



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DEL ESTADO DE MORELOS.**



**FACULTAD DE NUTRICIÓN**

**COMPARACIÓN ENTRE LA DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO  
ENERGÉTICO USANDO FÓRMULAS Y CALORIMETRÍA INDIRECTA EN  
SUJETOS SANOS, EN RIESGO Y CON DIABETES MELLITUS TIPO 2.**

## **TESIS PROFESIONAL**

Para obtener el Grado de:

**L I C E N C I A D A E N N U T R I C I Ó N**

**P R E S E N T A:**

**ALMA VELIA PEÑA VAZQUEZ**

**DIRECTORA DE TESIS:**

Dra. Dolores Azucena Salazar Piña

**ASESOR INTERNO:**

M. en C.S Juan Francisco Flores Romero

**SINODALES:**

M. en C. Gabriela Añorve Valdez

M. en C. Damián Arizmendi Echegaray

M. en C. Jesús Gibrán Hernández Pérez

M. D. Omar Calderón Garza

Dra. María Alejandra terrazas Meraz

**CUERNAVACA, MORELOS**

**FEBRERO, 2024**

## **Agradecimientos:**

A mi directora de tesis, la doctora Azucena Salazar Piña, por haberme motivado, guiado y apoyado en todo momento a lo largo de este proyecto, por hacerme saber que soy capaz de lograrlo y apreciar mi esfuerzo y dedicación, por la paciencia, tiempo y compromiso que siempre mostro, por ayudarme cuando me creía estancada, empujarme a dar dos pasas adelante cuando ya había dado cinco hacia atrás, y sobre todo por ser un gran ser humano en todo momento. Al profesor Juan Francisco Flores Romero, mi asesor interno, por dedicar el tiempo necesario a la revisión, corrección de datos y todas las sugerencias posibles durante el desarrollo de la tesis, por siempre explorar toda posibilidad de mejorar.

A mis padres Velia Vázquez y José Antonio Peña agradezco infinitamente por depositar su confianza en mí, apoyarme y guiarme en todas y cada una de mis metas e ilusiones, por darme la oportunidad de tener una carrera y forjarme como la persona que soy el día de hoy; por ser mi pilar y fortaleza aun en la distancia, estar pendientes de mí, aconsejarme y hacerme saber lo bien que estoy haciendo las cosas, por su amor y paciencia a pesar de las adversidades que se han presentado durante el camino muchas gracias.

A mis abuelos Eva y Víctor por enseñarme muchas cosas sobre lo valiosa que es la vida y la importancia de tener una profesión, por llenarme y compartirme mucha de su sabiduría, en especial a mi abuelita por cuidar de mi desde pequeña, por ser siempre un gran pilar en mi desarrollo como persona, por llenarme de tanto amor y hacerme una persona fuerte y firme.

A mis hermanos, José Navidio, José Antonio y Yabethzy, por apoyarme y motivarme en cada paso que siempre daba, porque aún sin pensarlo o buscarlo me han enseñado mucho de la vida, me han motivado e inspirado a vivir la vida, cometer mis propios errores y aprender de ellos, me han ayudado a levantarme y continuar mejorando en el camino, un agradecimiento especial a mi hermano “choco” por permitirme compartir el tiempo de mi licenciatura junto a él y el apoyo incondicional que siempre me brindo en cada situación, por estar para mi cuando sentía que no podía; a todos por llenarme de amor cada uno a su manera.

A mis sobrinos por ser mi mayor motivación para salir adelante y siempre querer y buscar ser una mejor persona en cada ámbito de mi vida, han sido una gran inspiración y un gran reto personal el demostrarles que pueden ser mucho en la vida, y lograr cada cosa que ellos se propongan, además de ellos llenarme de mucha felicidad y amor.

A todos mis amigos y compañeras de trabajo por comprender cuando no tenía tiempo para ellos o cuando no estaba pasando por los mejores momentos, por hacerme saber que estaba haciendo las cosas de la mejor manera y lo orgullosos que están de mí, y un agradecimiento especial a Yazmin y Monserrat por apoyarme en el desarrollo de este proyecto.

## RESUMEN

**Antecedentes:** El Requerimiento Energético (RE), puede ser medido mediante Calorimetría Indirecta (CI) o calculado por fórmulas predictivas para el Gasto Energético Basal (GEB), aunque existen diferencias en el cálculo de las fórmulas predictivas según el estado de salud (estrés metabólico) del sujeto a evaluar.

**Material/métodos:** Es un estudio transversal, donde se incluyeron a 98 sujetos de más de 25 años, divididos en 3 grupos: sanos, en riesgo de diabetes Mellitus tipo 2 y con diagnóstico de Diabetes Mellitus tipo 2. Se les realizó una encuesta sociodemográfica, se les tomaron mediciones antropométricas y se les realizó la medición de calorimetría indirecta a cada uno, para la comparación con 12 fórmulas predictivas. Con el objetivo de comparar las fórmulas predictivas del requerimiento energético y la calorimetría indirecta en sujetos sanos, en riesgo y con Diabetes Mellitus Tipo 2.

**Resultados:** Se observó que el grupo sano tuvo una mayor correlación con la fórmula de la IOM de ( $r=0.6941$ ); para el grupo con riesgo de padecer DMT2 se encontró mayor correlación con la fórmula de FAO/WHO/UNU por peso ( $r=0.7185$ ) y por último en el grupo con DMT2, la mayor correlación se obtuvo con la fórmula de Harris y Benedict ( $r=0.7184$ ).

**Conclusión:** Se observaron diferencias en las fórmulas predictivas del RE según el grupo de estudio, se sugiere IOM para el cálculo de GEB en personas sanas, FAO/WHO/UNU/peso para personas en riesgo, y HB para sujetos con DMT2.

**ABSTRACT.**

**Background:** Energy Requirement (ER) can be measured by Indirect Calorimetry (IC) or calculated by predictive formulas for Basal Energy Expenditure (BEE), although there are differences in the calculation of the predictive formulas according to the health status of the subject to be evaluated.

**Material/methods:** It is a cross-sectional study, which included 98 subjects over 25 years of age, divided into 3 groups: healthy, at risk of type 2 diabetes mellitus and with a diagnosis of type 2 diabetes mellitus. A sociodemographic survey was carried out, anthropometric measurements were taken and indirect calorimetry was performed on each one, for comparison with 12 predictive formulas. The objective was to compare the predictive formulas of the energy requirement and the indirect calorimetry in healthy subjects, at risk and with Diabetes Mellitus Type 2.

**Results:** It was observed that the healthy group had a higher correlation with the IOM formula of ( $r=0.6941$ ); for the group at risk for T2DM, a higher correlation was found with the FAO/WHO/UNU formula by weight ( $r=0.7185$ ) and finally in the group with T2DM, the highest correlation was obtained with the Harris and Benedict formula ( $r=0.7184$ ).

**Conclusion:** Differences were observed in the predictive formulas of the ER according to the study group, IOM is suggested for the calculation of EBG in healthy individuals, FAO/WHO/UNU/weight for individuals at risk, and HB for subjects with T2DM.

**ÍNDICE**

|   |      |
|---|------|
| RESUMEN.....  | III  |
| Índice de tablas.....   | VII  |
| Índice de figuras. ....   | VIII |
| LISTA DE NOMENCLATURA.....  | IX   |
| 1. ANTECEDENTES.....  | 1    |
| 1.1 Requerimiento Energético.....                                       | 1    |
| 1.2 Calorimetría Indirecta.....   | 2    |
| 1.3 Fórmulas para la estimación del Gasto Energético. ....              | 4    |
| 1.3.1 Harris y Benedict (1919).....                                     | 6    |
| 1.3.2 Roza-Shizgal (1984).....  | 6    |
| 1.3.3 Mifflin-St Jeor (1990).....                                       | 7    |
| 1.3.4 FAO/WHO/UNU (2001).....   | 8    |
| 1.3.5 IOM (2005).....   | 9    |
| 1.3.6 Müller & cols. (2004).....  | 9    |
| 1.3.7 Lührmann P & col (2002).....                                      | 10   |
| 1.3.8 Valencia (2008).....  | 10   |
| 1.3.9 Ireton-Jones (1992).....  | 11   |
| 1.3.10 Owen E & col (1986).....   | 11   |
| 1.3.11 Oxford (2005).....   | 12   |
| 1.3.12 Cunningham J.J (1991).....                                       | 12   |
| 1.3.13 Uso y validación de fórmulas predictivas para cálculo de RE..... | 13   |

|  |    |
|--|----|
| 1.4 Medición de Requerimiento Energético en sujetos que no son sanos. .... | 15 |
| 1.4.1 Requerimiento energético en personas con DMT2.....                   | 16 |
| 2. JUSTIFICACIÓN.....  | 19 |
| 3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....  | 20 |
| 4. OBJETIVO GENERAL.....   | 20 |
| 4.1. Objetivos específicos.....  | 20 |
| 6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....                                    | 21 |
| a) Diseño del estudio.....   | 21 |
| b) Universo de trabajo y muestra.....                                      | 22 |
| □ Criterios de inclusión.....  | 23 |
| □ Criterios de exclusión.....  | 23 |
| c. Instrumento de investigación.....                                       | 24 |
| d. Desarrollo del proyecto.....  | 25 |
| e) Aspectos éticos.....  | 26 |
| f. Plan de análisis estadístico.....                                       | 26 |
| 8. RESULTADOS.....   | 27 |
| 9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....  | 40 |
| 10. CONCLUSIONES.....  | 44 |
| 11. LIMITACIONES DEL PROYECTO.....   | 45 |
| 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....  | 46 |
| 12. Anexos.....  | 49 |

**Índice de tablas.**

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> Fórmulas predictivas.....  | 05 |
| <b>Tabla 2.</b> Características sociodemográficas y factores de riesgo en la población de estudio.....   | 29 |
| <b>Tabla 3.</b> Análisis de la composición corporal de los grupos de estudio.....  | 30 |
| <b>Tabla 4.</b> Gasto Energético Basal por calorimetría indirecta y fórmulas, en cada grupo de estudio.....  | 32 |
| <b>Tabla 5.</b> Diferencia de medias entre la energía obtenida a través de calorimetría y cada una de las fórmulas analizadas (entre el grupo sano y los grupos de riesgo y DMT2)..... | 36 |
| <b>Tabla 6.</b> Correlación entre la energía obtenida a través de las 3 fórmulas que más se relacionan con calorimetría y el resto de las fórmulas en sujetos sanos.....               | 38 |
| <b>Tabla 7.</b> Correlación entre la energía obtenida a través de las 3 fórmulas que más se relacionan con calorimetría y el resto de las fórmulas en sujetos con riesgo de DMT2.....  | 38 |
| <b>Tabla 8.</b> Correlación entre la energía obtenida a través de las 3 fórmulas que más se relacionan con calorimetría y el resto de las fórmulas en sujetos con DMT2....             | 39 |

**Índice de figuras.**

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.</b> Clasificación de sujetos.....   | 23 |
| <b>Figura 2.</b> Procedimiento para la selección de fórmulas para cálculo de GEB.....  | 27 |
| <b>Figura 3.</b> correlación entre la energía obtenida a través de calorimetría indirecta y fórmulas en el grupo de Sanos.....   | 33 |
| <b>Figura 4.</b> correlación entre la energía obtenida a través de calorimetría indirecta y fórmulas en el grupo de riesgo de DMT2, mediante la prueba de Spearman ..... | 34 |
| <b>Figura 5.</b> correlación entre la energía obtenida a través de calorimetría indirecta y fórmulas en el grupo de DMT2, mediante la prueba de Spearman .....           | 35 |

## LISTA DE NOMENCLATURA

| <b>Símbolo</b>    | <b>Descripción</b>  | <b>Unidades</b> |
|-------------------|---|-----------------|
| AF                | Actividad física  | -               |
| Edad              | Edad del individuo analizado  | Años            |
| GEB               | Gasto energético basal  | Kcal/día        |
| GER               | Gasto energético en reposo  | Kcal/día        |
| GET               | Gasto energético total  | Kcal/día        |
| MG                | Masa grasa  | %               |
| MLG               | Masa libre de grasa   | kg              |
| Peso              | Peso del individuo  | Kg              |
| REE               | Requerimiento energético estimado   | Kcal/día        |
| Talla             | Estatura del individuo  | Cm              |
| TMB               | Tasa metabólica basal   | Kcal/día        |
| <b>Subíndices</b> |   |                 |
| <i>H</i>          | Hombre  | —               |
| <i>M</i>          | Mujer   | —               |
| <b>Acrónimos</b>  |   |                 |
| ADA               | American Diabetes Association   |                 |
| AF                | Actividad física  |                 |
| ALAD              | Asociación Latinoamericana de Diabetes  |                 |
| CI                | Calorimetría Indirecta  |                 |
| DMT2              | Diabetes Mellitus Tipo 2  |                 |
| ECV               | Enfermedad cardiovascular   |                 |
| ETA               | Efecto térmico de los alimentos   |                 |
| FAO               | Organización para la Agricultura y la Alimentación /Food and Agriculture Organization |                 |
| GEB               | Gasto energético basal  |                 |
| GER               | Gasto energético en reposo  |                 |
| GET               | Gasto energético total  |                 |
| IMC               | índice de masa corporal   |                 |
| MG                | Masa grasa  |                 |
| MLG               | Masa libre de grasa   |                 |
| RE                | Requerimiento energético  |                 |
| TMB               | Tasa metabólica basal   |                 |
| UAEM              | Universidad Autónoma del Estado de Morelos  |                 |
| UNU               | Universidad de las Naciones Unidas/United Nations University                          |                 |
| WHO               | Organización Mundial de la Salud/World Health Organization                            |                 |

## **1. ANTECEDENTES**

### **1.1 Requerimiento Energético**

El requerimiento energético (RE) representa la necesidad calórica diaria de una persona para la realización de todas sus actividades cotidianas, la FAO/WHO/UNU (*Food and Agriculture Organization/ Organización para la Agricultura y la Alimentación; World Health Organization/ Organización Mundial de la Salud; United Nations University/ Universidad de las Naciones Unidas*) en 1985 sugirieron que el requerimiento de energía debe basarse en el gasto energético total (GET) diario en individuos estables en peso, constituido por el gasto energético basal (GEB), que suministra la energía que requiere el cuerpo para mantener la temperatura corporal, el trabajo de los órganos y el movimiento normal de los músculos para la respiración durante el reposo; este término fue acuñado en 1899 por Magnus-Levy (1, 2).

El RE se realiza con la finalidad de estimar las necesidades calóricas de un individuo, tomando en cuenta el balance energético ya sea con un valor positivo que ocurre cuando la ingesta de calorías es mayor que el gasto energético, por el contrario, un valor negativo cuando la ingesta de calorías es menor que el gasto energético, siempre buscando un equilibrio adecuado en nuestro organismo (1, 3).

En la actualidad existen diferentes métodos para calcular el requerimiento energético, como la Calorimetría Indirecta (CI), la bioimpedancia eléctrica, el agua doblemente marcada, sensores de movimiento y vectores de aceleración, monitor metabólico de actividad física, densitometría, la absorciometría de doble energía

radiológica –DEXA–, la tomografía y las diferentes ecuaciones predictivas ya establecidas.

La calorimetría indirecta, el agua doblemente marcada y monitores metabólicos de actividad física, son algunos de los métodos más precisos para la estimación de RE, no obstante, su elevado costo y la dificultad que representa su utilización hacen que exista poca información sobre el uso de las mismas, por lo que se destinan principalmente a la investigación y a la validación de otras técnicas o fórmulas; la forma más accesible y precisa para calcular el requerimiento energético en clínicas y centros hospitalarios es mediante calorimetría indirecta, la cual determina el gasto energético en reposo (GER) que se obtiene en las condiciones descritas para el GEB pero no en ayuno, incluyendo por tanto la energía utilizada para el aprovechamiento biológico de los alimentos (4, 5).

## **1.2 Calorimetría Indirecta**

Como ya se mencionó, de las técnicas para calcular el requerimiento energético, la más exacta y viable para fines prácticos según la evidencia, es la calorimetría indirecta que mide el consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono para calcular el gasto de energía. Sin embargo, con objeto de minimizar posibles errores de estimación, el método requiere unas estrictas condiciones durante la medición. Una de ellas, es el confinamiento del sujeto la noche previa a la determinación, lo que ha motivado que, en general, se acepte como equivalente del gasto energético basal (GEB), el gasto energético en reposo (GER). Por tanto, para determinar el GER el sujeto se mantiene despierto, recostado en posición de

decúbito supino, tras 10-12 horas de ayuno, 8 horas de inactividad física y en estado de relajación mental. La temperatura de la habitación debe mantenerse a 22-26°C, de modo que el sujeto no ponga en marcha mecanismos de producción o disipación de calor. Para evitar el estrés asociado a la técnica de medida (uso de canopio, mascarilla o boquilla) es importante que el individuo esté familiarizado con el aparato (4, 6, 7).

En cuanto a la calorimetría indirecta existen dos tipos, la primera es la CI circulatoria, que calcula el gasto energético usando la saturación de oxígeno arterial y la saturación de dióxido de carbono de la sangre venosa mixta (obtenida por un catéter en la arteria pulmonar), y aplicando la ecuación de Fick (8). Existe la CI ventilatoria, que es un método basado en el cálculo del GER a través de la fórmula de Weir, donde se mide el  $VO_2$ , el  $VCO_2$  y la pérdida urinaria de nitrógeno (N) (9). Adicionalmente, la CI permite calcular el Cociente Respiratorio (CR) que es la relación existente entre la  $VCO_2/VO_2$ ; donde un metabolismo equilibrado estará entre los rangos de 0,7 a 1,10; mientras que un valor  $< 0,7$  significa lipólisis y un valor  $> 1,10$  indica lipogénesis por exceso de carbohidratos (8).

Otro de los instrumentos que permiten medir el gasto energético, es la calorimetría directa, que es considerada como el método más preciso para determinar el GER y consiste en colocar a la persona dentro de una cámara aislada y sellada, donde se cuantifica el calor generado por el individuo a través de los cambios de temperatura del aire y el agua que ingresan y salen de la cámara. Es un método costoso, que requiere un equipo complejo y no es práctico, por lo que en la actualidad su principal uso es en investigación (8, 10).

### **1.3 Fórmulas para la estimación del Gasto Energético.**

Por otro lado, están las fórmulas predictivas para calcular el requerimiento energético, que se basan en mediciones antropométricas, como el peso, altura, Índice de Masa Corporal (IMC), masa grasa o masa libre de grasa; así como datos sociodemográficos como la edad, sexo, condiciones relacionadas con enfermedades o combinaciones de estos factores (Tabla1) (4). Las estimaciones de las fórmulas predictivas del RE generalmente se consideran precisas si se encuentran dentro de un rango de error del 10% en comparación con la calorimetría indirecta. Cuando se aplican en poblaciones diferentes a aquellas en las cuales fueron desarrolladas, presentan una gran variabilidad, además de factores que pueden modificar los parámetros de dicha fórmula y que afectan significativamente los errores de predicción, por ejemplo cuando se presentan los extremos de peso o estados de enfermedad extrema (6). Las fórmulas que se mencionan a continuación usan términos como: TMB, GEB, REE, GER, los cuales hacen referencia al mismo término.

**Tabla 1.** Fórmulas predictivas.

| Fórmulas                         | Características del estudio                                       | Sexo |   | Datos  | Subclasificación                                       |
|----------------------------------|---|------|---|--|--|
|                                  |   | F    | M |  |  |
| <b>Harris y Benedict (1919)</b>  | Sanos, enfermos: diabéticos, tiroides, entre otras.               | x    | X | “Peso, talla y edad”   |  |
| <b>Roza-Shizgal (1984)</b>       | Sanos, desnutrición, quirúrgicos generales, sin medicación.       | X    | X | “Peso, talla y edad”   |  |
| <b>Owen E y Cols (1986)</b>      | Sanos; delgados y obesos; deportistas                             | X    |   | “Peso”   |  |
| <b>Mifflin-St Jeor (1990)</b>    | Sanos; IMC normal y con sobrepeso                                 | X    | X | “Peso, talla y edad”   |  |
| <b>Cunningham J.J (1991)</b>     | Normo peso, obesos. Composición corporal.                         | X    | X | “Masa libre de grasa”  |  |
| <b>Ireton - Jones J (1992)</b>   | >14 años. Diagnóstico del paciente, obesos y estado ventilatorio. | X    | X | “Peso, talla, edad, sexo, presencia (1) o ausencia (0) de obesidad |  |
| <b>FAO/WHO/UNU (2001)</b>        | Asiáticos, trópicos, afroamericanos                               | X    | X | “Peso y talla”   | A) 18-30 años B) 30-60 años<br>1) Peso 2) Peso y talla |
| <b>Lührmann P y Cols. (2002)</b> | Adultos sin enfermedades  | X    | X | “Peso, edad y sexo (F:0 M:1)                                       |  |
| <b>Müller y Cols. (2004)</b>     | Sanos; delgados (IMC 18.5), sobrepeso y obesidad                  | X    | X | “Peso y edad”  |  |
| <b>IOM (2005)</b>                | Canadienses y estadounidenses                                     | X    | X | “Peso, talla y edad”   |  |
| <b>Oxford (2005)</b>             | Edad, sexo, peso, sanos, etnia y localización geográfica.         | X    | X |  | A) 18-30 años<br>B) 30-60 años                         |
| <b>Valencia (2008)</b>           | Mexicanos, de 18-40 años  |      | X |  | A) 18-30 años B) 30-60 años<br>C) >60 años 1) Sexo     |

### 1.3.1 Harris y Benedict (1919)

En 1919, la Institución Carnegie de Washington publicó “A Biometric Study of Basal Metabolism in Man”, de J. Arthur Harris y Francis G. Benedict. Donde Harris y Benedict propusieron 2 ecuaciones de predicción para el gasto de energía basal en personas con varios estados de enfermedad como diabetes, tiroides y otras enfermedades. Posteriormente, en 1928, 1932 y 1935, se publicaron estudios sobre el GEB adicionales (11-13).

Las fórmulas (1-2) de Harris-Benedict propuestas en 1919:

$$GEB_H = (66.4730 + 13.7516 \cdot \text{peso} + 5.0033 \cdot \text{talla} - 6.7550 \cdot \text{edad}). \quad (1)$$

$$GEB_M = (655.0955 + 9.5634 \cdot \text{peso} + 1.8496 \cdot \text{talla} - 4.6756 \cdot \text{edad}). \quad (2)$$

Donde  $GEB$  es el gasto energético basal, definido en kilocalorías por día (kcal/día). Que es el producto del peso del individuo (kg), dependiente de la edad (años), para diferentes intervalos de esta. Los subíndices  $H$  y  $M$  hacer referencia al género de la persona: (H) hombre y (M) mujer.

### 1.3.2 Roza-Shizgal (1984)

En el estudio de Roza-Shizgal se utilizaron los datos de Harris Benedict para correlacionar el GEB, como variable dependiente, con la edad, talla y peso como variables independientes. Se derivaron ecuaciones separadas tanto para hombres como para mujeres. Esto se llevó a cabo por separado para el grupo original de 239 sujetos y para el grupo combinado de 337 sujetos. (14).

Las fórmulas (3-4) de Harris-Benedict revisadas por Roza-Shizgal en 1984:

$$REE_H = 88.362 + (4.799 \cdot talla) + (13.397 \cdot peso) - (5.677 \cdot edad) \quad (3)$$

$$REE_M = 447.593 + (3.098 \cdot talla) + (9.247 \cdot peso) - (4.33 \cdot edad) \quad (4)$$

Donde *REE* es el requerimiento energético basal (kcal/día), (H) hombre y (M) mujer, talla (cm), peso (kg), edad (años)

### 1.3.3 Mifflin-St Jeor (1990)

Mark D. Mifflin, Sachiko St Jeor y colaboradores, publicaron en 1990 una ecuación para predecir el gasto energético basal en individuos sanos, con una muestra de 264 individuos de IMC normal y 234 con obesidad, en quienes se evaluó el GEB por medio de calorimetría indirecta. (15).

Las fórmulas (5-6) propuestas por Mifflin y colaboradores en 1990 fueron las siguientes:

$$GER_H = (9.99 \cdot peso) + (6.25 \cdot talla) - (4.92 \cdot edad) + 5 \quad (5)$$

$$GER_M = (9.99 \cdot peso) + (6.25 \cdot talla) - (4.92 \cdot edad) - 161 \quad (6)$$

Donde *GER* es el gasto energético basal (kcal/día), (H) hombre y (M) mujer, peso (kg), talla (cm), edad (años).

### 1.3.4 FAO/WHO/UNU (2001)

Los expertos de la Organización para la Agricultura y la Alimentación, la Organización Mundial de la Salud y la Universidad de las Naciones Unidas, realizaron una revisión científica sobre el GEB y datos antropométricos de 2,238 individuos de ambos sexos. (16).

Las fórmulas (7-10) propuestas por FAO/WHO/UNU de 2005 fueron las siguientes:

#### A. Mediante peso

$$GER_H = \begin{cases} 18 \text{ a } 30 \text{ años } (15.057 \cdot \text{peso}) + 692.2 \\ 30 \text{ a } 60 \text{ años } (0.048 \cdot \text{peso}) + 3.653 \end{cases} \quad (7)$$

$$GER_M = \begin{cases} 18 \text{ a } 30 \text{ años } (14.818 \cdot \text{peso}) + 486.6 \\ 30 \text{ a } 60 \text{ años } (8.126 \cdot \text{peso}) + 845.6 \end{cases} \quad (8)$$

#### B. Mediante peso y talla

$$GER_H = \begin{cases} 18 \text{ a } 30 \text{ años } (15.057 \cdot \text{peso}) - (0.1 \cdot \text{talla}) + 705.8 \\ 30 \text{ a } 60 \text{ años } (11.47 \cdot \text{peso}) - (0.026 \cdot \text{talla}) + 877.2 \end{cases} \quad (9)$$

$$GER_M = \begin{cases} 18 \text{ a } 30 \text{ años } (13.623 \cdot \text{peso}) + (2.83 \cdot \text{talla}) + 98.2 \\ 30 \text{ a } 60 \text{ años } (8.126 \cdot \text{peso}) + (0.014 \cdot \text{talla}) + 843.7 \end{cases} \quad (10)$$

$GER$  (kcal/día), (H) hombre y (M) mujer, talla (cm), peso (kg).

### 1.3.5 IOM (2005)

La fórmula creada por el Institute of Medicine (IOM) en 2005 para población canadiense y estadounidense utiliza peso, altura, edad y sexo para su cálculo (17).

La fórmula (11) propuestas por IOM en 2005 fue la siguiente:

$$GEB = 247 - (2.637 \cdot edad) + (401.5 * \left(\frac{talla}{100}\right) + 8.6 * peso) \quad (11)$$

(kcal/día), (talla (cm), peso (kg), edad (años), AF es la actividad física

### 1.3.6 Müller & cols. (2004)

Manfred J. Müller y sus colaboradores, publicaron en 2004, ecuaciones de referencia para la estimación del GEB, en el Instituto de Nutrición Humana y Ciencias de la Alimentación de la Universidad zu Kiel en Kiel, Alemania., en 2,528 individuos de 5 a 91 años, (18).

Las fórmulas (12-13) propuestas por Manfred J. Müller y sus colaboradores en 2004 fueron las siguientes:

$$GER_H = [(0,047 \cdot peso) - (0,01452 \cdot edad) + 3,21] + 1,009 \cdot 238,8 \quad (12)$$

$$GER_M = [(0,047 \cdot peso) - (0,01452 \cdot edad)] + 3,21 \cdot 238,8 \quad (13)$$

GER (kcal/día), (H) hombre y (M) mujer, peso (kg), edad (años)

### 1.3.7 Lührmann P & col (2002)

Lührmann P., y colaboradores, publicaron en 2002 el artículo “A new equation especially developed for predicting resting metabolic rate in the elderly for easy use in practice”, donde se tuvo una muestra de 179 mujeres (edad  $67.8 \pm 5,7$  años, IMC  $26.4 \pm 3,7$  kg/m<sup>2</sup>) y 107 hombres (edad  $66.9 \pm 5,1$  años, IMC  $26.3 \pm 3,1$  kg/m<sup>2</sup>) (19).

La fórmula (15) propuestas por Lührmann P., y colaboradores en 2002 fueron las siguientes:

$$TMB = 3169 + 50,0 \cdot peso - 15,3 \cdot edad + 746 \cdot sexo \quad (14)$$

*TMB* (kcal/día), peso (kg), edad (años), sexo (femenino=0, masculino=1)

### 1.3.8 Valencia (2008)

En 1994, Valencia, et al., investigaron la sobre predicción del GEB en 32 hombres mexicanos de entre 18 y 40 años, comparando el resultado con el GEB medido mediante calorimetría indirecta con campana ventilada Deltatrac; además de las ecuaciones de la FAO/WHO/UNU 1985 (20).

Las fórmulas (16-17) propuestas por Valencia, son las siguientes:

$$GEB_H = \begin{cases} 18 \text{ a } 30 \text{ años} = 13,37 \cdot peso + 747 \\ 30 \text{ a } 60 \text{ años} = 13,08 \cdot peso + 693 \\ > 60 \text{ años} = 14,21 \cdot peso + 429 \end{cases} \quad (15)$$

$$GEB_M = \begin{cases} 18 \text{ a } 30 \text{ años} = 11,02 \cdot peso + 679 \\ 30 \text{ a } 60 \text{ años} = 10,92 \cdot peso + 679 \\ > 60 \text{ años} = 10,98 \cdot peso + 520 \end{cases} \quad (16)$$

*GET* (kcal/día), (H) hombre y (M) mujer, peso (kg)

### 1.3.9 Ireton-Jones (1992)

En 1992 la nutrióloga Carol Ireton-Jones diseñó una nueva ecuación, utilizando una metodología similar a la empleada por Harris-Benedict en 1919 para crear la ecuación del GEB. Esta ecuación incluye consideraciones sobre el diagnóstico del paciente, obesidad y estado ventilatorio (21).

La fórmula (17) propuestas por Ireton - Jones en 1992 fue la siguiente:

$$REE = 629 - 11 \times edad + 25 \cdot peso - 609 \cdot obesidad \quad (17)$$

*REE* (kcal/día), edad (años), peso (kg), obesidad (1: presente; 0: ausente)

### 1.3.10 Owen E & col (1986)

Owen E y colaboradores, publicaron en 1986 un artículo “A reappraisal of caloric requirements in healthy women” donde se midió por calorimetría indirecta el gasto calórico de 44 mujeres sanas, delgadas y obesas, de las cuales 8 eran deportistas entrenadas (22). Las fórmulas (18-19) propuestas por Owen E y colaboradores en 1986 fueron las siguientes:

$$GEB_H = 879 + (10.2 \cdot peso) \quad (18)$$

$$GEB_M = 795 + (7.18 \cdot peso) \quad (19)$$

*GEB* (kcal/día), (H) hombre y (M) mujer, peso (kg).

### 1.3.11 Oxford (2005)

Entre 1980 y 2000, un grupo de expertos seleccionó estudios sobre el GEB que incluyeron los siguientes aspectos: edad, peso y género; descripción de las condiciones experimentales y del equipo usado para la medición del GEB; mediciones en sujetos sanos, en estado postabsortivo y sin AF previa y, descripción de la etnia y de la localización geográfica (23).

Las fórmulas (20-21) propuestas por Oxford son las siguientes:

$$TMB_H = \begin{cases} 18 \text{ a } 30 \text{ años} = 16.0 \cdot \text{peso} + 545 & (20) \\ 30 \text{ a } 60 \text{ años} = 14.2 \cdot \text{peso} + 593 \end{cases}$$

$$TMB_M = \begin{cases} 18 \text{ a } 30 \text{ años} = 13.1 \cdot \text{peso} + 558 & (21) \\ 30 \text{ a } 60 \text{ años} = 9.74 \cdot \text{peso} + 694 \end{cases}$$

$TMB$  (kcal/día), (H) hombre y (M) mujer, peso (kg).

### 1.3.12 Cunningham J.J (1991)

En 1991 Cunningham J.J., propuso una fórmula, que se basa en la relación de GEB y masa libre de grasa (MLG). La información para su ecuación fue tomada de ocho estudios publicados en la década de 1980, que incluían a 1483 sujetos; hombres y mujeres con peso normal y obesos, sin información detallada sobre la edad; haciendo énfasis en la importancia de la composición corporal, según la edad para poder determinar el gasto calórico según el sujeto (24, 25).

La fórmula (22) propuesta por Cunningham en 1991 es la siguiente:

$$TMB = 370 + 21.6 \cdot MLG \quad (22)$$

$TMB$  (kcal/día), donde  $MLG$  es la masa libre de grasa (kg).

### **1.3.13 Uso y validación de fórmulas predictivas para cálculo de RE**

Bendavid I. y cols., mencionan que las ecuaciones de Harris-Benedict funcionan razonablemente bien en personas con problemas metabólicos como lo es la obesidad, siendo precisas en el 68,5 % de los pacientes con un IMC entre 25 y 40 kg/m<sup>2</sup> y en el 62,4 % de los pacientes con un IMC superior a 40 kg/m<sup>2</sup>. En un estudio reciente, se observó que usando fórmula de HB el 33 % de todas las predicciones fueron inexactas, y las fórmulas con mejor predicción alcanzaron solo el 60 % de precisión en todos los grupos de peso (7).

Frankenfield D. y cols., analizaron varios artículos sobre la validez de las ecuaciones predictivas para el RE, en personas obesas y no obesas, de diversos grupos étnicos y edades, encontrando que las fórmulas predictivas más utilizadas en el campo clínico son: Harris y Benedict, Owen, FAO/WHO/UNU y Mifflin -St Jeor; siendo esta última la más confiable, presentando un error máximo de subestimación del 18%, y un error máximo de sobreestimación del 15% de la TMB medida, tanto en personas obesas y no obesas, teniendo el rango de error más pequeño (26). Por otro lado en un grupo de estudios similar se encontró que la fórmula de Owen mostró una mejor concordancia en comparación con la CI (27).

Ferrerira S. y cols., compararon el GEB en 90 pacientes con cirrosis mediante CI, análisis de impedancia bioeléctrica y fórmulas predictivas, donde las ecuaciones de la IOM y la FAO/WHO/UNU tuvieron la mejor concordancia con la CI (28). Por otra parte, Acar-Tek N. y cols., realizaron en niños y adolescentes con diferentes IMC, la validación de diferentes fórmulas predictivas, encontrando una mayor precisión

en la fórmula de la IOM con un 63.8%, solo en participantes con un peso normal, para el grupo con sobre peso esta fórmula tuvo una sobreestimación de 439.9 kcal/día, esto en comparación con la CI (29).

La fórmula predictiva para el RE, propuesta por Lührmann P., es considerada la más viable para la población adulta, debido a que encontraron un menor rango de error de estimación, en comparación con otras fórmulas como la descrita por la WHO, además tomando en cuenta que la muestra utilizada para la realización de esta ecuación fue mucha más significativa con un mayor número de sujetos de estudio y en su mayoría adultos mayores (19, 30).

En 2013, Parra y colaboradores, compararon la determinación del GEB mediante calorimetría indirecta en contraste con las ecuaciones Harris-Benedict, Mifflin-St Jeor, Organización Mundial de la Salud, IOM, Fórmula Rápida y Valencia; donde esta última ecuación mostró un desempeño destacado en la estimación del GEB, ya que presenta una precisión de 64%, esto al analizarlo en un grupo sujetos con obesidad de grado I-III, por otro lado en obesidad grados III, su precisión fue de hasta 78% en comparación con otras fórmulas (4, 20).

La fórmula de Ireton - Jones ha sido utilizada para comparar el gasto energético en reposo en pacientes hospitalizados y/o quemados, tanto en niños-adolescentes y adultos, obteniendo correlaciones significativas en comparación con la calorimetría indirecta en la mayoría de los casos (31); sin embargo, Anderreg B. y cols., en 2009 analizaron diferentes fórmulas en donde incluyeron Ireton - Jones y Harris y Benedict, encontrando que esta última tuvo una correlación de 0,59 en este grupo de paciente, en comparación con la CI; además mostró un menor sesgo, con una

diferencia de medias entre el RE predicho por las fórmulas predictivas y el RE medido por CI de 110,1 kcal(32).

La fórmula de Cunningham ha sido desarrollada y empleada en atletas de alto rendimiento, mostrando en múltiples estudios resultados similares en comparación con la CI y otras fórmulas predictivas del RE como OMS, Mifflin-st Jeor y HB (33).

#### **1.4 Medición de Requerimiento Energético en sujetos que no son sanos.**

Debido a que somos seres cambiantes, y envejecemos con el paso de los años, las fórmulas de predicción no son exactas en cada etapa de la vida, mucho menos cuando se presenta una patología, en sus diferentes etapas, como en el caso de la prediabetes o Diabetes Mellitus tipo 2, que es un trastorno metabólico heterogéneo caracterizado por la hiperglucemia debido al deterioro de la secreción de insulina, acción defectuosa de la insulina, o ambas (34). Cuando esta hiperglucemia se vuelve crónica aumenta el riesgo de complicaciones microvasculares a largo plazo, que afectan diferentes órganos de nuestro organismo como ojos, riñón, nervios y mayor riesgo de presentar enfermedades cardiovasculares (ECV). En la actualidad más de 350 millones de adultos en todo el mundo están en riesgo de desarrollarla y esta cifra va en aumento (34).

Por otro lado, los términos “prediabetes” o “sujetos en riesgo” hace referencia a una glucosa en ayunas alterada (110mg/dL- 125mg/dL), intolerancia a la glucosa, o una hemoglobina glicosilada de 6.0% a 6.4% (35). Es por eso que las fórmulas no son

totalmente fiables, ya que algunos de sus componentes pueden variar su resultado, como la edad o si es un sujeto sano o enfermo; pues se ha demostrado que estos factores influyen en las fórmulas para el RE cuando se comparan con resultados de la calorimetría indirecta además, la mayoría de las fórmulas ya preestablecidas han sido desarrolladas en sujetos libres de enfermedad, con normo peso y/o de una población en particular, por lo tanto, seleccionar la ecuación predictiva más precisa para un grupo de edad específico, con Diabetes Mellitus tipo 2 o en riesgo de esta, es importante para evitar sobreestimar o subestimar los requerimientos de energía (1, 36).

#### **1.4.1 Requerimiento energético en personas con DMT2**

Se investigó en la “American Diabetes Association”, “Asociación Latinoamericana de Diabetes” y en la NOM-015-SSA2-2010 “Para la prevención, tratamiento y control de la Diabetes Mellitus”; referencias que proporcionaran información certera sobre alguna fórmula ya desarrollada para estimar el RE en pacientes con DMT2, pero, la información que se encontró habla acerca de la distribución de los macronutrientes de la dieta, así como alternativas y recomendaciones, pero no sobre el RE. Sin embargo, en algunos motores de búsqueda como PubMed se encontraron artículos en los cuales se describen investigaciones sobre el RE en pacientes con diabetes (37, 38).

Para el gasto energético total de un paciente con DMT2 se utilizan las fórmulas de Harris-Benedict y Mifflin-St Jeor, pero con una restricción calórica de 500-1000 kcal, en sujetos con sobre peso u obesidad, o según las necesidades de cada sujeto,

aunque no se recomiendan por más de 12 semanas ya que podrían representar la pérdida de músculo y agua corporal. Las autoridades sanitarias y sociedades científicas recomiendan una dieta hipocalórica, la pérdida de peso recomendada es de 0.5-1 kg por semana (39).

Según la Asociación Latinoamericana de Diabetes (ALAD), el plan de alimentación debe aportar 800-1500 kcal/día para hombres con IMC <37 kg/m<sup>2</sup> y mujeres con IMC <43 kg/m<sup>2</sup>; y 1500-1800 kcal/día para pacientes con IMC superiores a esos valores. Para pacientes con ese tamaño corporal y requerimiento calórico, 1500 a 1800 calorías constituye una dieta hipocalórica (38). Mientras que la ADA recomienda restringir 500 a 1000 kcal diarias del consumo habitual en pacientes con sobrepeso u obesidad (40).

En el artículo "Comparison of Equations Estimating Resting Metabolic Rate in Older Adults with Type 2 Diabetes", publicado en el "Journal of Clinical Medicine" se midió el GEB en 90 adultos mayores de 65 años con DMT2 y un índice de masa corporal medio de 31,5 kg/m<sup>2</sup>, usando calorimetría indirecta. Los resultados se compararon con cuatro ecuaciones de uso frecuente (las de Cunningham, Harris y Benedict, y Gougeon desarrolladas para adultos jóvenes con DMT2, y la de Lührmann, que fue desarrollada para personas mayores), además de una nueva ecuación desarrollada recientemente en la Academia College at Wingate (Nachmani) para personas con sobrepeso. Las ecuaciones de Nachmani y Lührmann tuvieron la mejor precisión de estimación: 71,4% en hombres y 50,9% en mujeres. La masa muscular esquelética, la masa grasa, la hemoglobina A1c (HbA1c) y el uso de insulina explicaron el 70,6 % de la variabilidad en la TMB medida. Sin embargo, se menciona que ninguna de

las ecuaciones logro dar una estimación precisa del GEB en más del 60% de los sujetos, sobre todo en mujeres (25).

En otro estudio se calculó el gasto energético en reposo en hombres sanos y con diabetes mediante diferentes métodos como calorimetría indirecta, fórmula de Harris-Benedict, fórmula Cunningham y ecuación del ICMR (Consejo Indio de Investigación Médica), las diferencias de calorías fueron de 1.58 kcal, 123.4 kcal, 22.11 kcal y 47.95 kcal, respectivamente, en todos los métodos, excepto ICMR, en este el gasto energético fue mayor en pacientes sanos. En diversos estudios utilizan la calorimetría indirecta como método para obtener la ingesta calórica diaria (41-43)

Hasta el momento, con la búsqueda realizada no se cuenta con información específica para población mexicana, ni para sujetos con DMT2, por lo que, en este proyecto se plantea la posibilidad de analizar si existen y como se presentan las diferencias entre el gasto energético determinado por CI en comparación con diferentes fórmulas.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Existen diferentes métodos para calcular el requerimiento energético basal, como las fórmulas predictivas, que son utilizadas en el campo clínico tanto por médicos como por nutriólogos, por el fácil acceso a ellas, de las cuales se han analizado su validez en diferentes estudios, sin embargo, no hay alguna fórmula creada para sujetos mexicanos con riesgo de DMT2 o aquellos que viven con DMT2. Aunque son utilizadas para esta población, han sido desarrolladas para otras patologías o en sujetos sanos.

Por otro lado, existe la Calorimetría Indirecta, que es considerada como el estándar de oro para la medición de RE. Sin embargo, requiere de equipo especializado, así como personal capacitado para su realización; condiciones específicas con las que debe cumplir el sujeto, así como un espacio específico para llevarse a cabo. El costo del equipo dependiendo de su calidad y marca, puede oscilar \$350,000 a \$2,000,000 (pesos mexicanos).

Por ello es necesario analizar que fórmula predictiva presenta mayor correlación con el GEB de las personas sanas, en riesgo de DMT2 o con DMT2, ya que esto podría contribuir para tener un adecuado cálculo del RE, lo que puede auxiliar en la elección de un tratamiento nutricional adecuado.

### **3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuál es la fórmula predictiva que tiene una mayor correlación con la calorimetría indirecta para estimar el gasto energético basal, en personas sanas, con diabetes mellitus tipo 2 y en riesgo?

### **4. OBJETIVO GENERAL**

Comparar las fórmulas predictivas del requerimiento energético y la calorimetría indirecta en sujetos sanos, en riesgo y con Diabetes Mellitus Tipo 2.

#### **4.1. Objetivos específicos**

- Realizar una revisión bibliográfica en PubMed de artículos científicos que establezcan fórmulas para el requerimiento energético basal, para determinar las fórmulas a utilizar en el estudio.
- Determinar el requerimiento energético en reposo mediante calorimetría indirecta como estándar de oro, para compararlo con las fórmulas predictivas del gasto energético basal.
- Determinar las mediciones antropométricas en sujetos sanos, en riesgo de diabetes y con diabetes mellitus tipo 2, para comparar el RE con la CI.
- Calcular el GEB mediante fórmulas en Excel, para realizar una base de datos en STATA y proceder al análisis estadístico.

## 6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

### a) Diseño del estudio

El presente proyecto es un estudio transversal, secundario derivado del proyecto "Estudio piloto: Caracterización de modelos matemáticos sobre la homeostasis de la glucosa en la población mexicana con diabetes tipo 2 y aquellos con factores de riesgo". Este proyecto fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencias y tecnología (CONACYT) (*clave de proyecto; 320155*) y de él se obtuvo una beca para desarrollo de tesis de licenciatura (número de registro; **31846**).

En el estudio primario se tenía como meta una muestra a conveniencia de 50 personas sanas, 50 personas con factores de riesgo y 50 personas con Diabetes mellitus tipo 2; todas estas personas con un rango de edad de 25 a 60 años, se les hizo entrega del consentimiento informado, una vez aceptado, se aplicó el cuestionario sociodemográfico para clasificarlos en los grupos de estudio: sanos, en riesgo de DMT2 y con DMT2, se realizó un cuestionario internacional de actividad física: IPAQ (44) para saber cómo suelen ser sus hábitos en cuanto a ello, con 4 diferentes categorías; además de un recordatorio de 24 horas (R24H) de múltiples pasos iterativos, también se les realizó toma de talla y bioimpedancia eléctrica para obtener datos sobre su composición corporal como: peso, IMC, % de grasa corporal, grasa visceral y masa libre de grasa, además se colocó en el brazo izquierdo (músculo tricipital) de los sujetos un sensor de glucosa intersticial continua por 14 días, de la marca "FreeStyle Libre" y se les proporcionó un lector de la misma marca que fue configurado en el momento o se les pidió descargar la aplicación

“LibreLinkUp” que es compatible con el sensor para hacer sus monitorizaciones. Se determinó GEB mediante el desarrollo de una prueba de calorimetría.

### **b) Universo de trabajo y muestra**

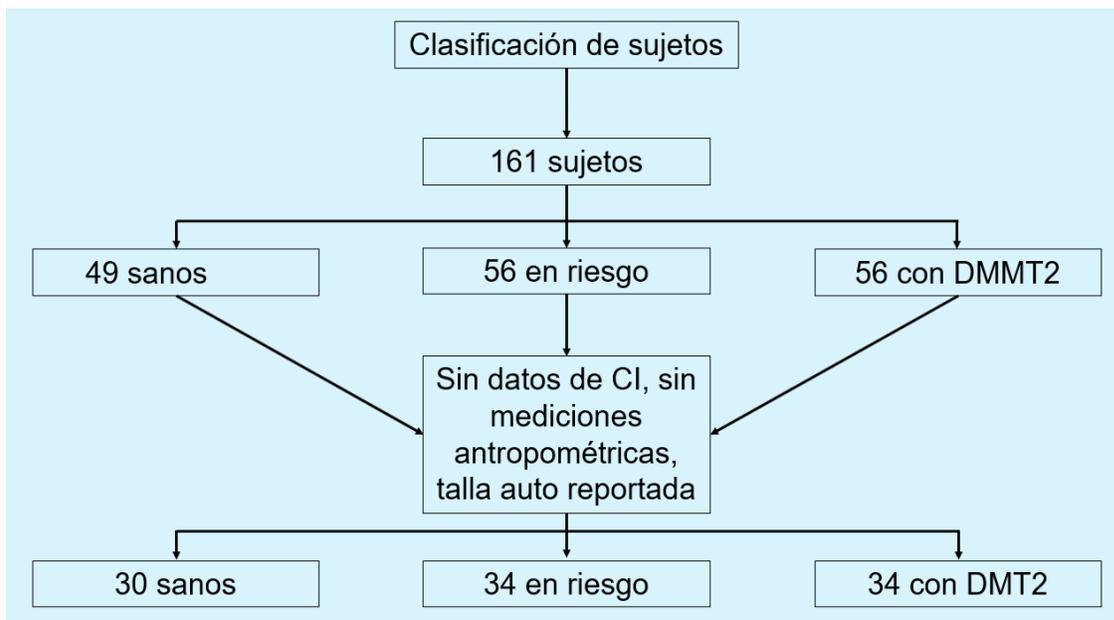
Para el proyecto inicial se esperaba contar con una muestra inicial de 150 sujetos, sin embargo, para el presente proyecto se captó un total de 161 sujetos mayores a 25 años, de ambos sexos, se les explico el objetivo del proyecto, posibles beneficios e incluso riesgos de la intervención; los sujetos que aceptaron participar firmaron una carta de consentimiento informado. La captación de dichos sujetos se realizó a través de consultas en el Hospital de Alta Especialidad “Centenario de la Revolución Mexicana” del ISSSTE, Emiliano Zapata, Morelos; el “Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico” CENIDET; Instituto Tecnológico de Zacatepec, así como de la Clínica de Nutrición y Orientación Alimentaria de la Facultad de Nutrición de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Se formaron tres grupos de estudio, un grupo de sujetos sanos, otro con pacientes en riesgo de DMT2 y por último con pacientes diagnosticados con DMT2, para posteriormente realizar las comparaciones entre los grupos. Para la clasificación de los sujetos sanos se tomaron en cuenta diferentes criterios, para el grupo sano se tomó en cuenta que no presentara diagnóstico de DMT2 y un IMC de 18.5 a 24.9 kg/m<sup>2</sup>; para los sujetos en riesgo se consideró si presentaban antecedentes heredofamiliares en primera línea (padres, hermanos) y un IMC mayor a 25 kg/m<sup>2</sup>; por último, se consideraron para el grupo enfermo a aquellos sujetos que presentaran diagnóstico previo de DMT2 con una evolución de mínimo 1 año.

- **Criterios de inclusión**

- Sujetos con diagnóstico de DMT2, en riesgo y sanos. Esto de acuerdo con diagnóstico médico previo y/o antecedentes familiares e IMC (sanos: 18.5-24.9 kg/m<sup>2</sup>; riesgo: > 25 kg/m<sup>2</sup>)
- Sujetos con talla medida por personal estandarizado.
- Sujetos a los que se les realizó calorimetría indirecta con mínimo 4 horas de ayuno
- Sujetos que contaran con todas sus medidas antropométricas: peso, talla, edad, sexo

- **Criterios de exclusión**

- Sujetos con algún impedimento para la adecuada toma de mediciones (amputaciones, secuelas de parálisis facial, entre otras).
- Sujetos con talla auto reportada.
- Sujetos que no cuenten con alguna medición o indicador



**Figura 1.** Clasificación de sujetos.

### **c. Instrumento de investigación**

Para el presente proyecto se utilizaron las fórmulas Mifflin-StJeor, FAO/WHO/UNU, Harris-Benedict, IOM, Valencia, Müller et al., Roza-Shizgal, Ireton-Jone y Jones, Owen et al., Oxford, Lührmann et al., Cunningham, para las cuales se utilizaron las mediciones que se realizaron a cada uno de los sujetos de estudio.

#### **Mediciones antropométricas**

Para la talla, utilizamos un estadímetro portátil “Seca, modelo 213”, el cual se colocó en una zona plana, donde se le pidió al sujeto retirarse el calzado, colocarse recto con la cabeza, hombros, cadera y talones juntos lo más pegado posible a la parte posterior del estadímetro, con los brazos relajados a los costados, corrigiendo la postura de su cabeza en el “plano de Frankfurt”, es decir en línea horizontal imaginaria que sale del orificio del oído a la órbita del ojo, manipulando al sujeto de la parte del mentón, y deslizando la escuadra del estadímetro de arriba hacia abajo hasta topar con su cabeza.

El peso, masa libre de grasa y masa grasa de los sujetos, fueron tomados con una báscula digital “Tanita FitScan, modelo BC-601F”, se ingresaron en la báscula los datos del sujeto, como año de nacimiento, la talla antes tomada, género y el nivel de AF auto reportada, una vez hecho esto se le pidió al sujeto retirarse cualquier artículo pesado que tuviese en los bolsillos, así como los zapatos y calcetas, colocar sus pies y manos en los electrodos, mantenerse totalmente recto y con la vista al

frente, y esperar los resultados que aparecen automáticamente; esta información fue vaciada en la base de datos creada.

Por último, los participantes fueron sometidos a una prueba de calorimetría, con un calorímetro de la marca Korr Metacheck 7100. Brevemente, se le pidió a cada participante que se mantuviera despierto, acostado en posición de decúbito supino, por un mínimo de 4 horas de ayuno, 8 horas de inactividad física y en estado de relajación mental, con la temperatura de la habitación a 22-26°C, de modo que no ponga en marcha mecanismos de producción o disipación de calor. (*Ver Anexo 1*)

#### **d. Desarrollo del proyecto**

Se realizó una búsqueda bibliográfica en PubMed de diferentes artículos científicos, con las siguientes palabras clave “requerimiento energético” “requerimiento energético estimado”, “Energy requirement” “Diabetes mellitus tipo 2”, “diabetes mellitus type 2” “tasa metabólica basal”, “gasto energético basal”, “gasto energético en reposo”, “Basal energy expenditure”, “basal metabolic rate” “calorimetría indirecta”, “indirect calorimetry” “ecuaciones predictivas”, “fórmulas predictivas + calorimetría indirecta”, “ecuaciones predictivas + calorimetría indirecta”, “ecuaciones predictivas + calorimetría indirecta”, “calorimetría indirecta + diabetes mellitus tipo 2” y se obtuvo un resultado de 26,084 artículos científicos con un rango de tiempo de 5 años. Se descartaron artículos con más de 5 años de haber sido publicados, aquellos que abordaban fórmulas para sujetos hospitalizados, enfermos críticos, atletas, infantes, en desnutrición, con hipertiroidismo e hipotiroidismo, cualquier tipo de cáncer y sujetos quemados.

### **e) Aspectos éticos**

El presente proyecto ha sido evaluado y aprobado por el Comité de Ética en Investigación del Hospital de Alta Especialidad “Centenario de la Revolución Mexicana” del ISSSTE, Emiliano Zapata, Morelos (con el código 04/2022).

A todos los participantes se les proporcionó un consentimiento informado, por escrito mediante el cual el participante autorizó su participación en la investigación, donde se hizo de su conocimiento los procedimientos a los que se sometería con la capacidad de libre elección, sin obligación alguna y con elección de declinar del estudio si así lo decidiera en cualquier momento. La información obtenida y concentrada en la base de datos, será usada salvaguardando el anonimato de los sujetos, al no usar su nombre o algún otro dato personal sensible. (*Ver Anexo 2*)

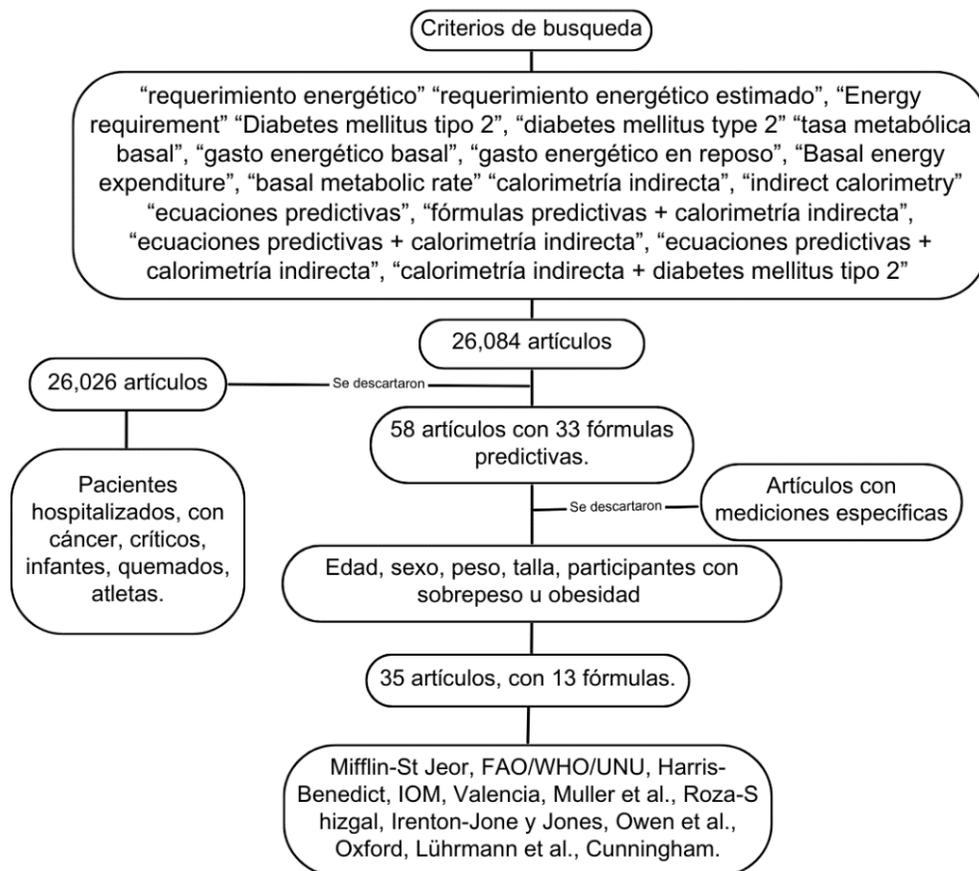
### **f. Plan de análisis estadístico**

Se hizo un análisis descriptivo de los datos sociodemográficos (edad, género, grado de estudios, consumo de tabaco y alcohol), AF y composición corporal (IMC, masa grasa y masa libre de grasa) mediante frecuencias, porcentajes y prueba de Chi cuadrado; para las fórmulas predictivas de RE se realizaron medias y desviación estándar. El análisis de la distribución se realizó mediante la prueba de kurtosis, después de ello se usó ANOVA, t de student y correlaciones de Pearson para variables paramétricas, y correlación de Spearman para variables no paramétricas.

Se utilizó el software Excel y Stata versión 13 para el procesamiento de datos, análisis estadístico y la creación de figuras.

## 8. RESULTADOS.

Una vez concluida la revisión bibliográfica, se obtuvieron 58 artículos y en la literatura se encontraron 33 fórmulas preestablecidas para conocer el requerimiento de energía basal. Mediante el análisis de los artículos encontrados se seleccionaron 13 fórmulas de acuerdo a características como: peso, edad, talla y una fórmula que utiliza MLG y MG, además se enfatizó en aquellos artículos donde compararon el GEB en sujetos obesos, siendo esta una característica para sujetos en riesgo de DMT2, descartando aquellos artículos que presentaran mediciones específicas, como medidas de pliegues, circunferencias de brazo, pierna de esta forma el ya que en el desarrollo de este proyecto no fueron tomadas estas mediciones presente análisis se basa en 35 artículos científicos (fig. 2).



**Fig. 2** Procedimiento para la selección de fórmulas para cálculo de GEB.

Se contó con 98 sujetos que cumplían con los criterios de selección, agrupados en 3 grupos de estudio; 30 como sujetos sanos, 34 en riesgo de presentar DMT2 y 34 con diagnóstico médico de DMT2.

En la tabla 2, se describen las características sociodemográficas y los factores de riesgo como género, grado de estudios, consumo de tabaco, consumo de alcohol, actividad física e IMC, para cada uno de los grupos. Habiendo diferencia estadísticamente significativa sólo en el grado de estudios ( $p^* < 0.04$ ), donde el grupo en riesgo es el que tiene un mayor porcentaje de personas con estudios de posgrado (58%), sin embargo, aunque no se observó diferencia significativa entre grupos con respecto al género se puede notar un menor porcentaje de hombres en el grupo sano a diferencia de los grupos en riesgo de DMT2 y con DMT2; en cuanto al IMC se muestra que el mayor número de personas con obesidad y sobrepeso se encuentran en el grupo de riesgo, seguido del grupo con DMT2.

**Tabla 2.** Características sociodemográficas y factores de riesgo en la población de estudio.

| <b>Variables</b>                          | <b>Sanos<br/>n= 30<br/>%</b> | <b>Riesgo<sup>†</sup><br/>n= 34<br/>%</b> | <b>DMT2<br/>n= 34<br/>%</b> | <b>p*</b>    |
|---|------------------------------|---|-----------------------------|--------------|
| <b>Genero</b>                             |                              |   |                             | 0.18         |
| Mujeres                                   | 76.67                        | 55.88                                     | 58.82                       |              |
| Hombres                                   | 23.33                        | 44.12                                     | 41.18                       |              |
| <b>Grado de estudios</b>                  |                              |   |                             | <b>0.004</b> |
| Educación básica                          | 10.34                        | 11.76                                     | 32.35                       |              |
| Licenciatura                              | 62.07                        | 29.41                                     | 41.18                       |              |
| Posgrado                                  | 27.59                        | 58.82                                     | 26.47                       |              |
| <b>Consumo de tabaco</b>                  |                              |   |                             | 0.84         |
| No  | 89.66                        | 85.29                                     | 85.29                       |              |
| Si  | 10.34                        | 14.71                                     | 14.71                       |              |
| <b>Consumo de bebidas<br/>alcohólicas</b> |                              |   |                             | 0.45         |
| No  | 44.83                        | 41.18                                     | 55.88                       |              |
| Si  | 55.17                        | 58.82                                     | 44.12                       |              |
| <b>Actividad física</b>                   |                              |   |                             | 0.96         |
| No  | 35.71                        | 35.29                                     | 38.24                       |              |
| Si  | 64.29                        | 64.71                                     | 61.76                       |              |
| <b>IMC</b>                                |                              |   |                             | 0.05         |
| Normal                                    | 30.00                        | 8.82                                      | 26.47                       |              |
| Sobrepeso                                 | 56.67                        | 38.24                                     | 41.18                       |              |
| Obesidad                                  | 10.00                        | 52.94                                     | 32.35                       |              |

\*Prueba de Chi-cuadrado. <sup>†</sup>Riesgo: probabilidad de que se produzca un evento (DMT2), y sus con secuencias. DMT2: Diabetes Mellitus Tipo 2 IMC: Índice de Masa Corporal

En la tabla 3, se presenta el análisis de la composición corporal por cada uno de los grupos estudiados, observándose diferencia estadísticamente significativa en la variable del IMC ( $p^* = 0.02$ ), donde se observó que el grupo de riesgo presenta una media más alta de IMC ( $30.92 \pm 5.06$ ). Y aunque no se observó una diferencia significativa en la variable de la edad, se puede observar que se tiene diferencia de medias entre los grupos, donde en el grupo sano se concentran los sujetos con menor edad y en el grupo con DMT2 los sujetos con mayor edad.

**Tabla 3.** Análisis de la composición corporal de los grupos de estudio.

| Variables                        | Sanos<br>n= 30 | Riesgo<br>n= 34 | DMT2<br>n= 34 | p*          |
|----------------------------------|----------------|-----------------|---------------|-------------|
| <b>EDAD</b>                      | 35.36 ± 10.15  | 41.44 ± 9.37    | 50.79 ± 10.04 | 0.88        |
| <b>IMC</b>                       | 26.29 ± 3.27   | 30.92 ± 5.06    | 28.86 ± 5.42  | <b>0.02</b> |
| <b>MASA GRASA<sup>†</sup></b>    | 32.93 ± 8.23   | 36.09 ± 7.96    | 35.90 ± 8.92  | 0.80        |
| <b>MASA MUSCULAR<sup>§</sup></b> | 42.31 ± 10.21  | 50.01 ± 12.77   | 43.45 ± 14.09 | 0.21        |

\*Prueba de ANOVA, considerando <0.05 como valor de significancia. IMC: índice de Masa Corporal.

<sup>†</sup>Expresado en porcentaje. <sup>§</sup>Expresado en kilogramos.

Se encontró que la mayoría de las fórmulas predictivas sobrestiman el GEB en comparación con la calorimetría indirecta, independientemente del estado de salud (Tabla 4). Además, se observa una dispersión más homogénea en el cálculo del GEB en el grupo sano con una desviación estándar (DE) de  $\pm 278.38$  kcal, y en los grupos en riesgo de DMT2 y con diagnóstico de DMT2 se encuentra una dispersión más heterogénea, sobre todo en el grupo de riesgo de DMT2 con una DE de  $\pm 443.30$  kcal y en el grupo con DMT2 DE  $\pm 437.95$  kcal.

Al realizar las pruebas de correlación (fig. 3,4,5), en el grupo de los sanos se encontró una mayor correlación entre la calorimetría indirecta y la fórmula de IOM (0.6941), R-Shizgal (0.6793) y Mifflin-St Jeor (0.6926); en el grupo de personas en riesgo de DMT2 las fórmulas con mayor correlación fueron FAO/WHO/UNU/peso (0.7185), FAO/WHO/UNU PE/TALLA (0.7170) y Oxford (0.7064); mientras que para el grupo de DMT2 tuvieron una mayor correlación las fórmulas de Harris y Benedict (0.7184), Ireton - Jones (0.7148) y Valencia (0.7110). De acuerdo con estos datos, se observa que existe diferencia según el grupo de estudio en las fórmulas con mayor correlación, por lo que se sugiere IOM para el cálculo de GEB en personas

sanas, FAO/WHO/UNU por peso para personas en riesgo, mientras que HB para sujetos con DMT2.

La fórmula propuesta por Lührmann, es la que más sobreestima el GEB, con más de 2000 kcal. Cabe destacar que esta fórmula inicialmente fue desarrollada en población adulta alemana.

La fórmula de Cunningham J., es la que presenta una menor correlación con CI, en los 3 grupos de estudio, además, de ser la fórmula que más subestima el GEB, en comparación con la CI.

Se realizó una comparación de medias del GEB que fue medido con calorimetría indirecta y calculado con las fórmulas predictivas y sus respectivas diferencias entre el grupo sano en comparación con los grupos de riesgo y DMT2.

Al comparar el GEB de las fórmulas calculadas para el grupo sano contra el grupo en riesgo de DMT2 (tabla 5), se encontró diferencia significativa en todas las fórmulas a excepción de la fórmula de la OMS por peso ( $p^* 0.0810$ ) y Cunningham ( $p^* 0.3680$ ); además se encontró una diferencia de medias mayor en la fórmula de Lührmann ( $-752.3069$ ;  $p < 0.001$ ). (tabla 5)

**Tabla 4.** Gasto Energético Basal por calorimetría indirecta y fórmulas, en cada grupo de estudio.

|                                      | Sanos<br>n=30 |         | Riesgo de DMT2<br>n= 34 |         | DMT2<br>n= 34 |         |
|--------------------------------------|---------------|---------|-------------------------|---------|---------------|---------|
|                                      | $\bar{x}$     | DE      | $\bar{x}$               | DE      | $\bar{x}$     | DE      |
| <b>Calorimetría indirecta</b>        | 1318.5        | ±278.38 | 1561.67                 | ±443.30 | 1491.67       | ±437.95 |
| <b>Harris y Benedict (kcal)</b>      | 1497.37       | ±209.14 | 1702.83                 | ±245.14 | 1530.34       | ±261.32 |
| <b>Roza-Shizgal (kcal)</b>           | 1482.56       | ±213.87 | 1692.81                 | ±248.92 | 1523.16       | ±268.30 |
| <b>Mifflin-St Jeor (kcal)</b>        | 1401.72       | ±222.73 | 1608.29                 | ±231.91 | 1429.30       | ±270.93 |
| <b>FAO/WHO/UNU/peso (kcal)</b>       | 1558.68       | ±409.59 | 1707.81                 | ±253.39 | 1599.85       | ±258.90 |
| <b>FAO/WHO/UNU/peso/talla (kcal)</b> | 1500.65       | ±237.43 | 1707.16                 | ±252.59 | 1599.64       | ±258.49 |
| <b>IOM (kcal)</b>                    | 1394.86       | ±139.13 | 1545.58                 | ±144.24 | 1418.54       | ±174.89 |
| <b>Müller (kcal)</b>                 | 1473.48       | ±211.29 | 1692.23                 | ±235.66 | 1543.14       | ±270.83 |
| <b>Lührmann (kcal)</b>               | 3653.23       | ±634.07 | 4405.54                 | ±733.10 | 3804.52       | ±880.23 |
| <b>Valencia (kcal)</b>               | 1483.70       | ±208.94 | 1715.73                 | ±232.08 | 1585.19       | ±254.91 |
| <b>Ireton - Jones (kcal)</b>         | 1353.66       | ±321.78 | 1709.16                 | ±370.36 | 1377.61       | ±442.34 |
| <b>Owen (kcal)</b>                   | 1365.61       | ±204.19 | 1570.19                 | ±245.08 | 1484.64       | ±253.79 |
| <b>Oxford (kcal)</b>                 | 1503.30       | ±309.42 | 1679.33                 | ±261.19 | 1558.18       | ±273.32 |
| <b>Cunningham J (kcal)</b>           | 1081.43       | ±177.97 | 1126.63                 | ±215.80 | 1145.44       | ±192.69 |

DMT2: Diabetes Mellitus Tipo 2. IOM: "Institute of Medicine" KCAL: kilocalorías: unidad de medida del GEB

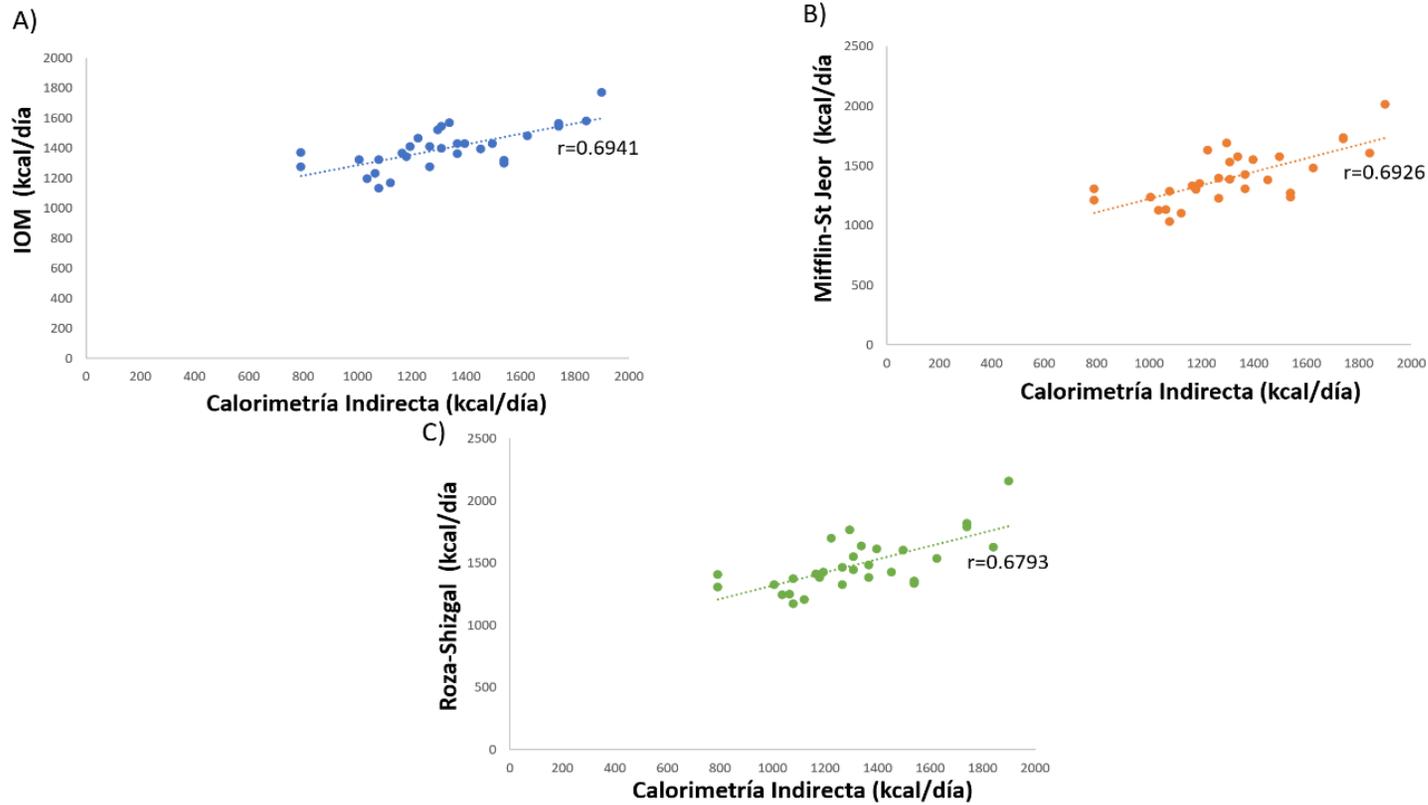
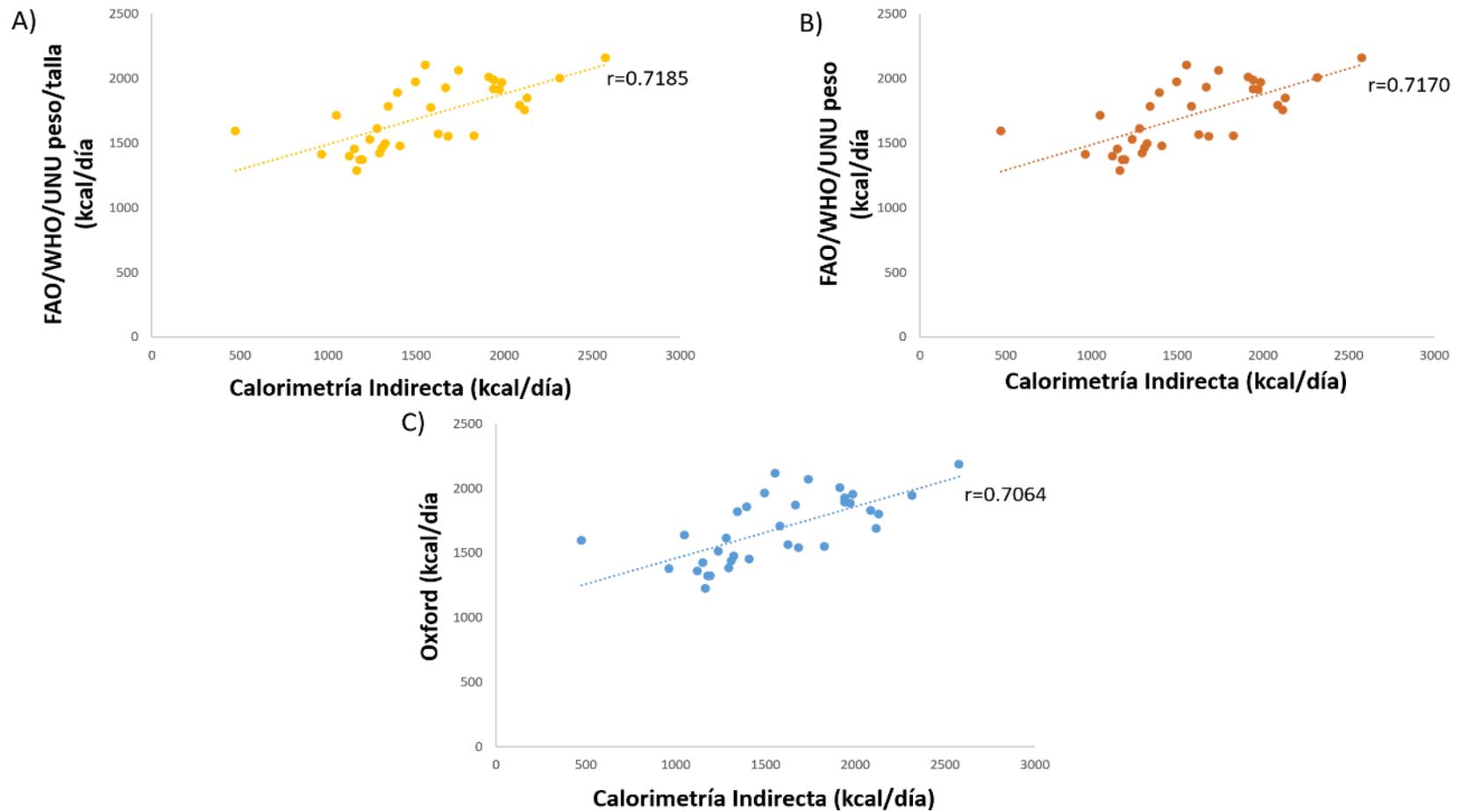
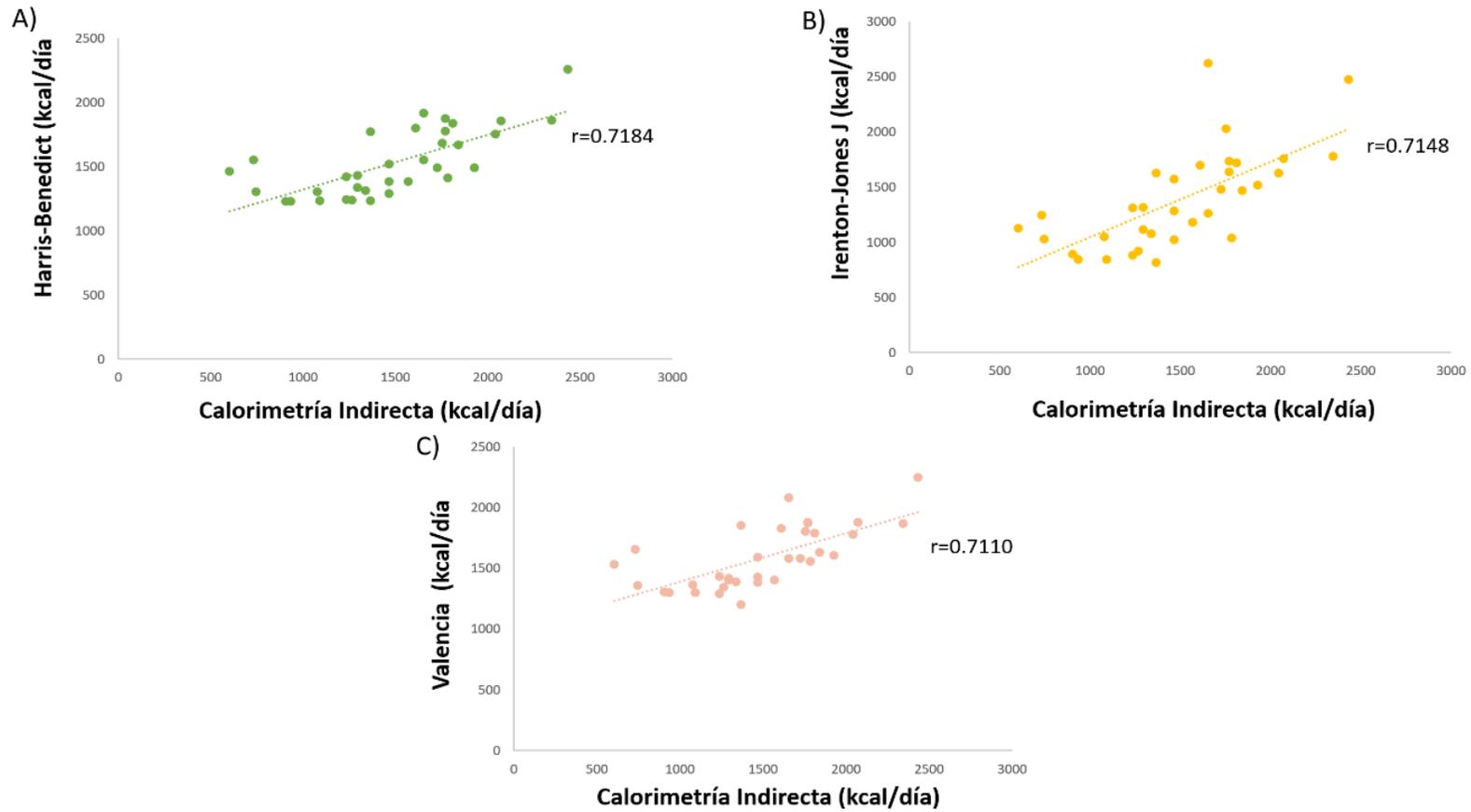


Figura 3. **Correlación entre la energía obtenida a través de calorimetría indirecta y fórmulas en el grupo de Sanos.** A) Correlación de Pearson entre el cálculo de GEB por IOM y calorimetría indirecta. B) Correlación de Spearman entre el cálculo de GEB por Mifflin-St Jeor y calorimetría indirecta C) Correlación de Spearman entre el cálculo de GEB por Roza-Shizgal y calorimetría indirecta.



**Figura 4. Correlación entre la energía obtenida a través de calorimetría indirecta y fórmulas en el grupo de riesgo de DMT2, mediante la prueba de Spearman.** A) Correlación entre el cálculo de GEB por FAO/WHO/UNU peso/talla y calorimetría indirecta. B) Correlación entre el cálculo de GEB por FAO/WHO/UNU peso y calorimetría indirecta C) Correlación de Spearman entre el cálculo de GEB por Oxford y calorimetría indirecta.



**Figura 5. Correlación entre la energía obtenida a través de calorimetría indirecta y fórmulas en el grupo de DMT2, mediante la prueba de Spearman. A) Correlación entre el cálculo de GEB por Harris y Benedict y calorimetría indirecta. B) Correlación entre el cálculo de GEB por Ireton-Jones J y calorimetría indirecta. C) Correlación de Spearman entre el cálculo de GEB por Valencia y calorimetría indirecta.**

Por otro lado, al comparar los resultados del GEB del grupo de sanos con DMT2 (tabla 5) no se encontró diferencia estadísticamente significativa en ninguna fórmula a excepción de la fórmula de Owen ( $p^* 0.0447$ ), en cuanto a la diferencia de medias se encontró una diferencia mayor en la fórmula de Lührmann (-151.2921) y una diferencia de medias menor en la fórmula de la IOM (-23.6751). Observándose que es posible que deban ser usadas fórmulas diferentes, de acuerdo con el grupo al que pertenezca el sujeto.

**Tabla 5.** Diferencia de medias entre la energía obtenida a través de calorimetría y cada una de las fórmulas analizadas (entre el grupo sano y los grupos de riesgo y DMT2).

| Variables              | Sano vs riesgo de DMT2 |               | Sanos vs DMT2    |               |
|------------------------|------------------------|---------------|------------------|---------------|
|                        | DIF<br>$\bar{x}$       | $p^*$         | DIF<br>$\bar{x}$ | $p^*$         |
| CI                     | -                      | -             | -                | -             |
| Harris y Benedict      | -205.4500              | <b>0.0007</b> | -32.9718         | 0.5828        |
| Roza-Shizgal           | -210.2493              | <b>0.0006</b> | -40.6055         | 0.5095        |
| Mifflin-St Jeor        | -206.5715              | <b>0.0006</b> | -27.5810         | 0.6606        |
| FAO/WHO/UNU/peso       | -149.1261              | 0.0810        | -41.1693         | 0.6284        |
| FAO/WHO/UNU/peso/talla | -206.5153              | <b>0.0014</b> | -98.9981         | 0.1174        |
| IOM                    | -150.7217              | <b>0.0001</b> | <b>-23.6795</b>  | 0.5547        |
| Müller                 | -218.7482              | <b>0.0002</b> | -69.6555         | 0.2604        |
| Lührmann               | <b>-752.3069</b>       | <b>0.0000</b> | <b>-151.2921</b> | 0.4387        |
| Valencia               | -232.0213              | <b>0.0001</b> | -101.4882        | 0.0891        |
| Ireton Jones           | -355.4951              | <b>0.0001</b> | -23.9509         | 0.8074        |
| Owen                   | -204.5769              | <b>0.0006</b> | -119.0307        | <b>0.0447</b> |
| Oxford                 | -176.0307              | <b>0.0164</b> | -54.8889         | 0.4539        |
| Cunningham J           | <b>-45.2033</b>        | 0.3680        | -64.0080         | 0.1743        |

\*Prueba t student, considerando  $\alpha 0.05$  como valor de significancia.

Por último, con base en la correlación previamente obtenida (fig. 3,4,5) se realizó una correlación entre las 3 fórmulas que más se relacionan con la calorimetría indirecta y el resto de las fórmulas, en el caso del grupo sano (tabla 6) la fórmula de la IOM se correlaciono mayormente con las fórmulas Lührmann (0.9831), Ireton -

Jones (0.9675) y Mifflin-St Jeor (0.9657); para la fórmula de Roza Shizgal se observó mayor correlación con las fórmulas de Harris y Benedict (0.9978), Mifflin-St Jeor (0.9973) y Müller (0.9884); por último para la fórmula de Mifflin-St Jeor, se encontró una mayor correlación con las fórmulas de R-Shizgal (0.9973), HB (0.9951) y Müller (0.9867). Por lo que una combinación entre las fórmulas IOM, Mifflin-St Jeor y Müller, podría ser de ayuda para el cálculo GEB en personas sanas o el uso de estas por separado.

Para el grupo con riesgo de DMT2 (tabla 7), la fórmula FAO/WHO/UNU/peso se correlacionó mayormente con las fórmulas FAO/WHO/UNU peso/talla (0.9997), Oxford (0.9951) y Mifflin-St Jeor (0.9796), la fórmula FAO/WHO/UNU pe/talla se correlacionó con la fórmula FAO/WHO/UNU/peso (0.9997), Oxford (0.9957) y R-Shizgal (0.9814); la fórmula de Oxford se correlacionó mayormente con FAO/WHO/UNU peso/talla (0.9957), FAO/WHO/UNU peso (0.9997) y Owen (0.9844). Por lo que una combinación entre las fórmulas FAO/WHO/UNU tanto por peso como talla y peso y Oxford, podrían ser de ayuda para el cálculo GEB en personas en riesgo de DMT2 o el uso de estas por separado.

Por último, en el grupo con DMT2 (tabla 8) la fórmula de HB se correlaciona con la fórmula de R-Shizgal (0.9939), Mifflin-St Jeor (0.9902) y Müller (0.98835); para la fórmula de Valencia se encontró mayor correlación con las fórmulas de Oxford (0.9841), HB (0.9798) y OMS / peso (0.9758); por último, para la fórmula de Ireton Jones, se observó una correlación con las fórmulas de Lührmann (0.9957), IOM (0.9718) y por último con HB (0.9541). Por lo que una combinación entre las

fórmulas Harris y Benedict y Mifflin-St Jeor podrían ser de ayuda para el cálculo GEB en personas con DMT2 o el uso de estas por separado.

**Tabla 6.** Correlación entre la energía obtenida a través de las 3 fórmulas que más se relacionan con calorimetría y el resto de las fórmulas en sujetos sanos.

|                            | IOM                       | R-Shizgal                 | Mifflin-St Jeor           |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Harris y Benedict          | 0.9626                    | <b>0.9978<sup>a</sup></b> | <b>0.9951<sup>b</sup></b> |
| Roza-Shizgal               | 0.9640                    | -                         | <b>0.9973<sup>a</sup></b> |
| Mifflin-St Jeor            | <b>0.9657<sup>c</sup></b> | <b>0.9973<sup>b</sup></b> | -                         |
| FAO/WHO/UNU/peso           | 0.9337                    | 0.9573                    | 0.9591                    |
| FAO/WHO/UNU/<br>peso/talla | 0.9408                    | 0.9640                    | 0.9666                    |
| IOM                        | -                         | 0.9640                    | 0.9657                    |
| Müller                     | 0.9546                    | <b>0.9884<sup>c</sup></b> | <b>0.9867<sup>c</sup></b> |
| Lührmann                   | <b>0.9831<sup>a</sup></b> | 0.9377                    | 0.9350                    |
| Valencia                   | 0.9333                    | 0.9484                    | 0.9506                    |
| Ireton Jones               | <b>0.9675<sup>b</sup></b> | 0.9368                    | 0.9297                    |
| Owen                       | 0.9217                    | 0.9395                    | 0.9430                    |
| Oxford                     | 0.8278                    | 0.8616                    | 0.8625                    |

<sup>a</sup> Fórmula con correlación más alta de acuerdo con el grupo. <sup>b</sup> Segunda fórmula con correlación más alta de acuerdo con el grupo. <sup>c</sup> Tercera fórmula con correlación más alta de acuerdo con el grupo. DMT2: Diabetes Mellitus Tipo 2. IOM: "Institute of Medicine"

**Tabla 7.** Correlación entre la energía obtenida a través de las 3 fórmulas que más se relacionan con calorimetría y el resto de las fórmulas en sujetos con riesgo de DMT2.

|                            | FAO/WHO/UNU/<br>peso      | FAO/WHO/UNU/<br>pe/ta     | OXFORD                    |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Harris y Benedict          | 0.9726                    | 0.9744                    | 0.9781                    |
| Roza-Shizgal               | <b>0.9796<sup>c</sup></b> | 0.9814c                   | 0.9839                    |
| Mifflin-St Jeor            | 0.9694                    | 0.9712                    | 0.9764                    |
| FAO/WHO/UNU/<br>peso       | -                         | <b>0.9997<sup>a</sup></b> | <b>0.9951<sup>b</sup></b> |
| FAO/WHO/UNU/p<br>eso/talla | <b>0.9997<sup>a</sup></b> | -                         | <b>0.9957<sup>a</sup></b> |
| IOM                        | 0.8557                    | 0.8597                    | 0.8722                    |
| Müller                     | 0.9639                    | 0.9678                    | 0.9779                    |
| Lührmann                   | 0.7997                    | 0.8027                    | 0.8232                    |
| Valencia                   | 0.9621                    | 0.9661                    | 0.9768                    |
| Ireton Jones               | 0.7838                    | 0.7868                    | 0.8036                    |
| Owen                       | 0.9762                    | 0.9774                    | <b>0.9844<sup>c</sup></b> |
| Oxford                     | <b>0.9951<sup>b</sup></b> | <b>0.9957<sup>b</sup></b> | -                         |

<sup>a</sup> Fórmula con correlación más alta de acuerdo con el grupo. <sup>b</sup> Segunda fórmula con correlación más alta de acuerdo con el grupo. <sup>c</sup> Tercera fórmula con correlación más alta de acuerdo con el grupo. DMT2: Diabetes Mellitus Tipo 2. IOM: "Institute of Medicine"

**Tabla 8.** Correlación entre la energía obtenida a través de las 3 fórmulas que más se relacionan con calorimetría y el resto de las fórmulas en sujetos con DMT2.

|                                    | <b>HB</b>                 | <b>Valencia</b>           | <b>Ireton-Jones</b>       |
|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>Harris y Benedict</b>           | -                         | <b>0.9788<sup>b</sup></b> | <b>0.9541<sup>c</sup></b> |
| <b>Roza-Shizgal</b>                | <b>0.9939<sup>a</sup></b> | 0.9726                    | 0.9306                    |
| <b>Mifflin-St Jeor</b>             | <b>0.9902<sup>b</sup></b> | 0.9706                    | 0.9243                    |
| <b>FAO/WHO/UNU/<br/>peso</b>       | 0.9605                    | <b>0.9758<sup>c</sup></b> | 0.8933                    |
| <b>FAO/WHO/UNU/<br/>peso/talla</b> | 0.9603                    | 0.9756                    | 0.8936                    |
| <b>IOM</b>                         | 0.9737                    | 0.9701                    | <b>0.9718<sup>b</sup></b> |
| <b>Müller</b>                      | <b>0.9835<sup>c</sup></b> | 0.9758                    | 0.9497                    |
| <b>Lührmann</b>                    | 0.9529                    | 0.9577                    | <b>0.9957<sup>a</sup></b> |
| <b>Valencia</b>                    | 0.9788                    | -                         | 0.9511                    |
| <b>Ireton Jones</b>                | 0.9541                    | 0.9511                    | -                         |
| <b>Owen</b>                        | 0.9498                    | 0.9627                    | 0.8747                    |
| <b>Oxford</b>                      | 0.9712                    | <b>0.9841<sup>a</sup></b> | 0.9141                    |

<sup>a</sup> Fórmula con correlación más alta de acuerdo con el grupo. <sup>b</sup> Segunda fórmula con correlación más alta de acuerdo con el grupo. <sup>c</sup> Tercera fórmula con correlación más alta de acuerdo con el grupo. DMT2: Diabetes Mellitus Tipo 2. IOM: "Institute of Medicine"

## 9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

A partir de los resultados de este estudio se encontró que las fórmulas predictivas para calcular el requerimiento energético no son exactas, esto, al compararlas con el requerimiento energético medido mediante calorimetría indirecta, en diferentes estados de salud, como lo es en sujetos sanos, en riesgo de DMT2 y sujetos con diagnóstico de DMT2. Cabe destacar la importancia que tiene el requerimiento energético sobre todo en los sujetos con la enfermedad, para un mejor manejo de la patología en cuestión.

Peter, et al. en 2008, menciona que la mayoría de las fórmulas son inexactas si se usan para el cálculo de manera individual, lo cual puede deberse al estado metabólico o a las diferencias en la composición corporal de los sujetos. Sin embargo, observó que la fórmula de la FAO/WHO/UNU calculada por peso y altura, así como, la fórmula de Mifflin-St Jeor, presentan una mejor correlación en sujetos adultos ambulatorios, hospitalizados y aquellos con bajo peso (45). En el presente estudio, se observó que la fórmula FAO/WHO/UNU calculada tanto por peso, como peso y altura tiene una mejor correlación en el grupo en riesgo, el cual es el que presenta un IMC mayor ( $\bar{x}=30.92, \pm 5.06$ ), por otro lado, la fórmula de Mifflin-St Jeor tuvo una mejor correlación en el grupo sano ( $r= 0.6926$ ).

Sybil, et al. en 2018, determinó y comparó el GEB medido por CI y calculado por BIA y la fórmula de HB, esto en sujetos filipinos obesos con prediabetes o DMT2, menciona que tanto la fórmula como la BIA, sobreestiman el GEB con 329 kcal/día y 336 kcal/día respectivamente(46). En este estudio se encontró que existe una

sobreestimación del GEB calculado por HB en el grupo de sanos con 178.87 kcal/día y en el grupo de riesgo con 141.16 kcal/día; en cambio con esta fórmula el grupo con DMT2 mostró mayor aproximación con la CI, obteniendo una diferencia de sólo 38 kcal/día, además de tener la correlación más alta ( $r= 0.7184$ ) en este grupo de estudio.

Así mismo, Frankenfield, et al. en 2005, observó que el rango de error de la fórmula de HB aumentaba con el incremento del IMC(26); coincidiendo así con los resultados que encontramos en este estudio, siendo el grupo en riesgo, el que tiene una media de IMC más alta y donde la fórmula de HB presentó GEB más elevado ( $\bar{x}= 1702.83$ ,  $DE \pm 245.14$ ) en comparación con la media de la calorimetría indirecta ( $\bar{x}= 1561.67 \pm 443.30$ ) llevando a sobreestimar el GEB en este grupo.

La ESPEN 2020, menciona que HB se encuentra dentro de las ecuaciones con mayor precisión para calcular el GEB en sujetos sanos, sin embargo, su exactitud disminuye en sujetos con sobrepeso u obesidad, enfermos agudos, crónicos y mayores de edad(7). Lo cual es contrario a los resultados de este estudio, los cuales muestran que HB tuvo la correlación más alta ( $r= 0.7184$ ) en el grupo con DMT2 y correlaciones más bajas en el grupo sano. Aunque HB obtuvo buena correlación en sujetos sanos ( $r=0.6724$ ), fue superada por IOM, Mifflin-St Jeor y Roza-Shizgal.

Kruzienga, et al., 2016, observó que en sujetos con un  $IMC \leq 30 \text{ kg/m}^2$  la fórmula de la OMS determina con mayor precisión el GEB, mientras que en sujetos con un  $IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$  la fórmula de HB fue la más precisa(47); por el contrario, en este estudio se encontró que en el grupo que presenta una media de  $IMC \leq 30 \text{ kg/m}^2$  (sanos), tiene una mejor correlación la fórmula de la IOM y en el grupo con un IMC

$\geq 30 \text{ kg/m}^2$  (riesgo) funciona mejor la fórmula de la FAO/WHO/UNU tanto por peso, como peso y talla.

George T, et al. en 2020, comparó 4 fórmulas con la CI en mujeres sanas, encontrando que la fórmula con mayor precisión y predicción del GEB dentro de un 10%, medido en el 71% de los participantes, fue la fórmula de Mifflin-St Jeor, esto a nivel individual(48). Coincidiendo en el estadio de salud, con el presente estudio, ya que la fórmula de Mifflin-St Jeor fue la segunda fórmula con mayor correlación en el grupo sano. Por otro lado, Itani L, et al, en 2020., evaluó la validez de diferentes fórmulas en comparación con la CI en población con sobrepeso u obesidad, encontrando mejor concordancia con la fórmula de Mifflin-St Jeor en este grupo de sujetos(49). Sin embargo, en el presente estudio, se encontró que la fórmula de Mifflin-St Jeor tiene una alta correlación en el grupo sano. De acuerdo con estos resultados se evidencia que Mifflin-St Jeor no predice el GEB de la misma manera en todas las condiciones de salud.

Ireton J, en 2002, evaluó esta fórmula para el cálculo del GEB en sujetos hospitalizados observando un alto valor de correlación, y una menor diferencia del GEB, presentando una cercanía al resultado medido por CI(50). En el presente estudio se encontró que en sujetos que tienen DMT2, esta fórmula presenta una alta correlación ( $R=0.7148$ ) en comparación con la CI, presentando además una menor diferencia de medias ( $\bar{x}= 93.52$ ).

La fórmula de Valencia fue propuesta para población mexicana con sobrepeso y obesidad; Orozco R, et al. en 2017, comparó esta y otras fórmulas en una población similar y observó que, si tiene una buena correlación en este grupo de personas, y

que cuando existen discrepancias se puede deber a las diferencias de peso, edad, población y sobre todo a la etnia(51). En este estudio, para esta fórmula se encontró una mejor correlación con el grupo de DMT2, que es el grupo que presenta un IMC en sobrepeso ( $\bar{x}= 28.86 \pm 5.42$ ), teniendo una diferencia de medias con la CI de  $\bar{x}= 94.19$ .

## 10. CONCLUSIONES.

Se observaron diferencias en las fórmulas predictivas del RE según el grupo de estudio, en comparación con lo obtenido por calorimetría, se encontró que la fórmula de IOM está más correlacionada con el cálculo de GEB en personas sanas, FAO/WHO/UNU por peso para personas en riesgo, y Harris y Benedict para sujetos con DMT2.

Por otro lado, se observó que la fórmula que presentó mayor sobreestimación en el cálculo del GEB fue Lührmann, con más de 2000 kcal, mientras que la fórmula de Cunningham J., fue la que se encontró que subestima el GEB, en comparación con la CI.

Este estudio podría contribuir en el ámbito clínico y hospitalario, teniendo así un mejor criterio a la hora de seleccionar la fórmula adecuada a aplicar según el caso, para tener buen manejo nutricional tanto para la prevención de la enfermedad como el control de la enfermedad, para tener una mejor calidad de vida.

## **11. LIMITACIONES DEL PROYECTO**

Dentro del presente proyecto se presentaron limitantes; una de ellas fue el tamaño pequeño de la muestra, por lo cual en futuras investigaciones debería aumentar el tamaño. Por otro lado, la diferencia de edad entre grupos, teniendo una población más joven en el grupo sano a diferencia de los grupos en riesgo de DMT2 y con diagnóstico de DMT2, lo cual en futuros estudios podría parearse.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sinha S, Kurpad AV, Kuriyan R. Total energy expenditure (TEE) of young adults from urban South India: revisiting their daily energy requirement. *European journal of clinical nutrition*. 2021;75(5):845-51.
2. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. *World Health Organization technical report series*. 2000;894:i-xii, 1-253.
3. Arroyo-Sánchez AS. Calorimetría Indirecta en Cuidados Críticos: una revisión narrativa. *Revista de Nutricion Clinica y Metabolismo*. 2020:27.
4. Parra AC CL, Galindo DN, Díaz MCG, Pérez ABL, Hernández CG. Comparación del gasto energético en reposo determinado mediante calorimetría indirecta y estimado mediante fórmulas predictivas en mujeres con grados de obesidad I a III. *Nutricion Hospitalaria*. 2013;28(2):357-64.
5. Duarte LB GN, Pfrimer K, Mello MF, Ferrioli E, Fisberg RM. . Estimating total daily energy requirements in community-dwelling older adults: validity of previous predictive equations and modeling of a new approach. *European journal of clinical nutrition*. 2020;75(1):133-40.
6. De la Cruz SM DMB, Camina MAM, Carreño LE, Miján AT, Galgani JE, Redondo MPR. Propuesta de una nueva fórmula de estimación del gasto energético en reposo para población sana española. *Nutr Hosp*. 2015;32(5):2346-52.
7. Bendavid I, Lobo DN, Barazzoni R, Cederholm T, Coeffier M, de van der Schueren M, et al. The centenary of the Harris-Benedict equations: How to assess energy requirements best? Recommendations from the ESPEN expert group. *Clin Nutr*. 2021;40(3):690-701.
8. Oshima T, Berger MM, De Waele E, Guttormsen AB, Heidegger CP, Hiesmayr M, et al. Indirect calorimetry in nutritional therapy. A position paper by the ICALIC study group. *Clinical nutrition*. 2017;36(3):651-62.
9. guideline. ACp. Metabolic Measurement Using indirect Calorimetry During Mechanical Ventilation-2004 Revision & Update. *Respiratory care*. 2004;49(9):1073-9.
10. Mtaweh H, Tuira L, Floh AA, Parshuram CS. Indirect Calorimetry: History, Technology, and Application. *Frontiers in pediatrics*. 2018;6:257.
11. Harris JA, Benedict FG. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1918;4(12):370-3.
12. Frankenfield DC, Muth ER, Rowe WA. The Harris-Benedict studies of human basal metabolism: history and limitations. *Journal of the American Dietetic Association*. 1998;98(4):439-45.
13. Calleja AF VA, Ballesteros DP. Estudio comparativo del cálculo del gasto energético total mediante Sense Wear Armband y la ecuación de Harris-Benedict en población sana ambulatoria; utilidad en la práctica clínica. *Nutr Hosp*. 2012;27(4):1244-7.
14. Roza AM, Shizgal HM. The Harris Benedict equation reevaluated: resting energy requirements and the body cell mass. *The American journal of clinical nutrition*. 1984;40(1):168-82.
15. Mifflin MD, St Jeor ST, Hill LA, Scott BJ, Daugherty SA, Koh YO. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *The American journal of clinical nutrition*. 1990;51(2):241-7.
16. Human energy requirements: report of a joint FAO/ WHO/UNU Expert Consultation. *Food and nutrition bulletin*. 2005;26(1):166.
17. IOM. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, And Amino Acids. *The National Academies Press*. 2005;5:107-264.
18. Muller MJ, Bosy-Westphal A, Klaus S, Kreymann G, Luhrmann PM, Neuhauser-Berthold M, et al. World Health Organization equations have shortcomings for predicting resting energy expenditure in persons from a modern, affluent population: generation of a new reference standard from a retrospective analysis of a German database of resting energy expenditure. *The American journal of clinical nutrition*. 2004;80(5):1379-90.
19. Luhrmann PM, Herbert BM, Kreams C, Neuhauser-Berthold M. A new equation especially developed for predicting resting metabolic rate in the elderly for easy use in practice. *European journal of nutrition*. 2002;41(3):108-13.

20. 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;48(3):205-11.
21. Ireton-Jones CS, Turner WW, Jr., Liepa GU, Baxter CR. Equations for the estimation of energy expenditures in patients with burns with special reference to ventilatory status. *J Burn Care Rehabil.* 1992;13(3):330-3.
22. Owen OE, Kavle E, Owen RS, Polansky M, Caprio S, Mozzoli MA, et al. A reappraisal of caloric requirements in healthy women. *The American journal of clinical nutrition.* 1986;44(1):1-19.
23. Vargas MZ LL, Barrera MPP. Gasto energetico en reposo y composición corporal en adultos. *Rev Fac Med.* 2011;59(1):S43-58.
24. Cunningham JJ. Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. *The American journal of clinical nutrition.* 1991;54(6):963-9.
25. Buch A, Diener J, Stern N, Rubin A, Kis O, Sofer Y, et al. Comparison of Equations Estimating Resting Metabolic Rate in Older Adults with Type 2 Diabetes. *Journal of clinical medicine.* 2021;10(8).
26. Frankenfield D, Roth-Yousey 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;105(5):775-89.
27. Stubelj M, Teraz K, Poklar Vatovec T. Predicting Equations and Resting Energy Expenditure Changes in Overweight Adults. *Zdr Varst.* 2020;59(1):33-41.
28. Ferreira S, Marroni CA, Stein JT, Rayn R, Henz AC, Schmidt NP, et al. Assessment of resting energy expenditure in patients with cirrhosis. *World J Hepatol.* 2022;14(4):802-11.
29. Acar-Tek N, Agagunduz D, Sahin TO, Baygut H, Uzunlar EA, Zakkour HK, et al. Validation of predictive equations for resting energy expenditure in children and adolescents with different body mass indexes. *Nutr J.* 2023;22(1):39.
30. Noreik M, Maurmann M, Meier V, Becker I, Rohrig G, Polidori MC, et al. Resting energy expenditure (REE) in an old-old population: implications for metabolic stress. *Experimental gerontology.* 2014;59:47-50.
31. Boullata J, Williams J, Cottrell F, Hudson L, Compher C. Accurate determination of energy needs in hospitalized patients. *J Am Diet Assoc.* 2007;107(3):393-401.
32. Anderegg BA, Worrall C, Barbour E, Simpson KN, Delegge M. Comparison of resting energy expenditure prediction methods with measured resting energy expenditure in obese, hospitalized adults. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2009;33(2):168-75.
33. Ducharme JB, Fennel ZJ, Pike B, Coleman A, Mermier CM, Lauver JD, et al. Comparison of resting metabolic rate prediction equations in college-aged adults. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2021;46(7):711-8.
34. American Diabetes A. 2. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes-2020. *Diabetes Care.* 2020;43(Suppl 1):S14-S31.
35. Diabetes Canada Clinical Practice Guidelines Expert C, Punthakee Z, Goldenberg R, Katz P. Definition, Classification and Diagnosis of Diabetes, Prediabetes and Metabolic Syndrome. *Canadian journal of diabetes.* 2018;42 Suppl 1:S10-S5.
36. F. K. Energy Requirements for Older Patients with Type 2 Diabetes: A Narrative Review of the Current Findings and Future Tasks. *Nutrients.* 2021;13:753.
37. American Diabetes A. 2. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes-2021. *Diabetes care.* 2021;44(Suppl 1):S15-S33.
38. Diabetes ALD. Guías ALAD sobre el Diagnóstico, Control y Tratamiento de la Diabetes Mellitus Tipo 2 con Medicina Basada en Evidencia Edición 2019. *Rev ALAD.* 2019;9(Suppl 1):5-39.
39. Riobo Servan P. [Diet recommendations in diabetes and obesity]. *Nutr Hosp.* 2018;35(Spec No4):109-15.
40. American Diabetes Association Professional Practice C. 2. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes-2022. *Diabetes care.* 2022;45(Suppl 1):S17-S38.
41. Behera KK, Joseph M, Shetty SK, Chacko A, Sahoo MK, Mahendri NV, et al. Resting energy expenditure in subjects with fibro-calculeous pancreatic diabetes. *Journal of diabetes.* 2014;6(2):158-63.
42. Kahleova H, Belinova L, Malinska H, Oliyarnyk O, Trnovska J, Skop V, et al. Eating two larger meals a day (breakfast and lunch) is more effective than six smaller meals in a reduced-energy regimen for patients with type 2 diabetes: a randomised crossover study. *Diabetologia.* 2014;57(8):1552-60.
43. Ojo O. Dietary Intake and Type 2 Diabetes. *Nutrients.* 2019;11(9).

44. Lee PH, Macfarlane DJ, Lam TH, Stewart SM. Validity of the International Physical Activity Questionnaire Short Form (IPAQ-SF): a systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2011;8:115.
45. Weijs PJ, Kruizenga HM, van Dijk AE, van der Meij BS, Langius JA, Knol DL, et al. Validation of predictive equations for resting energy expenditure in adult outpatients and inpatients. *Clin Nutr.* 2008;27(1):150-7.
46. Luy SC, Dampil OA. Comparison of the Harris-Benedict Equation, Bioelectrical Impedance Analysis, and Indirect Calorimetry for Measurement of Basal Metabolic Rate among Adult Obese Filipino Patients with Prediabetes or Type 2 Diabetes Mellitus. *J ASEAN Fed Endocr Soc.* 2018;33(2):152-9.
47. Kruizenga HM, Hofsteenge GH, Weijs PJ. Predicting resting energy expenditure in underweight, normal weight, overweight, and obese adult hospital patients. *Nutr Metab (Lond).* 2016;13:85.
48. Thom G, Gerasimidis K, Rizou E, Alfheaid H, Barwell N, Manthou E, et al. Validity of predictive equations to estimate RMR in females with varying BMI. *J Nutr Sci.* 2020;9:e17.
49. Itani L, Tannir H, Kreidieh D, El Masri D, El Ghoch M. Validation of predictive equations for resting energy expenditure in treatment-seeking adults with overweight and obesity: Measured versus estimated. *J Popul Ther Clin Pharmacol.* 2020;27(1):e32-e47.
50. Ireton-Jones C, Jones JD. Improved equations for predicting energy expenditure in patients: the Ireton-Jones Equations. *Nutr Clin Pract.* 2002;17(1):29-31.
51. Orozco-Ruiz X, Pichardo-Ontiveros E, Tovar AR, Torres N, Medina-Vera I, Prinelli F, et al. Development and validation of new predictive equation for resting energy expenditure in adults with overweight and obesity. *Clin Nutr.* 2018;37(6 Pt A):2198-205.

## 12. Anexos

### Anexo 1. calorimetría indirecta.



Imagen 1. Realización de calorimetría.



Imagen 2. Realización de calorimetría.

## Anexo 2. Consentimiento informado.



**Tecnológico Nacional de México / Centro Nacional de Investigación y  
Desarrollo Tecnológico.  
Universidad Autónoma del Estado de Morelos / Facultad de  
Nutrición.**

**Consentimiento informado  
para participación en protocolo de investigación**

**Desarrollo de modelos matemáticos para seguimiento y control en pacientes con  
Diabetes Mellitus, en el periodo de junio de 2022 a mayo 2023.**

Unidad de Medicina Interna y Endocrinología, Hospital Regional de Alta Especialidad Centenario de la Revolución Mexicana, ISSSTE.

Cuerpo Académico "Nutrición Experimental, Poblacional Y Clínica" Facultad de Nutrición, UAEM.

Departamento de ingeniería electrónica CENIDET.

**Sede donde se realizará el estudio:**

Hospital Regional de Alta Especialidad Centenario de la Revolución Mexicana  
Clínica de Nutrición y Orientación Alimentaria Facultad de nutrición UAEM/ Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico.

**Nombre del participante:**

\_\_\_\_\_. A usted se le está invitando a participar en este estudio de investigación enfocado en analizar matemáticamente las variaciones de la glucosa en personas con factores de riesgo o con diabetes tipo 2. Antes de decidir si participa o no, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Este proceso se conoce como consentimiento informado. Siéntase con la absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto. Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea participar, entonces se le pedirá que firme esta forma de consentimiento, de la cual se le entregará una copia firmada y fechada.

Los investigadores están realizando un proyecto de investigación con el objetivo de generar datos sobre el comportamiento de la glucosa en personas con factores de riesgo y pacientes con diabetes mellitus. Estudiando los efectos de la alimentación y actividad física cotidiana en la glucosa. El propósito de desarrollar modelos matemáticos es generar conocimiento que permita analizar la información matemática en la gestión y prevención de Diabetes. El estudio se estará realizando

en la Unidad de Medicina Interna del Hospital Regional de Alta Especialidad Centenario de la Revolución Mexicana, así como, en la Clínica de Nutrición y Orientación Alimentaria de la Facultad de Nutrición de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

**Objetivo del estudio:**

A usted se le está invitando a participar en un estudio de investigación para generar datos conducentes de las variaciones glucémicas en personas con factores de riesgo y pacientes con Diabetes bajo los efectos exógenos de la vida cotidiana, con el fin de desarrollar modelos matemáticos que permitan analizar la información para el manejo de la homeostasis de la glucosa. Y como objetivos particulares:

1. Analizar la variación de la glucosa ante los efectos de diferentes actividades físicas que desarrolla una persona cotidianamente.
2. Evaluar los efectos de la actividad física y la alimentación en la regulación de la glucosa en personas con factores de riesgo y pacientes con Diabetes Mellitus.
3. Caracterizar y validar modelos matemáticos de la homeostasis de la glucosa con base a las mediciones de la glucosa intersticial y estimaciones de insulina y variables relacionadas con el aumento y reducción de los niveles de glucosa.

**Procedimiento del estudio:**

Si usted acepta participar en el estudio, ocurrirá lo siguiente:

Se le tomarán medidas de composición corporal: peso, talla, circunferencia de cintura y cadera, medición de pliegues cutáneos de brazo y determinación de porcentaje de grasa y músculo utilizando una báscula de bioimpedancia, se le colocará un sensor comercial de monitoreo continuo de glucosa (*FreeStyle Libre*, que cuenta con la aprobación de FDA y registro ante COFEPRIS. No Reg. 1090E2017 SSA, Lector. No Reg. 1081E2017 SSA. No Autorización 203300201B2068) , se le realizará una medición de glucosa capilar, se le realizará una prueba de esfuerzo para medir la calorías gastadas bajo actividad física, se le aplicaran cuestionarios para evaluar su dieta, actividad física realizada, con una duración aproximada de 30 minutos cada uno, por último se le proporcionará un medidor de glucosa en el cual se registran las mediciones de glucosa realizadas durante el periodo del estudio (14 días).

Le aclaramos que la colocación de sensor de glucosa no implica ningún riesgo para su salud ni será de interferencia para el desarrollo de sus actividades cotidianas. El sensor será colocado de manera subcutánea en la parte trasera del brazo no dominante. Se le tomarán mediciones de su composición corporal y realizarán una prueba de esfuerzo en conjunto con un cuestionario. Todos los procedimientos mencionados serán realizados y supervisados por personal capacitado. Solo los registros de alimentación y actividad física los tendrá que contestar en casa durante 14 días consecutivos.

Una vez concluido el periodo de 14 días de mediciones se le removerá el sensor de glucosa y tendrá que devolver el medidor de glucosa proporcionado.

**Riesgos asociados al estudio:**

La presente investigación no implica ningún riesgo a su persona debido a que solamente son estudios de monitorización. Durante la colocación del sensor de glucosa en su brazo, usted puede presentar ligero dolor que se eliminará al paso de unos minutos y un pequeño moretón después de retirar el sensor. Todo el material utilizado será nuevo y se desechará una vez terminada su función.

**Confidencialidad:**

Toda la información que usted nos proporcione para el estudio será de carácter estrictamente confidencial, será utilizada únicamente por el equipo de investigación del proyecto y no estará disponible para ningún otro propósito. Usted quedará identificado(a) con un número y no con su nombre. Los resultados de este estudio serán publicados con fines científicos, pero se presentarán de tal manera que no podrá ser identificado(a). Cabe resaltar que participación no estará sujeta a la atención que pueda recibir por parte del ISSSTE.

**Aclaraciones:**

Usted no recibirá ningún beneficio directo por su participación en este estudio, sin embargo, si usted acepta participar, además de estar colaborando en el desarrollo de estrategias para el tratamiento de diabetes, su estado de nutrición será evaluado minuciosamente por personal capacitado.

Usted no recibirá ningún pago por participar en el estudio, y tampoco implicará algún costo para usted.

La participación en este estudio es absolutamente voluntaria. Usted está en plena libertad de negarse a participar o de retirar su participación del mismo en cualquier momento.

Si usted tiene alguna pregunta, comentario o preocupación con respecto al proyecto, por favor comuníquese con el Dr. Jorge Alejandro Portillo Jacobo, investigador responsable de este proyecto. Para solicitar información o aclarar dudas sobre el consentimiento informado o aspectos éticos del estudio, contactar a la Dra. Cinthya Borjon Zuñiga, Presidenta del Comité de Ética en Investigación, número 777101 14 00 ext 40228

Si usted acepta participar en el estudio, le entregaremos una copia de este documento que le pedimos sea tan amable de firmar.

**Consentimiento para su participación en el estudio**

Si considera que no hay duda ni preguntas acerca de su participación, puede, si así lo desea, firmar la Carta de Consentimiento Informado.

Yo, \_\_\_\_\_ he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en este estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos. Convengo voluntariamente participar en este estudio de investigación. Recibiré una copia firmada y fechada de este formato de consentimiento.

Nombre del participante: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Día/Mes/Año

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre completo y firma de testigo 1: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Día/Mes/Año

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre completo y firma de testigo 2: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Día/Mes/Año

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre de la persona que obtiene el consentimiento: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Día/Mes/Año

Firma: \_\_\_\_\_

---

---

**Carta De Revocación Del Consentimiento**

Título del protocolo:

\_\_\_\_\_

Nombre completo del participante:

\_\_\_\_\_

Por este conducto deseo informar mi decisión de retirarme de este protocolo de investigación por las siguientes razones:

\_\_\_\_\_

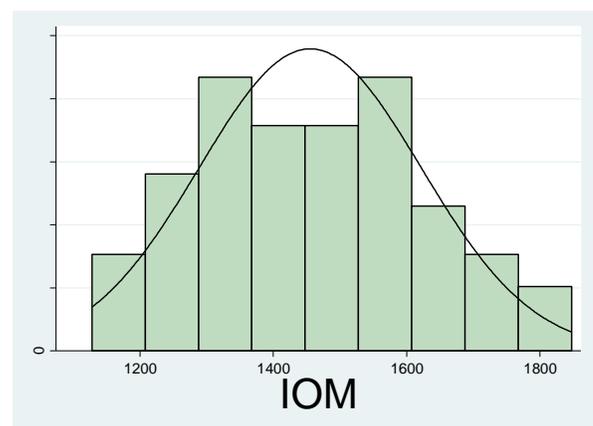
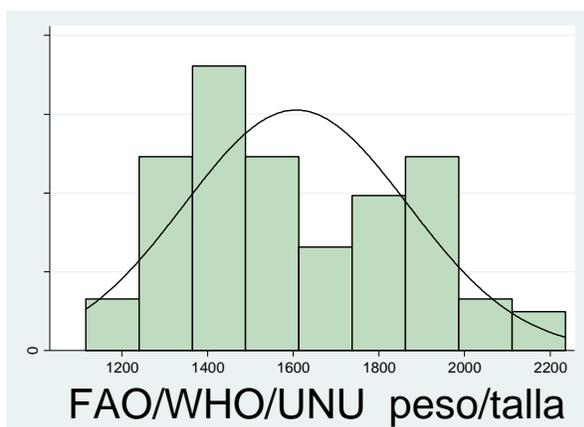
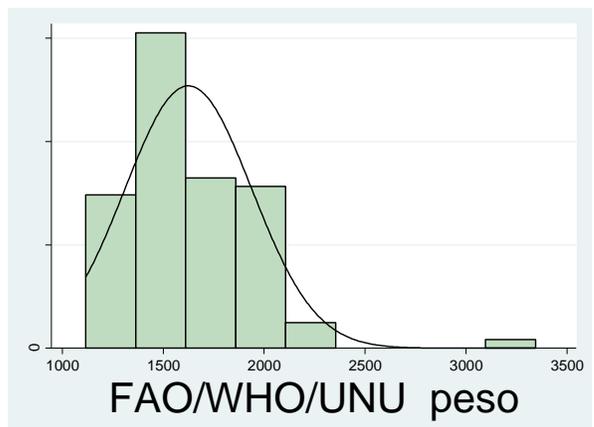
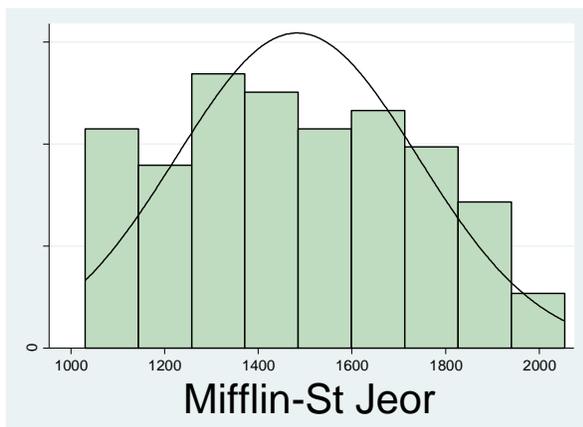
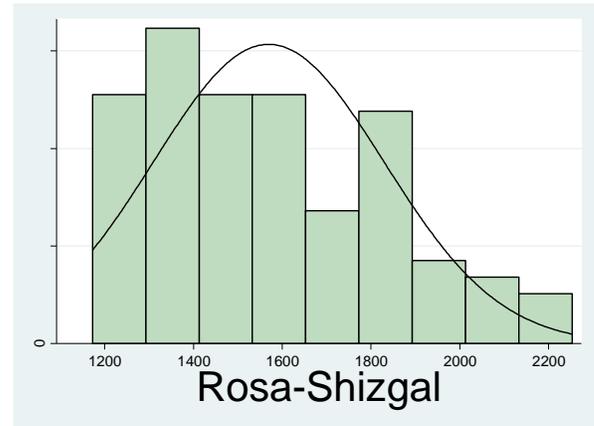
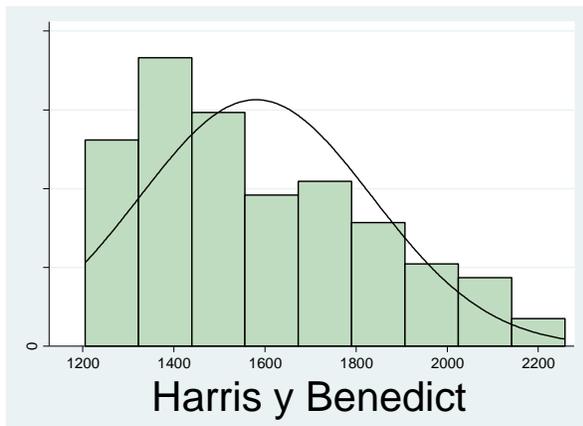
\_\_\_\_\_

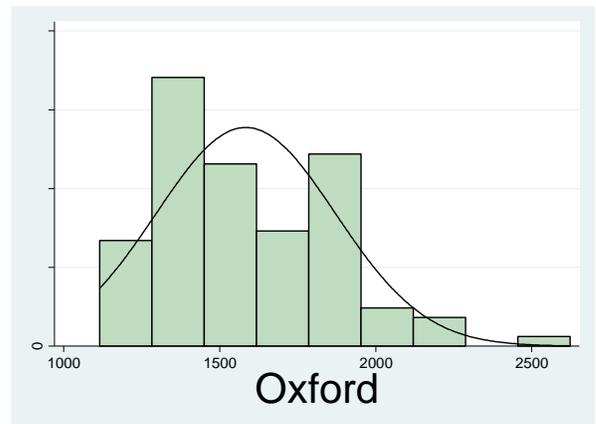
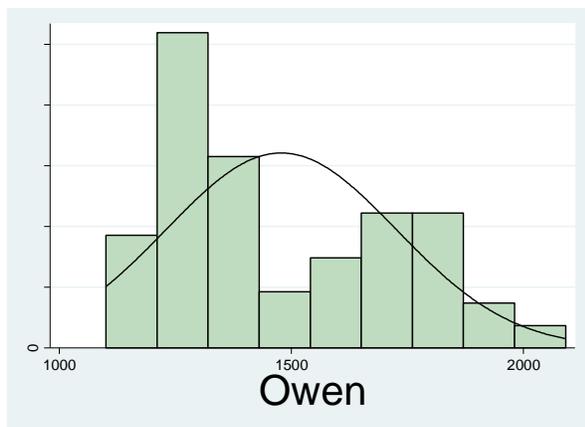
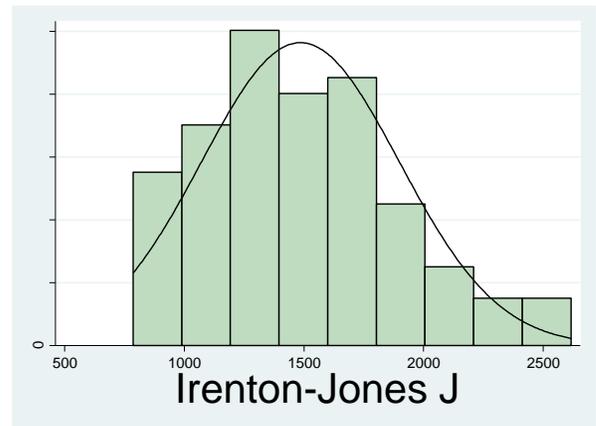
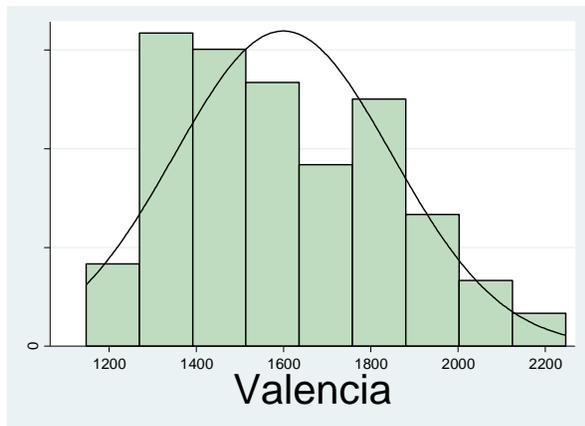
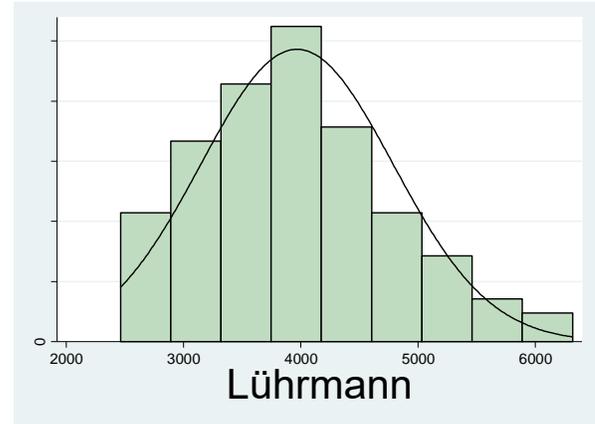
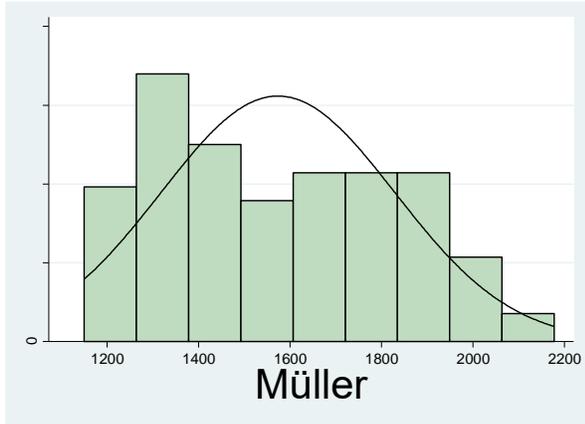
Firma del participante: \_\_\_\_\_

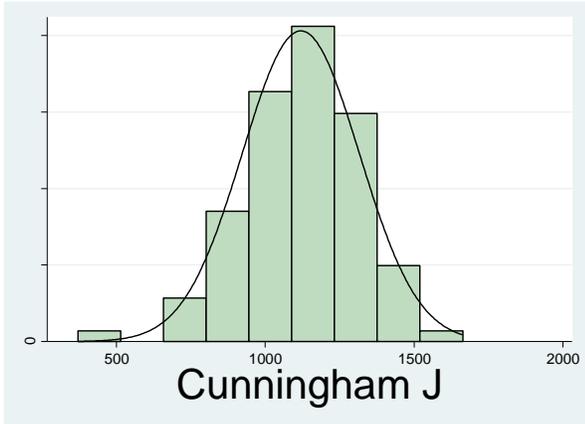
Nombre completo de testigo: \_\_\_\_\_

Firma de testigo: \_\_\_\_\_

## Anexo 3. Histogramas por cada fórmula.









Cuernavaca, Morelos, a 16 de febrero del 2024.

Asunto: Voto aprobatorio.

**MTRA. JESICA LOPEZ BUCIO FABIAN.**  
**DIRECTORA DE LA FACULTAD DE NUTRICIÓN, UAEM**

**P R E S E N T E**

Por este conducto me permito comunicarle que en mi calidad de jurado para examen de grado de la estudiante de Licenciatura en Nutrición, de la Facultad de Nutrición, **Alma Velia Peña Vázquez**, a cargo de la **Dra. Dolores Azucena Salazar Piña**, he leído y revisado la tesis titulada **COMPARACIÓN ENTRE LA DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO ENERGÉTICO USANDO FÓRMULAS Y CALORIMETRÍA INDIRECTA EN SUJETOS SANOS, EN RIESGO Y CON DIABETES MELLITUS TIPO 2.**, y considero que ésta cubre los requisitos señalados en los lineamientos de Titulación de la Universidad para tesis profesional. Por lo tanto, la estudiante puede continuar con los trámites correspondientes para solicitar fecha de examen.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

**FIRMA ELECTRÓNICA**

M. en C. DAMIÁN ARIZMENDI ECHEGARAY





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**DAMIAN ARIZMENDI ECHEGARAY | Fecha:2024-02-27 14:33:34 | Firmante**

HU0J5TBjGvwSbUfN6ejJeUdCLCFMjBoitty5dHSxAUcPLf/CHqGgi1qxqtzwUxriVbC13cVZP+fNBZGek69q5iCmbloRg/l5O+o52v97pf6VSO190jGhUJvpeU3l6rwl+ValelSD8FSwaUCPMm8c56n15a6gHYB95wayvKJSjLpgpcnwgJCxUc466i/qc1X2vyGMU4vj2sDgcPLx4n4ZGcnLyIhA6r6ofdSWbHvUj9iCsAEiMLHaJqtiku+wta+TNxk4jku/iyCzXsKOO62YvRwzrN89HK8bskPfPxuZpVRWFaDDmU0Ndyvg3jJ8J1Ldwjtc99kLiU5HFqU1mP/g==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



**J2TKLeZwc**

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/EBTYkyXkpvNrti1Ugwy2KWFu3ue6ccZY>



**UAEM**  
RECTORÍA  
2023-2029



Cuernavaca, Morelos, a 20 de febrero del 2022.

Asunto: Voto aprobatorio.

**MTRA. JESICA LOPEZ BUCIO FABIAN.  
DIRECTORA DE LA FACULTAD DE NUTRICIÓN, UAEM**

**P R E S E N T E**

Por este conducto me permito comunicarle que en mi calidad de jurado para examen de grado de la estudiante de Licenciatura en Nutrición, de la Facultad de Nutrición, **Alma Velia Peña Vazquez**, a cargo de la **Dra. Dolores Azucena Salazar Piña**, he leído y revisado la tesis titulada **COMPARACIÓN ENTRE LA DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO ENERGÉTICO USANDO FÓRMULAS Y CALORIMETRÍA INDIRECTA EN SUJETOS SANOS, EN RIESGO Y CON DIABETES MELLITUS TIPO 2.**, y considero que ésta cubre los requisitos señalados en los lineamientos de Titulación de la Universidad para tesis profesional. Por lo tanto, la estudiante puede continuar con los trámites correspondientes para solicitar fecha de examen.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

**FIRMA ELECTRÓNICA**  
**DRA. MARÍA ALEJANDRA TERRAZAS MERAZ**





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**MARIA ALEJANDRA TERRAZAS MERAZ | Fecha:2024-02-28 10:49:32 | Firmante**

f6gEssd2uP7JAU7kXV67n77zw2f9cksXOJu0JIMEoHfyVc7se1aEnLYjjH1D+P8LcyuHF42ZcVfkvgc+0WNb8VY6YGwqdPifHc/BGWk16Pvdjv6lmMrWS0A5v/EdilxK2DQb1bl7thBLRHmLFs8J8FPITTWtovFemTJal2HD2StJX5pzXIHGkhzolicj6BEzCRH4V2nfoaLiVz31byNWkYVUkt2voQGPMVy3d0BJMPJt2RsPd1VTgLT0x26fuMZvCcyUV7+IDf8o85ROrAiRjF1biDDXlilZfJkxTaj8/Otxo8QfXXKd9nfkG71wBfJF1JoksVQgarxEpq6j4ONz1A==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[scjk0zuYI](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/L0YQfAdSZ6WfNB8QvQr4SXUG4Txgl0BL>



UAEM  
RECTORÍA  
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE NUTRICIÓN

Secretaría Académica  
Jefatura de Programa Educativo de la Licenciatura

Cuernavaca, Morelos, a 22 de febrero del 2022.

Asunto: Voto aprobatorio.

**MTRA. JESICA LOPEZ BUCIO FABIAN.  
DIRECTORA DE LA FACULTAD DE NUTRICIÓN, UAEM**

**P R E S E N T E**

Por este conducto me permito comunicarle que en mi calidad de jurado para examen de grado de la estudiante de Licenciatura en Nutrición, de la Facultad de Nutrición, **Alma Velia Peña Vazquez**, a cargo de la **Dra. Dolores Azucena Salazar Piña**, he leído y revisado la tesis titulada **COMPARACIÓN ENTRE LA DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO ENERGÉTICO USANDO FÓRMULAS Y CALORIMETRÍA INDIRECTA EN SUJETOS SANOS, EN RIESGO Y CON DIABETES MELLITUS TIPO 2.**, y considero que ésta cubre los requisitos señalados en los lineamientos de Titulación de la Universidad para tesis profesional. Por lo tanto, la estudiante puede continuar con los trámites correspondientes para solicitar fecha de examen.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

**FIRMA ELECTRÓNICA**

Mtra. Gabriela Añorve Valdez

C.i.p. – Archivo. EFJ/JLBF/rmea\*



**UAEM**  
RECTORÍA  
2023 - 2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**GABRIELA AÑORVE VALDEZ | Fecha:2024-02-29 09:37:38 | Firmante**

Sg/Kko0UGltnodIKosTBVBW+zNEHH18tb/FLc/OCUpbOabbuD9uNdZzuVq/YQa3NC3yRmbMY0fxQuKzO2C+C39zrBQziv88CSPTzl+G71oBo+r5c/ncHQqR974Tdy2vNUMjRxZy3WBqXXpPiCB9Vy/c49IKtbx/qFKvNaG1vxuuSsKEqxdIGfzO0o83U2NGyupUj5ZdRdJaVJhZQee0wGJ0/qwqZbeDLgzsFqv9tSsHMZB1Y8AhdQzwXd+W5YW2z3NH0dN9g+0YpwR+agLcG6H6XuxiDsHh9VzxKzOJwZaVfMhemPDaYOal/jifWKKmwlI2uwRiESqOWfSx1wnTISA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[geVQ0DJw1](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/bIIVUBvKL3slt59p5EGzmSo4ppuk78UT>



UAEM  
RECTORÍA  
2023-2029



Cuernavaca, Morelos, a 22 de febrero del 2022.

Asunto: Voto aprobatorio.

**MTRA. JESICA LOPEZ BUCIO FABIAN.**  
**DIRECTORA DE LA FACULTAD DE NUTRICIÓN, UAEM**

**P R E S E N T E**

Por este conducto me permito comunicarle que en mi calidad de jurado para examen de grado de la estudiante de Licenciatura en Nutrición, de la Facultad de Nutrición, **Alma Velia Peña Vazquez**, a cargo de la **Dra. Dolores Azucena Salazar Piña**, he leído y revisado la tesis titulada **COMPARACIÓN ENTRE LA DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO ENERGÉTICO USANDO FÓRMULAS Y CALORIMETRÍA INDIRECTA EN SUJETOS SANOS, EN RIESGO Y CON DIABETES MELLITUS TIPO 2.**, y considero que ésta cubre los requisitos señalados en los lineamientos de Titulación de la Universidad para tesis profesional. Por lo tanto, la estudiante puede continuar con los trámites correspondientes para solicitar fecha de examen.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

**FIRMA ELECTRÓNICA**  
M. D. Omar Calderón Garza





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

OMAR CALDERON GARZA | Fecha:2024-02-29 11:27:54 | Firmante

mWOdAsakP7cyhbVMefT9cZ2Sc0rMvuS2BkUIClt/EIO9zAgJ3ujL.Gw1cXkWwtXuKziUgFmjDjR67s9rXqpAuZyQ6oUYcoHnGyYmicy+MIATAz3oMQaZkC0z5s6YguuPvrSgXbNDfCmEAW8Jii5KtnmAX5iHSacRBlyPF1M4E8cmnZp5ebc33Pij+j8J+TebTULVM679gu73cRdt0IiNnvYhF2LvBs+AQ0+HJK74XhaTLNKVJmqT+e6+v7kt3tN6HiWZM21FCK6wxVchayh9jdTHFY0LYzLuiPGbFhsjebS2VjsL1tJ3Qr/r1e/81coi4wvc1MkTsXXGInamfZByw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[4CzI8ePuA](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/hTINRjoylrmbs9sAROUl4ro0Cfs8Iiy>



UAEM  
RECTORÍA  
2023-2029