



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
MÉDICAS, ODONTOLÓGICAS Y DE LA SALUD

EPIDEMIOLOGÍA CLÍNICA.
DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UNA FÓRMULA DE
ESTIMACIÓN DE GASTO ENERGÉTICO EN SUJETOS
MEXICANOS CON SOBREPESO Y OBESIDAD

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD

PRESENTA

LIDIA XIMENA OROZCO RUIZ

TUTOR:

DRA. MARTHA GUEVARA CRUZ

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN

“SALVADOR ZUBIRÁN”

Grant: CONACYT No

MÉXICO, DF., AGOSTO 2016



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:

Agradezco principalmente a Dios por haberme permitido culminar esta importante etapa de mi formación académica, guiando siempre mis pasos. Agradezco también, y dedico este trabajo a mis padres, Judith y Martin por estar siempre brindándome su apoyo incondicional en cada proyecto que emprendo, a mis hermanos Nadia, Judith y Sebastián por ser mis compañeros de vida durante este camino y a quienes quiero demostrar que no hay límites cuando te propones crecer y explorar el mundo. A mis tíos Leonel y Magdalena, por brindarme hogar abriéndome las puertas de su casa cuando tantas veces lo necesité durante este proyecto de vida.

Agradezco también enormemente a la Dra. Martha Guevara por ser mi guía y tutora durante una de las etapas más importantes de mi formación profesional, a los doctores Armando Tovar y Nimbe Torres por permitirme ser parte de su equipo de trabajo. A todos mis compañeros de fisiología de la nutrición que han hecho tan ameno los momentos de trabajo en el departamento, brindado su apoyo y compartiendo sonrisas y momentos agradables aún en situaciones de estrés. A Chabe y Miri por su amistad y apoyo desde que formé parte de este equipo de trabajo. Al doctor Claudio LaFortuna por permitirme formar parte de su equipo de trabajo durante mi estancia de investigación viviendo una gran experiencia, de quien aprendí mucho tanto de manera personal como profesional.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
2. ANTECEDENTES	8
2.1 Sobrepeso y obesidad.	8
2.2 Diagnóstico de sobrepeso y obesidad	8
2.3. Prevalencia de sobrepeso y obesidad	9
2.4. Ingesta energética y obesidad.	10
3. GASTO ENERGÉTICO	11
3.1 Componentes del gasto energético	11
3.2 Gasto energético en reposo.	12
3.3 Factores que influyen en el gasto energético en reposo	12
3.3.1 Masa Libre de Grasa	12
3.3.2 Talla.	13
3.3.4. Peso.	13
3.3.3 Sexo.	14
3.3.4 Edad.	14
3.3.5 Raza/ Etnicidad.	15
4. MEDICIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO	16
4.1 Técnicas para calcular el gasto energético	16
4.1.1 Calorimetría directa.	17
4.1.2 Calorimetría Indirecta.	17
4.2 Cociente respiratorio	19
4.3 Limitaciones de la CI	20
5. ECUACIONES DE PREDICCIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO	21
5.1 Harris-Benedict.	22
5.2 Ecuación Mifflin- StJeor	22

5.3 Ecuación de Owen _____	23
5.4 Ecuación de WHO/FAO/UNU _____	23
5.5 Ecuación de estimación rápida (Carrasco) _____	25
5.6 Ecuación de Valencia _____	25
6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	26
7. JUSTIFICACIÓN	27
8. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.	27
9. HIPÓTESIS	27
10. OBJETIVOS	28
11. MATERIAL Y MÉTODOS	29
11.1 Diseño de estudio. _____	29
11.2 Lugar y tiempo _____	29
11.3 Criterios de Inclusión _____	30
11.4 Criterios de Exclusión _____	30
11.5 Criterios de eliminación _____	31
11.6 Descripción de la maniobra. _____	31
11.7 Descripción del diseño. _____	32
11.8 Técnicas y aparatos utilizados en las mediciones de las variables. _____	32
11.9 Definición conceptual y operacionalización de las variables _____	35
11.10 Cálculo de tamaño de muestra. _____	40
12. RECURSOS	41
13. CONSIDERACIONES ÉTICAS	41
14. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	42
15. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	43

16.	RESULTADOS	45	
17.	DISCUSIÓN	56	
18.	CONCLUSIONES.	61	
19.	ANEXOS	62	
	19.1 Historia clínica nutricional		62
20.	REFERENCIAS	64	

1. INTRODUCCIÓN

La obesidad es un fenómeno que ha ido significativamente en incremento. A pesar de que la epidemia de la obesidad comenzó a aumentar marcadamente a partir de los años 1980s, fue hasta 1997 que la OMS y muchos gobiernos nacionales reconocieron la obesidad como el mayor problema de salud pública, que afecta a más de 1.5 millones de personas en todo el mundo, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo (1). La obesidad es el principal factor de riesgo modificable para el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles, como la diabetes mellitus tipo 2 (DM2) y las enfermedades cardiovasculares (ECV), siendo estas últimas, la primera causa de mortalidad en el mundo. Se estima que para el 2020 las enfermedades crónicas podrían representar al menos tres cuartas partes del total de muertes alrededor del mundo (2). México es uno de los países con mayor prevalencia de obesidad en adultos, considerado como uno de los problemas de salud pública más importantes del país (3). Es por ello, que la *Organization for Economic Co-operation and Development* (OECD) colocó a México como uno de los lugares con mayor prevalencia de obesidad a nivel mundial mundo (4).

El *National Heart, Lung, and Blood Institute* (NHLBI) en cooperación con el *National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases* (NIDDK), recomienda un tratamiento nutricional como primera estrategia para el control de sobrepeso y obesidad, enfocándose en el control de peso, reducción del exceso de peso y en mantener esa pérdida de peso (5). Se ha considerado a la obesidad como una consecuencia de un desequilibrio energético; la ingesta de energía excede a la cantidad de la energía utilizada (2) es por eso, que en el tratamiento nutricional, uno de los principales objetivos para llegar a una pérdida de peso es lograr un equilibrio energético, realizando una evaluación de los requerimientos individuales de energía basados en el Gasto Energético Total (GET) (6).

El GET está compuesto principalmente de tres factores: Gasto energético en Reposo (GER), Efecto Térmico de los Alimentos (ETA) y Actividad Física (AF).

El GER se refiere la cantidad mínima de energía requerida para mantener las funciones básicas del organismo, siendo el mayor componente del GET (60-80%), el ETA representa 10% del GET y la AF de 10-15% del GET (7).

Existen diferentes métodos para calcular el GER, la calorimetría indirecta (CI) es una técnica que se utiliza ampliamente y se ha definido como el estándar de oro en esta medición(8), sin embargo, esta técnica llega a ser muy costosa y no es accesible en todos los consultorios o clínicas donde se da tratamiento a un paciente con obesidad (9).

Debido a esto, a lo largo del tiempo se han diseñado numerosas ecuaciones de estimación (EP) del GER en diferentes estados fisiológicos (pacientes hospitalizados, sujetos sanos o con obesidad) y en diferentes grupos étnicos, sin embargo, hoy en día se puede decir que la población en la que fueron desarrolladas algunas de estas ecuaciones son distintas a la población actual, debido a los cambios en el estilo de vida. En una revisión sistemática, la Asociación Dietética Americana (ADA) examinó la validez de algunas ecuaciones de estimación aplicadas al público general (10). En este análisis se observó que la mayoría de las ecuaciones comúnmente utilizadas fueron desarrolladas utilizando grupos de participantes en los cuales el peso, la composición corporal, y raza/etnicidad no son representativas para las personas de los presentes días, es por ello, que surge la necesidad de desarrollar ecuaciones de estimación fáciles de utilizar y altamente confiables para población mexicana, especialmente enfocadas a sujetos con sobrepeso y obesidad.

2. ANTECEDENTES

2.1 Sobrepeso y obesidad.

El sobrepeso y la obesidad se definen como una condición de excesiva acumulación de grasa en el tejido adiposo provocando daño en la salud, provocada por un balance energético positivo (2).

Sin embargo, los individuos obesos no sólo se distinguen por la cantidad de exceso de grasa, también en la distribución corporal de la misma. De hecho, el exceso de grasa abdominal se considera un factor mayor de riesgo de enfermedad que el simple exceso de grasa corporal (11).

2.2 Diagnóstico de sobrepeso y obesidad

1.1.1 índice de masa corporal

El diagnóstico de sobrepeso y obesidad en adultos se basa en el Índice de Masa Corporal (IMC). El IMC es un índice de peso - talla que se utiliza comúnmente para clasificar desnutrición, normopeso, sobrepeso y obesidad en adultos (Tabla 1), y se define como el peso en Kg dividido entre la talla al cuadrado en metros (Kg/m^2) siendo esta una herramienta útil para clasificar la obesidad en la población (12).

Tabla 1. Puntos de corte de IMC según la OMS.

Clasificación	IMC
Bajo peso.	<18.5
Normopeso.	18.5-24.99
Sobrepeso	25-29.9
Obesidad grado 1	30-34.99
Obesidad grado II	35-39.9
Obesidad grado III	≥ 40

De acuerdo a los criterios de la OMS, el sobrepeso se clasifica con un IMC ≥ 25 Kg/m² y ≤ 29.9 Kg/m² mientras que la obesidad se determina a partir de un IMC ≥ 30 Kg/m² ya que datos epidemiológicos muestran aumentos en la mortalidad en personas con un IMC por encima de 25 Kg/m². Sin embargo, este aumento de mortalidad tiende a ser modesto hasta que se alcanza un IMC ≥ 30 Kg/m². Para estas personas, la tasa de mortalidad por todas las causas y especialmente por ECV aumenta generalmente de un 50 a 100% comparados con personas con IMC de 20 a 20 kg/m² (13). Además, se ha reportado una fuerte asociación de la obesidad con el desarrollo de enfermedad de hígado graso no alcohólica, por sus siglas en inglés NAFLD, más del 80% de los pacientes con NAFLD presentan obesidad principalmente obesidad abdominal. (14)

2.3. Prevalencia de sobrepeso y obesidad

La clasificación utilizada por la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT 2012) para el diagnóstico de obesidad, fueron los puntos de corte de IMC establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Para identificar a los adultos con obesidad abdominal se utilizó como referencia la clasificación de la Secretaría de Salud de México (15) y la de la Federación Internacional de Diabetes, por sus siglas en inglés (IDF) (16).

La ENSANUT 2012 reportó una prevalencia de sobrepeso y obesidad en adultos mexicanos de 20 años o más fue del 71.3% (que representan 48.6 millones de personas). La prevalencia de obesidad (IMC ≥ 30 kg/m²) en este grupo fue de 32.4% (IC95%=31.6, 33.3) y la de sobrepeso de 38.8%(IC95%=38.1, 39.6). La obesidad fue más alta en el sexo femenino (37.5%, IC95%= 36.5, 38.6) que en el masculino (26.9%, IC95%=25.7, 28.0) al contrario del sobrepeso, donde el sexo masculino tuvo una prevalencia de 42.6%, (IC95%= 41.3, 43.8) y el femenino una de 35.5%, (IC95%= 34.5, 36.5). La prevalencia de obesidad abdominal fue de 74.0%, siendo mayor en mujeres (82.8%, IC95%=81.9, 83.7) que en hombres (64.5%, IC95%=63.3, 65.7) (16).

2.4. Ingesta energética y obesidad.

El exceso de peso corporal resulta de un balance de energía positivo a largo plazo, a pesar de muchos avances científicos a lo largo del tiempo a cerca de la relación de la ingesta dietaria con el balance energético, permanecen muchas preguntas del ¿cómo debería ser la alimentación para prevenir la ganancia o pérdida de peso? (17). Pequeñas pero constantes desviaciones en la ingesta energética en un largo periodo de tiempo producen grandes incrementos en el peso corporal (2). El concepto tradicional de balance energético en la obesidad y el sobrepeso, se desarrolla cuando la ingesta energética exceda la energía gastada (balance energético positivo), es así como un exceso de energía de aproximadamente 100-125 kcal por día podría producir la ganancia de 2 a 6 kg de peso en un año (18). El principal objetivo en el tratamiento nutricional para el sobrepeso y obesidad, está lograr un balance energético con una consecuente pérdida de peso. Se ha reportado que el mantener una pérdida de peso exitosa se define como “los individuos que han tenido una pérdida de peso intencional de al menos 10% de su peso corporal y que lo mantienen por lo menos un año” (19). Numerosos estudios han mostrado beneficios de la reducción de peso sobre las morbilidades consecuentes de la obesidad (20). En el reporte del *American College of Cardiology (ACC)/American Heart Association (AHA)* y la *Obesity Society (TAS)* del 2013, se establecen guías para el manejo de sobrepeso y obesidad. Estas guías informan, que cambios de estilo de vida que conlleven incluso a una modesta pero sostenida pérdida de peso de 3% a 5% produce beneficios para la salud clínicamente significativos. Una pérdida de peso sostenida de 3% -5% es probable que resulte en la reducción clínicamente significativa de los triglicéridos, glucosa, hemoglobina glucosada (HbA1C) en sangre, y del riesgo de desarrollar DM2. A mayor pérdida de peso, disminuye la presión arterial, mejora el C-LDL y C-HDL y se reduce la necesidad de medicamentos para controlar la presión arterial, glucemia y lípidos, de manera más significativa, los triglicéridos y glucosa en sangre (21).

Por lo tanto el criterio de pérdida de peso del 10% se sugirió, porque las pérdidas de peso de esta magnitud pueden producir mejoras sustanciales para los factores de riesgo de DM2 y enfermedad cardiovascular en pacientes con

obesidad y sobrepeso (22). El diseño de estrategias para lograr una adecuada pérdida de peso, deben ser establecidas por profesionales de salud especializados en el campo (23).

3. GASTO ENERGÉTICO

La energía se puede definir como la capacidad de realizar un trabajo. Después del agua, el requerimiento más importante para mantener la vida es la energía. Esta energía se almacena en los enlaces químicos de los alimentos que se libera cuando estos se metabolizan en el cuerpo y se expresa en unidades de calor conocidas como calorías o joule (24); sin embargo, el término más usado es el de calorías o kilocalorías para representar el calor necesario para elevar la temperatura de un litro de agua de 14,5° a 15,5°C (25). Mientras que la kilocaloría es una unidad de calor, el joule es en realidad una unidad de energía. El joule se define como la cantidad de energía necesaria para mover un peso de 1 kilogramo una distancia de 1 metro con una fuerza de 1 newton (N). En el área de nutrición se usa el kilojoule (1 Kj= 1000 j), donde 4,184 kJ es el equivalente de una kcal y se considera como la unidad internacional de energía (26).

3.1 Componentes del gasto energético

El Gasto Energético Total (GET) se refiere a la cantidad neta de energía que un animal utiliza para mantener sus funciones biológicas. Establecer el gasto de energía de un paciente es un paso importante en la determinación de las necesidades nutricionales. El GET tiene tres componentes principales (7):

- El Gasto Energético en Reposo (GER)
- Efecto Térmico de los Alimentos (ETA)
- Termogénesis inducida por la Actividad Física (AF) (7).

3.2 Gasto energético en reposo.

El Gasto Energético Basal (GEB) o Tasa Metabólica Basal (TMB) es la energía requerida para mantener el metabolismo basal de la célula, tales como la respiración, y el mantener una temperatura corporal normal a falta de una reciente ingesta de alimentos, actividad física y estrés fisiológico (27).

La medición del GEB requiere que la persona se encuentre en un estado de reposo con completa tranquilidad mental y emocional, es por eso, que el GEB raramente se mide y este término se intercambia por GER, el cual es ligeramente mayor comparado con la TMB (aproximadamente un 3%) como resultado de estar despierto (28).

El GER es el mayor componente del GET (60-80% del GET) (7), y se refiere a la energía gastada por un individuo en estado de ayuno, en condiciones de reposo y en un ambiente termo estable. Para estimar los requerimientos energéticos, el GER frecuentemente se mide por métodos calorimétricos o se evalúa por ecuaciones de estimación, a las cuales después se agregan factores que estiman el nivel de actividad física (24).

3.3 Factores que influyen en el gasto energético en reposo

El GER es altamente variable entre individuos ($\pm 25\%$, incluso cuando se relaciona a la Masa Libre de Grasa (MLG)) y es consistente dentro de individuos ($\pm 5\%$). (28) La MLG, peso, talla, sexo y edad se han considerado como factores que afectan el GER.

3.3.1 Masa Libre de Grasa

La masa libre de grasa, ha sido considerada como un tejido metabólicamente activo y es el principal determinante del GER (31). Por lo tanto, la variación del GER entre personas, puede deberse principalmente a la MLG. Existen diferentes métodos para medir la MLG, incluyendo el peso bajo el agua, midiendo el agua corporal total usando isótopos estables de deuterio u Oxígeno 18, y absorciometría doble de rayos X (DXA). El DXA es una técnica que estima

exactamente la MLG, masa grasa, y masa mineral ósea (29). Sin embargo, debido a los altos costos de obtención y mantenimiento del equipo, los peligros de la radiación emitida tanto para el paciente como para el técnico que manejan el DXA, y a la poca practicidad para utilizarlo, se han optado por utilizar otras técnicas como la antropometría y la bioimpedancia para estimar la MLG.

En numerosos estudios se ha encontrado una fuerte asociación entre la MLG y el GER. Varios estudios han confirmado que la masa corporal metabólicamente activa o MLG es el mejor predictor del gasto energético en reposo (30) (31) (32). En el estudio de Mifflin et al, reportaron que la MLG muestra la correlación más alta con el GER ($r=0.80$) comparando con otras variables antropométricas, tanto en hombres como mujeres (33).

3.3.2 Talla.

Las personas de talla alta tienen mayores requerimientos de energía que la gente de talla baja, porque entre más tejido corporal, existe una mayor actividad metabólica (24). Varios estudios han comprobado que la talla es una de las variables antropométricas que mayormente explica el GER (32) (33).

3.3.4. Peso.

El peso corporal tiene una relación lineal al GET, a mayor masa corporal se incrementa el GET (35), independientemente si se toma en cuenta la composición de la misma, MLG y masa magra (MM). Numerosos estudios han probado la relación o explicación de algunas variables antropométricas, en las cuales, el peso corporal resulta ser una de las variables más factibles de obtener y que tiene mayor relación con el GER comparando con otras variables antropométricas (33) (35) (36).

Durante el desarrollo de la primera ecuación para estimar el GER (trabajos hechos por Harris y Benedict), se encontró que el peso corporal es una de las principales variables antropométricas asociadas directamente al GER (32).

3.3.3 Sexo.

El sexo es otro factor que afecta el GER, los valores de GER son más bajos en mujeres que en hombres (37), incluso después de ajustar por las diferencias en la composición corporal. Se ha visto que las mujeres tienen una tasa metabólica de 5-10% más baja que los hombres, aun siendo de la misma talla y del mismo peso corporal (38).

Harris y Benedict encontraron que las mujeres tienen en promedio una disminución del gasto energético de 300 kcal en comparación con los hombres. (32) Hasson et al encontraron que las mujeres presentan un GER menor en comparación que los hombres, cuando el GER es calculado por ecuaciones de estimación (39).

3.3.4 Edad.

Se ha documentado que existe también una relación entre la edad y la tasa de gasto energético (39). Aproximadamente a partir de los 40 años en hombres y en mujeres, se presenta una disminución que puede deberse a la reducción en la cantidad de actividad física y de la MM, incluyendo también cambios en el tamaño de órganos y tejidos (40). Se estima que conforme avanza la edad, se produce una disminución progresiva del GER en aproximadamente 1-2% por década después de los 20 años, aunque aún existe el debate sobre si esta disminución del GER con la edad mayormente se explica por los cambios de la composición corporal que ocurren en paralelo. Existen estudios que muestran una disminución del GER que es directamente proporcional al aumento de la edad incluso cuando estos cambios se ajustan por la composición corporal (41).

Por otra parte, el exceso de masa corporal tiene considerables efectos sobre la disminución del GER asociados con la edad. Siervo et al (42) encontraron que los sujetos obesos tienen significativamente mayor GER, pero a medida que

avanzan de edad, la disminución del GER es de alrededor de 1.5 veces más grande que la que experimentan los sujetos con peso normal de la misma edad.

3.3.5 Raza/ Etnicidad.

Se ha demostrado que la etnicidad afecta de manera importante en la variación del GER. En un estudio, se encontró que los niños caucásicos tienen un mayor GET y un mayor GER comparado con los niños afroamericanos incluso después de considerar las diferencias en la composición corporal (38).

En un estudio de revisión sistemática, se reportó que en 10 de 15 estudios las mujeres afroamericanas tienen un GER más bajo (ajustado por MLG) que las mujeres caucásicas, con diferencias de hasta 15% (274 kcal/día) (10).

La diferencia en el gasto energético debido a la etnicidad, de algún modo se explica por cambios en la composición corporal, como ya se ha observado, la composición corporal tiene una importante participación en la determinación del GER, ya que en estudios epidemiológicos se han descrito variaciones en la composición corporal de acuerdo a grupos étnicos. Las mujeres de origen Afroamericano tienen 5% menos área de tejido adiposo visceral y 4-6% más tejido adiposo subcutáneo comparado con mujeres caucásicas, pero esta diferencia se mantiene constante incluso después de la pérdida de peso en ambos grupos (43). Hasson et al encontraron variaciones significativas en el GER entre varios grupos étnicos, por ejemplo, el gasto energético de sujetos asiáticos es significativamente más bajo que el de sujetos de caucásicos (39).

4. MEDICIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO

4.1 Técnicas para calcular el gasto energético

Dentro de los métodos más utilizados para medir el gasto energético están, la calorimetría directa y la CI, siendo la calorimetría directa la primer técnica desarrollada por Lavoisier en 1793. Después se introdujeron procedimientos químicos indirectos por Renault y Reiset en 1849, usados ampliamente porque tales mediciones resultaron más factibles económicamente y más convenientes (44).

El desarrollo del conocimiento de las variantes y composición del gasto energético se ha estudiado desde tiempos muy remotos, ya que desde la época de los griegos se hacían las primeras preguntas acerca de la relación entre la respiración y la temperatura corporal. Josep Black descubrió el dióxido de carbono (CO_2) en 1754, y él creía que este era un componente de la respiración y que al ser exhalado se producía en el cuerpo (45). Joseph Priestley aisló el oxígeno del aire en 1774 y fue entonces que Antonio Lavoisier analizando los trabajos de Black, Priestley y otros contribuyentes a este campo científico descubrió que el aire exhalado era diferente al aire de la atmosfera, no sólo porque este contenía (CO_2), sino además, porque carecía de oxígeno. El definió al calor que se producía durante este fenómeno, como una sustancia calórica, de la cual se derivó el término “calorimetría” en 1789 (46).

La primera medición metabólica en humanos se llevó a cabo por técnicas de CI. La medición se hizo bajo condiciones cerradas, en reposo, en ambiente frío y caliente, después de comer y durante la realización de algún trabajo. A lo largo de los años la técnica de CI ha evolucionado de acuerdo a los descubrimientos que se han desarrollado en cuanto al metabolismo y al gasto energético, por lo que la CI es hoy en día considerada como el estándar de oro para la medición del gasto energético en reposo.

4.1.1 Calorimetría directa.

La calorimetría directa mide la cantidad de calor producida por procesos metabólicos que permite cuantificar el gasto energético total (GET). Mide directamente la producción de calor por vía térmica en un cuarto cerrado. Este método es muy exacto pero muy costoso, no es accesible y se necesitan expertos técnicos para manejarlo. Es por esto, que este método es muy difícil de utilizar (47).

El calor generado durante la combustión de un nutrimento (glucosa o lípidos) en una bomba calorimétrica es igual al calor (o calorías) generadas cuando el nutrimento es oxidado a CO₂ y H₂O en una manera más controlada dentro del cuerpo. Este proceso es diferente para el metabolismo de las proteínas, sin embargo, ya que los productos del metabolismo de proteínas en el cuerpo (urea, ácido úrico, y creatinina) aún contienen energía dentro de sus enlaces químicos. Existen varias desventajas prácticas y teóricas en el uso de calorimetría directa (48).

1. El equipo es incómodo y el sujeto debe permanecer confinado físicamente por largos periodos de tiempo.
2. Sólo mide la pérdida de calor por conducción, convección y radiación, no detecta el calor gastado para convertir el agua de la transpiración en su fase gaseosa (pérdida de calor por evaporación).
3. Se debe tener en cuenta el calor que se almacena en el cuerpo se refleja por un cambio en la temperatura corporal durante el curso del estudio.
4. La calorimetría directa no mide la energía gastada durante la realización de trabajos externos.
5. No da ninguna información acerca del sustrato que se oxida para la generación de energía (48).

4.1.2 Calorimetría Indirecta.

La energía corporal se deriva de la energía química liberada de la oxidación de los sustratos de los alimentos. Los nutrimentos compuestos de carbono son

convertidos en dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O) y calor en la presencia de oxígeno (O₂). Específicamente, la CI mide el GER a través de la cantidad de (O₂) consumido y de (CO₂) producido por el cuerpo (27).



El volumen de O₂ utilizado en la respiración puede ser medido (VO₂), así como, la cantidad de CO₂ producido por las células (VCO₂). El cálculo de VO₂ y de VCO₂ puede hacerse por una técnica de termorregulación y parámetros hemodinámicos (por ejemplo, la ecuación de Fick) o midiendo el intercambio de gas pulmonar, el cual es el principio de la CI. El término “indirecto” se refiere al hecho de que la producción de energía (calor) se determina por la medición del consumo de O₂ y producción de CO₂ más que por la medición de la transferencia de calor directamente (27).

El promedio del gasto energético diario en Kilocalorías (Kcal) es usualmente calculado utilizando la ecuación modificada de Weir, sustituyendo en ella los valores medidos de VO₂ y VCO₂ (51), tomando en cuenta que un litro de O₂ consumido genera 3.9 kcal y 1 litro de CO₂ producido genera 1.1 kcal (50).

Ecuación de Weir:

Gasto energético (Kcal/día) = [(VO₂ X 3.941) + (VCO₂ X 1.11) + (uN₂ x 2.17)] X 1440 (27).

El nitrógeno urinario (uN₂) regularmente se excluye cuando se calcula el gasto energético debido a que sólo representa 4% del verdadero gasto energético en los pacientes críticos enfermos (51), y además representa un pequeño error de 1-2 % en el cálculo del gasto energético final en pacientes tanto hospitalizados como en no hospitalizados (28). Además de que las muestras de orina no representan siempre exactamente la producción total de nitrógeno en un paciente, teniendo un error intrínseco y se presentan muchas dificultades asociadas a la recolección de orina de 24 horas. Debido a esto, se utiliza la ecuación abreviada:

Ecuación de Weir:

$$\text{Gasto energético (Kcal/día)} = [(\text{VO}_2 \times 3.941) + (\text{VCO}_2 \times 1.11)] \times 1440 \quad (49).$$

Otra de las mediciones que se realizan con la CI es la medición del cociente respiratorio (CR) que representa la utilización de sustratos.

4.2 Cociente respiratorio

Representa la tasa de utilización de sustrato a partir de tres variables primarias (consumo de oxígeno VO_2 , producción de dióxido de carbono CO_2 y excreción de nitrógeno ureico). Este cálculo asume que todos los sustratos de origen exógeno y endógeno son completamente oxidados a CO_2 y H_2O así como también que el principal producto final del nitrógeno es la urea (48).

El cociente respiratorio (CR) se define como la razón entre el consumo de oxígeno (VO_2) y liberación de dióxido de carbono (VCO_2); por lo tanto el cociente es VO_2/VCO_2 , y refleja el tipo de sustrato utilizado (Tabla 2). El CR fisiológico humano está en el rango de 0.67 a 1.2 (28).

Tabla 2. Comparación del consumo de O_2 y liberación de CO_2 , CR y calor generado en la oxidación de los tres principales sustratos biológicos.

Sustrato	Consumo de O_2	Producción de CO_2	CR	Calor producido por gramo oxidado (Kcal)
Glucosa	0.746	0.746	1.00	3.75
Lípidos	2.029	1.430	0.69	9.30
Proteínas	0.966	0.782	0.81	4.30

Se debe tener mucho cuidado a la hora de interpretar el CR, existen muchas causas metabólicas por las cuales el CR sea menor a 0.71, incluyendo la oxidación de etanol y cetonas, lipólisis y la falta de alimento, la diabetes mellitus, cetoacidosis o altas tasas de excreción urinaria de glucosa. Las causas metabólicas por las que el CR sea mayor a 1 y que incluyen un exceso de

producción de CO₂ son, la presencia de iones reguladores de hidrógeno por bicarbonato que generan CO₂, la lipogénesis y la sobrealimentación.

Existen valores normales esperados del CR, por ejemplo inmediatamente después de la comida se espera un CR de 1.00, mientras que durante los periodos de ayuno de 0.83 y 0.71 en pacientes con DM2 (50).

4.3 Limitaciones de la CI

A pesar de que la CI se considera el mejor método para la medición del GER (8), existen varios errores inherentes a la técnica, tales como: a) el modelo de cálculo y suposiciones, b) factores usados en la calorimetría, c) factores técnicos del personal, y d) factores del paciente (51).

Además de que el equipo de CI es costoso y de difícil acceso para los centros de salud, se requiere personal capacitado para el manejo del mismo. Como alternativa, cuando el uso de CI no es factible, se han desarrollado numerosas ecuaciones de estimación del GER que con la sustitución de simples variables antropométricas pueden dar una estimación cercana a la medición de GER por CI.

5. ECUACIONES DE PREDICCIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO

Las ecuaciones de estimación se derivan de acuerdo a las características específicas de cada población. Debido a la factibilidad en la práctica clínica, son ampliamente utilizadas. Sin embargo, pueden surgir errores de estimación cuando una ecuación es aplicada a un individuo que no comparte las características de la población para la cual fue diseñada (edad, sexo, composición corporal y raza/etnicidad) (10).

Las preocupaciones acerca de la estimación de los requerimientos energéticos en sujetos obesos aumentan debido a que una estimación inexacta puede subestimar dichos requerimientos, lo que ocasiona el cálculo de baja energía, que se refleja en un plan de alimentación difícil de mantener. A su vez, esto puede conducir a una pérdida de peso demasiado rápida provocando una depresión del tejido magro. Por el contrario también se corre el riesgo de una sobreestimación, en la cual, en lugar de perder peso, el individuo puede llegar a ganar peso (6).

Los factores que se deben de tomar en cuenta antes de la utilización de una fórmula de estimación son (27):

- El tipo de pacientes para la que fue creada
- Número de sujetos incluidos en el estudio
- Métodos usados para la medición del metabolismo energético
- Análisis estadístico
- Validez y confiabilidad

La mayor parte de las ecuaciones desarrolladas, se han basado en los factores que impactan en la variación del GER anteriormente mencionados. Hasta ahora, existen numerosas ecuaciones de estimación, las cuales se han diseñado bajo diferentes condiciones fisiológicas. Algunas de las ecuaciones más utilizadas en la práctica clínica son: Harris-Benedict (32), Mifflin-St Jeor (33), Owen (35) (36), World Health Organization/Food and Agriculture Organization/United Nations University (WHO/FAO/UNU) (52), Carrasco (53) y Valencia (54).

5.1 Harris-Benedict.

Fue desarrollada en 1919 en Boston EEUU, se considera la ecuación más antigua y ha sido una de las más populares y utilizadas en la clínica. Harris y Benedict fueron los primeros en introducir los principios biométricos en su análisis así como también en cuidar que los sujetos estuvieran en estrictas condiciones experimentales antes de las mediciones (55).

Esta ecuación se desarrolló con personas caucásicas que en su mayoría tenían normopeso, la población consistió en 136 hombres (incluidos 16 atletas) de entre 16 y 63 años y 103 mujeres de entre 15 y 74 años. Las mediciones se tomaron bajo condiciones de reposo. Tiene más de 25 publicaciones de validación donde la sobreestimación es más frecuente que la subestimación (32).

En estos trabajos se encontró una correlación sustancial entre la estatura y el calor producido así como también el peso corporal ($r=0.80$ en hombres y $r=0.60$ en mujeres) (32). Las ecuaciones divididas por sexo son las siguientes:

GER hombres = $66.4730 + 13.7516 * \text{peso (kg)} + 5.0033 * \text{talla (cm)} - 6.7550 * \text{edad (años)}$

GER mujeres = $655.0955 + 9.5634 * \text{peso (kg)} + 1.8496 * \text{talla (cm)} - 4.6756 * \text{edad (años)}$

Se ha demostrado que estas ecuaciones sobreestiman el valor del GER alrededor de 10-15%, principalmente en mujeres jóvenes (55).

5.2 Ecuación Mifflin- StJeor

Esta ecuación fue creada en 1988, para su elaboración se contó con 498 personas (247 mujeres y 251 hombres) con normopeso, sobrepeso, y abarcando personas con obesidad mórbida, de edades entre los 19 y 78 años, tiene 10 publicaciones de validación en las cuales su error máximo de subestimación fue del 18% y el máximo error de sobreestimación fue del 15% del GER. Para el desarrollo de esta ecuación, se midió el GER por CI. La MLG fue la variable que mejor explicó el GER, seguidas de peso y la talla (33).

Las ecuaciones diseñadas están divididas por sexo, como se muestran a continuación:

GER hombres= $10 \times \text{peso (kg)} + 6.25 \times \text{altura (cm)} - 5 \times \text{edad (años)} + 5$

GER mujeres= $10 \times \text{peso (kg)} + 6.25 \times \text{altura (cm)} - 5 \times \text{edad (años)} - 161$

5.3 Ecuación de Owen

Esta ecuación se realizó en 1986 en EEUU, fue desarrollada en dos trabajos divididos por sexo, el primer trabajo fue el desarrollo de la nueva ecuación de estimación del GER en mujeres evaluando a 44 mujeres (8 atletas) entre 18 y 65 años, una tenía bajo peso, 23 con peso normal, 4 con sobrepeso, 10 mujeres tenían obesidad y 6 tenían obesidad mórbida. El rango de edad fue de 18 a 65 años, peso de 43 a 143 kg y talla de 150 a 180 cm (35).

El segundo estudio, se realizó en hombres, en este estudio, la nueva ecuación desarrollada tomó en cuenta 60 hombres (caucásicos, raza negra y orientales, de amplio rango social, económico y educativo) entre 18 y 82 años, y un peso de 59.8 a 171.4 kg. 24 de ellos tenían peso normal, 20 con sobrepeso, 11 sujetos con obesidad y 5 sujetos con obesidad mórbida, los individuos eran de raza blanca, negra y asiáticos (36).

Ecuaciones de Owen:

GER hombres= $897 + (10.2 \times \text{peso (kg)})$

GER mujeres= $759 + (7.18 \times \text{peso (kg)})$

5.4 Ecuación de WHO/FAO/UNU

La ecuación se deriva de un reporte hecho en conjunto por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización de Alimentos y Agricultura de las Naciones Unidas (FAO) y la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) en 1985, Se compiló un conjunto de mediciones, tomadas de publicaciones existentes y posteriormente OMS/FAO/UNU solicitaron los datos de Schofield et al para hacer

más amplio su análisis y producir una serie de ecuaciones predictivas para ambos sexos con amplios rangos de edad, los datos de Schofield et al comprenden alrededor de unas 11000 mediciones del GER, la mayoría obtenidos de sujetos europeos y del norte de América, a quienes se consideró sanos, comprende sujetos de diferentes estaturas y de diferente peso por talla, así como individuos que estaban dentro del margen indicado de peso por talla “aceptable”. Como la tasa metabólica basal depende de la edad y el sexo, se dividió los adultos en tres grupos de edad: 18-30, 30-60 y 60 y más (56).

Sin embargo, en 2001 se realizó un reporte final acerca de los requerimientos energéticos de la población, se generó una reevaluación donde se tomaron datos de poblaciones de diferentes partes del mundo, para así poder reducir el error de estimación que se tenía en las fórmulas originales (en su mayoría sobreestimaba), sin embargo, debido a no tener datos contundentes para hacer las modificaciones se consideró pertinente dejar las ecuaciones originales (52), las cuales son presentadas en la tabla 3.

Tabla 3. Ecuaciones de WHO/FAO/UNU para la estimación del GER

EDAD	Kcal/día Varones	Kcal/día Mujeres.
0-3 años	$(60.9 * \text{peso Kg}) - 54$	$(61.0 * \text{peso Kg}) - 51$
4-10 años	$(22.7 * \text{peso Kg}) + 495$	$(22.5 * \text{peso Kg}) + 499$
11-18 años	$(17.5 * \text{peso Kg}) + 651$	$(12.2 * \text{peso Kg}) + 746$
19-30 años	$(15.3 * \text{peso Kg}) + 679$	$(14.7 * \text{peso Kg}) + 496$
31-60 años	$(11.6 * \text{peso Kg}) + 879$	$(8.7 * \text{peso Kg}) + 829$
> 60 años	$(13.5 * \text{peso Kg}) + 487$	$(10.5 * \text{peso Kg}) + 596$

En los asiáticos se encontró que estas ecuaciones sobreestimaban el valor del GER de un 10-11%, también se observó que el GER era diferente en las personas que vivían en los trópicos. Una de las características de la base de datos de Scholfield era que los hombres de entre 10 y 60 años, alrededor de

3000 datos (50%), provenían de sujetos italianos, los cuales, tiene un mayor GER por kilogramo que cualquier otro grupo caucásico (55).

5.5 Ecuación de estimación rápida (Carrasco)

Se desarrolló a partir de una población chilena, se estudiaron a 816 mujeres y 441 hombres entre 18 y 74 años de edad, y con un rango de IMC de 18.5 a 69.7 kg/m². La ecuación desarrollada es un método simple para estimar el gasto energético en reposo, en el cual se multiplica el peso real por un factor que es dependiente del sexo del individuo (53).

GER Mujeres: 16.2 Kcal * Peso Kg

GER Hombres: 17 kcal * Peso kg

5.6 Ecuación de Valencia

Se realizó basada en un estudio de 32 sujetos mexicanos indígenas de 18-40 años de edad, de diversos estratos sociales en el norte de México (54) (todos los sujetos eran sanos). Las ecuaciones son específicas para el sexo y edad y son presentadas en la tabla 4.

Tabla 4. Ecuación de Valencia para estimación del GER (57)

Edad en años	GER kcal/día
<i>Hombres</i>	
18-30	13.37 * Peso kg+747
30-60	13.08 * Peso kg+693
≥ 60	14.21 * Peso kg+429
<i>Mujeres</i>	
18-30	11.02 * Peso kg +679
30-60	10.92 * Peso kg +677
≥ 60	10.98 * Peso kg +520

6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema de la obesidad en México, y sus complicaciones plantea un reto importante para su inmediato manejo y control, de esta manera, el tratamiento nutricional basado en el conocimiento de las necesidades energéticas de cada individuo, se convierte en una de las principales estrategias a tomar en cuenta. La estimación exacta del GER se realiza con la CI, sin embargo, el uso de este equipo resulta de alto costo, y la factibilidad de contar con un calorímetro indirecto no es posible en todos los centros asistenciales. Debido a esto, los profesionales de la salud deben optar por utilizar estrategias más factibles en la práctica clínica, ejemplo de ello son las fórmulas de estimación del GER, estas fórmulas fueron diseñadas en individuos que han cambiado de estilo de vida, como es; aumento en el sedentarismo y una mayor disponibilidad de alimentos ricos en energía, nos hace entender que los individuos de ahora son muy diferentes a la población estudiada en la que se diseñaron varias de las fórmulas antes mencionadas. (7) Es importante también tomar en cuenta que las características físicas y metabólicas difieren de una población a otra, y que la exactitud de las fórmulas de estimación decae significativamente cuando son utilizadas de una población con IMC normal a personas con sobrepeso y obesidad (10).

La importancia de una correcta estimación del GER en población con sobrepeso y obesidad se puede escenificar en este ejemplo; si existe una sobreestimación de tan sólo 72 Kcal/día podría llevar a un sobreconsumo semanal de energía de 504 Kcal. En una intervención dietética de 16 semanas, esos sujetos estarían consumiendo aproximadamente 8064 Kcal y ganando aproximadamente 1.13 Kg. Previos estudios han demostrado que tan poco como 100 Kcal/día podrían hacer una mayor diferencia en ganancia o pérdida de peso (39).

7. JUSTIFICACIÓN

EL problema de sobrepeso y obesidad en México, así como sus complicaciones, plantea un reto importante para su inmediato manejo y control.

Esto demanda la atención de todos los profesionales de la salud, pero principalmente un llamado para los profesionales en nutrición, quienes para lograr una efectiva intervención, deben contar con los conocimientos y herramientas necesarias. En este escenario, la pérdida de peso se convierte una de las principales estrategias a tomar en cuenta, donde el conocimiento de las necesidades energéticas es el primer paso para una correcta intervención.

Determinar las necesidades energéticas de cada individuo es imprescindible para el desarrollo de un plan de alimentación adecuado. Por lo cual, el desarrollo de una nueva fórmula de estimación para el GER en la población mexicana con sobrepeso y obesidad podrá ser una herramienta válida y confiable para los profesionales de la salud cuando no se cuanta con un equipo de CI.

8. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.

¿Cuál es la correlación de una nueva fórmula de estimación del GER diseñada para población mexicana con sobrepeso y obesidad, comparada con la CI?

9. HIPÓTESIS

Una nueva fórmula para calcular gasto energético en reposo tendrá una correlación muy buena (mayor de 0.8) en comparación con otras fórmulas de uso clínico, utilizando como estándar de oro la CI.

10.OBJETIVOS

Objetivo general.

Diseñar y validar una fórmula de estimación del gasto energético en reposo en sujetos mexicanos con sobrepeso y obesidad a partir de variables predictivas antropométricas de simple obtención.

Objetivos específicos:

- 1.- Describir las características clínicas y demográficas de los participantes.
- 2.- Determinar e identificar las variables antropométricas con mayor correlación al gasto energético.
- 3.- Diseñar una nueva fórmula de estimación con las variables que hayan tenido una mejor correlación, y que mejor expliquen el GER
- 4.- Comparar la nueva fórmula de estimación con la CI e indicar su correlación y variación.
- 5.- Comparar la nueva fórmula diseñada, con las fórmulas de estimación más utilizadas en la práctica clínica.
- 6.- Validar la nueva fórmula diseñada

Objetivo secundario:

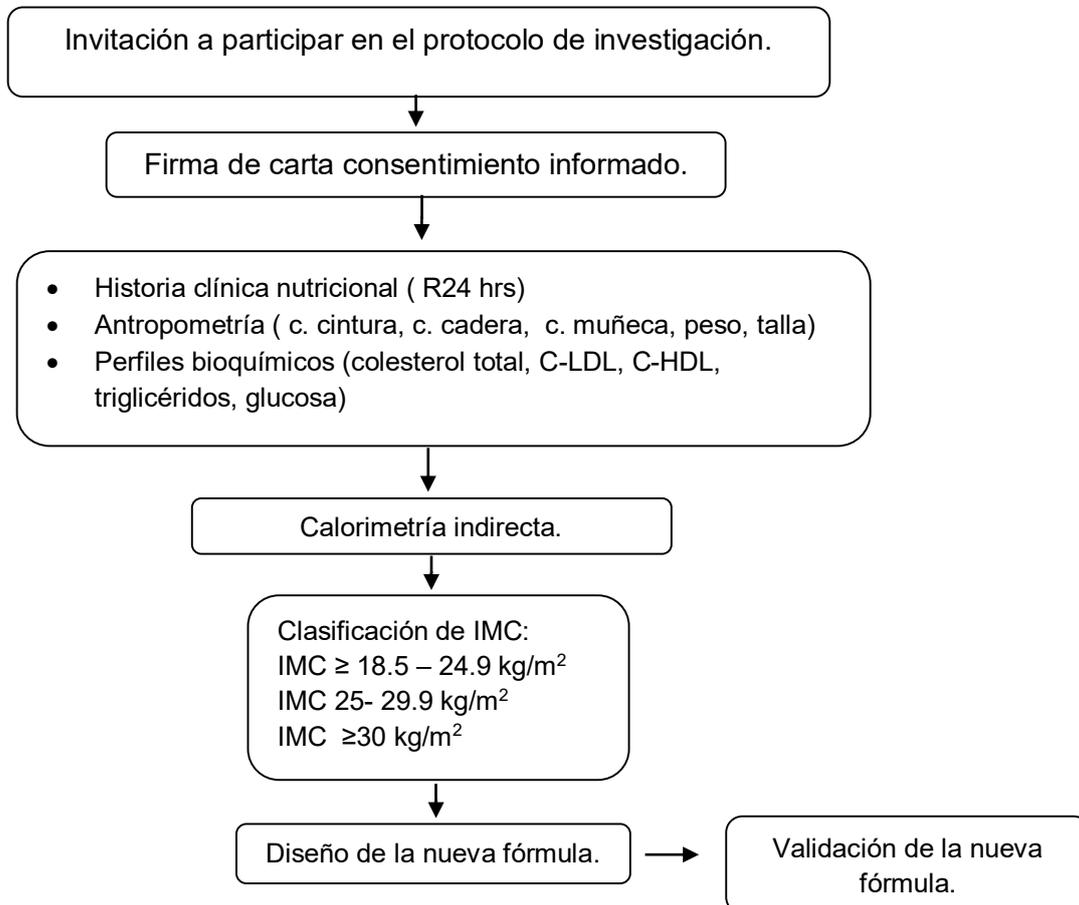
Analizar concentraciones de Nitrógeno ureico en orina de 24 horas para comparar los cambios en el GER por la fórmula de Weir cuando se utiliza éste factor

Analizar las concentraciones bioquímicas de Colesterol total, C-LDL, C-HDL, glucosa y triglicéridos, para describir a la población de estudio.

11. MATERIAL Y MÉTODOS

11.1 Diseño de estudio.

Estudio transversal, observacional



11.2 Lugar y tiempo

El presente estudio se llevó a cabo en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Salvador Zubirán” (INCMNSZ) de enero del 2015 a marzo del 2016.

11.3 Criterios de Inclusión

- a) Masculino y femenino.
- b) Adultos entre 20 y 60 años.
- c) IMC \geq 18.5 kg/m².
- d) Mexicanos mestizos: padres y abuelos nacidos en México.
- e) Saber leer y escribir.
- f) Firma del consentimiento informado.

11.4 Criterios de Exclusión

- a) Sujetos con cualquier tipo de diabetes.
- b) Tener algún tipo de enfermedad adquirida que produzca secundariamente obesidad y diabetes.
- c) Deportistas de alto rendimiento.
- d) Haber sufrido algún evento cardiovascular.
- e) Pérdida de peso > 3 kg en los últimos 3 meses.
- f) Enfermedades catabólicas como el cáncer y el síndrome de inmunodeficiencia adquirida.
- g) Estado de gravidez.
- h) Periodo de lactancia.
- i) Tabaquismo positivo.
- j) Tratamiento con medicamentos:
 - ✓ Tratamiento con fármacos anti hipertensivos (diuréticos tiacídicos, de asa o ahorradores de potasio, IECA, bloqueadores de los receptores de la angiotensina II, alfa bloqueadores, calcio antagonistas, beta bloqueadores).
 - ✓ Tratamiento con hipoglucemiantes (sulfonilureas, metilglinidas, biguanidas, incretinas) o insulina y antidiabéticos.
 - ✓ Tratamiento con estatinas, fibratos u otros fármacos para control de la dislipidemia.
 - ✓ Uso de medicamentos esteroides, quimioterapia, inmunosupresores o radioterapia.
 - ✓ Anorexígenos o que aceleren la pérdida de peso.
- k) Sujetos con riesgo cardiovascular intermedio o alto.

11.5 Criterios de eliminación

- a) Sujetos en quienes se interrumpa por alguna causa la realización de la CI serán descartados o aquellos que durante la medición del GER presenten un cociente de variación \geq al 10%.

11.6 Descripción de la maniobra.

Se invitaron a participar en el proyecto hombres y mujeres de 20 a 60 años de edad que vivían en la ciudad de México, zona metropolitana o estados vecinos a la ciudad de México. Se invitó a participar a los sujetos por volanteo en las calles de la ciudad y difundido además la información en medios de comunicación (radio) y redes sociales (Facebook y Twitter). Todos los sujetos que acudieron al instituto fueron previamente seleccionados si cumplían con los criterios de inclusión. El proyecto fue aprobado por el comité de ética del INNCOMSZ (REF 1456).

Todas las mediciones fueron realizadas de 7:00 am a 9:00 am, se pidió a los sujetos llegar en ayuno de 8-12 hrs, sin haber realizado algún tipo de actividad física extenuante 24 hrs antes y haberse abstenido de consumir alcohol, nicotina o algún tipo de bebida energizante.

Este estudio fue llevado a cabo en dos fases; *diseño y validación*. En total fueron incluidos 510 sujetos, 100 de ellos con IMC normal ($22.3 \text{ kg/m}^2 \pm 1.85$) y 410 sujetos con sobrepeso y obesidad, los cuales fueron divididos aleatoriamente en dos grupos: grupo de diseño, $n= 200$ ($31.6 \text{ kg/m}^2 \pm 5.35$) y grupo de validación $n=210$ (31.9 ± 4.17).

Antes de realizar el diseño de la nueva ecuación de estimación, se comparó el GER entre sujetos con un IMC normal ($18.5 \text{ kg/m}^2 \leq \text{IMC} \leq 24.9 \text{ kg/m}^2$) y los sujetos del grupo de diseño ($\text{IMC} \geq 25 \text{ kg/m}^2$), en la segunda fase, fue aplicada la nueva ecuación diseñada en el otro grupo de sujetos con sobrepeso y obesidad (validación).

11.7 Descripción del diseño.

Una vez que los sujetos (cumpliendo con los criterios de inclusión) acudieron al INCMNSZ, se les dio a leer una carta de consentimiento informado, posteriormente se aclararon las dudas referentes al proyecto y después de haber firmado la carta de consentimiento se comenzó con la intervención, la cual consistió en lo siguiente:

- a) Historia clínica nutricional (Anexo 1)
- b) Mediciones antropométricas (peso, talla, circunferencia de cintura, circunferencia de cadera, circunferencia de muñeca) y determinación de composición corporal por análisis de bioimpedancia.
- c) Toma de muestra de sangre para análisis de Perfiles bioquímicos (colesterol total, C-LDL, C-HDL, triglicéridos, glucosa)
- d) Medición del GER por CI.

11.8 Técnicas y aparatos utilizados en las mediciones de las variables.

1.- Historia clínica nutricional.- Se preguntó a los sujetos sobre sus antecedentes heredo-familiares, historia y evolución de su sobrepeso u obesidad, antecedentes patológicos y gineco-obstétricos (en el caso de mujeres).

2.- Toma de medidas antropométricas

- a) Determinación de composición corporal (masa grasa y masa libre de grasa) y peso corporal.**

Estas mediciones se realizaron después de que el sujeto había evacuado, tanto el peso y composición corporal (masa grasa, masa libre de grasa y masa

muscular) fueron determinados con un equipo analizador de impedancia bioeléctrica de multi frecuencias Inbody 720, se pidió a los sujetos estar descalzos y usar ropa ligera, sin accesorios o artículos que pudieran alterar la medición del peso corporal o interactuar con el análisis de bioimpedancia, los sujetos fueron posicionados en bipedestación durante la medición.

b) Talla:

Se utilizó un estadímetro automático portable The biospace BSM370, con un rango de error $\pm 1\text{mm}$, los sujetos fueron posicionados en plano de Frankford para tomar la medición.

c) Circunferencias:

Las mediciones de circunferencias fueron tomadas con una cinta métrica flexible calibrada en centímetros con gradaciones en milímetros marca SECA.

Circunferencia de cintura: Esta medición se realizó localizando el nivel del punto medio entre el último arco costal (costilla) y la cresta ilíaca, con el abdomen descubierto, la medición se realizó al final de una respiración normal, el sujeto estaba de pie con los brazos cruzados sobre los hombros (58).

Circunferencia de cadera. Esta medición fue tomada localizando el nivel del máximo relieve de los músculos glúteos, en la misma posición que la circunferencia de cintura fue tomada y sin contraer los glúteos (58).

Circunferencia de muñeca: El perímetro de la muñeca derecha, se tomó distalmente al proceso estiloideo, en un nivel perpendicular al eje longitudinal del brazo. Con el individuo manteniendo la mano en supinación y la muñeca en posición neutral.

3.- Determinación de GER

El gasto energético en reposo fue medio por CI utilizando el equipo Quark PFT, Cosmed, Roma, Italia. Las mediciones se realizaron por la mañana 7:00 am – 9:00 am con un ayuno de 8-12 horas, se les pidió a los sujetos acudir a la unidad metabólica sin haber realizado actividad física vigorosa un día previo a la

medición, se les pidió también abstenerse un día anterior de consumir café, nicotina o bebidas energizantes. Una vez que el sujeto se encontraba en la unidad metabólica, se pidió permanecer 20 min en reposo antes de comenzar con la medición. Las mediciones se efectuaron por un lapso de 20 minutos mientras el sujeto permanecía en posición supina relajada, en un ambiente termo estable (20 a 25° C) silencioso y tranquilo, para la se utilizó una mascarilla conectada a una turbina por medio de la cual, se midió el consumo de oxígeno (VO₂) y la producción de dióxido de carbono (VCO₂) que cubría boca y nariz. Antes de cada medición, el equipo fue calibrado con una mezcla de gases de 5% CO₂, 16% O₂, 79%N₂

Se descartaron los primeros 5 minutos de la medición o aquellos que tuvieran un cociente de variación \geq al 10%. El GER fue determinado de acuerdo a la ecuación de Weir sin utilizar los niveles de Nitrógeno ureico: REE (kcal/min) = 3.9 [VO₂ (l/min)] + 1.1 [VCO₂ (l/min)] × 1.440min (49).

Estimación del GER.

Fue estimado también el GER por las ecuaciones de Harris-Benedict, Mifflin, Owen, FAO/OMS, Valencia y Carrasco sustituyendo cada fórmula con las variables necesarias.

Determinaciones bioquímicas:

Las muestras fueron tomadas por la mañana en un ayuno de 8-12 horas, se aplicó un torniquete 10 a 15 cm por encima de la vía ya conectada por menos de 1 minuto, posteriormente de que las muestras fueron centrifugadas y separadas se mantuvieron a una temperatura de -80 °C hasta su análisis. Se analizaron las concentraciones de colesterol Total, colesterol HDL, Triglicéridos y glucosa por medio de un análisis colorimétrico enzimático utilizando un espectrofotómetro C111 Analizador compacto para química clínica llamado COBAS, las concentraciones de colesterol LDL fueron estimadas utilizando la ecuación de Friedewald (59).

Medición de parámetros clínicos.

La presión arterial se midió con un baumanómetro digital marca Omron, HEM-781INT; estando la persona sentada, en el brazo derecho, la medición fue llevada a cabo durante 3 veces en intervalos de 3 minutos. La primera medida se ignoró y de las últimas 2 medidas se promediaron para determinar la presión sistólica y diastólica.

11.9 Definición conceptual y operacionalización de las variables

VARIABLES INDEPENDIENTES				
Variabl e	Definición conceptual.	Definición operacional.	Tipo de variable	Categorí as en las que varía.
Peso	Masa o cantidad de pesadez de un individuo, se expresa en unidades de libras o kilogramos.	Se pesa a los pacientes por las mañanas sin calzado, con ropa ligera, en ayuno y después de haber ido al baño. Medida en kilogramos mediante un analizador de bioimpedancia Inbody 720	Cuantitati va continua.	Kilogram os
Estatura	La distancia desde la planta del pie hasta la coronilla de la cabeza con el	El paciente se para junto al estadímetro, sin calzado, de	Cuantitati va continua.	Metros.

	cuerpo de pie sobre una superficie plana y completamente extendida.	manera erguida con los talones un poco juntos y las puntas ligeramente separadas, en ángulo de Frankfort.		
Edad	Tiempo transcurrido desde el nacimiento.	Calculando el tiempo transcurrido desde su nacimiento hasta el inicio del estudio	Cuantitativa continua.	Años.
Sexo.	Total de características de estructura reproductiva, funciones, fenotipo y genotipo que diferencian el organismo de los hombres al de mujeres.	Aspecto externo del paciente evaluado y confirmado por evaluación física.	Cualitativa dicotómica	Masculino o Femenino.
IMC	Indicador simple de la relación entre peso y talla.	Se calcula dividiendo el peso en kg. Entre la estatura al cuadrado en metros. Y el resultado obtenido se compara con un cuadro de referencia de la OMS.	Categorica.	Normal Sobrepeso. Obesidad I. Obesidad II Obesidad III

Circunferencia de cintura.	Perímetro medido entre el punto medio de la cresta ilíaca y el arco subcostal. Índice para medir grasa abdominal.	Medida en centímetros del punto medio entre la cresta iliaca y el arco subcostal, al final de una espiración tomada en cada vista, el individuo deberá estar relajado, erguido, de perfil con el abdomen descubierto.	Cuantitativa continua.	Cm
Circunferencia de cadera	Perímetro tomado al nivel máximo del relieve de los músculos glúteos.	Circunferencia tomada horizontalmente en el nivel de la máxima extensión de las nalgas tomada en cada visita	Cuantitativa continua	Cm
Circunferencia de muñeca .	El perímetro de la muñeca derecha, tomado distalmente al proceso estiloides, en un nivel perpendicular al eje longitudinal del brazo.	Medida en centímetros, el sujeto debe mantener la palma de la mano hacia arriba y el codo formando un ángulo de 90°. Se mide a la altura de la apófisis estiloides del radio.	Cuantitativa continua	cm

Masa libre de grasa	Compartimento corporal libre de grasa, químicamente se compone de proteínas, agua y hueso.	El sujeto debe estar en ayuno, con la menor ropa posible y sin zapatos se coloca sobre un analizador de Impedancia biológica.	Cuantitativa continua	Kg y %
Masa grasa	La masa del cuerpo compuesta sólo por grasa.	El sujeto debe estar en ayuno, con la menor ropa posible y sin zapatos, se coloca sobre un analizador de Impedancia biológica.	Cuantitativa continua	Kg y %

VARIABLE DEPENDIENTE

Variable.	Definición conceptual.	Definición operacional.	Tipo de variable	Categorías en las que varía.
Gasto energético en reposo.	La energía consumida en 24 horas por el organismo en reposo, para mantener las funciones básicas del cuerpo (9).	Se toma por medio CI, donde el paciente deberá estar en un ayuno de 8-10 horas, se acuesta en la camilla y le es colocada la mascarilla para las mediciones de O ₂ y CO ₂ , se le deja descansar	Cuantitativa continua.	Kcal/día.

		por 20 minutos antes de realizar la medición para que esté en un rango basa, las mediciones de los gases se les hace por 20 minutos.		
--	--	--	--	--

11.10 Cálculo de tamaño de muestra.

El cálculo de tamaño de muestra se realizó con la fórmula para calcular la significación del cociente de correlación lineal de Pearson (60).

$$n = \left(\frac{z_{1-\alpha/2} + z_{1-\beta}}{\frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right)} \right)^2 + 3$$

Donde

n = total de sujetos a estudiar

1- α = riesgo de cometer el error tipo I, con una seguridad del 95% ($\alpha = 0.05$) = 1.96

1- β = riesgo de cometer el error tipo II con un poder estadístico del 80% = 0.84

r = la magnitud de correlación que se desea detectar (.80)

$$n = ((1.96+0.84)/(0.5) \ln (1 + 0.80/1-0.80))^2$$

$$n = (2.8/(0.5) \ln(1.8/.2))^2$$

$$n = (2.8/(0.5) \ln(9))^2 = (2.8/(0.5)(2.19))^2 = (2.8/1.09)^2$$

$$N = 6.60 + 3 = 9.60 \approx 10 \text{ sujetos por cada variable}$$

GRUPO	IMC	SUJETOS
1	18.5 a 24.9 Kg/m ²	100
2	25 a 29.9 kg/m ²	100
3	≥30 kg/m ²	100
TOTAL		300

Por lo que nuestro tamaño de muestra total sería de 200 sujetos para la fase de diseño, y 100 sujetos de esta muestra que tuvieron peso normal fueron analizados para comparar las diferencias de GER respecto al IMC. Para la fase de validación necesitaron la misma cantidad de pacientes que en la fase de diseño.

12. RECURSOS

Humanos:

Dra. Martha Guevara Cruz

L.N Edgar Pichardo Ontiveros.

L.N Priscila Villanueva

L.N Lidia Ximena Orozco Ruiz

Financieros:

El protocolo fue financiado por CONACYT 181685

13. CONSIDERACIONES ÉTICAS

El protocolo fue aprobado por el Comité de Ética del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Salvador Zubirán” (INCMNSZ) con número de registro *REF 1456*.

14. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

	Agosto.	Septiembre.	Octubre.	Noviembre.	Diciembre.	Enero.	Febrero.	Marzo.	Abril.	Mayo.	Junio.	Julio.	Agosto.	Septiembre	Octubre.	Noviembre.	Diciembre.	Enero.	Febrero.	Marzo.	Abril.	Mayo.	Junio.	Julio.	Agosto.
Revisión de la literatura.																									
Preparación del protocolo de estudio.																									
Estandarización en la medición de GER por CI y en las mediciones antropométricas																									
Realización de mediciones antropométricas en pacientes incluidos (DNE)																									
Determinación de GER en pacientes incluidos(DNE)																									
Captura y análisis de datos(DNE)																									
Realización de mediciones antropométricas y medición del GER en pacientes incluidos (VNE)																									
Análisis estadístico (VNE)																									
Escritura de tesis																									
Estancia de investigación																									
Presentación de tesis.																									

DNE: Diseño de la nueva ecuación; VNE: Validación de la nueva ecuación

15. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables continuas fueron expresadas en promedios y en desviación estándar y las variables dicotómicas como frecuencias y porcentajes. Se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la normalidad de las variables, y se realizó transformación logarítmica en aquellas que no tuvieran distribución normal.

Se evaluó la correlación de cada una de las variables antropométricas con el GER, y posteriormente, un análisis de regresión por pasos con criterios de significación con probabilidad de entrada menor a 0.05 y una probabilidad de salida de 0.10 y tomando como variable dependiente el GER y como variables independientes: edad, sexo, talla, peso, circunferencia de cintura, circunferencia de cadera, circunferencia de muñeca, MG, MLG e IMC. Se obtuvo el mejor modelo de estimación en base a la R^2 y el valor de significancia. Se probó después realizar la regresión por el método Intro y una vez que se habían identificado las variables con mayor explicación, significancia estadística se realizó una regresión lineal múltiple por pasos tomando en cuenta (a conciencia del investigador) además la relación biológica de las variables independientes introducidas en el modelo

Para la validación, se aplicó la nueva ecuación en el segundo grupo (fase 2; validación) y se realizó una prueba T-Student de muestras pareadas para evaluar la diferencia de medias entre el GER-E (Gasto energético estimado) por la nueva ecuación y el GER-CI. También se realizó un análisis de regresión en el grupo de validación, utilizando GER-E por la nueva ecuación como variable independiente y GER-IC como variable independiente para evaluar la cantidad de GER (R^2) explicada por la nueva ecuación.

Se evaluó la concordancia con análisis de Bland-Altman, graficando la cantidad dispersión de la diferencia del GER-E y el GER-IC con su promedio $(GER-E + GER-IC)/2$, así como también, la media del sesgo de la estimación. Se recomienda que con un IC 95%, el grado de concordancia debe ser evaluado con los datos que caen en los límites ± 2.0 DE de la media y dicha diferencia debe estar cercana a cero (61).

El grado de exactitud, de la nueva ecuación y de las otras ecuaciones incluidas en el estudio, fue calculado en porcentaje, los sujetos en los cuales el GER-E cayó dentro del $\pm 10\%$ de GER-IC (62).

Posteriormente se comparó el GER-E por las diferentes ecuaciones y el GER-CI, se utilizó la prueba de T de Student para datos apareados. La comparación entre el cambio del GER, las características demográficas y clínicas entre el grupo de diseño y validación se realizó por medio de la prueba T de Student de muestras independientes. El valor significativo de p se establece en < 0.05 de una cola. Los datos fueron analizados por el programa SPSS (versión 22, SPSS Inc, Chicago, IL y GraphPad Prism 5.

16. RESULTADOS

En total 513 sujetos fueron incluidos en el estudio, de acuerdo a la categorización por zonas que utiliza la Encuesta Nacional de Salud (ENSANUT), 74% de la población provenía de la Ciudad de México, 12.3% de la zona centro, 1.6% del norte del país y 12.1% de la zona sur. El 73.9% fueron mujeres (n= 303) y el 26.1% hombres (n= 107). Del total de sujetos 103 tuvieron IMC normal y fueron incluidos como grupo control o de comparación entre el GER con el IMC. Del total de sujetos, 410 tuvieron sobrepeso u obesidad (incluidos para el diseño y validación de la nueva ecuación). Al comparar el grupo control con los sujetos de $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$ se observaron diferencias estadísticamente significativas en todas las variables clínicas y antropométricas, excepto la talla. **Tabla 5.**

Al comparar el GER entre el grupo control y los sujetos con sobrepeso y obesidad se observó un GER estadísticamente más alto en el segundo grupo. **Tabla 6.**

Los sujetos con un $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$ fueron aleatoriamente divididos dentro de dos grupos: *diseño y validación*, dejando en el primer grupo a los 200 sujetos necesarios para el diseño de la nueva ecuación de acuerdo al cálculo de tamaño de muestra. Se realizó la comparación de las características clínicas, bioquímicas y antropométricas entre estos dos grupos, y se encontró homogeneidad en la mayor parte de las variables, excepto en presión arterial sistólica (PAS), presión arterial diastólica (PAD) y concentraciones de glucosa (PAS= $109 \text{ mmHg} \pm 12.9$ vs $112 \text{ mmHg} \pm 15.2$, $P < 0.05$) (PAD= $75.8 \text{ mmHg} \pm 9.07$ vs $78.4 \text{ mmHg} \pm 10.7$, $P < 0.05$) (Glucosa= $89.2 \text{ mg/dl} \pm 16.4$ vs $94.0 \text{ mg/dl} \pm 21.6$, $P < 0.05$). **Tabla 7.**

Tabla 5. Características clínicas y demográficas entre el grupo de IMC normal y el grupo de diseño de la nueva ecuación

	IMC normal n=103 M=84 (81.6) H=19 (18.4)	IMC ≥ 25 kg/m² n =410 M= 303 (73.9) h=107 (26.1)	<i>P</i>
Edad, años	30.9 \pm 10.7	38.9 \pm 11.2	< .001
Peso, <i>kg</i>	57.7 \pm 7.44	80.3 \pm 14.4	< .001
Talla, <i>cm</i>	161 \pm 8.46	160 \pm 8.61	.184
IMC, <i>kg/m²</i>	22.3 \pm 1.85	31.4 \pm 4.34	< .001
Circunferencia de cintura, <i>cm</i>	74.7 \pm 7.01	95.0 \pm 11.0	< .001
Circunferencia de cadera, <i>cm</i>	95.1 \pm 6.01	109 \pm 8.72	< .001
Circunferencia de muñeca, <i>cm</i>	14.9 \pm 1.02	16.4 \pm 1.23	< .001
Masa Grasa, %	30.2 \pm 6.99	41.4 \pm 6.80	< .001
Masa grasa <i>Kg</i>	17.30 \pm 4.28	33.4 \pm 9.08	< .001
Masa Libre de Grasa, %	69.8 \pm 6.99	58.6 \pm 6.80	< .001
Masa Libre de Grasa <i>Kg</i>	40.4 \pm 7.40	46.9 \pm 9.12	< .001
Masa muscular %	38.1 \pm 4.41	32.3 \pm 4.10	< .001
Masa muscular <i>kg</i>	22.1 \pm 4.46	25.9 \pm 5.66	< .001
Presión Sistólica , <i>mmHg</i>	101 \pm 10.7	111 \pm 14.1	< .001
Presión Diastólica, <i>mmHg</i>	69.1 \pm 7.12	77.1 \pm 9.75	< .001
Glucosa, <i>mg/dl</i>	84.7 \pm 7.81	92.6 \pm 21.6	< .001
Colesterol total, <i>mg/dl</i>	179 \pm 38.1	195 \pm 39.4	< .001
Triglicéridos, <i>mg/dl</i>	100.4 \pm 47.4	173 \pm 114	< .001
Colesterol HDL, <i>mg/dl</i>	56.2 \pm 15.4	44.1 \pm 12.0	< .001
Colesterol LDL, <i>mg/dl</i>	102 \pm 32.6	116 \pm 32.8	< .001

Los valores se muestran como medias \pm desviación estándar. Los datos fueron analizados usando la prueba T-Student para muestras independientes. $p < 0.05$ estadísticamente significativas.

Tabla 6. Gasto energético en grupo control y grupo diseño/validación.

	n =100	n = 410	
	M=84 (81.6%) H=19 (18.4%)	M=303 (73.9) H=107 (26.1)	<i>P</i>
GER, <i>Kcal/day</i>	1371 ± 262	1624 ± 375	<0.001
Kcal/kg de peso	23.8 ± 4.22	20.1 ± 3.60	<0.001
Consumo de VO ₂ , <i>ml/min</i>	199 ± 42.0	236 ± 57.3	0.001
Consumo de VCO ₂ , <i>ml/min</i>	163 ± 34.2	194 ± 52.1	0.007
CR	0.78 ± 0.05	0.77 ± .053	0.269

Los valores se muestran como medias ± desviación estándar. Abreviaciones: GER= Gasto Energético en Reposo, **VO₂**= Volumen de consumo de O₂; **VCO₂**= Volumen de consumo de CO₂; **CR**= Coeficiente Respiratorio, **P**= Prueba T-Student para muestras independientes, se realizó transformación logarítmica en variables que no tuvieron distribución normal.

Tabla 7. Características clínicas y demográficas entre el grupo de diseño y el grupo de validación

	Grupo Diseño	Grupo validación	
	n = 200	n = 210	P
	M= 150 (75.4)	M = 152 (72.4)	
	H=45 (24.6)	H= 58 (27.6)	
Edad, años	39.1 ± 11.2	39.3 ± 10.8	0.76
Peso, <i>kg</i>	80.7 ± 16.5	81.4 ± 13.2	0.44
Talla, <i>cm</i>	160 ± 8.35	160 ± 8.76	0.82
IMC, <i>kg/m²</i>	31.6 ± 5.35	31.9 ± 4.17	0.26
Circunferencia de cintura, <i>cm</i>	95.5 ± 12.3	96.2 ± 10.8	0.49
Circunferencia de cadera, <i>cm</i>	109 ± 9.17	110 ± 8.97	0.13
Masa Grasa, %	41.5 ± 7.07	41.7 ± 7.22	0.75
Masa grasa, <i>kg</i>	33.9 ± 10.8	34.0 ± 9.23	0.51
Masa Libre de Grasa, %	58.5 ± 7.08	31.9 ± 4.48	0.51
Masa Libre de Grasa, <i>kg</i>	46.9 ± 9.45	25.9 ± 5.35	0.84
Masa muscular %	32.3 ± 4.64	32.0 ± 4.48	0.51
Masa muscular, <i>kg</i>	26.1 ± 5.88	25.9 ± 5.35	0.74
Presión Sistólica , <i>mmHg</i>	109 ± 12.9	112 ± 15.2	<0.05
Presión Diastólica, <i>mmHg</i>	75.8 ± 9.07	78.4 ± 10.7	<0.05
Glucosa, <i>mg/dl</i>	89.2 ± 16.4	94.0 ± 21.6	<0.05
Colesteol total, <i>mg/dl</i>	195 ± 37.8	196 ± 40.2	0.78
Triglicéridos, <i>mg/dl</i>	177 ± 139	177 ± 96.2	0.46
Colesterol HDL, <i>mg/dl</i>	45.7 ± 11.8	45.0 ± 14.0	0.33
Colesterol LDL, <i>mg/dl</i>	115 ± 30.9	116 ± 33.4	0.78

Los valores se muestran como medias ± desviación estándar. Los datos fueron analizados usando la prueba T-Student para muestras independientes. $p < 0.05$ estadísticamente significativas.

Al comparar el GER entre el grupo de diseño y grupo validación no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. **Tabla 8.**

Tabla 8. Diferencias del GER entre sujetos con IMC normal y sujetos del grupo de diseño

	Grupo de diseño	Grupo validación	
	n=200	n = 210	P**
GER, <i>kcal/day</i>	1619 ± 397	1629 ± 353	0.79
Kcal/kg peso	20.1 ± 3.99	19.9 ± 3.72	0.55
Consumo VO ₂ , <i>ml/min</i>	236 ± 60.2	236 ± 54.4	0.99
ConsumoVCO ₂ , <i>ml/min</i>	192 ± 52.5	197 ± 51.8	0.33
CR	0.76 ± 0.05	0.77 ± 0.05	0.10

Los valores se muestran como medias ± desviación estándar. Abreviaciones: GER= Gasto Energético en Reposo, **VO₂** = Volumen de consumo de O₂; **VCO₂** = Volumen de consumo de CO₂; **CR**= Coeficiente Respiratorio. Los datos fueron analizados usando la prueba T-Student para muestras independientes, se realizó transformación logarítmica en variables que no tuvieron distribución normal.

Derivación de la nueva ecuación

Para la derivación del modelo, se evaluó la correlación de cada una de las variables antropométricas con el GER-CI. La MLG fue la variable que mostró mayor correlación (R=0.651, R²= 0.423, P< 0.05) seguida por el peso (R= 0.633, R²= 0.400, P<0.05) **Figura 1**.

Una vez identificadas las variables que mejor explicaban el GER, se realizó un análisis de regresión lineal múltiple con el método por pasos, el cual, deja dentro del modelo las variables con mayor significancia estadística. Sin embargo, en la derivación de esta nueva ecuación, se quiso tomar en cuenta no sólo la significancia estadística, sino también la explicación biológica de algunas variables en el GER. Por lo que una vez elegidas las variables, se realizó un análisis de regresión múltiple con el método Intro. Debido a que la MLG fue la variable que mayor explicaba el GER, se decidió desarrollar dos modelos: El primer modelo (EC1) incluye variables de fácil obtención como: peso, sexo y edad, éste modelo obtuvo un cociente de determinación de 0.513 y un sesgo de -0.0059 kcal/día. El segundo modelo, que pudiera ser útil cuando se cuenta con equipo de bioimpedancia, incluye variables como MLG, sexo, edad y peso, tuvo un cociente de determinación de 0.518 y un sesgo de 0.0034 kcal/día. **Tabla 9**.

Figura 1. Correlaciones de Pearson de cada una de las variables antropométricas con el GER

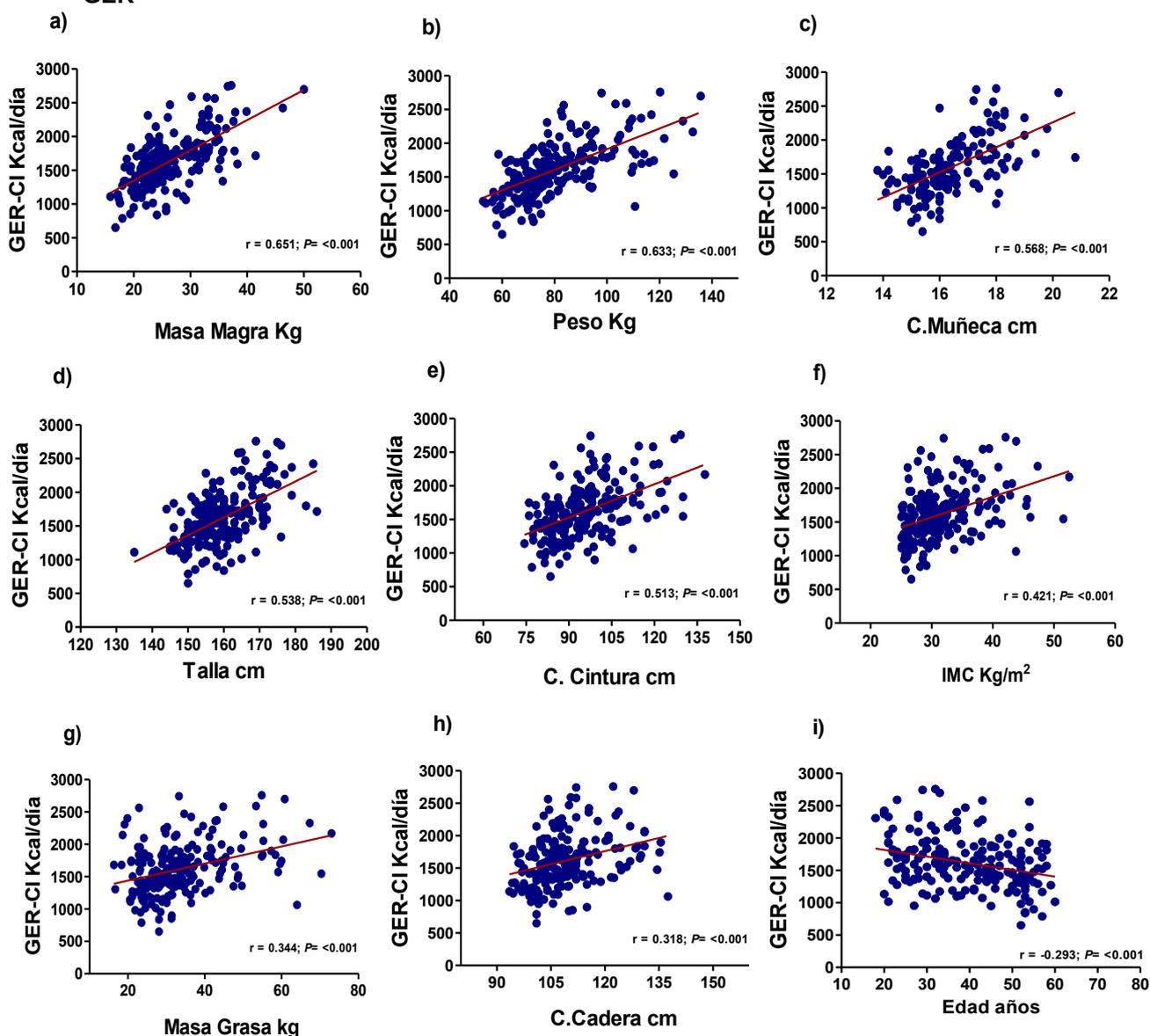


Figura 1. Diagramas de dispersión, muestran la asociación entre cada una de las variables antropométricas: a) Masa Magra, b) Peso, c) Circunferencia de muñeca, d) Talla, e) Circunferencia de cintura, f) Índice de Masa Corporal (IMC), g) Masa Grasa, h) circunferencia de cadera y i) Edad con el GER-IC y su respectivo coeficiente de correlación. r = coeficiente de correlación de Pearson, **GER-IC**= Gasto Energético en Reposo por Calorimetría indirecta

Tabla 9. Nuevas ecuaciones diseñadas para estimación del GER en sujetos mexicanos con sobrepeso y obesidad

		R	R²	P
EC1	Kcal/día = 12.114 * (P) - 6.541 * (E) + 256.039* Sexo (Hombres,1; Mujeres, 0) + 835.952	0.71 6	0.51 3	<0.001
EC2	Kcal/día = 15.858 * (MLG) + 9.114 * (P) - 5.377 * (E) + 149.225 * Sexo (Hombres, 1; Mujeres, 0) + 647.168	0.72 0	0.51 8	<0.001

Las nuevas ecuaciones fueron derivadas por análisis de regresión múltiple por pasos. Abreviaciones: **EC1**= Nueva ecuación sin bioimpedancia, **EC2**= Nueva ecuación con bioimpedancia, **R**= Coeficiente de correlación, **R²**= coeficiente de determinación, **MM**= Masa libre de grasa; **P**= peso en Kg, **E**= edad en años.

Validación de la nueva ecuación

Las nuevas ecuaciones derivadas fueron aplicadas en el grupo de validación y posteriormente el GER estimado por las nuevas ecuaciones se comparó con el GER medido por la CI sin observarse diferencias estadísticamente significativas: EC1 (sesgo= 6.1432 kca/día, P=0.695), EC2 (sesgo =2.37 Kcal/día, P= 0.833). **Tabla 10.**

Tabla 10. Sesgo, precisión y porcentaje de error de GER-E por las diferentes ecuaciones en el grupo de validación

Ecuaciones de estimación del GER	Sesgo ± DE	IC 95%	P	Exactitud a%	Sobreestimación b%	Subestimación c%
Nuevas ecuaciones diseñadas:						
EC1	6.14 ± 227	-24.72 a 37.01	0.695	60	24.8	15.2
EC2	2.37 ± 231	-29.33 a 34.08	0.833	58.7	25.2	16.1
Harris-	-16.1 ± 227	-46.9 a 14.7	0.305	59	22.9	18.1
Benedict						
Valencia	30.9 ± 236	-1,047 a 62.9	0.058	53.8	32.9	13.3
WHO/FAO/UNU	64.6 ± 230	33.4 a 95.8	<0.05	53.8	35.2	11
Mifflin	-73.7 ± 239	-106.2 a 41.1	<0.05	51.9	17.6	30.5
Owen	-193.1 ± 258	-228.2 a 158	<0.05	40.5	9	50.5
Carrasco	-262 ± 278.3	-300 a -224	<0.05	29.5	6.7	63.8

EC1= Nueva ecuación con bioimpedancia, **EC2**= Nueva ecuación sin bioimpedancia, **Sesgo**= Valor de la media de la diferencia entre GER-IC y GER-PE (Kcal/día); **DE**=Desviación estándar del sesgo; **IC**= Intervalo de Confianza al 95%; **P**= Prueba T-Student para muestras pareadas (GER-IC y GER-PE), **a**= Porcentaje de valores que se encuentran dentro del ±10% del GER-CI; **b** = Porcentaje de sujetos que se encuentra por debajo del ± 10% de GER-CI; **c** = Porcentaje de sujetos que se encuentran por encima del ±10% de GER-CI.

Después, se evaluaron los límites concordancia entre GER-CI y GER-E por las nuevas ecuaciones y el porcentaje de sujetos que entran en $\pm 10\%$ de los valores medidos por CI (exactitud) y los valores que están fuera de este rango (sobrestimación o subestimación), presentadas en la tabla 10, mostrándose también los límites de concordancia del GER-IC y GER-E con las otras ecuaciones de uso clínico (Harris-Benedict, Mifflin St, Valencia, FAO/OMS, Owen y Carrasco). EL GER-E por la EC1 mostró el mayor porcentaje de exactitud (60%) comparada con las demás ecuaciones, mientras que la EC2 tuvo una exactitud del 58.7% que fue superada ligeramente por Harris-Benedict (59%). En el grupo de validación, la ecuación que tuvo el más bajo porcentaje de exactitud fue Carrasco (29.5%) y con un considerable porcentaje de subestimación del 63.8%.

Gráficamente, la concordancia fue evaluada por el método Bland-Altman, las líneas de referencia representan la media de error (sesgo) y los límites del acuerdo definidos como ± 2 DS de la media, (61) los valores deben estar cercanos a cero y aquellos fuera de este rango representan personas para las que la ecuación de estimación no estimó con precisión GER. El grado de concordancia entre el GER-IC y el GER-E por cada una de las nuevas ecuaciones desarrolladas en este estudio se muestra en la **figura 2**.

Figura 2. Gráfico de Bland-Altman para analizar la concordancia entre el GER-CI y GER-EC de las nuevas ecuaciones desarrolladas

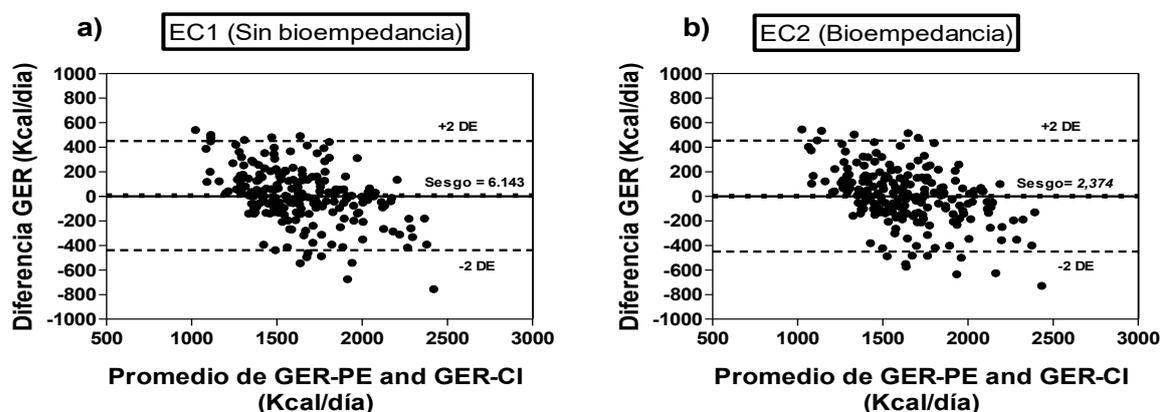


Figure 2. Grafico Bland-Altman muestra la concordancia (datos que caen ± 2 SD del GER-IC) y el sesgo (el valor de la media de la diferencia GER-IC – GER-PE) por **a)** EC1 y **b)** EC2.

Figura 3. Gráfico de Bland-Altman para analizar la concordancia entre el GER-CI y GER-EC de las otras ecuaciones de uso clínico.

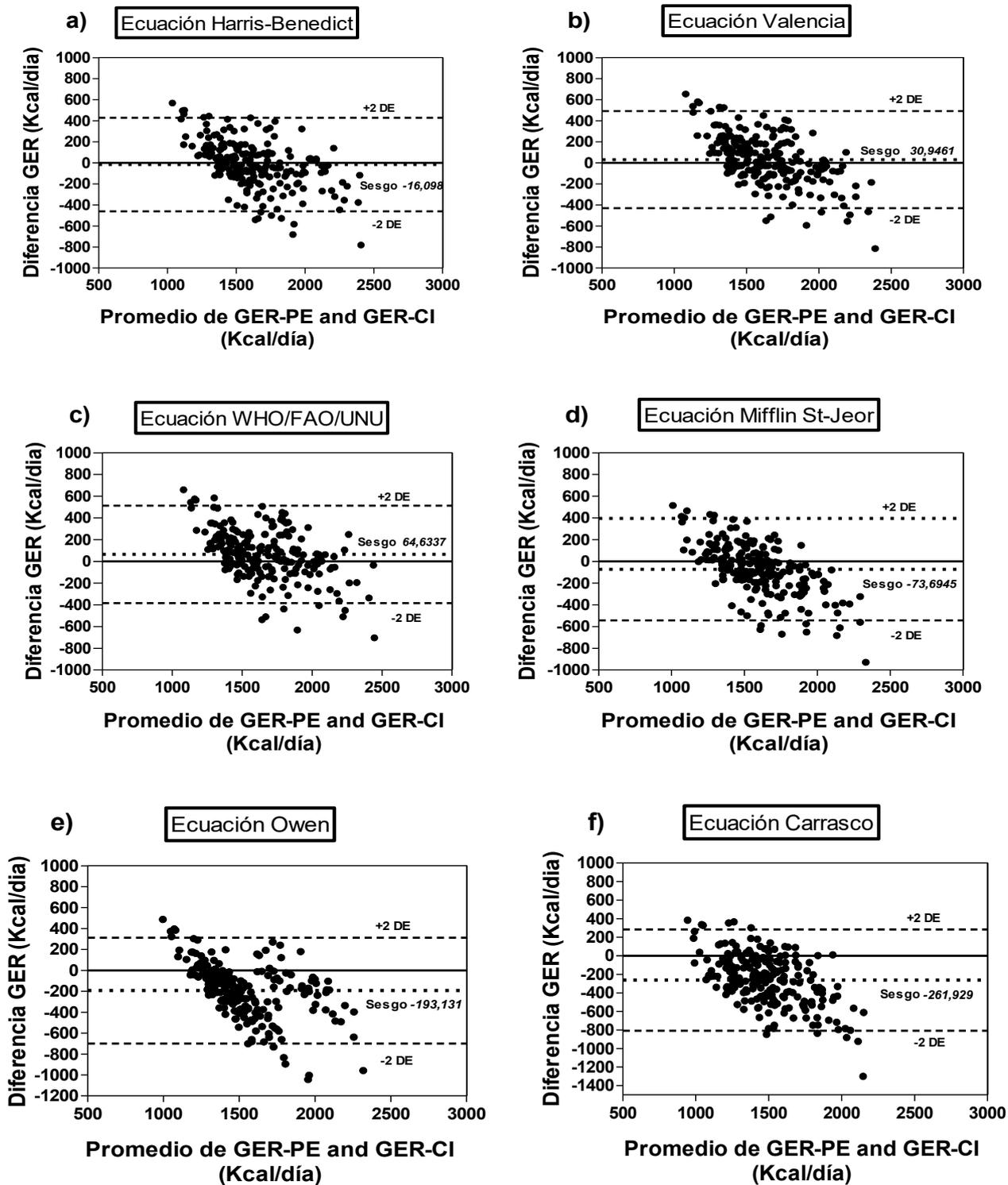


Figura 3. Grafico Bland-Altman muestra la concordancia (datos que se encuentran dentro ± 2 SD del GER-IC) y el sesgo (el valor de la media de la diferencia GER-IC – GER-PE) por las ecuaciones: a) Harris-Benedict, b) Valencia, c) WHO/FAO/UNU d) Mifflin St-Jeor, e) Owen y f) Carrasco

La concordancia entre el GER-IC y el GER-E por cada una de las ecuaciones de mayor uso clínico (Harris-Benedict, Mifflin St, Valencia, FAO/OMS, Owen y Carrasco) se presentan en la **Figura 3**. En la mayoría de las ecuaciones se observa una diferencia negativa respecto al GER-IC, lo que se traduce a una subestimación del GER.

En la **Tabla 11** se presentan los sesgos de estimación del GER por las nuevas ecuaciones desarrolladas y las otras de uso clínico en los diferentes estratos de IMC.

En sujetos con peso normal, la ecuación de la OMS fue la que tuvo un mayor porcentaje de exactitud (52.9%) sin embargo, el menor sesgo en estimación fue con la ecuación de Mifflin St-Jeor (-5.10 ± 209 kcal/día). En sujetos con sobrepeso, las nuevas ecuaciones mostraron el mayor grado de exactitud comparado con las otras ecuaciones, sin embargo, el sesgo de la ecuación de Harris-Benedict fue un poco menor (20 ± 210 kcal/día).

Al aplicar las estimaciones del GER, sólo en sujetos con obesidad, la ecuación 1 fue la que obtuvo el mejor grado de exactitud (57.4%) y el menor sesgo (4.90 ± 234 kcal/día), comparado con el resto de ecuaciones.

Tabla 11. Sesgo, precisión y porcentaje de error de GER-PE por las diferentes ecuaciones en el grupo de validación en los diferentes estratos de IMC

Ecuaciones de estimación del GER	Sesgo ± DE Kcal/día	IC 95%	Exactitud^a %	Sobreestimación^b %	Subestimación^c %
Nuevas ecuaciones diseñada:					
IMC Normal (18.5-24.9 kg/m²)					
EC1	13.5 ± 220	-29.7 a 56.6	48	28.5	23.5
EC2	19.5 ± 221	-25.2 a 64.2	47.9	30.2	21.9
Harris-Benedict	25.1 ± 214	-16.7 a 67.1	51	28.4	20.6
Valencia	-9.79 ± 213	-51.7 a 32.1	48	25.5	26.5
WHO/FAO/UNU	25.8 ± 215	-16.3 a 68	52.9	30.4	16.7
Mifflin St-Jeor	-5.10 ± 209	33.45 a 95.8	51	23.5	25.5
Owen	-147 ± 215	-189 a 104	39.2	9.8	51
Carrasco	-396 ± 236	-443 a -350	9.8	1	89.2
Sobrepeso (IMC ≥ 25 y ≤ 29.9 kg/m²)					
EC1	26.4 ± 213	-22.8 a 75.7	64.9	25.6	9.5
EC2	33.1 ± 215	-17.1 a 83.4	64.3	24.7	11
Harris-Benedict	20.0 ± 210	-28.7 a 68.7	63.5	25.7	10.8
Valencia	49.6 ± 213	0.18 a 99.1	58.1	31.1	10.8
WHO/FAO/UNU	85.6 ± 213	36.3 a 135	58.1	33.8	8.1
Mifflin St-Jeor	-23.3 ± 205	-70.8 a 24.2	59.5	18.9	21.6
Owen	-134 ± 233	-188 a -80.25	43.2	10.8	45.9
Carrasco	-280 ± 238	-335 a -225	16.2	6.8	77
Obesidad (IMC ≥ 30 kg/m²)					
EC1	-4.90 ± 234	-44.6 a 34.8	57.4	24.2	18.4
EC2	-14.5 ± 238	-55.3 a 26.3	55.6	25.6	18.8
Harris-Benedict	-35.7 ± 234	-75.4 a 3.90	56.6	21.3	22.1
Valencia	20.7 ± 246	-21.0 a 62.5	51.5	33.8	14.7
WHO/FAO/UNU	53.2 ± 238	12.9 a 93.5	51.5	36	12.5
Mifflin St-Jeor	-101 ± 253	-144 a -58.2	47.8	16.9	35.3
Owen	-225 ± 266	-270 a -180	39	8.1	52.9
Carrasco	-252 ± 298	-302 a 201	36.8	6.6	56.6

EC1= Nueva ecuación con bioimpedancia, **EC2**= Nueva ecuación sin bioimpedancia, **Sesgo**= Valor de la media de la diferencia entre GER-IC y GER-PE (Kcal/día); **DE**=Desviación estándar del sesgo; **IC**= Intervalo de Confianza al 95%; **P**= Prueba T-Student para muestras pareadas (GER-IC y GER-PE), **a**= Porcentaje de valores que se encuentran dentro del ±10% del GER-CI; **b** = Porcentaje de sujetos que se encuentra por debajo del ± 10% de GER-CI; **c** = Porcentaje de sujetos que se encuentran por encima del ±10% de GER-CI.

17. DISCUSIÓN

La obesidad en México se ha convertido en un tema de alarma para el sector salud, a lo largo del tiempo, las Encuestas Nacionales de Salud (ENSANUT) reportan un marcado incremento en la prevalencia de obesidad en adultos. La población mexicana tuvo un incremento en obesidad de más del 12% desde la ENSANUT 2000 a la ENSANUT 2006 (16). Se ha visto que conforme aumenta el IMC, aumentan considerablemente también la incidencia de enfermedades crónicas no transmisibles (22). Una de las teorías del desarrollo de obesidad surge de un desequilibrio energético tras el consumo de un exceso de energía a lo largo del tiempo, por ejemplo, un exceso de 100-120 Kcal/día consumidas, podrían ocasionar una ganancia de peso de 2 a 6kg por año (18). En este marco, el tratamiento nutricional es el principal pilar para el manejo de la obesidad, el NHLBI recomienda una pérdida de peso, bajo una evaluación nutricional adecuada (5). Es así como el conocimiento de las necesidades energéticas, se convierte esencial en los sujetos con sobrepeso y obesidad. En vista de la poca

disponibilidad de datos para un estudio de CI (CI) para la media del GER, se utilizaron ecuaciones de estimación de la energía requerida (GER) basadas en la ecuación de Mifflin-St. Jeor (19). **EC1**= Ecuación sin bioimpedancia, **EC2**= Ecuación con bioimpedancia, **Sesgo**= Valor de la media de la diferencia entre GER-CI y GER-EP; **DE**= Desviación estándar del sesgo; **IC**= Intervalo de Confianza al 95%; **a**= Porcentaje de valores que se encuentran dentro del $\pm 10\%$ del GER-CI; **b** = Porcentaje de sujetos que se encuentran por debajo del $\pm 10\%$ de GER-CI; **c** = Porcentaje de sujetos que se encuentran por encima del $\pm 10\%$ de GER-CI.

comúnmente utilizadas fueron desarrolladas utilizando grupos de participantes en los cuales el peso, la composición corporal, y raza/etnicidad no son representativos de la población actual (10).

En especial, el papel que tiene la etnicidad en el GER es muy importante. Entre poblaciones, se ha visto que se comparten características en la composición corporal y almacenamiento de energía (43). Kelley et al, mostraron como la etnicidad tiene un efecto en el GER, ellos observaron que los sujetos de raza negra tienen en promedio un GER menor de 135 Kcal/día comparado con aquellos sujetos caucásicos, ajustando estos hallazgos por variables confusoras como IMC y MLG (63).

Al estimar el GER por diversas ecuaciones se observan las mismas diferencias en los valores de Kcal/día entre diferentes poblaciones, por ejemplo, Hasson et al. compararon la estimación de varias ecuaciones predictivas con la medición del GER, y encontraron que cuando el GER estimado se ajusta por variables como edad, sexo, IMC y raza/etnicidad, la exactitud de cada ecuación varía significativamente (39). Además de la etnicidad en la variación del GER, en una revisión sistemática, Frankiel et al., encontraron que la exactitud de la estimación del GER por varias ecuaciones disminuye notablemente cuando estas son utilizadas en una población con IMC normal a población con obesidad (10). Debido a la variación en el GER por la etnicidad y la composición corporal (IMC) es importante adaptar ecuaciones de estimación tomando en cuenta estas variables.

En este estudio se desarrollaron dos ecuaciones de estimación en adultos mexicanos con sobrepeso y obesidad. Como primer objetivo, se tenía desarrollar una ecuación con variables de fácil obtención, un modelo fue desarrollado (EC1) con las variables: sexo, edad y peso. Sin embargo, debido a la alta variabilidad que tiene la MLG sobre el GER, un segundo modelo fue desarrollado (EC2) tomando en cuenta sexo, peso, edad y MLG como variables, el cual, pudiera ser utilizado cuando se cuenta con disponibilidad de un equipo de bioimpedancia.

En la fase de validación, las nuevas ecuaciones mostraron menor sesgo de estimación del GER comparado con las otras ecuaciones de uso clínico. Contrario a los hallazgos en el presente estudio, en una revisión sistemática, Madden et al., evaluaron la estimación de GER de diversas ecuaciones en sujetos con sobrepeso y obesidad, encontrando a Mifflin- St Jeor como la ecuación más precisa en sujetos con un IMC de 30-39.9 K/m² y ≥ 40 K/m², en la cual, aproximadamente el 75% de los sujetos se encontraban en el rango de $\pm 10\%$ del GER-CI (6). En otro estudio de revisión sistemática sobre la exactitud de estimación del GER en sujetos con obesidad, se encontró que el 70% de los sujetos tenían una estimación del GER exacta con la ecuación de Mifflin-St Jeor (10).

En el presente estudio, la estimación del GER en población mexicana con sobrepeso y obesidad por la ecuación de Mifflin-St Jeor no fue la más exacta, con el 51.9% de sujetos en el $\pm 10\%$ del GER-CI.

En el mismo trabajo realizado por Frankfield et al (10), se mostró que el porcentaje de exactitud por la ecuación de Harris Benedict en sujetos con obesidad varió ampliamente desde un 38 a 64%, la ecuación de Owen mostró una exactitud del 51% mientras que para la ecuación WHO/FAO/UNU no se encontraron reportes de la exactitud de dicha ecuación para población con obesidad (10). Un punto importante de retomar es que la ecuación de Harris Benedict, siendo la ecuación más antigua, es actualmente una de las más conocidas y utilizadas. En 1950, esta ecuación, fue validada estando en el 5% del GER-CI, pero estudios más recientes encontraron una sobreestimación del 6 al 15% (66). Una de las explicaciones más comunes de estas diferencias entre el GER-E y GER-CI por Harris-Benedict es que los equipos utilizados ahora para medir el GER son más sofisticados a aquellos que se utilizaron en 1919 y factores como actividad física o hábitos alimenticios, que tienen consecuencias en la composición corporal, también impactan el GER (65). El panel de expertos de la ADA, recomiendan evitar el uso de esta ecuación en sujetos con obesidad debido a la gran sobreestimación del GER (64).

A pesar de lo que se ha planteado anteriormente, los hallazgos del presente estudio son distintos, la exactitud de la ecuación Harris-Benedict fue la que precedió en exactitud a las nuevas ecuaciones desarrolladas en este trabajo, estimando 63.5% de exactitud en los sujetos con sobrepeso y 56.6% en obesidad.

En México, se han realizado muy pocos estudios sobre la estimación del GER, en uno de ellos, llevado a cabo por Valencia et al en 32 sujetos adultos del norte de México, en este estudio, se observó que en esta población la ecuación WHO/FAO/UNU sobreestima el GER en un 8% del GER, y esta diferencia fue estadísticamente significativa comparada con la medición del GER-CI. En el presente estudio encontramos de la misma manera una sobreestimación del GER por la ecuación de WHO/FAO/UNU, sin embargo, mayor a la encontrada por Valencia; 35.2% de sobreestimación con un sesgo de 64.63 kcal/día, por lo que estas discrepancias en la estimación del GER por WHO/FAO/UNU pudieran ser explicadas por el desproporcionado número de población italiana que se utilizó en el desarrollo de la ecuación (47%), los cuales tienen un GER mayor comparado con la población de los trópicos, China o Australia (66). Además, de

que las ecuaciones de WHO/FAO/UNU no especifican las condiciones en las que fue medido el GER, el 23% de los estudios en los que se basó el desarrollo de la ecuación WHO/FAO/UNU, no indican si los sujetos estaban en ayuno, y en algunos otros, las mediciones fueron realizadas inmediatamente después del desayuno o 1 hora después de la comida (64), estas inconsistencias en la estandarización de las mediciones del GER, ponen en duda la confiabilidad del valor estimado al utilizar estas ecuaciones.

En otro estudio llevado a cabo en 121 mujeres mexicanas de la ciudad de México, se observó que la mejor ecuación para predecir GER en mujeres con obesidad fue Valencia con un 69% de exactitud (68), cuya ecuación fue desarrollada en una pequeña muestra de población mexicana (54), lo que viene a confirmar la importancia de la etnicidad en la estimación del GER. Sin embargo, estos hallazgos difieren un poco de los encontrados en este estudio, en el cual, la exactitud de la ecuación de Valencia fue de 53.8% con un sesgo de 31 kcal/día respecto a GER-CI. Un tercer estudio realizado en población mexicana con sobrepeso y obesidad en el que se evaluó la estimación del GER por varias ecuaciones, reportan que la ecuación de Owen puede ser utilizada como herramienta útil para predecir el GER cuando se tiene en cuenta el peso corporal actual (69), sin embargo, en nuestra población la ecuación de Owen mostró una exactitud de sólo el 40.5% con un sesgo que tiende a la subestimación de -193.12 Kcal/día.

Al hacer la comparación en los valores de predicción en diferentes estratos de IMC, las nuevas ecuaciones (EC1 y EC2) mostraron una disminución del sesgo e incremento del porcentaje de exactitud comparado entre sujetos con IMC normal y obesidad. Mientras que el resto de las ecuaciones de predicción, a excepción de Mifflin y WHO/FAO/UNU, mantuvieron un ligero incremento del porcentaje de exactitud conforme aumentaba el IMC. La ecuación de Carrasco, muestra un significativo incremento en la exactitud de predicción cuando se utiliza dicha ecuación en sujetos con obesidad, cabe recalcar que esta ecuación fue desarrollada principalmente con un gran número de personas chilenas con obesidad, incluyendo obesidad extrema (53), lo que destaca la importancia de tomar en cuenta las características antropométricas de la población en la que se desarrollan las ecuaciones de predicción al momento de utilizarlas en población con distintos grados de IMC.

Aunque hasta ahora existen pocos estudios que evalúan el GER-CI o GER-E en población mexicana, existen varias discrepancias en confirmar cuál es la mejor ecuación para estimar el GER en población mexicana con sobrepeso y obesidad. Estas discrepancias pueden ser debidas al pequeño tamaño de muestra utilizado y los diferentes métodos en que se presenta la exactitud de la estimación del GER. Además, se debe tomar en cuenta que en las diferentes regiones de nuestro país existe gran diversidad en cuanto a la composición corporal, como se ha presentado en el presente trabajo, la composición corporal tiene gran influencia en las necesidades energéticas. Estos puntos deberían tomarse en cuenta para futuras investigaciones.

Las nuevas ecuaciones desarrolladas en este estudio, mostraron una mejor estimación del GER comparadas con las otras ecuaciones. Principalmente, la EC1 desarrollada con variables antropométricas de fácil obtención, fue la que tuvo mejor exactitud (60%) y un sesgo de 6.14 ± 227 kcal/día, la EC2 tuvo una exactitud del 58.7% con un sesgo de 2.37 ± 230.8 kcal/día, lo cual propone a estas nuevas ecuaciones como una herramienta útil en la estimación del GER para población adulta mexicana con sobrepeso y obesidad.

18. CONCLUSIONES.

- Al igual que hallazgos en estudios anteriores, la MLG seguida por el peso corporal fueron las variables antropométricas con mayor influencia en el GER en población mexicana con sobrepeso y obesidad.
- Los sujetos con sobrepeso y obesidad tienen un GER estadísticamente superior a los sujetos con IMC normal.
- La ecuación de Carrasco mostró una elevada subestimación del GER en nuestra población.
- Las nuevas ecuaciones pierden exactitud al estimar el GER en sujetos con IMC normal, sin embargo, al estimar el GER en sujetos con sobrepeso y obesidad, fueron las más exactas y con el menor sesgo.
- Resultados de este trabajo difieren a previos estudios en que se evalúa la estimación del GER por ecuaciones predictivas sobre diferentes poblaciones, lo que refleja la importancia de tomar en cuenta la etnicidad en el uso y desarrollo de dichas ecuaciones.
- Las nuevas ecuaciones fueron validadas en una población distinta a la que fueron desarrolladas, en donde mostraron el mejor grado de exactitud al ser comparadas con otras ecuaciones de uso clínico. Lo que propone a estas nuevas ecuaciones como una herramienta válida para estimar el GER en población mexicana con sobrepeso y obesidad.

19. ANEXOS

19.1 Historia clínica nutricional

HISTORIA CLÍNICA.

Fecha: ____/____/____ Fecha de nacimiento: ____/____/____
 Nombre: _____ Edad: _____
 Teléfono: _____ Celular: _____ Edo. Civil: _____
 Lugar de nacimiento: _____ sexo: F M
 Domicilio: _____

ANTECEDENTES HEREDOFAMILIARES:

	¿Vive? (si/no)	Causa de muerte	Edad.	DM	Cardiopatías	Dislipidemias	obesidad	HA	Otra. ¿Cuál?
Padre.									
Abuelo.									
Abuela.									
Madre.									
Abuelo.									
Abuela.									
Herman@s									

	Lugar de nacimiento.
Padre.	
Abuelo.	
Abuela.	
Madre.	
Abuelo.	
Abuela.	

ANTECEDENTES PERSONALES PATOLÓGICOS:

Padece alguna enfermedad diagnosticada: _____

Ha padecido alguna enfermedad importante: _____

Toma algún medicamento: S N ¿Cuál?: _____

Dosis: _____ Desde cuándo: _____

Antecedentes gineco-obstétricos.

Menarca: _____ años Frecuencia y duración del ciclo: _____ X _____ días.

Irregularidades: S N ¿Cuáles? _____

No. Embarazos: _____ Edad del primer embarazo: _____ @ Ultimo: _____ @

FUM: ____/____/____ Climaterio: S N Edad del climaterio: _____ @ Recibe sustitución
 estrogénica: S N Anticonceptivos orales: S N.

Obesidad: S N Edad de inicio: _____ @ Peso habitual: _____ Kg
 Cambio crónico de peso: S N ¿Cuánto?: _____ Kg Tiempo: _____
 ¿Por qué? _____
 Tx para bajar de peso: S N ¿Cuál?: _____ Dosis: _____

ESTILO DE VIDA:

¿Actualmente fuma? S N HO: S N Frecuencia: _____

¿Fumó alguna vez?: S N.

¿En qué fecha dejó de fumar?: ____/____/____

Durante cuánto tiempo estuvo fumando frecuentemente?: _____ @

¿Cuantos cigarros fumaba al día? _____ ¿Con qué frecuencia?: _____

Índice tabáquico: (cantidad de cigarros fumados al día X cantidad de años fumado)/20= _____ (paquetes por año)

¿Realiza alguna actividad física?: S N ¿Cuál?: _____

Veces a la semana: _____ ¿Cuánto tiempo?: _____

¿Cuántas horas y minutos suele dormir en los días de la semana?

_____ hr. _____ min.

¿Cuántas horas y minutos suele dormir en los días de fin de semana?

_____ hr. _____ min.

Puntuación total del sueño semanal = [(minutos días de la semana X 5) + (minutos días fin de semana X 2)]/7

PTSS: _____

ANTROPOMETRÍA

Peso.	Talla.	IMC	Muñeca	Cintura.	Cadera.	Masa grasa	Masa libre de grasa
						%	%
						Kg	Kg

*Realizar en 2 ocasiones la medición, si hay una diferencia entre ellas de más de 0.5 cm, repetir una tercera ocasión.

PRESIÓN ARTERIAL

Presión.	1ª	2ª	3ª	Promedio.
Sistólica.				
Diastólica.				

20. REFERENCIAS

1. James W. The epidemiology of obesity: the size of the problem. *J Intern Med.* 2008 April; 263(4): p. 336-352.
2. World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation. Geneva: World Health Organization, Consultation on Obesity; 2000. Report No.: /894.
3. Stevens G, H Dias R, Thomas K, Rivera J, Carvalho N, Barquera S, et al. Characterizing the Epidemiological Transition in Mexico: National and Subnational Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors. *PLoS Med.* 2008 julio; 6(5).
4. (OECD) OfECoaD. Health at a Glance 2011. Secretaria de Salud, OECD indicators; 2011.
5. National of Health Institutes , National Hearth Lung and Blood Institute. Chapter 4. Treatment Guidelines. In PUBLICATION N, editor. Clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults: The evidence report. Bethesda (MD): NO. 98-4083.; 1998. p. 6-27.
6. Madden A, Mulrooney H, Shah S. Estimation of energy expenditure using prediction equations in overweight and obese adults: a systematic review. *Journal of Human Nutrition and Dietetics.* 2016 Frebruary.
7. Psota T, Chen K. Measuring energy expenditure in clinical populations: rewards and challenges. *European Journal of Clinical Nutrition.* 2013 mayo; 67(5).
- 8 . Christine MA, Frankenfield DC. A test of validity of a new open-circuit indirect calorimeter. *J Parenter Enteral Nutr.* 2015 August; 39(6): p. 738-742.
9. Foster GD, McGuckin BG. Estimating resting energy expenditure in obesity. *Obes Res.* 2001 Decembre; 5(9): p. 367S-372S.
10. Frankfield D, Roth L, Compher C. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: A systematic review. *J Am Diet Assoc.* 2005 mayo; 105(5): p. 775–789.

11. WORLD HEALTH ORGANIZATION. The world health report. In ORGANIZATION. WH. Francia; 2002. p. 230.
12. Whorld Health Organization. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. In Report of a WHO Expert Committe; 1995; Suiza. p. 452.
13. National Hearth, Lung, and Blood Institute. Chapter 1: Introduction. In Clinical guidelines on the evaluation and treatment of overweight and obesity adults. Bethesda (MD): NIH PUBLICATION; 1998. p. 1-262.
14. Milić S, Lulić D, Štimac D. Non-alcoholic fatty liver disease and obesity: biochemical, metabolic and clinical presentations. World J Gastroenterol. 2014 Jul 28;20(28): p 9330-7
15. Secretaria de Salud. Menor circunferencia abdominal, mejor salud. México: Secretaria de Salud; 2005. Report No.: SSa 740.
16. Barquera S, Campos I, Hernández L, Pedroza A, Rivera J. Prevalencia de obesidad en adultos mexicanos ENSANUT 2012. Salud pública de México. 2013; 55(2).
17. McCrory M, Campbell W. Effects of Eating Frequency, Snacking, and Breakfast Skipping on Energy Regulation:Symposium Overview. In the Experimental Biology meeting; 2009; New Orleans. p. 4.
18. Conway, J.M. R, Wohlers E, Moon J, Chen k. Energy expenditure: measurement of human metabolism. IEEE Eng Med Biol Mag. 2010 February; 29(1): p. 42-47.
19. Wing RR, Hill JO. Successful weight loss maintenance. Annual Review of Nutrition. 2001 julio; 21(1): p. 323-341
20. Toss F, Wiklund P, Franks P, Eriksson M, Gustafson Y, Hallmans G, et al. Abdominal and gynoid adiposity and the risk of stroke. International Journal of Obesity. 2011 Noviembre; 35(9).
21. Jensen M, Ryan D, al. e. A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and The Obesity Society. In 2013 AHA/ACC/TOS Guideline for the Management of Overweight and Obesity in Adults ; 2013. p. 697.

22. National Heart, Lung, and Blood Institute. Clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults: The evidence report. *Obesity Research Journal*. 1998 noviembre; 6(2).
23. Keim NL, Blanton CA, Kretsc MJ. America's Obesity Epidemic: Measuring Physical Activity to Promote an Active Lifestyle. *J Am Diet Assoc*. 2004 September; 104(9): p. 1398–1409.
24. Kleiber M. Body size and metabolic rate. *Physiological Reviews*. 1947 octubre; 27(4): p 511-541.
25. Bernardier C, Bernardier L, Zemleni J. *Advanced Nutrition: Macronutrient, Micronutrients, and Metabolism*. 2nd ed. USA: CRC Press; 2009.
26. Latham M. *Nutrición humana en el mundo*. Colección FAO: Alimentación y nutrición. 2002;(29).
27. Haugen H, Chan LN, Li, F. Indirect Calorimetry: A Practical Guide for Clinicians. *Nutrition in Clinical Practice*. 2007 agosto; 22 (4):p. 377-388.
28. Goran MI. ENERGY METABOLISM AND OBESITY. *Medical Clinics of North America*. 2000 March; 84(2): p. 347-362
29. Svendsen OK, Haarbo J, Hassager C, Christiansen C. Accuracy of measurements of body composition by dual-energy x-ray absorptiometry in vivo. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1993 mayo; 57(5):p.605-608.
30. Cunningham JJ. Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. *The American Journal of Nutrition*. 1991 Diciembre; 54(6): p. 963-969
31. Ravoussin E, Lillioja S, Anderson TE, Christin L, Bogardus C. Determinants of 24-hour energy expenditure in man. Methods and results using a respiratory chamber. *J Clin Invest*. 1986 December; 78(6): p. 1568-1578.
32. Harris JA, Benedict FG. A biometric study of human basal metabolism. *Physiology*. 1918 octubre: p. 370-373.
33. Mifflin MD, Jeor ST, Hill LA, Scott BJ, Daugherty SA, Koh YO. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am J Clin Nutr*. 1990 febrero; 51(2): p. 241-247.

34. Hall KD, Heymsfield SB, Kemnitz JW, Klein S, Schoeller DA, Speakman JR. Energy balance and its components: implications for body weight regulation. *Am J Clin Nutr.* 2012;(95): p. 989–994.
35. Owen OE, Kavle E, Owen RS, Polansky M, Caprio S, Mozzoli MA, et al. A reappraisal of caloric requirements in healthy women. *Am J Clin Nutr.* 1986 July; 44(1): p. 1-19.
36. Owen OE, Hlup JL, D'Alessio DA, Craig ES, Polansky M, Smalley KJ, et al. A reappraisal of the caloric requirements of men. *Am J Clin Nutr.* 1987 December; 46(6): p. 875-885.
37. Arciero PJ, Goran MI, Poehlman ET. Resting metabolic rate is lower in women than in men. *Journal of Applied Physiology* Published. 1993 Diciembre; 75(6):P. 2514-20
38. DeLany JP, Bray GA, Harsha DW, Volaufova J. Energy expenditure in African American and white boys and girls in a 2-y follow-up of the Baton Rouge Children's Study. *The American Journal of Clinical Nutrition.* 2004 febrero; 79(2):p.268-273.
39. Hasson RE, Howe CA, Jones BL, Freedson PS. Accuracy of four resting metabolic rate prediction equations: Effects of sex, body mass index, age, and race/ethnicity. *J Sci Med Sport.* 2011 July; 14(4): p. 344-351.
40. Poehlman ET, Melby CL, Badylak SF. Resting metabolic rate and postprandial thermogenesis in highly trained and untrained males. *The American Journal of Clinical Nutrition.* 1998 mayo; 47(5):p.793-798.
41. Krems C, Luhrmann PM, Strasbourg A, Hartmann B, Berthold M. Lower resting metabolic rate in the elderly may not be entirely due to changes in body composition. *European Journal of Clinical Nutrition.* 2005; 59(2): p. 255-262.
42. Siervo M, Oggioni C, Lara J, Morales C, Mathers J, Battezzati A, et al. Age-related changes in resting energy expenditure in normal weight, overweight and obese men and women. *Maturitas.* 2015 April; 80(4): p. 406-413.
43. Conway JM. Ethnicity and energy stores. *Am J Clin Nutr.* 1995 Novembre; 62(5): p. 1067S-1071S.

44. Benzinger TH, Kitzinger C. Direct Calorimetry by Means of the Gradient Principle. *The Review of Scientific Instruments*. 1949 Diciembre; 20(12):p.849-860.
45. Everret M. Heat and life; the development of the theory of animal heat. primera edición ed. Press HU, editor. Boston: Hardcover; 1964.
46. Robets L. A Word and the World: The Significance of Naming the Calorimeter. *Chicago Journals*. 1991; 82(2).
47. Levine JA. Measurement of energy expenditure. *Public Health Nutr*. 2005 October; 8(7A): p. 1123-1132.
48. Simonson DC, DeFronzo RA. Indirect calorimetry: methodological and interpretative problems. *Am J Physiol*. 1990 March; 258: p. E399-E412.
49. Weir V. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *The Journal of Physiology*. 1949 agosto; 109(1-2).
50. Matarese LE. Indirect Calorimetry: Technical aspects. *The Journal of the American Dietetic Association*. 1997 octubre; 97(10).
51. Schutz Y. On problems of calculating energy expenditure. *Energy Metabolism*. 1997; 36(4):p.s154-s160.
52. Whorld Health Organization, ; Food and Agricultural Organization of the United Nations,; United Nations University. Human energy requirements. In Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation; 2001; Roma. p. 1-96.
53. Carrasco FN, ReyesES, Riedemann KS, Rimler O, Sánchez G, Sarrat G. Measured and predicted resting energy expenditure in obese and non-obeseChilean subjects. A proposal of predictive equations for the Chilean population. *Rev. méd. Chile*. 2002 January; 130(1): p. 51-60.
54. Valencia ME, Moya SY, McNeill G, Haggarty P. Basal metabolic rate and body fatness of adult men in northern Mexico. *Eur J Clin Nutr*. 1994 March; 48(3): p. 205-211.
55. Henry CJ. Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public Health Nutrition*. 2005 Octubre; 8(7A):p.1133-1152.

56. World Health Organization ; Food and Agricultural Organization of the United Nations; United Nations University. Energy and Protein Requirements. In Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation World Health Organization Technical Report Series; 1985; Geneva, Switzerland. p. 724.
57. Bourges H, Casanueva E, Rosado J. recomendaciones de ingestion de nutrimentos para población Mexicana. Bases fisiológicas, Tomo 2 Energía, proteínas, lípidos, hidratos de carbono y fibra México DF: Médica Panamericana; 2008.
58. World Health Organization. Waist Circumference and Waist -Hip Ratio, Report of aWHO Expert Consultation. Geneva: World Health Organization , Expert Consultation; 2008.
59. Friedewald W, Levy R, Fredrickson D. Estimationof the Concentrationof Low-Density Lipoprotein Cholesterol in Plasma, Without Use of the Preparative Ultracentrifuge. CLINICAL CHEMISTRY. 1972 Marzo; 18(6)
60. Argimon J, Jimenez J. Métodos de Investigación Clínica y Epidemiológica. Segunda ed. Madrid: Harcourt; 2000.
61. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. The Lancet. 1986 February 8; 1(8476): p. 307-310.
62. Glynn CC, Greene GW, Winkler MF, Albina JE. Predictive Versus Measured Energy Expenditure Using Limits of Agreement Analysis in Hospitalized, Obese Patients. JPEN J Parenter Enteral Nutr. 1999 June; 23(3): p. 147-154.
63. Kelley M, Penny W, Rust P, Garvey WT. Estimation of Resting Energy Expenditure Considering Effects of Race and Diabetes Status. Diabetes Care. 2004 June; 27(6): p. 1405-1411.m
64. Fullmer S, Benson DS, Earthman CP, Frankenfield DC, Gradwell E, Lee PS, et al. Evidence Analysis Library Review of Best Practices for Performing Indirect Calorimetry in Healthy and NoneCritically Ill Individuals. J Acad Nutr Diet. 2015 September; 115(9): p. 1417-1446.

65. Garrel DR, Jobin N, de Jonge LH. Should we still use the Harris and Benedict equations? *Nutr Clin Pract.* 1996 June; 11(3): p. 99-103.
66. Haaf T, Weijjs PJ. Resting energy expenditure prediction in recreational athletes of 18-35 years: confirmation of Cunningham equation and an improved weight-based alternative. *PLoS One.* 2014 October; 9(10): p. 1-8.
67. Schofield WN, Schofield C, James WPT. Basal metabolical rate -Review and prediction, together with an annotated bibliography of source material. In *Human nutrition. Clinical nutrition.*: London; 1985. p. 4-96.
68. Parra A, Cherem L, De Noriega D, Gutiérrez MC, Lizaur AB, Guerrero C. Comparison of resting energy expenditure determined by indirect calorimetry and estimated by predictive formulas in women with obesity degrees I to III. *Nutr. Hosp.* 2013 April; 28(2): p. 357-364.
69. Quiroz G, Serralde AE, Saldaña MV, Gulias A, Guevara M. Validating an energy expenditure prediction equation in overweight and obese Mexican patients. *Nutr Hosp.* 2014 October; 30(4): p. 749-755.