la altura en adultos jóvenes normales se vio menos afectada por la altura cuando se utilizó la relación entre el peso y la altura al cuadrado en lugar de simplemente utilizar la relación entre el peso y la altura o el peso con la altura elevada a la tercera potencia.<sup>16</sup>

En 1972, Keys et al criticaron la validez de los datos de Quetelet, publicados en el Metropolitan Life Insurance y las tablas de peso deseable para la estatura, así como las tablas utilizadas para definir a las personas con bajo peso o sobrepeso publicadas en ese momento. En cambio, Keys et al, utilizando el peso mejor documentado para los datos de altura, popularizaron el Índice de Quetelet como predictor de enfermedad vascular y metabólica adquirida, así como de mortalidad general en estudios basados en la población. Se refirieron a él como índice de masa corporal (IMC) herramienta utilizada hasta la fecha.

Como se indicó anteriormente, al elevar al cuadrado la altura, se reduce la contribución de la longitud y tiende a normalizar la distribución de la masa corporal en cada nivel de altura; es decir, reduce el efecto de una variación en la estatura en la relación entre el peso y la estatura. Esto se consideró importante porque la mayor parte de la grasa corporal se encuentra en el tronco. Los criterios Metropolitan Life Tables para definir la obesidad se utilizaron ampliamente hasta principios de la década de 1990. Aproximadamente en ese momento, la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (OMS) del peso corporal para la estatura, basada en la IMC, fue publicado y posteriormente fue ampliamente adoptado.<sup>16</sup>

Desde las descripciones originales del índice de Quételet, éste ha sido herramienta para realizar el diagnóstico de sobrepeso y obesidad, sin embargo, pocos estudios describen la medición del porcentaje de grasa como herramienta diagnóstica.

A pesar de que comúnmente se correlaciona el porcentaje de grasa corporal estrechamente con el IMC, se deben tener en cuenta algunas consideraciones para su interpretación.<sup>50</sup> El IMC tiene baja sensibilidad existe por la variabilidad interindividual en el porcentaje de grasa corporal para cualquier valor de IMC dado, atribuido a la edad, el sexo y el origen étnico. Por ejemplo, los asiáticos tienen un mayor porcentaje de grasa corporal que los caucásicos para el mismo IMC. <sup>(15,19,21)</sup>

Existen estudios en los que se encuentra estrecha relación entre el porcentaje de grasa corporal y el IMC, siempre y cuando se toma en cuenta el género y la edad. Los estudios más recientes muestran la estrecha relación que tiene la etnia, la cual a su vez tiene gran relación por el nivel de actividad física que tiene cada población y por tanto la proporción de masa muscular. Otro factor importante que se discute en la literatura es el impacto de la longitud relativa de las piernas o la altura relativa usada en el cálculo de IMC. Los sujetos con piernas relativamente largas poseen un IMC más bajo por lo cual se subestima el porcentaje de grasa corporal. Poblaciones como lo son los Asiáticos tienen una longitud de piernas cortas en comparación con los caucásicos, por lo que se han utilizado fórmulas para obtener la relación entre el porcentaje de grasa corporal y el IMC.<sup>53</sup>

P. Deurenberg et al, compararon tres grupos de poblaciones diferentes obteniendo diferencias esperadas de acuerdo a la estructura corporal relacionado con el origen de la población estudiada, en este estudio se compararon personas de raza china en Beijing, Singapur y caucásicos holandeses. Evaluaron 40 sujetos, de los cuales 14 fueron mujeres y 26 hombres, emparejados con edad ( $\pm 3$ ) e IMC ( $\pm 2\text{kg/m}^2$ ). En todos los pacientes aparentemente sanos, se tomaron mediciones al menos cuatro horas post prandiales con equipos previamente calibrados. La altura se tomo con estadímetro en sujetos descalzos con una precisión de 0.1cm. Posteriormente, se calculo IMC, obteniendo de manera predictiva el porcentaje de grasa utilizando la siguiente formula:<sup>53</sup>

$$\%BF = 1.2 \times \text{IMC} + 0.23 \times \text{edad} - 10.8 \times \text{genero} - 5.4. \quad ^{53}$$

Dicha fórmula tiene un error predictivo de 4.5%. Los resultados de este estudio mostraron que los chinos de Beijing y Singapur no difieren en ninguna de las características básicas, sin embargo los caucásicos de Wageningen son significativamente más altos y tienen un peso corporal mayor, aunque su IMC no es diferente al de los dos grupos de chinos. Los chinos de Singapur tienen un porcentaje de grasa corporal más alto en comparación con la población caucásica de Wageningen. La masa muscular corregida por altura es 0.4 mayor en Wageningen en comparación con Beijing y 0.9 kg mayor en comparación con Singapur. El porcentaje de grasa corporal pronosticado a partir del IMC fue de 19.2 ± 5.2; 18.7 ± 5.2 y 18.0 ± 6.8, en Beijing, Singapur y Wageningen respectivamente.<sup>53</sup> Las diferencias tendieron a ser mayores en los varones de los tres grupos.<sup>34</sup>

En estudios recientes en pacientes del sur de Asia, se ha mostrado mayor proporción de grasa corporal para un IMC comparado con los caucásicos, lo que representa mayor susceptibilidad a desarrollar diabetes mellitus y enfermedad arterial coronaria a pesar de poseer un IMC bajo.<sup>25</sup>

En personas mesomorfas, valores altos del IMC las definen como pacientes con sobrepeso u obesidad de acuerdo a los puntos de cohorte establecidos por la OMS y su interpretación utilizando la ecuación de Quetelet haría estratificación errónea al ser solo una estimación matemática imprecisa de la medición de adiposidad.<sup>23</sup> Por otra parte, en pacientes que tienen sarcopenia, particularmente de ascendencia asiática, pueden encontrarse típicamente con un IMC normal y podrían ocultar el exceso de adiposidad.<sup>15</sup>

Un problema particular con el IMC como índice de obesidad es que no diferencia entre masa magra corporal y masa grasa corporal; es decir, una persona puede tener un IMC elevado pero aún tener una masa grasa muy baja y viceversa.

Desde una perspectiva anatómica y metabólica, el término obesidad se refiere a una acumulación excesiva de grasa corporal y por estos motivos, la precisión del IMC como determinante de la masa grasa corporal ha sido cuestionada en múltiples ocasiones porque claramente tiene limitaciones en este sentido.<sup>16</sup> El sexo, la edad, el grupo étnico y la longitud de las piernas son variables importantes. Cabe señalar que, en los estudios basados en la población, las mujeres generalmente tienen un IMC más bajo que el de los

hombres.<sup>16</sup> Las investigaciones actuales sugieren que los puntos de corte para definir obesidad considerando el porcentaje de grasa corporal esta en un rango entre 23-25% en hombres y 30-35% en mujeres.<sup>34,24</sup>

Para la población italiana, el porcentaje de mujeres con obesidad aumenta a medida que aumenta la edad, variando del 63.17% en mujeres menores de 20 años al 87.39% en mujeres mayores de 60 años, lo que nos lleva a realizar un ajuste de acuerdo a edad.<sup>32</sup> La retención de líquidos, deformidades de la columna, las discapacidades físicas y las diferencias transculturales son factores que deberán ser evaluados.

La cantidad de masa grasa es un factor de riesgo para la salud cardiometabólica y la longevidad, por lo que el uso del IMC es solo una aproximación y por tanto es inadecuado.<sup>55</sup> En vista de las limitaciones previamente mencionadas, algunas poblaciones defienden la definición de obesidad basada en porcentaje de grasa corporal.<sup>25,24,12,14</sup>

Los estudios previamente mencionados han ayudado al análisis del índice de desempeño diagnóstico valorando la sensibilidad del IMC, definiendo ésta última como la probabilidad de que una persona que realmente tenga la condición de interés tenga resultado positivo en la prueba, y la especificidad, definida como la probabilidad de que una persona que no tenga la condición de interés con un resultado negativo en la prueba.<sup>17,22</sup>

La demostración de la asociación del porcentaje de grasa corporal en exceso y la disregulación metabólica, independientemente del peso corporal, hace que sea imperativo conocer la precisión del IMC para identificar la adiposidad corporal y justificar su uso en la práctica clínica para diagnosticar obesidad.

Si bien las recomendaciones de la OMS para definir la obesidad y el sobrepeso están bien establecidas con la medición del IMC, no está claro cuál es el umbral apropiado de porcentaje de grasa corporal para clasificar a un individuo como obeso. Se afirma ampliamente que un %Grasa corporal superior al 25% para los hombres y al 35% para las mujeres son los criterios para diagnosticar la obesidad.<sup>19</sup>

El estilo de vida y la dieta han sido hasta este momento los parámetros con mayor impacto que pueda explicar la diferencia entre poblaciones urbanas y rurales así como genero y

nivel socioeconómico. La tasa absoluta y la tendencia de sobrepeso y obesidad varía sustancialmente a través de regiones y países, reportándose por Steves et al. de la siguiente forma: la tasa de prevalencia de obesidad y sobrepeso fue de 4.5% en Vietnam y 62.5% en Iraq.

El síndrome de obesidad con peso normal (NWO) está definida en sujetos con peso normal ( $IMC < 25\text{kg/m}^2$ ) en quienes el porcentaje de tejido adiposo sobrepasa los valores recomendados por la OMS ( $>25\%$  para hombres y  $>35\%$  en mujeres) y poseen riesgo de desarrollar enfermedades crónicas.<sup>34,21,19</sup>

Con base en el estudio FINRISK (2007) se estudió la prevalencia de NWO en 4,786 personas residentes de Lausana, Suiza. Se realizaron medidas antropométricas por personal capacitado de enfermería, considerando para este estudio las siguientes variables: peso, altura, circunferencia de cintura, IMC ( $\text{kg/m}^2$ ) y la composición corporal, calculando porcentaje de tejido adiposo con TANITA TBF-300MA. Los resultados obtenidos fueron los siguientes la edad promedio fue de 53 años en hombres (SD 13) y 52 en las mujeres (SD 14). La media de IMC fue 27.4 (SD 4.2) para hombres y 27 (SD 5.4) en mujeres. El 28% de los hombres y 42% de las mujeres tenían peso normal. De los cuales 34% de los hombres y el 45% de las mujeres presentaban síndrome NWO. En conclusión, para esta población se evidenció que el incremento de la prevalencia tuvo estrecha relación con la dieta y el estilo de vida, siendo más prevalente en pacientes sedentarios, exfumadores y personas con consumo de alcohol.<sup>(19)</sup>

La relevancia de diferenciar NWO radica en la identificación de desarrollo de algunas condiciones como el estado proinflamatorio, incremento del estrés oxidativo, resistencia a la insulina y dislipidemia lo que conlleva a un aumento en el riesgo cardiovascular y síndrome metabólico.<sup>34</sup>

Kim et al demostraron que la prevalencia de NWO es de 36% para hombres y 29% en mujeres Koreanas, el peso normal para esta población se ha definido con un IMC de 18.5-22.9 $\text{kg/m}^2$ . El porcentaje de grasa corporal para esta población fue de  $>20.6\%$  en hombres y  $>33.4\%$  en mujeres con NWO.

Romero-Corral et al. Evaluaron 6171 americanos, mayores a 20 años y concluyeron que la prevalencia de NWO fue de 33.4% considerando como valores de corte para porcentaje de grasa >23.1% para hombres y 33.3% para mujeres.<sup>34</sup>

La importancia del diagnóstico oportuno de obesidad radica en su estrecha asociación con el incremento en la mortalidad y el riesgo de padecer Diabetes Mellitus tipo 2, cáncer y enfermedad cardiovascular. La obesidad aumenta siete veces el riesgo de desarrollar diabetes mellitus en comparación con personas con un IMC normal. <sup>20</sup>

La mayor parte de la literatura describe fundamentalmente la relación entre el IMC y la mortalidad, y no a la relación IMC y la masa de grasa corporal. Aunque existe una relación gaussiana entre el IMC y el porcentaje de masa de grasa corporal, esta relación presenta una gran variabilidad y hay algunos individuos que pueden tener una cantidad normal de grasa corporal y un valor de IMC que los clasifique como obesos debido a una alta cantidad de masa muscular. <sup>2,3,4</sup> Según la definición clínica, una mejor medida de la obesidad debería basarse en el porcentaje de grasa corporal (PGC) de un individuo, que ahora se puede medir con una variedad de instrumentos, incluido el análisis de impedancia bioeléctrica, la resonancia magnética, la tomografía computarizada, absorciometría de rayos X de energía dual y fórmulas basadas en antropometría.

El análisis de bioimpedancia (BIA) es un método ampliamente utilizado para evaluar la composición corporal tanto con fines epidemiológicos como clínicos ya que mide las propiedades eléctricas del tejido corporal y estima los parámetros la composición corporal como el agua corporal total y los parámetros de masa magra.<sup>35</sup>

DO Okorodudu et al, realizaron un meta análisis para evaluar el rendimiento diagnóstico de IMC en 31968 personas de 32 estudios de investigación de 12 países diferentes. Los resultados concluyen que el desempeño del IMC para identificar el exceso de adiposidad tiene una buena especificidad pero poca sensibilidad. <sup>20</sup> Los resultados agrupados de los 32 estudios mostraron una sensibilidad de alrededor del 50% lo que sugiere que muchas personas que no están consideradas como obesas podrían tener un exceso de adiposidad. La baja sensibilidad con los valores de corte actuales del IMC indica que estamos subestimando el exceso de adiposidad. <sup>12</sup>

BIA es un método confiable, no invasivo y de costo accesible para la evaluación de la composición corporal en entornos clínicos y no clínicos. El principio básico de la técnica BIA es el tiempo de tránsito de una corriente eléctrica de bajo voltaje a través del cuerpo, lo que depende de las características de la composición corporal. Sin embargo, esta metodología tiene limitaciones debido a la composición química de la masa libre magra (es decir, agua, proteínas, glucógeno y minerales) debido a la considerable variabilidad inter e intraindividual como consecuencia de los cambios en la masa magra libre que ocurren con el crecimiento, la maduración, el envejecimiento.<sup>35</sup>

La absorciometría de rayos X de energía dual (DXA) es el método de referencia actual para la evaluación de la composición corporal, principalmente porque proporciona estimaciones precisas del mineral óseo, la grasa y el tejido blando magro (el llamado modelo tricompartmental). La DXA utiliza rayos X de baja emisión para medir la atenuación de los rayos X incidentes cuando atraviesan los tejidos corporales.<sup>35</sup>

La BIA mide las propiedades eléctricas de los tejidos corporales y representa un enfoque útil para estimar parámetros de composición corporal como TBW (agua corporal total) y FFM (masa magra libre). En el modelo bicompartmental, el cuerpo humano está compuesto por FFM, que incluye, en condiciones fisiológicas, los siguientes componentes: contenido mineral óseo (7%), agua extracelular (29%), agua intracelular ( $\approx 44\%$ ) y proteína visceral (20%). La estimación de BIA de la composición corporal se basa en la medición del volumen de fluidos corporales utilizando el valor de resistencia.<sup>35</sup>

La impedancia bioeléctrica, o bioimpedancia ( $Z$ ,  $\Omega$ ), se define como la oposición de un conductor al flujo de una corriente eléctrica alterna que se le aplica. La bioimpedancia varía con la composición del tejido, así como con la frecuencia de la corriente aplicada. La bioimpedancia es un parámetro complejo derivado de la relación vectorial entre la resistencia ( $R$ ,  $\Omega$ ), que surge de los fluidos intracelulares y extracelulares, y la reactancia ( $X_c$ ,  $\Omega$ ), que está relacionada con la capacitancia de la membrana celular.<sup>7</sup> Aunque el cuerpo humano no es un cilindro uniforme, se puede establecer una relación empírica entre la relación  $\text{altura}^2 / R$  ( $\text{cm}^2 / \Omega$  50 kHz), definida como índice de bioimpedancia (BI) medido a 50 kHz, y el volumen de TBW, aproximadamente 73% de FFM en individuos sanos.

El BIA de frecuencia única (SF-BIA), generalmente a 50 kHz, se pasa entre electrodos de superficie colocados en la mano y el pie. Algunos dispositivos BIA utilizan otras

colocaciones de electrodos, como el electrodo de pie a pie o de mano a mano (BIA bípedo). Muchos estudios han comparado el análisis de bioimpedancia multifrecuencia mano a pie (HF-BIA) y pie a pie (FF-BIA) para evaluar las diferencias en los valores de FFM en poblaciones con un amplio rango de índice de masa corporal (IMC).<sup>35,37</sup>

Los métodos de obtención de imágenes, como la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM), se consideran los métodos más precisos para la cuantificación in vivo de la composición corporal a nivel tisular. Las medidas obtenidas mediante TC o RM pueden clasificarse en tejido adiposo total (TAT), tejido adiposo subcutáneo (SAT), tejido adiposo visceral (VAT) y tejido adiposo intersticial (IAT). El músculo esquelético se puede dividir en músculos individuales o grupos de músculos. Este nivel de especificidad en la composición tisular solo es posible con TC o RM.<sup>37</sup>

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

¿Cuál es el desempeño del IMC contra el PGC en el diagnóstico de sobrepeso y obesidad?

La obesidad es un problema mundial de salud, debido a la gran proporción de población afectada. Actualmente es el principal problema de salud pública en México de acuerdo en la última Encuesta de Salud y Nutrición en el 2020 (ENSANUT), la prevalencia de sobrepeso y obesidad fue de 76% en mujeres y de 72% en hombres, mientras que la prevalencia de obesidad fue 40.2% en mujeres y 30.5% en hombres.<sup>12</sup> Los resultados también demostraron que sólo el 23.5% de la población tenía un peso saludable (IMC <25kg/m<sup>2</sup>). La obesidad central estuvo presente en 81.6 % de todos los adultos. La obesidad mórbida incrementó en un 96.5% del 2000 al 2008 (1.8% a 3.6%).

Actualmente la prevalencia de obesidad en adultos es similar en las diferentes clases sociales.<sup>23</sup> En los últimos 40 años, la dieta mexicana ha incrementado su consumo de alimentos procesados lo que ha hecho que incremente considerablemente la prevalencia.

En este estudio se busca demostrar que realizar el diagnóstico de obesidad utilizando como herramienta el IMC subestima el diagnóstico en comparación con la medición del porcentaje de grasa.

## JUSTIFICACIÓN

La obesidad es un problema de salud mundial, debido a la gran proporción de población afectada. En México se calcula que la prevalencia de sobrepeso y obesidad fue de 76% en mujeres y de 72% en hombres, mientras que la prevalencia de obesidad fue 40.2% en mujeres y 31.5% en hombres.<sup>35</sup>

La obesidad es una enfermedad crónica cuya prevalencia esta incrementando día a día, la relación que tiene con el incremento de riesgo cardiovascular en nuestra población hace que sea un tema de interés en el abordaje para realizar un diagnóstico oportuno y correcto, lo que brindaría nuevas oportunidades en la medicina preventiva, mejorando la calidad de vida de las futuras generaciones y disminuyendo el riesgo de complicaciones asociadas a la obesidad.

Evaluar a un paciente con sobrepeso y obesidad incluye realizar correctamente la antropometría de cada individuo, las herramientas como calculo de IMC han sido de utilidad en la clasificación del paciente con sobrepeso y obesidad, así como las medidas terapéuticas que se han tomado hasta la fecha. Sin embargo, en los últimos años se ha puesto en duda la utilidad de utilizar IMC como herramienta diagnostica al tener limitaciones en nuestra población, considerando que no existen estudios para población mexicana concretamente.

Un problema particular con el IMC como índice de obesidad es que no diferencia entre masa magra corporal y masa grasa corporal y se ha demostrado que la población latina tiene considerables diferencias en la composición corporal comparada con otras poblaciones en las que se definió el IMC.

El primer paso para enfrentar un factor de riesgo, es la identificación precisa del problema fisiopatológico; el no diagnosticar obesidad en individuos con exceso de adiposidad representa una oportunidad perdida para iniciar un cambio de estilo de vida en personas de riesgo.

Considerando la definición más exacta de obesidad como acumulo excesivo de tejido adiposo es necesario utilizar instrumentos clínicos para el diagnostico de obesidad como

impedancia bioeléctrica, la resonancia magnética, la tomografía computarizada, y absorciometría de rayos X de energía dual.

## OBJETIVO.

### Objetivo General.

Evaluar el desempeño del IMC en el diagnóstico de sobrepeso y obesidad en población mexicana.

## HIPÓTESIS.

Por el carácter observacional y de prueba diagnóstica del estudio no amerita planteamiento de hipótesis.

## MATERIAL Y METODOS.

### Diseño de estudio.

Estudio observacional transversal analítico.

### Universo de trabajo.

Pacientes mexicanos mayores a 18 años, sometidos a análisis de composición corporal mediante bioimpedancia.

### Criterios de selección

#### Criterios de inclusión.

Pacientes sin importar género que tengan un análisis de su composición corporal mediante bioimpedancia.

Pacientes mayores de 18 años.

#### Criterios de exclusión

Mujeres embarazadas.

Pacientes con marcapasos, y dispositivos metálicos.

Pacientes con Enfermedad Renal Crónica, Insuficiencia Cardíaca Congestiva, amputación de cualquier extremidad y hepatopatía.

#### Criterios de eliminación.

Pacientes que no completen los registros antropométricos o no completen la bioimpedancia.

### Método de recolección de datos.

- Instrumentos: Estadímetro, Cinta métrica, Inbody.
- Expedientes clínicos de pacientes de la Clínica de Sobrepeso y Obesidad del Hospital Español de México
- Se reclutara personal del Hospital Español de México que cumpla los criterios de inclusión para la medición de IMC y BIA

## Operacionalización de variables.

**Sexo:** Condición orgánica, masculina o femenina.

**Composición corporal:** es un método para describir de qué está hecho el cuerpo.

Incluye grasa, proteínas, minerales y agua corporal

**Peso en kilogramos:** fuerza de un cuerpo que actúa sobre un punto de apoyo, originado por la aceleración de la gravedad,

**Talla en centímetros:** Medida convencional usada para medir la estatura de las personas.

**Porcentaje de grasa corporal:** es la masa total de grasa dividida por la masa corporal total, multiplicada por 100.

**Porcentaje de masa muscular:** porcentaje del peso total medido que corresponde a masa muscular.

**Absorciometría Dual de Rayos X (DEXA):** método que permite medir 3 compartimentos (masa grasa, masa magra y masa ósea).

**Bioimpedanciometría:** Hace referencia que mide la impedancia (o resistencia) del cuerpo al paso de una corriente alterna de baja intensidad, permitiendo determinar así el contenido de agua corporal.

**Índice de Masa Corporal:** Peso en kilogramos dividido por el cuadrado de la talla en metros.

**Obesidad con peso normal:** IMC  $>25$  kg /m<sup>2</sup> con porcentaje grasa corporal mayor a la recomendada por la OMS ( $>20\%$  en hombres y  $> 30\%$  en mujeres. (51)

**Agua Corporal Total:** Elemento que representa un 50-70% del peso corporal de los humanos y se divide en agua intracelular (2/3) y agua extracelular (1/3)

**Radio cintura-cadera:** es el valor que se obtiene de dividir el perímetro de la cintura entre el perímetro de la cadera, ambos medidos en centímetros

**Impedancia:** es una medida de oposición que presenta un circuito a una corriente cuando se aplica una tensión.

## Descripción general del estudio.

Se reclutaron pacientes y se tomaron datos de los expedientes de la Clínica de Obesidad y Sobrepeso del Hospital Español, que cumplieron con los criterios de inclusión para medición de su composición corporal mediante biomedancia, con equipo inBody calibrado proporcionado por Novo Nordisk. Se realizaron mediciones a los pacientes bajo condiciones similares previas a la medición: toma de registros alrededor del medio día (12-2 pm), no haber realizado ejercicio o actividad física, no haber ingerido alimentos al menos dos horas previas a la medición, haber evacuado y orinado y habiendo tomado ducha. Se obtuvieron datos de identificación del paciente: género, edad, medicación habitual, antecedentes personales patológicos, peso en kilogramos, talla en metros, porcentaje de grasa corporal, porcentaje de masa muscular, kilogramos de masa magra, agua corporal total, perímetro abdominal y de cadera y posteriormente se calculará índice de masa corporal a cada participante. Para la medición se tomó en cuenta la postura normal en bipedestación, colocando brazos y piernas extendidas, retirando las prendas pesadas y accesorios de ser posible para disminuir sesgos en el estudio y manteniendo una separación ente brazos y cuerpo de aproximadamente 15 grados, corroborando que los electrodos se encuentren totalmente en contacto con el cuerpo del participante. Los participantes se clasificaron de acuerdo a IMC en normal, sobrepeso y obesidad de acuerdo a los criterios de la OMS. Se analizaron los pacientes con adiposidad mayor a 25% en hombres y mayor a 35% en mujeres medida por bioimpedancia y se hizo la comparación entre estas dos herramientas. Se realizó base de datos y se obtuvieron tendencias y medidas de dispersión.

## Procesamiento de datos y análisis estadísticos.

Se realizó una Curva ROC para establecer la exactitud del cálculo del IMC y a su vez porcentaje de grasa corporal.

Se determinó sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo, valor predictivo negativo y razón de verosimilitudes.

Mediante este análisis estadístico propuesto se calculó el punto de corte del IMC para el diagnóstico de sobrepeso y obesidad en la población mexicana

## ASPECTOS ÉTICOS.

### Consideraciones éticas.

Éste estudio se apegó a lo señalado por la declaración de Helsinki y lo dispuesto en la ley general de salud en materia de investigación y cumpliendo con todas las normativas para estudios observacionales.

Se protegió la confidencialidad de los datos recabados y se garantizó la privacidad de todos los participantes, y se recibió consentimiento informado. Durante la realización de este estudio ningún paciente fue sometido a ninguna prueba que pusiera en riesgo su estado de salud.

Se declara no tener conflicto de interés con la prueba de impedancia.

El objetivo primario de la investigación esta relacionada con la obtención de nuevos datos que nos permitan promover una medicina preventiva. Generando conocimiento y los medios necesarios para proteger y promover la salud de las personas.

### Declaración de Helsinki

La Declaración de Helsinki, adoptada en 1964 y actualizada por última vez en junio del 2013, y considerada como uno de los documentos más importantes en materia de protección y ética de la investigación en seres humanos (en los que se resaltan los principios bioéticos de autonomía, beneficencia, justicia y no maleficencia), estipula que:

I. Toda investigación biomédica que implica a personas debe concordar con los principios científicos aceptados universalmente y formularse claramente en un protocolo, el cual deberá presentarse a consideración, comentarios y guía de un comité nombrado especialmente, independientemente del investigador y del promotor;

II. Deberá adaptarse a los principios científicos y éticos que justifican la investigación médica, especialmente en lo que se refiere a su posible contribución a la solución de problemas de salud y al desarrollo de nuevos campos de la ciencia médica;

III. Podrá realizarse sólo cuando el conocimiento que se pretenda producir no pueda obtenerse por otro método idóneo;

IV. Podrá efectuarse sólo cuando exista una razonable seguridad de no exponer a riesgos ni a daños innecesarios al sujeto en experimentación;

V. Se deberá contar con el consentimiento informado por escrito del sujeto en quien se realizará la investigación, o de su representante legal en caso de incapacidad legal de aquél, especificando los objetivos, los procedimientos, los posibles riesgos y beneficios del

35

estudio, así como la libertad de decidir si desea participar o no, y de revocar en todo momento su consentimiento en la participación;

VI. Sólo podrá realizarse por profesionales de la salud en instituciones médicas que actúen bajo la vigilancia de las autoridades sanitarias competentes.

VII. El profesional responsable suspenderá la investigación en cualquier momento si sobreviene el riesgo de lesiones graves, discapacidad o muerte del sujeto en quien se realice la investigación, con el objetivo de salvaguardar su integridad tanto física como mental;

VIII. Es responsabilidad de la institución de atención a la salud proporcionar atención médica al sujeto que sufra algún daño, si estuviere relacionado directamente con la investigación, sin perjuicio de la indemnización que legalmente corresponda.

### Aseguramiento de calidad.

Para la recolección de datos se aplicaron las Buenas Prácticas Clínicas (BPC), permitiendo de esta manera la estandarización y validación de resultados.

### Archivo de la información

La información recabada en los documentos fuente es de carácter confidencial y para uso exclusivo de los investigadores. Fue ordenada, clasificada y será archivada bajo la responsabilidad del investigador principal durante un periodo de dos años, una vez capturada en una base de datos.

## Autorización institucional.

La ley General de Salud señala que toda investigación debe estar autorizada por el titular de la institución donde sea realizada (Art 14 Fracción VIII), por lo que el presente estudio buscó y obtuvo la autorización correspondiente para proceder a la recolección de la información.

## RESULTADOS.

Se analizó una muestra total de 715 pacientes durante el periodo de 1 de julio 2022 al 30 de julio 2022, de los cuales fue personal que labora en el Hospital Español de México (n=398) y pacientes de la clínica de obesidad (n=317) obteniendo como variables de estudio: PGC (Porcentaje de grasa corporal), IMC (Índice de Quetelet), peso, edad y estatura.

Las características sociodemográficas fueron: edad media de 41±12.7 años, estatura de 1.65± 0.40 m. Peso medio 82 kg, IMC 29.8, grasa corporal 35%. (tabla 1). La distribución por sexo fue de 411 femeninos (57.5%) y 304 masculinos (42.5%). (tabla 2)

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de las variables obtenidas mediante la medición de la composición corporal de la población en el Hospital Español de México.				
	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Altura (m)	1.42	1.94	1.652	0.0913
Edad (años)	18	77	41.0336	12.7785
Peso (kg)	41.2	192.3	82.1541	22.74077
MGC (kg)	7.1	173	30.738	16.02259
ACT (l)	19	69.6	37.7066	8.99615
MME (kg)	3.6	70.4	28.8848	7.75901
IMC(kg/m <sup>2</sup> )	15.5	56.4	29.8976	6.99834
%GC (%)	4.9	57.9	35.5892	10.42158

MGC: Masa Grasa Corporal; ACT: Agua Corporal Total, MME: Masa Músculo Esquelético, IMC: Índice de masa corporal; %GC: Porcentaje de grasa corporal.

Tabla 2: Distribución sociodemografica por sexo.		
	Frecuencia	Porcentaje
Femenino	411	57.5
Masculino	304	42.5
Total	715	100

Se diagnosticaron con obesidad a 304 individuos con un índice de masa corporal  $\geq 30$  (42.5%), y 411 sin obesidad correspondiente al 57.5%. (tabla 3).

<b>Tabla 3: Distribución de la población con diagnóstico de obesidad obtenida por IMC30 (Índice de Quetelet)</b>			
		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Obesidad	304	42.5
	Sin obesidad	411	57.5
	Total	715	100
Obesidad por IMC >30, Sin obesidad <30			

Se clasificaron 211 individuos (29.5%) con sobrepeso al tener un IMC entre 25-29.9 y sólo una persona fue excluida al entrar en el rubro de peso bajo. El 27.8% estuvieron en peso normal. (Tabla 4).

<b>Tabla 4. Distribución general de la población mediante IMC30.</b>			
		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Normal	199	27.8
	Sobrepeso	211	29.5
	Obesidad	304	42.5
	Total	714	99.9
Perdidos	Sistema	1	0.1
Total		715	100
IMC normal:18.5- 24.9; IMC sobrepeso 25-29.9; IMC; Obesidad >30			

Mediante la determinación de grasa corporal se obtuvo los siguientes resultados en base a la determinación de obesidad en hombres con  $\geq 25\%$  de grasa corporal en mujeres con  $\geq 35\%$  de grasa corporal. Con obesidad en ambos sexo fueron diagnosticados 487(68.1%) y sin obesidad el 228 (31.9%). Tabla 5.

<b>Tabla 5. Distribución de pacientes de acuerdo % de Grasa Corporal catalogados como obesos y no obesos.</b>			
		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Obeso	487	68.1
	No obeso	228	31.9
	Total	715	100
Obesidad por %GC $\geq 25\%$ en hombres y $\geq 35\%$ en mujeres.			

En la comparación de ambas pruebas diagnósticas; el PGC diagnosticó con obesidad al 68.11%, mientras que con IMC30 fue el 42.51%. existiendo una diferencia entre ambos métodos de diagnóstico ( $p=0.000$ ) (Tabla 5).

<b>Tabla 6. Comparación del diagnóstico de obesidad entre pruebas diagnósticas. (IMC30 vs % GC.)</b>				
	Obesos	No obesos	n=715	Porcentaje
%Grasa corporal	487	228	715	68.11
IMC	304	411	715	42.51
Obesidad por $IMC \geq 30$ ; Obesidad por $\%G \geq 25$ en hombres $\geq 35\%$ en mujeres.				
<b>Chi-cuadrado</b>				
	Valor	gl	p-valor	
Chi-cuadrado de Pearson	181,245 <sup>a</sup>	1	0	
%GC: % Grasa corporal ; IMC: Índice de masa corporal.				

A partir de la necesidad de conocer la sensibilidad y especificidad se realizó una tabla de contingencia (tabla 7) con el objetivo de establecer el mejor punto de corte de IMC para el diagnóstico de obesidad del IMC en comparación del porcentaje de grasa corporal (considerado estándar de oro). Se observó que del total de 487 paciente con obesidad según porcentaje de grasa corporal solo 304 (42.51%) fueron adecuadamente identificados por el IMC, sin embargo 183 (25.59%) fueron considerados sanos (falsos negativos). En cuanto a los pacientes sin obesidad  $n=228$ , el IMC30 identificó adecuadamente a 214 (29.9%) como verdaderos negativos y a 14 (1.95%) con obesidad (falsos positivos) (tabla7)

<b>Tabla 7. Tabla de contingencia entre IMC30 vs %GC</b>			
	Obeso	No obeso.	Total
IMC			
Positivo	304	14	318
Negativo	183	214	397
Total	487	228	715
%GC: % Grasa corporal ; IMC: Índice de masa corporal.			

Se obtuvo una sensibilidad para IMC30 de 59.55%. La especificidad fue del 93.86 % ( Tabla 8).

Con una prevalencia de obesidad en la muestra de (68.11) se obtuvieron los siguientes valores predictivos: Valor predictivo positivo del 82.69%. El valor predictivo negativo de 82.49% La razon de verosimilitud positiva fue de 9.7. La razón de verosimilitud negativa fue de 0.43. Tabla 8

<b>Tabla 8. Tabla de contingencia entre IMC vs %GC. Considerando IMC30</b>			
Prueba a estudiar	Prueba de referencia Grasa corporal:		
	Obeso	No obeso.	
IMC			
Positivo	304	14	318
Negativo	183	214	397
Total	487	228	715
		95% CI	
Sensibilidad	59.55%	55.04-63.94	
Especificidad	93.86%	89.91-96.60	
LR+	9.7	5.81-16.9	
LR-	0.43	0.39-0.48	
VPP	82.69%	74.10-88.86	
VPN	82.49%	79.55-85.25	
Prevalencia de la enfermedad.	68.11%		
VPP: Valor predictivo positivo; VPN Valor Predictivo Negativo; LR+: Verosimilitud positiva; LR- Verosimilitud negativa.			

En el nomograma de Fagan (imagen 1) dado la prevalencia de la población mexicana de padecer obesidad el riesgo preprueba es de 33%, la razon de verosimilitud positiva es del 9.7 mientras que la probabilidad post-test seria 82%.La verosimilitud negativa de 0.43 graficando la probabilidad post-test se calcula 18% si la prueba saliera negativa.

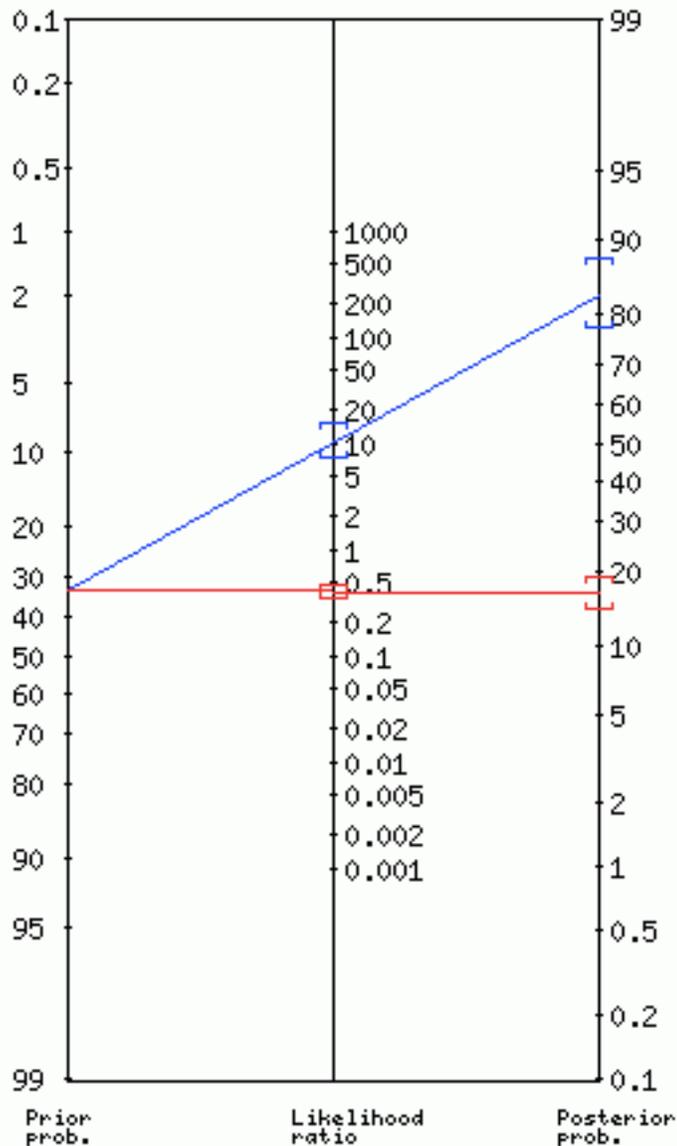


Imagen 1: Nomograma de Fagan, IMC

Se realizó curva ROC (Figura 1) para representar la capacidad discriminadora del IMC para determinar un punto de corte de mayor sensibilidad y especificidad para el diagnostico de obesidad en la muestra.

El area bajo la curva de la poblacion en general es de 0.898 (tabla 9), mientras que en el area bajo la curva de la curva roc en sexo femenino es de 0.919 (tabla 10) y para sexo masculino 0.898 (tabla 11), lo que nos permite valorar que la pruebas utilizadas son un modelo adecuado para distinguir entre las dos condiciones estudiadas (obesos – no

obesos). Al tener una mayor valor en el area bajo la curva en el sexo femenino se puede observar la importancia que ejerce esta prueba en el sexo femenino, teniendo mayor impacto estadístico (tabla11) y por ende mejor utilidad como prueba diagnóstica.

Al incluir ambos sexo la curva ROC muestra el punto de mayor rendimiento es en el IMC de 27.05 con sensibilidad en 89.9% y 1-especificidad de 0.175. Separando por sexo, el femenino tiene un punto de máximo rendimiento en IMC de 27 con sensibilidad de 0.829 y 1- especificidad de 0.169. En los masculinos el punto de máximo rendimiento esta en 26.6 con una sensibilidad de 0.807 y 1-especificada de 0.209 (figuras1 y tablas9 y 10)

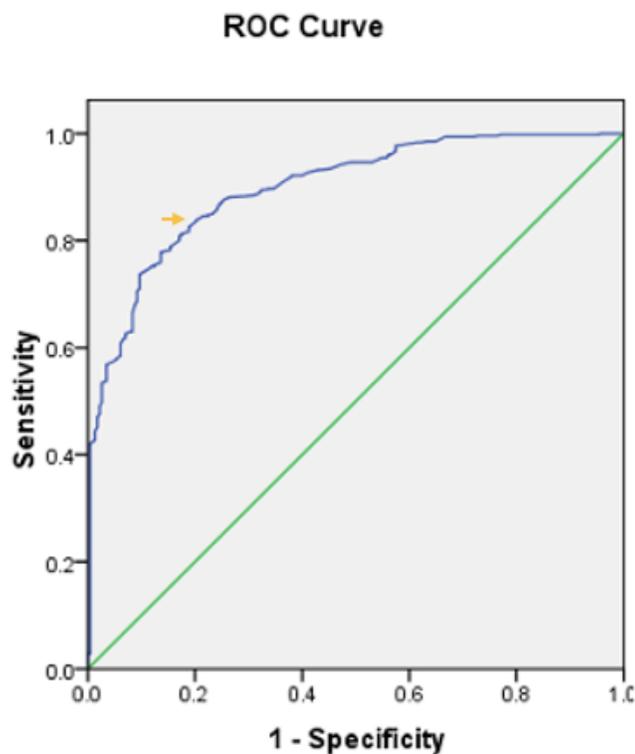


Figura1: Curva ROC para ambos sexos.

La descripción de la población en general, 487 fueron positivos y 228 fueron negativos considerando los puntos de corte establecidos por la OMS, definiendo obesidad aquellos que tengan PGC  $\geq 25\%$  en hombres y  $\geq 35\%$  en mujeres y considerando obesidad mediante IMC  $\geq 30$  sin distinción de genero. Tabla 9.

Tabla 9. Descripción curva ROC-ambos sexos.			
	Positivos	487	
	Negativos	228	
Area bajo la curva			
AUC	Erros estandar	Valor minimo	valor maximo
0.898	0.012	0.875	0.921
		p	0.000

Valorando el punto de corte de IMC  $\geq 30$  para los obesos, la prueba tiene una sensibilidad del 58.5%, es decir el 58.5% de probabilidad de que la prueba sea positiva dado que se tiene la enfermedad, y el 93.9% de especificidad lo que nos traduce la probabilidad de que la prueba sea negativa dado que no se tiene la enfermedad. Tabla10

Tabla 10 Datos de Curva ROC – ambos sexos		
	Sensitivity	1 - Specificity
14.5	1	1
16.25	1	0.996
17.05	1	0.974
17.25	1	0.969
17.9	1	0.965
18.45	1	0.961
18.6	1	0.956
18.75	0.998	0.952
18.85	0.998	0.943
19.05	0.998	0.934
19.3	0.998	0.93
19.45	0.998	0.925
19.75	0.998	0.917
20.05	0.998	0.912
20.15	0.998	0.886
20.25	0.998	0.877
20.35	0.998	0.864
20.5	0.998	0.855
20.65	0.998	0.838
20.75	0.998	0.829
20.85	0.998	0.825
20.95	0.998	0.82
21.05	0.998	0.807
21.15	0.998	0.803

21.25	0.998	0.798
21.35	0.998	0.785
21.45	0.998	0.772
21.55	0.996	0.763
21.65	0.996	0.754
21.75	0.996	0.75
21.85	0.996	0.741
21.95	0.996	0.732
22.05	0.996	0.728
22.15	0.994	0.719
22.25	0.994	0.702
22.35	0.994	0.689
22.5	0.994	0.671
22.65	0.994	0.667
22.75	0.986	0.649
22.85	0.986	0.632
22.95	0.984	0.623
23.05	0.984	0.614
23.15	0.977	0.575
23.25	0.967	0.575
23.32	0.961	0.566
23.37	0.961	0.561
23.45	0.955	0.557
23.55	0.955	0.548
23.65	0.947	0.531
23.75	0.947	0.5
23.85	0.947	0.491
23.95	0.943	0.474
24.05	0.934	0.452
24.19	0.932	0.434
24.29	0.932	0.43
24.35	0.928	0.412
24.45	0.926	0.408
24.55	0.922	0.399
24.65	0.922	0.382
24.75	0.918	0.377
24.85	0.91	0.364
24.905	0.897	0.346
24.955	0.897	0.342
25.05	0.897	0.338
25.15	0.895	0.333
25.25	0.895	0.325
25.35	0.889	0.32

25.45	0.885	0.311
25.55	0.883	0.294
25.65	0.881	0.263
25.75	0.877	0.254
25.82	0.873	0.25
25.87	0.871	0.25
25.95	0.869	0.246
26.01	0.86	0.241
26.06	0.858	0.241
26.15	0.85	0.232
26.25	0.848	0.224
26.35	0.846	0.224
26.45	0.846	0.215
26.535	0.838	0.202
26.585	0.836	0.202
26.65	0.825	0.189
26.75	0.819	0.189
26.85	0.817	0.189
26.95	0.813	0.175
(*) 27.05	0.811	0.175
27.15	0.809	0.171
27.25	0.801	0.171
27.35	0.795	0.162
27.45	0.789	0.154
27.55	0.782	0.154
27.65	0.778	0.136
27.75	0.774	0.136
27.85	0.77	0.136
27.925	0.762	0.136
27.975	0.76	0.136
28.05	0.754	0.123
28.105	0.752	0.123
28.155	0.752	0.118
28.25	0.747	0.114
28.345	0.737	0.096
28.395	0.735	0.096
28.45	0.729	0.096
28.55	0.723	0.096
28.65	0.71	0.096
28.72	0.706	0.092
28.77	0.704	0.092
28.85	0.688	0.092
28.95	0.68	0.088

29.01	0.665	0.083
29.06	0.663	0.083
29.15	0.647	0.083
29.25	0.637	0.083
29.32	0.63	0.083
29.37	0.63	0.079
29.45	0.626	0.07
29.515	0.624	0.07
29.565	0.622	0.07
29.65	0.618	0.07
29.75	0.616	0.066
29.85	0.608	0.061
29.95	0.595	0.061
<b>30.05</b>	<b>0.585</b>	<b>0.061</b>
30.15	0.579	0.053
30.25	0.577	0.053
30.35	0.569	0.035
30.44	0.563	0.035
30.49	0.561	0.035
30.55	0.556	0.035
30.615	0.554	0.035
30.65	0.552	0.035
30.735	0.55	0.035
30.85	0.548	0.035
30.92	0.54	0.035
30.97	0.538	0.035
31.05	0.534	0.026
31.15	0.526	0.026
31.25	0.507	0.026
31.35	0.499	0.026
31.45	0.491	0.022
31.55	0.487	0.022
31.65	0.476	0.022
31.75	0.47	0.018
31.85	0.466	0.018
31.915	0.462	0.018
31.965	0.46	0.018
32.025	0.454	0.018
32.075	0.452	0.018
32.135	0.444	0.013
32.185	0.441	0.013
32.22	0.439	0.013
32.245	0.437	0.013

32.325	0.435	0.013
32.45	0.433	0.013
32.55	0.431	0.013
32.645	0.429	0.013
32.745	0.427	0.013
32.805	0.421	0.004
32.855	0.419	0.004
32.91	0.417	0.004
32.96	0.415	0.004
33.05	0.407	0.004
33.15	0.405	0.004
33.25	0.402	0.004
33.35	0.396	0.004
33.45	0.394	0.004
33.55	0.392	0.004
33.65	0.38	0.004
33.75	0.378	0.004
33.85	0.374	0.004
33.94	0.368	0.004
33.99	0.366	0.004
34.06	0.351	0.004
34.16	0.349	0.004
34.245	0.347	0.004
34.395	0.345	0.004
34.55	0.343	0.004
34.65	0.341	0.004
34.8	0.331	0.004
34.95	0.32	0.004
35.05	0.318	0.004
35.15	0.31	0.004
35.25	0.306	0.004
35.35	0.3	0.004
35.45	0.29	0.004
35.55	0.285	0.004
35.65	0.279	0.004
35.72	0.277	0.004
35.765	0.275	0.004
35.945	0.273	0.004
36.15	0.271	0.004
36.3	0.265	0.004
36.45	0.261	0.004
36.56	0.251	0.004
36.65	0.248	0.004

36.69	0.246	0.004
36.8	0.24	0.004
36.95	0.234	0.004
37.05	0.232	0.004
37.15	0.222	0.004
37.25	0.214	0.004
37.35	0.209	0.004
37.45	0.203	0.004
37.505	0.197	0.004
37.605	0.195	0.004
37.8	0.187	0.004
38	0.185	0.004
38.15	0.181	0.004
38.3	0.177	0.004
38.48	0.172	0.004
38.63	0.17	0.004
38.8	0.166	0.004
38.95	0.158	0.004
39.05	0.156	0.004
39.35	0.154	0.004
39.7	0.152	0.004
40	0.15	0.004
40.25	0.146	0.004
40.35	0.142	0.004
40.45	0.14	0.004
40.55	0.133	0.004
40.65	0.131	0.004
40.75	0.127	0.004
40.85	0.123	0.004
40.95	0.121	0.004
41.05	0.117	0.004
41.15	0.113	0.004
41.33	0.111	0.004
41.53	0.109	0.004
41.625	0.103	0.004
41.675	0.101	0.004
41.75	0.099	0.004
41.85	0.097	0.004
41.92	0.092	0.004
42.02	0.09	0.004
42.15	0.088	0.004
42.25	0.084	0.004
42.325	0.082	0.004

42.375	0.08	0.004
42.41	0.078	0.004
42.46	0.076	0.004
42.55	0.074	0.004
42.7	0.068	0.004
42.95	0.066	0.004
43.15	0.064	0.004
43.3	0.062	0.004
43.5	0.057	0.004
43.7	0.053	0.004
44	0.051	0.004
44.205	0.049	0.004
44.405	0.047	0.004
44.645	0.045	0.004
44.995	0.043	0.004
45.35	0.041	0.004
45.5	0.039	0.004
45.7	0.037	0.004
45.95	0.035	0.004
46.135	0.033	0.004
46.235	0.031	0.004
46.78	0.029	0.004
47.33	0.029	0
47.45	0.027	0
47.85	0.025	0
48.6	0.023	0
49.85	0.021	0
51	0.018	0
51.495	0.014	0
52.245	0.012	0
53.3	0.01	0
53.9	0.006	0
54.4	0.004	0
55.6	0.002	0
57.4	0	0

(\*) Punto de corte propuesto de máximo optimización de sensibilidad y especificidad para el diagnóstico de obesidad en la población en general.

Dado que el punto de corte por PGC es distinto entre ambos sexos, la distribución cambia en la relación de la sensibilidad y especificidad de la prueba estudiada, en la figura 2 se muestra el mayor punto de sensibilidad y especificidad de esta prueba considerando el diagnóstico de IMC >30 para el sexo femenino.

## ROC Curve

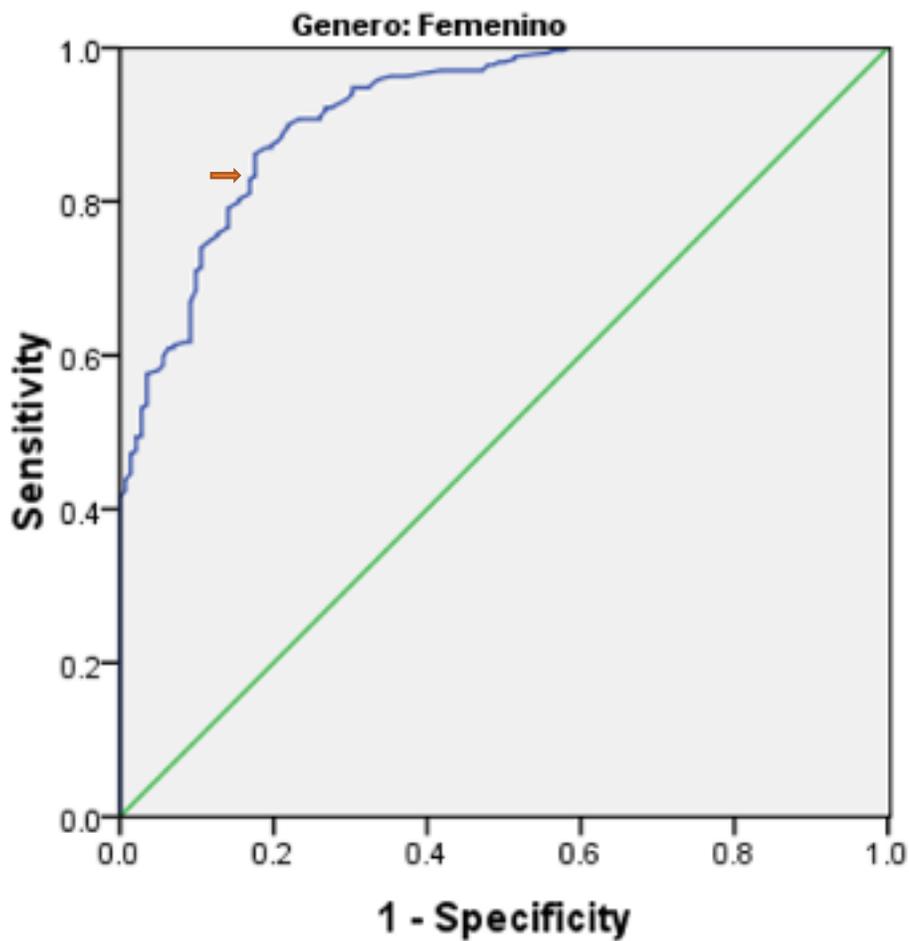


Figura 2: Curva ROC, (Femenino).

La distribución de prueba ROC para el sexo femenino muestra que el 91.9% de la población puede ser distinguida entre obesos y no obesos con una p significativa en 0.000. (IC95%)

Tabla11

Tabla 11. Descripción curva ROC- sexo femenino.			
	Positivos	269	
	Negativos	142	
Area bajo la curva			

AUC	Erros estandar	Valor minimo	valor maximo
0.919	0.014	0.893 p= 0.000	0.946

Considerando el  $IMC \geq 30$  para el diagnostico de obesidad dado por la OMS, la sensibilidad de la prueba es del 58.7% lo que traduce la proporcion de individuos enfermos que poseen una prueba positiva y especificidad es del 94.4% es decir la proporcion de individuos sin la enfermedad que poseen una prueba negativa o normal. Tabla 12.

Tabla 12. Cordenadas Curva ROC (Género Femenino)		
	Sensitivity	1 - Specificity
14.5	1	1
16.25	1	0.993
17.05	1	0.979
17.25	1	0.972
17.9	1	0.965
18.45	1	0.958
18.6	1	0.951
18.75	1	0.944
18.85	1	0.93
19.05	1	0.915
19.35	1	0.908
19.75	1	0.894
20.05	1	0.887
20.15	1	0.859
20.25	1	0.845
20.35	1	0.831
20.5	1	0.824
20.65	1	0.803
20.75	1	0.796
20.85	1	0.789
20.95	1	0.782
21.05	1	0.761
21.2	1	0.754
21.35	1	0.739
21.45	1	0.718
21.55	1	0.711
21.65	1	0.704
21.75	1	0.697

21.85	1	0.69
21.95	1	0.676
22.05	1	0.669
22.15	1	0.655
22.25	1	0.634
22.35	1	0.613
22.5	1	0.592
22.65	1	0.585
22.75	0.996	0.577
22.85	0.996	0.563
22.95	0.993	0.556
23.05	0.993	0.549
23.15	0.989	0.514
23.25	0.985	0.514
23.32	0.981	0.5
23.37	0.981	0.493
23.45	0.978	0.486
23.55	0.978	0.479
23.65	0.97	0.472
23.75	0.97	0.423
23.85	0.97	0.415
23.95	0.967	0.394
24.05	0.963	0.373
24.19	0.963	0.359
24.29	0.963	0.352
24.35	0.959	0.338
24.45	0.955	0.331
24.55	0.948	0.324
24.65	0.948	0.303
24.75	0.941	0.303
24.85	0.933	0.296
24.905	0.922	0.275
25.005	0.922	0.268
25.2	0.918	0.268
25.35	0.911	0.261
25.45	0.907	0.261
25.55	0.907	0.246
25.65	0.907	0.232
25.75	0.903	0.225
25.82	0.9	0.218
25.92	0.896	0.218
26.01	0.888	0.211
26.06	0.885	0.211

26.15	0.877	0.204
26.25	0.874	0.197
26.35	0.87	0.197
26.45	0.87	0.19
26.535	0.862	0.176
26.585	0.859	0.176
26.65	0.84	0.176
26.8	0.833	0.176
(*).....27	0.829	0.169
27.15	0.825	0.169
27.25	0.81	0.169
27.35	0.807	0.162
27.45	0.803	0.155
27.55	0.799	0.155
27.65	0.792	0.141
27.75	0.788	0.141
27.85	0.784	0.141
27.925	0.77	0.141
27.975	0.766	0.141
28.05	0.758	0.127
28.15	0.755	0.127
28.25	0.751	0.12
28.345	0.74	0.106
28.445	0.736	0.106
28.55	0.729	0.106
28.65	0.714	0.106
28.72	0.71	0.099
28.77	0.706	0.099
28.85	0.695	0.099
28.95	0.684	0.099
29.01	0.669	0.092
29.06	0.665	0.092
29.15	0.643	0.092
29.25	0.628	0.092
29.32	0.617	0.092
29.37	0.617	0.085
29.465	0.613	0.07
29.615	0.61	0.07
29.75	0.61	0.063
29.85	0.599	0.056
29.95	0.591	0.056
30.05	0.587	0.056
30.2	0.58	0.049

30.35	0.576	0.035
30.44	0.572	0.035
30.49	0.569	0.035
30.55	0.561	0.035
30.615	0.558	0.035
30.65	0.554	0.035
30.735	0.55	0.035
30.85	0.546	0.035
30.92	0.539	0.035
30.97	0.535	0.035
31.05	0.532	0.028
31.15	0.524	0.028
31.25	0.509	0.028
31.35	0.494	0.028
31.45	0.494	0.021
31.55	0.487	0.021
31.65	0.476	0.021
31.75	0.472	0.014
31.85	0.468	0.014
31.915	0.461	0.014
31.965	0.457	0.014
32.025	0.45	0.014
32.075	0.446	0.014
32.135	0.439	0.007
32.185	0.435	0.007
32.22	0.431	0.007
32.42	0.428	0.007
32.7	0.424	0.007
32.805	0.416	0
32.905	0.413	0
33.1	0.405	0
33.25	0.401	0
33.35	0.394	0
33.45	0.39	0
33.55	0.387	0
33.7	0.379	0
33.85	0.375	0
33.94	0.372	0
33.99	0.368	0
34.06	0.353	0
34.16	0.349	0
34.35	0.346	0
34.55	0.342	0

34.65	0.338	0
34.8	0.327	0
35	0.312	0
35.15	0.305	0
35.25	0.301	0
35.35	0.29	0
35.45	0.279	0
35.55	0.275	0
35.65	0.271	0
35.72	0.268	0
36.07	0.264	0
36.45	0.26	0
36.56	0.257	0
36.66	0.253	0
36.8	0.249	0
37	0.245	0
37.15	0.234	0
37.3	0.23	0
37.45	0.227	0
37.6	0.223	0
37.8	0.216	0
38	0.212	0
38.25	0.208	0
38.48	0.204	0
38.73	0.201	0
38.95	0.19	0
39.05	0.186	0
39.35	0.182	0
39.7	0.178	0
40	0.175	0
40.3	0.171	0
40.45	0.167	0
40.55	0.16	0
40.65	0.156	0
40.75	0.149	0
40.85	0.145	0
40.95	0.141	0
41.05	0.134	0
41.15	0.126	0
41.4	0.123	0
41.625	0.115	0
41.675	0.112	0
41.75	0.108	0

41.85	0.104	0
41.92	0.1	0
42.02	0.097	0
42.15	0.093	0
42.25	0.086	0
42.36	0.082	0
42.46	0.078	0
42.55	0.074	0
42.7	0.071	0
42.95	0.067	0
43.35	0.063	0
43.7	0.059	0
44.005	0.056	0
44.45	0.052	0
45.045	0.048	0
45.5	0.045	0
45.85	0.041	0
46.135	0.037	0
46.235	0.033	0
46.85	0.03	0
47.8	0.026	0
48.6	0.022	0
50.15	0.019	0
52.05	0.015	0
53.3	0.011	0
53.9	0.007	0
55.2	0.004	0
57.4	0	0

(\*) Punto de corte propuesto de máximo optimización de sensibilidad y especificidad para el diagnóstico de obesidad en el sexo femenino.

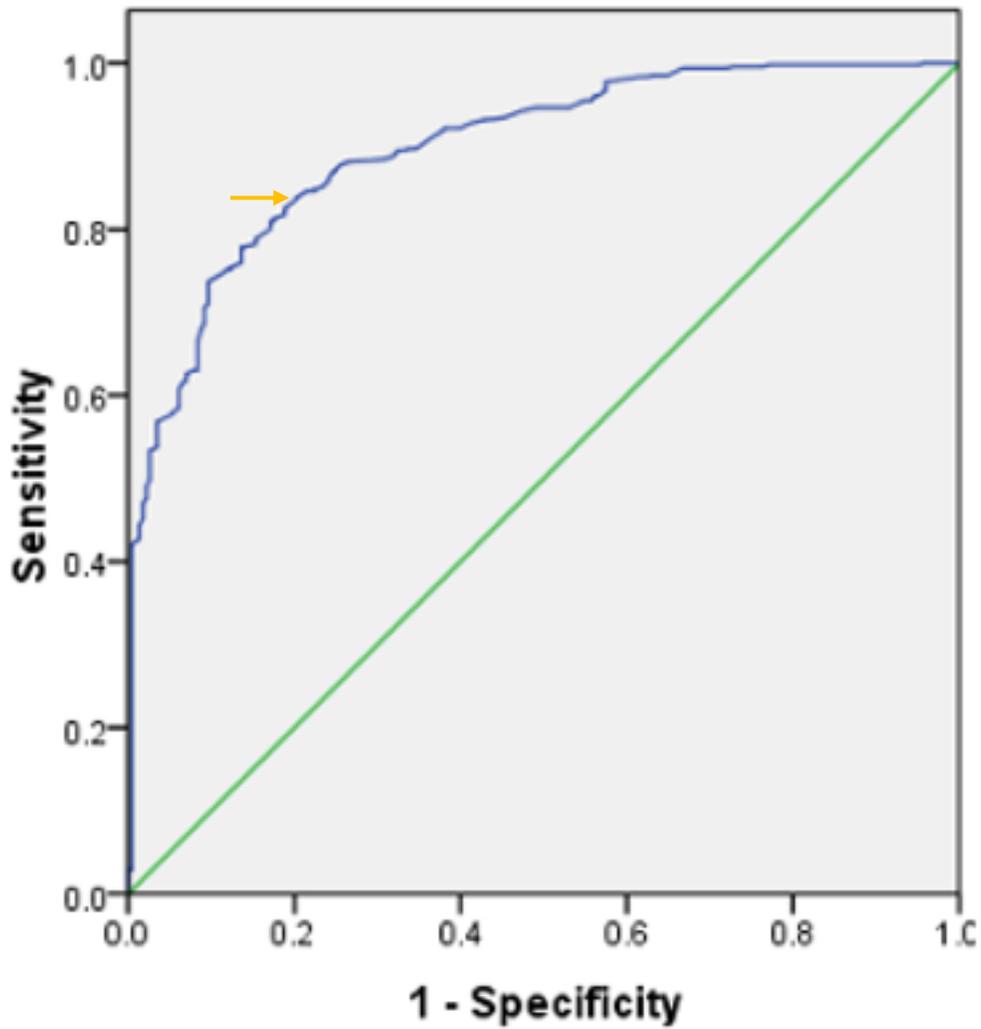


Figura 3: Curva ROC género Masculino.

En la tabla de datos que constituye la curva ROC para la población masculina tenemos con el 89.8% de la puede ser distinguida entre obesos y no obesos con una p significativa en 0.000 tabla 13.

Tabla 13. Descripción curva ROC- sexo masculino			
	Positivos	218	
	Negativos	86	
Area bajo la curva			
AUC	Erros estandar	Valor minimo	valor maximo
0.898	0.012	0.875	0.921

		p	0.000
--	--	---	-------

De acuerdo con el  $IMC \geq 30$  para el diagnóstico de obesidad dado por la OMS, la sensibilidad de la prueba en este punto de corte es del 58.3% lo que traduce la proporción de individuos enfermos que poseen una prueba positiva y especificidad es del 93% lo que indica la proporción de individuos sin la enfermedad que poseen una prueba negativa o normal.

Tabla 14

Tabla 14. Cordenas cuurva ROC. Femenino.

	Sensitivity	1 - Specificity
16	1	1
17.85	1	0.965
19.05	0.995	0.965
19.75	0.995	0.953
20.2	0.995	0.93
20.35	0.995	0.919
20.5	0.995	0.907
20.65	0.995	0.895
20.95	0.995	0.884
21.25	0.995	0.872
21.4	0.995	0.86
21.55	0.991	0.849
21.7	0.991	0.837
21.95	0.991	0.826
22.15	0.986	0.826
22.3	0.986	0.814
22.55	0.986	0.802
22.75	0.972	0.767
22.85	0.972	0.744
22.95	0.972	0.733
23.05	0.972	0.721
23.15	0.963	0.674
23.25	0.945	0.674
23.35	0.936	0.674
23.45	0.927	0.674
23.55	0.927	0.663
23.7	0.917	0.628
23.85	0.917	0.616
23.95	0.913	0.605
24.05	0.899	0.581

24.2	0.894	0.558
24.4	0.89	0.535
24.55	0.89	0.523
24.65	0.89	0.512
24.75	0.89	0.5
24.85	0.881	0.477
24.95	0.867	0.465
25.05	0.867	0.453
25.15	0.867	0.442
25.25	0.867	0.419
25.35	0.862	0.419
25.45	0.858	0.395
25.55	0.853	0.372
25.65	0.849	0.314
25.75	0.844	0.302
25.85	0.839	0.302
25.95	0.835	0.291
26.05	0.826	0.291
26.15	0.817	0.279
26.3	0.817	0.267
26.45	0.817	0.256
(*) 26.55	0.807	0.244
26.65	0.807	0.209
26.75	0.803	0.209
26.85	0.798	0.209
26.95	0.794	0.186
27.05	0.789	0.186
27.2	0.789	0.174
27.35	0.78	0.163
27.45	0.771	0.151
27.55	0.761	0.151
27.65	0.761	0.128
27.75	0.757	0.128
27.9	0.752	0.128
28.055	0.748	0.116
28.155	0.748	0.105
28.25	0.743	0.105
28.35	0.734	0.081
28.45	0.72	0.081
28.55	0.716	0.081
28.65	0.706	0.081
28.75	0.702	0.081
28.85	0.679	0.081

28.95	0.674	0.07
29.05	0.661	0.07
29.15	0.651	0.07
29.3	0.647	0.07
29.45	0.642	0.07
29.55	0.638	0.07
29.65	0.628	0.07
29.75	0.624	0.07
29.85	0.619	0.07
29.95	0.601	0.07
30.05	0.583	0.07
30.15	0.578	0.058
30.25	0.573	0.058
30.35	0.56	0.035
30.65	0.55	0.035
30.95	0.541	0.035
31.05	0.537	0.023
31.15	0.528	0.023
31.3	0.505	0.023
31.5	0.486	0.023
31.65	0.477	0.023
31.75	0.468	0.023
31.9	0.463	0.023
32.05	0.459	0.023
32.175	0.45	0.023
32.325	0.445	0.023
32.45	0.44	0.023
32.595	0.436	0.023
32.745	0.431	0.023
32.85	0.427	0.012
32.91	0.422	0.012
32.96	0.417	0.012
33.05	0.408	0.012
33.2	0.404	0.012
33.45	0.399	0.012
33.65	0.381	0.012
33.75	0.376	0.012
33.85	0.372	0.012
33.95	0.362	0.012
34.145	0.349	0.012
34.495	0.344	0.012
34.8	0.335	0.012
34.95	0.33	0.012

35.05	0.326	0.012
35.15	0.317	0.012
35.3	0.312	0.012
35.45	0.303	0.012
35.55	0.298	0.012
35.695	0.289	0.012
35.945	0.284	0.012
36.15	0.28	0.012
36.3	0.266	0.012
36.45	0.261	0.012
36.59	0.243	0.012
36.69	0.239	0.012
36.8	0.229	0.012
36.95	0.22	0.012
37.05	0.216	0.012
37.15	0.206	0.012
37.25	0.193	0.012
37.35	0.183	0.012
37.45	0.174	0.012
37.505	0.165	0.012
37.605	0.161	0.012
37.9	0.151	0.012
38.15	0.147	0.012
38.3	0.138	0.012
38.55	0.133	0.012
38.8	0.124	0.012
39.55	0.119	0.012
40.25	0.115	0.012
40.4	0.106	0.012
40.65	0.101	0.012
41.13	0.096	0.012
41.53	0.092	0.012
41.75	0.087	0.012
42.125	0.083	0.012
42.375	0.078	0.012
42.5	0.073	0.012
42.9	0.064	0.012
43.3	0.06	0.012
43.5	0.05	0.012
43.9	0.046	0.012
44.4	0.041	0.012
44.95	0.037	0.012
45.55	0.032	0.012

46.53	0.028	0.012
47.38	0.028	0
49.1	0.023	0
51	0.018	0
51.495	0.014	0
52.745	0.009	0
54.3	0.005	0
55.8	0	0

(\*) Punto de corte propuesto de máximo optimización de sensibilidad y especificidad para el diagnóstico de obesidad en la población masculinol.

Tabla 14-bis: Comparación de resultados estadísticos obtenidos en el estudio de acuerdo a punto de corte por $IMC \geq 30$ ,		
	IMC $\geq 30$	IMC $\geq 27$
Sensibilidad	59.55%	81.31%
Especificidad	93.86%	82.46%
VPP	82.69%	69.56%
VPN	82.49%	89.98%
LR+	9.7	4.65
LR-	0.43	0.23
Prevalencia de la enfermedad.	68%	68.11
VPP: Valor predictivo positivo; VPN Valor Predictivo Negativo; LR+: Verosimilitud positiva; LR- Verosimilitud negativa.		

Tabla 15. Tabla de contingencia considerando obesidad $IMC \geq 27$ vs %GC.			
Prueba a estudiar	Prueba de referencia Grasa corporal:		
	Obeso	No obeso.	
IMC			
Positivo	396	40	436
Negativo	91	188	279
Total	487	228	715
		95% CI	
Sensibilidad	81.31%	77.56-84.68	

Especificidad	82.46%	76.89-87.16
VPP	69.54%	63.20-75.20
VPN	89.96%	88.06-91.59
LR+	4.63	
LR-	0.23	
Prevalencia de la enfermedad.	68%	

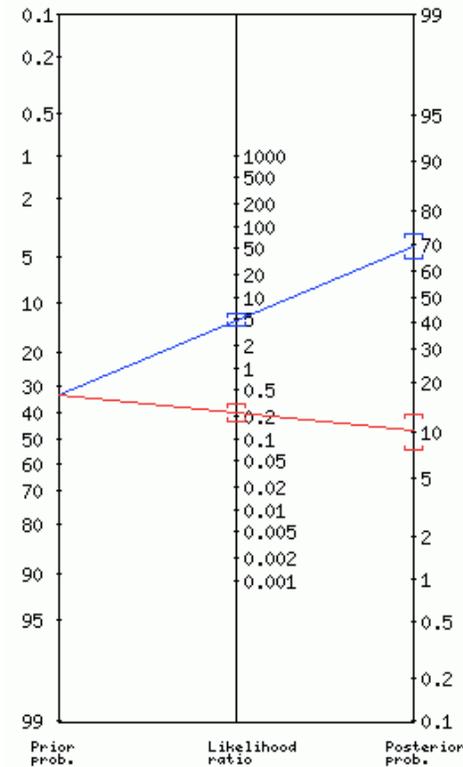


Imagen 2: Nomograma de Fagan IMC $\geq$ 27) ajustado a prevalencia de obesidad en México 33%

Tabla 16. Tabla de contingencia entre IMC vs %GC. Considerando IMC $\geq$ 27 ajustado a prevalencia de obesidad en México (33%)

Prueba a estudiar	Prueba de referencia Grasa corporal:		
	Obeso	No obeso.	
IMC			
Positivo	192	84	276
Negativo	44	395	439
Total	236	479	715

		95% CI
Sensibilidad	81.30%	75.79- 86.11
Especificidad	82.56%	78.76-85.76
LR+	4.65	3.78-85.76
LR-	0.23	0.17-0.30
VPP	69.56%	65.09-73.69
VPN	89.98%	87.27-92.16
Prevalencia de la enfermedad.	33.00%	
VPP: Valor predictivo positivo; VPN Valor Predictivo Negativo; LR+: Verosimilitud positiva; LR- Verosimilitud negativa.		

Con el nuevo punto de corte según nuestro análisis de >27 en general se obtiene la sensibilidad de 81.31% y especificad de 82.46%, con 30% en hombres y 40% en mujeres (prevalencia): positivo de 69.54, negativo de 89.98. Las razones de verosimilitud positiva es de 4.63 y negativa es de 0.23 (tabla15)

Dado que en la población mexicana la prevalencia global de obesidad en adultos es de 30% para la población masculina y 40% para la población femenino se recalcularon los valores predictivos: el positivo es de 69.56%. negativo de 89.98 y con los índices de verosimilitud se graficó en el nomograma de Fagan dando una posibilidad postprueba del 70% en caso de prueba positiva y 10% en caso de prueba negativa. (Tabla 16)

## DISCUSIÓN

La validez de los análisis anteriormente descritos, pueden resumir la decisión aplicable de tomar en cuenta un punto de corte diferente del IMC al establecido por la OMS en la actualidad para el diagnóstico de obesidad, considerando a la población mexicana como una población con características sociodemográficas distintas y particulares.

De acuerdo a los datos obtenidos en este estudio, se evidencia que la sensibilidad del IMC con un punto de corte de  $\geq 30$  es del 59.55% por lo que el 40.45% de la población no es captada de forma adecuada como obesa y por ello el inicio de medidas terapéuticas farmacológicas y no farmacológicas puede ser tardío. La sensibilidad de la prueba estudiada en la población en general es del 59.55% con una especificidad es de 93.86% (Tabla 8) en un punto de corte de  $\text{IMC} \geq 30$  correspondiente al valor utilizado actualmente propuesto por la OMS, lo que demuestra que sigue siendo una prueba útil para diagnosticar obesidad cuando es mayor de 30  $\text{kg/m}^2$ , sin embargo existe un gran porcentaje de pacientes que la prueba no logra detectar. Es por eso que debemos plantearnos la necesidad de diagnosticar a más pacientes correctamente que el simple hecho de detectar más pacientes sanos.

A pesar de que comúnmente se correlaciona el PGC estrechamente con el IMC no lo es, como se mostró en el estudio de concordancia entre el porcentaje de grasa corporal establecido por bioimpedancia y fórmulas de estimación basada en medidas antropométricas por Llamosa et al.<sup>30</sup> El  $\text{IMC} \geq 30$  tiene baja sensibilidad por la variabilidad interindividual en el porcentaje de grasa corporal para cualquier valor de IMC dado, atribuido a la edad, el sexo y el origen étnico. Nuestros hallazgos son similares a los del estudio de P. Deurenberg et al, donde la población asiática tiene un mayor porcentaje de grasa corporal que los caucásicos para el mismo IMC.<sup>(52)</sup> De acuerdo con los datos valorados en nuestra población se propone considerar un punto de corte menor con  $\text{IMC} \geq 27$  para el diagnóstico de obesidad en la población mexicana lo que modifica la sensibilidad de la prueba mejorando la sensibilidad de 58.5% a 81.1% y por ello captar la mayor proporción de individuos enfermos que poseen una prueba positiva lo que llevaría a realizarles el abordaje oportuno y así evitar complicaciones, la especificidad calculada se modificó de un 93.86% a 82.5%. Cabe mencionar que, aunque la especificidad de la prueba modificando el punto de corte de  $\text{IMC} \geq 27$  disminuye, consideramos que es de mayor beneficio identificar

a los pacientes con enfermedad que captar a la población sana. (tabla10 y tabla 15). Poblaciones como la asiática, tienen una longitud de piernas más cortas en comparación con los caucásicos, por lo que se han utilizado fórmulas para obtener la relación entre el porcentaje de grasa corporal y el IMC, y de esta forma han establecido que el punto de corte para obesidad en esta población sea  $IMC \geq 27$ , lo que posiblemente compartimos con dicha población.<sup>34</sup>

Estos datos evidencian que cada población debería ser valorada de forma particular e individualizada. Así como se ha visto en estudios de Lorenzo, A. D<sup>31</sup>., donde el porcentaje de obesidad se modifica con la edad, es posible considerar para estudios futuros ajustes específicos con puntos de corte para cada grupo de edad.

Al bajar el punto de corte del IMC en población mexicana a 27 kg/m<sup>2</sup>, mejora sustancialmente la sensibilidad de la prueba, hallazgos similares a los encontrados en poblaciones suizas descrito en el estudio FINRISK,<sup>51</sup> donde el promedio de IMC para esta población fue de 27.4 kg/m<sup>2</sup> para hombres y 27 kg/m<sup>2</sup> para mujeres. Esto reafirma la necesidad de establecer al igual que en población europea y asiática, niveles de IMC más bajos en población mexicana para mejorar la detección de pacientes con obesidad.

El estilo de vida y la dieta han sido hasta este momento los parámetros con mayor impacto que pueda explicar la diferencia entre poblaciones urbanas y rurales, así como género, nivel socioeconómico y sociodemográfico. La tasa absoluta y la tendencia de sobrepeso y obesidad varía sustancialmente a través de regiones y países lo que sustenta la realización de este estudio.

La OMS declaró la obesidad como primera causa de muerte prematura en el mundo, por lo que es una enfermedad de altas consecuencias y letalidad. Teniendo en cuenta el impacto que tiene la obesidad en la población se realizó el análisis estadístico de forma individualizada.

En el análisis estadístico se toma en cuenta un diferente punto de corte por sexo, dado que el diagnóstico de obesidad mediante PGC es distinto entre géneros. La OMS propone un PGC para mujeres  $\geq 35\%$  Y  $\geq 25\%$  en hombres debido a las diferencias claras entre hombres

y mujeres. Es por eso que al analizar puntos específicos de IMC por género también es de gran utilidad.

En nuestro estudio, para la optimización máxima de la sensibilidad y la especificidad de la prueba se propone un  $IMC \geq 27$  kg/m<sup>2</sup> para la población femenina con una sensibilidad del 82.9% con una especificidad de 83.1%, y un  $IMC \geq 26.55$  kg/m<sup>2</sup> para la población masculina, con una sensibilidad del 80.7% con una especificidad del 75.6%. En la actualidad no existen estudios en población mexicana que hallan demostrado estos hallazgos.

Al igual que en el estudio FINRISK (2007)<sup>33</sup> y el meta-análisis realizado por DO Okorodudu et al<sup>32</sup>, al tener una prueba de baja sensibilidad en población mexicana seguiremos teniendo un gran porcentaje de pacientes sin diagnóstico y en consecuencia sin tratamiento. Nuestro estudio demuestra que aunque en la actualidad el diagnóstico de obesidad esta dado por IMC al ser una prueba conocida y de bajo costo, los puntos establecidos no son de utilidad para diagnosticar a una gran proporción de población que se encuentra con un IMC normal pero que comparado con el estándar de PGC, se encuentran con obesidad. Es por eso que se debe considerar el diagnóstico con este nuevo punto de corte o basados en el PGC, ya sea medido por bioimpedancia o por fórmulas antropométricas, como se demostró en el estudio de realizado por Llamosa et al<sup>30</sup> donde se demuestra que el calculo de la fórmula de Deurenberg y CUN BAE son de gran utilidad clínica al poseer una alta relación con el porcentaje de adiposidad para ambos sexos lo que podría facilitar su uso clínico en ausencia de métodos de bioimpedancia.

En el nomograma de Fagan (imagen 2) dado la prevalencia de la población mexicana de padecer obesidad es el 33%, la razón de verosimilitud positiva considerando  $IMC \geq 27$  es del 4.3 mientras que la probabilidad post-test seria 70% si la prueba es positivo para obesidad. La verosimilitud negativa se calculo en 0.20 como se muestra en la imagen 2 la probabilidad post-test se calcula 10% si la prueba saliera negativa.

En nuestro estudio se captaron pacientes provenientes de la clinica de obesidad lo que incrementó la prevalencia de obesidad en nuestro estudio a 68.1% con respecto a las estadísticas establecidas para la población mexicana donde hace mención que la prevalencia de obesidad en población mexicana es del 40% para la población femenina y 33% para la población masculina, lo que consideramos una limitación de nuestra

investigación. (tabla15) Por otro lado, la n de la población no fue estimada en relación a la población mexicana total, por lo que los resultados no pueden extrapolarse en su totalidad.

Recientemente se hace mención en la literatura sobre el síndrome de obesidad con peso normal (NWO) la cual está definida en sujetos con peso normal ( $IMC < 25\text{kg/m}^2$ ) en quienes el porcentaje de tejido adiposo sobrepasa los valores recomendados por la OMS ( $>25\%$  para hombres y  $>35\%$  en mujeres). De acuerdo a esto y ajustando nuestra prueba a la prevalencia de obesidad en la población mexicana, la tabla de contingencia explica el comportamiento de la prueba dado que la prevalencia de obesidad en México  $30\%$  obteniendo una sensibilidad de  $81.30$  con una especificidad del  $82.30\%$ , disminuyendo los falsos negativos de  $91$  pacientes (tabla 15) a  $44$  pacientes (tabla16) que corresponden a la población catalogada como obesos con peso normal y que deberán ser considerados como enfermos. Los pacientes catalogados actualmente con síndrome de obesidad con peso normal son los falsos negativos, población que de acuerdo a la definición operacional de obesidad deberían ser catalogados adecuadamente como obesos.

## CONCLUSIONES

La gran prevalencia de obesidad en México debe dirigirnos inicialmente en mejorar nuestros métodos diagnósticos. Pese a que el IMC ha mostrado utilidad en muchas poblaciones, hemos demostrado que deja a muchas personas sin diagnóstico, por lo que proponemos establecer un punto de corte poblacional mexicano para el IMC en  $\geq 27$  kg/m<sup>2</sup> en función del PGC (estándar de oro), lo que incrementará la detección de enfermos y les abrirá opción de tratamiento y prevención de complicaciones.

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tesis																		
Fecha	feb-21	mar-21	abr-21	may-21	jun-21	jul-21	ago-21	sep-21	oct-21	nov-21	dic-21	ene-22	feb-22	mar-22	abr-22	may-22	jun-22	jul-22
Selección del tema.	■	■																
Recolección de información.		■																
Elaboración de marco teórico y justificación del protocolo.		■	■	■	■	■	■											
Elaboración de la metodología.							■	■	■									
Aprobación del protocolo.										■	■	■	■	■	■			
Obtención de datos.																■		
Análisis de resultado.																	■	
Presentación de resultados.																		■

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.

1. Carvalho Moreira Alves, A. P., Oliveria Carola, Oliveria Barros, Tavares DE Pna. (2019). Comparison of body mass index, the bioimpedance electric and waist circumference in childhood obesity classification. *Advances in Obesity*. 9 (5), 144-147.
2. Vos, A. (2020). Obesity and the heart: The impact of obesity beyond the body mass index. *European Journal of Preventive Cardiology*, 204748731989717.doi:10.1177/2047487319897170
3. Orta Duarte M, Flores Ruelas Y, López-Alcaraz F, del Toro-Equihua M, Sánchez-Ramírez CA. Correlation between percentage of body fat measured by the Slaughter equation and bio impedance analysis technique in Mexican schoolchildren. *Nutr Hosp*. 2014 Jan 1;29(1):88-93. doi: 10.3305/nh.2014.29.1.6992.
4. Ranasinghe, C., Gamage, P., Katulanda, P., Andraweera, N., Thilakarathne, S., & Tharanga, P. (2013). Relationship between Body mass index (BMI) and body fat percentage, estimated by bioelectrical impedance, in a group of Sri Lankan adults: a cross sectional study. *BMC Public Health*, 13(1). doi:10.1186/1471-2458-13-797
5. Tapking, C., Benner, L., Hackbusch, M., Schüller, S., Tran, D., Ottawa, G. B., ... Nickel, F. (2020). Influence of Body Mass Index and Gender on Stigmatization of Obesity. *Obesity Surgery*. doi:10.1007/s11695-020-04895-5
6. Zhu, Q., Huang, B., Li, Q., Huang, L., Shu, W., Xu, L., ... Liu, P. (2020). Body mass index and waist-to-hip ratio misclassification of overweight and obesity in Chinese military personnel. *Journal of Physiological Anthropology*, 39(1).doi:10.1186/s40101-020-00236-8
7. Buss, J. (2014). Limitations of Body Mass Index to Assess Body Fat. *Workplace Health & Safety*, 62(6), 264–264.doi:10.1177/216507991406200608
8. Thakkar N, van Geel M, Malda M, Rippe RCA, Vedder P. Body mass index and peer victimization: A transactional model. *Aggress Behav*. 2021 Mar;47(2):236-246. doi: 10.1002/ab.21942. Epub 2020 Dec 17. PMID: 33331029; PMCID: PMC7898717.
9. Komaroff M. Historical review of developing body weight indices: meaning and purpose. *Adv Obes Weight Manag Control*. 2017;6(6):184-192. DOI: 10.15406/aowmc.2017.06.00177

10. Lebidowska A, Hartman-Petrycka M, Błońska-Fajfrowska B. How reliable is BMI? Bioimpedance analysis of body composition in underweight, normal weight, overweight, and obese women. *Ir J Med Sci.* 2021 Aug;190(3):993-998. doi: 10.1007/s11845-020-02403-3. Epub 2020 Oct 21. PMID: 33083960; PMCID: PMC8302488.
11. Lebidowska A, Hartman-Petrycka M, Błońska-Fajfrowska B. How reliable is BMI? Bioimpedance analysis of body composition in underweight, normal weight, overweight, and obese women. *Ir J Med Sci.* 2021 Aug;190(3):993-998. doi: 10.1007/s11845-020-02403-3. Epub 2020 Oct 21. PMID: 33083960; PMCID: PMC8302488.
12. Salarzadeh Jenatabadi, H., Bt Wan Mohamed Radzi, C. W. J., & Samsudin, N. (2020). Associations of Body Mass Index with Demographics, Lifestyle, Food Intake, and Mental Health among Postpartum Women: A Structural Equation Approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(14), 5201. doi:10.3390/ijerph17145201
13. Puciato, D., & Rozpara, M. (2020). Demographic and Socioeconomic Determinants of Body Mass Index in People of Working Age. *International journal of environmental research and public health*, 17(21), 8168. <https://doi.org/10.3390/ijerph17218168>
14. Akindede, M. O., Phillips, J. S., & Igumbor, E. U. (2016). The Relationship Between Body Fat Percentage and Body Mass Index in Overweight and Obese Individuals in an Urban African Setting. *Journal of public health in Africa*, 7(1), 515. <https://doi.org/10.4081/jphia.2016.515>
15. Nuttall FQ. Body Mass Index: Obesity, BMI, and Health: A Critical Review. *Nutr Today.* 2015 May;50(3):117-128. doi: 10.1097/NT.0000000000000092. Epub 2015 Apr 7. PMID: 27340299; PMCID: PMC4890841.
16. Choi YJ, Jeon SM, Shin S. Impact of a Ketogenic Diet on Metabolic Parameters in Patients with Obesity or Overweight and with or without Type 2 Diabetes: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients.* 2020 Jul 6;12(7):2005. doi: 10.3390/nu12072005. PMID: 32640608; PMCID: PMC7400909.
17. Gao M, Lv J, Yu C, Guo Y, Bian Z, Yang R, Du H, Yang L, Chen Y, Li Z, Zhang X, Chen J, Qi L, Chen Z, Huang T, Li L; China Kadoorie Biobank (CKB) Collaborative Group. Metabolically healthy obesity, transition to unhealthy metabolic status, and vascular disease in Chinese adults: A cohort study. *PLoS Med.* 2020 Oct

- 30;17(10):e1003351. doi: 10.1371/journal.pmed.1003351. PMID: 33125374; PMCID: PMC7598496.
18. Ho-Pham LT, Lai TQ, Nguyen MT, Nguyen TV. Relationship between Body Mass Index and Percent Body Fat in Vietnamese: Implications for the Diagnosis of Obesity. *PLoS One*. 2015 May 27;10(5):e0127198. doi: 10.1371/journal.pone.0127198. PMID: 26018910; PMCID: PMC4446298.
  19. Ho-Pham LT, Lai TQ, Nguyen MT, Nguyen TV. Relationship between Body Mass Index and Percent Body Fat in Vietnamese: Implications for the Diagnosis of Obesity. *PLoS One*. 2015 May 27;10(5):e0127198. doi: 10.1371/journal.pone.0127198. PMID: 26018910; PMCID: PMC4446298.
  20. Marra M, Sammarco R, De Lorenzo A, Iellamo F, Siervo M, Pietrobelli A, Donini LM, Santarpia L, Cataldi M, Pasanisi F, Contaldo F. Assessment of Body Composition in Health and Disease Using Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) and Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DXA): A Critical Overview. *Contrast Media Mol Imaging*. 2019 May 29;2019:3548284. doi: 10.1155/2019/3548284. PMID: 31275083; PMCID: PMC6560329.
  21. Gao, M., Lv, J., Yu, C., Guo, Y., Bian, Z., Yang, R., Du, H., Yang, L., Chen, Y., Li, Z., Zhang, X., Chen, J., Qi, L., Chen, Z., Huang, T., Li, L., & China Kadoorie Biobank (CKB) Collaborative Group (2020). Metabolically healthy obesity, transition to unhealthy metabolic status, and vascular disease in Chinese adults: A cohort study. *PloSmedicine*, 17(10),e1003351.<https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003351>
  22. Chiquete, E., Ruiz-Sandoval, J. L., Ochoa-Guzmán, A., Sánchez-Orozco, L. V., Lara-Zaragoza, E. B., Basaldúa, N., ... Panduro, A. (2014). The Quételet index revisited in children and adults. *Endocrinología y Nutrición*, 61(2), 87–92.doi:10.1016/j.endonu.2013.06.001
  23. Barquera, S., & Rivera, J. A. (2020). Obesity in Mexico: rapid epidemiological transition and food industry interference in health policies. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, 8(9), 746–747.doi:10.1016/s2213-8587(20)30269-2
  24. Blüher, M. (2019). Obesity: global epidemiology and pathogenesis. *Nature Reviews Endocrinology*.doi:10.1038/s41574-019-0176-8
  25. González-Muniesa, P., Martínez-González, MA., Hu, F. et al. Obesity. *Nat Rev Dis Primers*3, 17034 (2017).

26. Fosbøl MØ, Zerahn B. Contemporary methods of body composition measurement. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2015 Mar;35(2):81-97. doi: 10.1111/cpf.12152. Epub 2014 Apr 15.
27. Gadde KM, Martin CK, Berthoud HR, Heymsfield SB. Obesity: Pathophysiology and Management. *J Am Coll Cardiol*. 2018 Jan 2;71(1):69-84. doi: 10.1016/j.jacc.2017.11.011.
28. Fang H, Berg E, Cheng X, Shen W. How to best assess abdominal obesity. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2018 Sep;21(5):360-365. doi: 10.1097/MCO.0000000000000485.
29. De Mateo Silleras, B., de-la-Cruz-Marcos, S., Alonso Izquierdo, L., Camina Martín, M. A., Marugán-de-Miguelsanz, J. M., & Redondo-del-Río, M. P. (2019). Bioelectrical impedance vector analysis in obese and overweight children. doi:10.1371/journal.pone.021114
30. Llamosa et al. Concordance between body fat percentage established by bio impedance and estimation formulas based in anthropometric measurements. MedCrave, 2021.
31. Lorenzo, A. D. (2016). New obesity classification criteria as a tool for bariatric surgery indication. *World Journal of Gastroenterology*, 22(2), 681. doi:10.3748/wjg.v22.i2.681
32. Okorodudu, D. O., Jumean, M. F., Montori, V. M., Romero-Corral, A., Somers, V. K., Erwin, P. J., & Lopez-Jimenez, F. (2010). Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Obesity*, 34(5), 791–799. doi:10.1038/ijo.2010.5
33. Männistö, S., Harald, K., Kontto, J., Lahti-Koski, M., Kaartinen, N. E., Saarni, S. E., ... Jousilahti, P. (2013). Dietary and lifestyle characteristics associated with normal-weight obesity: the National FINRISK 2007 Study. *British Journal of Nutrition*, 111(05), 887–894. doi:10.1017/s000711451300274
34. Deurenberg, P., Deurenberg Yap, M., Wang, J., Lin, F., & Schmidt, G. (1999). The impact of body build on the relationship between body mass index and percent body fat. *International Journal of Obesity*, 23(5), 537–542. doi:10.1038/sj.ijo.0800868

# ANEXOS.

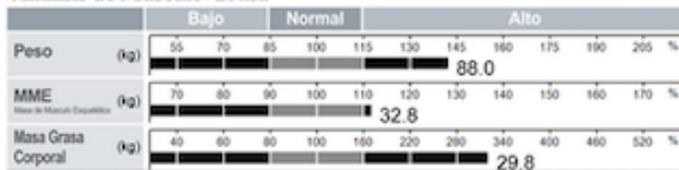
## Herramienta de recolección de datos.

ID	Altura	Edad	Sexo	Fecha / Hora de la prueba
290722-13	168cm	53	Masculino	29.07.2022. 12:32

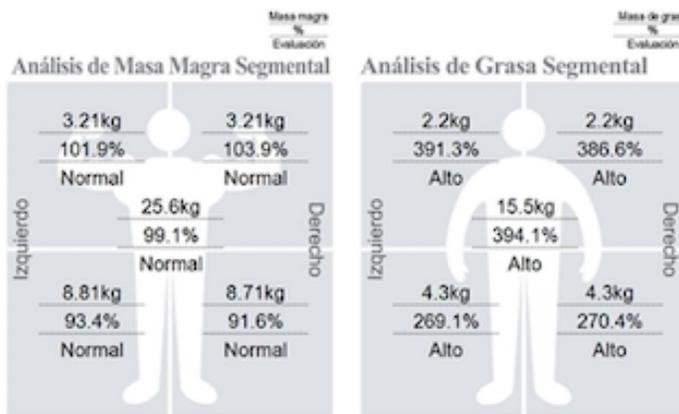
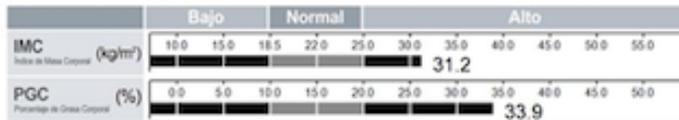
### Análisis de Composición Corporal

Cantidad total de agua en el cuerpo	Agua Corporal Total (L)	42.5 ( 34.9-42.7 )
Para producir los músculos	Proteínas (kg)	11.5 ( 9.4-11.4 )
Para fortalecer los huesos	Minerales (kg)	4.14 ( 3.23-3.95 )
Para almacenar el exceso de energía	Masa Grasa Corporal (kg)	29.8 ( 7.5-14.9 )
La suma de lo anterior	Peso (kg)	88.0 ( 52.8-71.4 )

### Análisis de Músculo-Grasa



### Análisis de Obesidad



\* Se estima la grasa segmental

### Puntuación InBody

65/100 Puntos

\* La puntuación total que refleja la evaluación de la composición corporal. Una persona musculosa puede superar 100 puntos.

### Control de Peso

Peso Ideal	68.5 kg
Control de Peso	- 19.5 kg
Control de Grasa	- 19.5 kg
Control de Músculo	0.0 kg

### Parámetros de Investigación

Tasa Metabólica Básica	1626 kcal ( 1624-2147 )
Relación Cintura-Cadera	0.94 ( 0.80-0.90 )
Nivel de Grasa Visceral	12 ( 1-9 )
Grado de Obesidad	142 % ( 90-110 )

### Interpretación de los resultados

#### Análisis de Composición Corporal

El peso corporal es la suma de Agua Corporal Total, Proteínas, Minerales y Masa Grasa Corporal. Mantenga una composición corporal equilibrada para mantenerse sano.

#### Análisis de Músculo-Grasa

Compara la longitud de las barras de Masa de Músculo Esquelético y Masa Grasa Corporal. Cuanto más larga sea la barra de Masa de Músculo Esquelético, más fuerte será el cuerpo.

#### Análisis de Obesidad

IMC es un índice utilizado para determinar obesidad utilizando altura y peso.

PGC es el porcentaje de grasa corporal comparado con el peso corporal.

#### Análisis de Masa Magra Segmental

Evalúa si la cantidad de músculo está distribuida adecuadamente por todo el cuerpo. Compara masa de músculo con lo ideal.

#### Análisis de Grasa Segmental

Evalúa si la cantidad de grasa está distribuida adecuadamente por todo el cuerpo. Compara masa grasa con lo ideal.

#### Código QR para Interpretación de Resultados

Escanee el Código QR para ver la interpretación de los resultados con mayor detalle.

