

# Comparación de determinación de agua corporal total por método de bioimpedancia eléctrica y método de hidrometría por dilución de deuterio durante el embarazo en mujeres con IMC normal y obesidad.

Avitia Castillo, Laura Sofía

2018

---

<http://hdl.handle.net/20.500.11777/3562>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

# UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA

## PUEBLA

Estudios con Reconocimiento de Validez Oficial por Derecho  
Presidencial del 3 de Abril 1981



COMPARACIÓN DE DETERMINACIÓN DE AGUA CORPORAL TOTAL POR  
MÉTODO DE BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA Y MÉTODO DE HIDROMETRÍA  
POR DILUCIÓN DE DEUTERIO DURANTE EL EMBARAZO EN MUJERES  
CON IMC NORMAL Y OBESIDAD

DIRECTOR DEL TRABAJO

M.C. María Eugenia Flores Quijano  
Dra. María Estela Uriarte Archundia

ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO

Que para obtener el Grado de  
MAESTRÍA EN NUTRICIÓN CLÍNICA

Presenta

LAURA SOFÍA AVITIA CASTILLO

## Índice

RESUMEN.....	4
CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
1.2 OBJETIVOS .....	6
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	6
1.4 MARCO CONTEXTUAL .....	7
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....	9
2.1 COMPOSICIÓN CORPORAL Y AGUA CORPORAL TOTAL (ACT) .....	9
2.1.1 COMPOSICIÓN CORPORAL.....	9
2.1.2 AGUA CORPORAL TOTAL .....	12
2.2 ACT EN EL EMBARAZO .....	15
2.3 MEDICIÓN DE ACT.....	17
2.3.1 BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA .....	19
2.3.2 HIDROMETRÍA.....	25
2.4 ASOCIACIÓN DEL ACT CON EL PARTO .....	27
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	28
3.1. CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO .....	28
3.1.1 UBICACIÓN ESPACIO – TEMPORAL .....	28
3.1.2 TIPO DE ESTUDIO .....	28
3.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN .....	28
3.2.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN .....	28
3.2.2 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN .....	28
3.2.3 CRITERIOS DE ELIMINACIÓN .....	28
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	29
3.4 ETAPAS DEL PROYECTO .....	30
3.5 MÉTODO ESTADÍSTICO .....	31
3.6 ASPECTOS ÉTICOS .....	32
CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....	34
4.1 CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS DE CADA GRUPO DE ESTUDIO UTILIZANDO AMBOS MÉTODOS.....	34
4.2 EVALUACIÓN ANTROPOMÉTRICA A CADA GRUPO DE ESTUDIO UTILIZANDO LOS DOS MÉTODOS DURANTE EL EMBARAZO.....	40
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN .....	44

<b>8. GLOSARIO.....</b>	<b>51</b>
<b>9. REFERENCIAS .....</b>	<b>53</b>
<b>10. ANEXOS .....</b>	<b>57</b>
<b>10.1 ANEXO 1: CUESTIONARIO DE HOJA DE LLEGADA .....</b>	<b>57</b>
<b>10.2 ANEXO 2: CUESTIONARIO DE PREPARACIÓN Y TOMA DE LA SOLUCIÓN DEL DEUTERIO.....</b>	<b>59</b>
<b>10.3 ANEXO 3: CUESTIONARIO DE PRIMERA CONSULTA.....</b>	<b>61</b>
<b>10.4 ANEXO 4: BASE DE DATOS .....</b>	<b>64</b>

## Resumen

La composición corporal es la rama de la biología humana que se enfoca en el estudio de los diferentes componentes del cuerpo humano. Está constituida por grasa, masa libre de grasa (MLG) y en aproximadamente un 50% de agua. Su correcta evaluación se debe fundamentar en el estudio de sus componentes o compartimientos y en el desarrollo y evaluación de los diferentes métodos usados para su estimación. Uno de los métodos de evaluación más comunes en la práctica clínica es la Bioimpedancia eléctrica (BIA), es por ello que es importante evaluar su eficacia en situaciones fisiológicas como el embarazo. En este estudio se buscó comparar la BIA con el método de mayor exactitud para medición de ACT que es la hidrometría por dilución de deuterio, ya que a partir de la obtención de esta variable podemos determinar demás componentes de la composición corporal. Se evaluaron a 31 mujeres embarazadas pertenecientes al Instituto Nacional de Perinatología (INPer) con índice de masa corporal normal y con obesidad para evaluar si existían diferencias entre dichos grupos. Todas fueron evaluadas por ambos métodos mediante prueba de saliva e Inbody. Se observó que el contenido de ACT era menor en mujeres con obesidad, sin embargo, lo demás compartimientos no mostraron diferencias significativas. Mediante la prueba estadística de U Mann Whitney se evaluaron los resultados de ambos métodos mostrando poca diferencia significativa, por lo que podemos concluir que el BIA es una buena opción en embarazo independientemente del IMC y es un método de mayor accesibilidad.

## **Capítulo 1. Planteamiento de la Investigación**

### **1.1 Planteamiento del problema**

La obesidad definida como una acumulación anormal o excesiva de grasa perjudicial para la salud, se ha incrementado sustancialmente en la población a nivel mundial. Para el 2014 la OMS afirmó que más de 1900 millones de adultos de 18 años o más presentaban sobrepeso, de los cuales, más de 600 millones presentaban obesidad; es decir, el 39% de las personas adultas tenían sobrepeso y el 13% obesidad; de este 13%, el 15% correspondía a mujeres (1).

En México, el exceso del peso corporal es reconocido actualmente, como uno de los retos más importantes de salud pública y en la etapa del embarazo el reto es aún más importante. En México existe una prevalencia del 75.6% de mujeres con sobrepeso u obesidad de las cuales un 51% de mujeres en edad reproductiva presentan alguna de éstas dos variantes (2). La prevalencia de sobrepeso u obesidad en mujeres en la Ciudad de México es de 73.5%, el 35.7% presenta un diagnóstico de sobrepeso y el 37.7% de obesidad (3).

Muchas de las mujeres que presentan obesidad llegan a presentar complicaciones durante el embarazo, las cuales deben ser atendidas en institutos de alta especialidad como el Instituto Nacional de Perinatología "Isidro Espinosa de los Reyes" (INPer), en donde son atendidas aquellas mujeres que presentan embarazos de alto riesgo de todo el país (4).

Las mujeres embarazadas que acuden al Departamento de Nutrición y Bioprogramación en la torre de investigación del INPer son valoradas antropométricamente mediante métodos de Bioimpedancia eléctrica (BIA) y antropometría. Por el estado fisiológico de las pacientes, estos valores podrían verse sesgados por la acumulación de Agua Corporal Total (ACT) que se presenta en esta etapa; por lo tanto, dichos métodos podrían perder confiabilidad para valorar el estado nutricional y de salud de las pacientes embarazadas. Aún se carece de suficiente información que asegure que la BIA es un método eficiente para valorar a este grupo de población.

El contenido de ACT en adultos se ha descrito previamente en diversos estudios y se ha determinado que es constante; sin embargo, en la mujer embarazada se presentan variaciones y si no es evaluada adecuadamente, dicha variable no resulta funcional debido a que, en este estado fisiológico, la mujer presenta ganancia de peso y líquido extracelular que se va incrementando a lo largo del embarazo; además de la modificación que presenta el Índice de Masa Corporal (IMC). Habitualmente se emplea el índice de 0.60 que, multiplicándolo por el peso corporal, nos permite obtener una aproximación del ACT (5).

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Comparar la determinación de agua corporal total por método de Bioimpedancia eléctrica y de hidrometría por dilución de deuterio durante el embarazo en mujeres con IMC normal y obesidad.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Caracterizar antropométricamente a cada grupo de estudio utilizando ambos métodos durante el embarazo.
2. Evaluar antropométricamente los cambios en cada grupo de estudio durante la gestación.

## **1.3 Justificación**

Es importante valorar la composición corporal de las mujeres embarazadas y uno de los componentes de mayor importancia en esta etapa, por su variación, es el agua corporal total (ACT). Algunos de los métodos utilizados para conocer este componente son la Bioimpedancia eléctrica (BIA) y la hidrometría por dilución de deuterio, que puede evaluarse mediante fluidos corporales.

Resulta importante establecer un método viable y confiable para valorar la cantidad de ACT en mujeres embarazadas con un índice de masa corporal (IMC) normal y con obesidad; ya que ambos grupos de estudio, presentan

diferencias en este componente de la composición corporal y hasta el momento no se ha determinado cual método es más eficiente y eficaz para realizar dicha valoración.

Identificar un método viable y confiable, permitirá llevar un mejor control nutricional de las mujeres embarazadas, sobre todo en las que presentan un exceso de peso, las cuales deben ser monitoreadas de una manera más exhaustiva ya que, el conocer la composición corporal y por tanto el ACT mejorará la intervención nutricional.

El grupo de población beneficiado, con lo anterior, son las mujeres embarazadas y sobre todo las que presentan obesidad. Esta intervención impactará directamente tanto en ellas como en sus recién nacidos; además de que beneficiará a los profesionales de la salud apoyándolos con una intervención nutricional correcta.

#### **1.4 Marco contextual**

El presente estudio se llevará a cabo en el Instituto Nacional de Perinatología (INPer) en la Ciudad de México. Dicho hospital es una institución de asistencia pública perteneciente a la Secretaría de Salud de México (SSA) y constituye parte del Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF). Su especialidad es, como lo dice su nombre, la Perinatología en donde se atienden padecimientos ginecológicos; el Instituto forma parte de un sistema de 12 hospitales de alta especialidad que dan servicios de salud pública a la población mexicana (4).

El INPer realiza estudios e investigaciones clínicas, epidemiológicas, experimentales, de desarrollo tecnológico y básicas, en las áreas biomédicas y sociomédicas en el campo de su especialidad, para la comprensión, prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades y rehabilitación de las pacientes; así como para promover medidas preventivas de salud, por medio de servicios de consulta externa (6).

Dicho instituto cuenta con criterios establecidos de selección de pacientes, para lo cual se lleva a cabo un proceso estricto de aceptación. El instituto debe realizar una primera valoración médica en consulta externa solicitada por las pacientes por medio de la página web del instituto, para ser candidata a dicha consulta se debe estar dentro de algunos criterios médicos como presentar un embarazo de riesgo elevado, ser menores de 16 años y mayores de 35 años que por edad están consideradas dentro de este rubro, tener problemas ginecológicos, problemas de climaterio, pérdida gestacional recurrente, problemas de infertilidad, o bien querer acceder a un tratamiento de fertilidad. Posteriormente se debe presentar una serie de documentos oficiales al instituto (7).

Las mujeres que ingresan a este Instituto, no deben estar aseguradas por alguna otra institución y se debe corroborar la patología por la que se solicita la atención; posteriormente deben ser aceptadas en la valoración médica o bien pueden ser ingresadas por la referencia de otras instituciones de salud pública (7).

## **Capítulo 2. Marco teórico**

### **2.1 Composición corporal y agua corporal total (ACT)**

#### **2.1.1 Composición corporal**

La composición corporal es la rama de la biología humana que se enfoca en el estudio de los diferentes componentes del cuerpo humano. Su correcta evaluación se debe fundamentar en el estudio de sus componentes o compartimientos y en el desarrollo y evaluación de los diferentes métodos usados para su estimación (8).

Un análisis químico completo de la composición corporal indica que está formado por materiales similares a los que se encuentran en los alimentos, Grande y Keys hacen referencia a que el hombre es producto de su propia nutrición; es decir a lo que consume día a día (9).

El estudio de la composición corporal es un aspecto importante de la valoración del estado nutricional, pues nos permite cuantificar las reservas corporales del organismo; y por tanto, detectar y corregir problemas nutricionales como situaciones de obesidad, en las que existe un exceso de grasa o, por el contrario, en estados de desnutrición, en las que la masa grasa y la masa muscular podrían verse disminuidas. Así, a través del estudio de la composición corporal, se pueden valorar la ingesta de energía y de los diferentes nutrimentos; así como el crecimiento o la actividad física del paciente. Los nutrientes de los alimentos pasan a formar parte del cuerpo, por lo que las necesidades nutricionales dependen inclusive de la composición corporal (9).

El parteaguas en el estudio de la composición corporal se considera en el estudio de Behnke quien, en 1942, introdujo el modelo de peso bajo el agua y el modelo de dos compartimientos, señalando que el organismo en su totalidad se divide en porcentajes de la siguiente manera: grasa total 15%, de la cual 12% es de reserva y 3% esencial; músculo 44.8% y hueso 14.9% en el caso de los

hombres y en el caso de las mujeres 25% corresponde a grasa total de la cual 13% es de reserva y 12% esencial, músculo 38% y hueso 12% (10).

Grande y Keys en su manual de Nutrición y Dietética establecen que nuestro cuerpo está constituido por múltiples componentes (agua, grasa, hueso, músculo, etc.) pero, de todas ellas, el agua es el componente mayoritario en el cual esta investigación está enfocada. El agua constituye más de la mitad del peso corporal total (50 - 65%) y en su mayor parte (80%) se encuentra en los tejidos metabólicamente activos, por lo tanto, su cantidad depende de la composición corporal y, en consecuencia, de la edad y del sexo; disminuye con la edad y es menor en las mujeres, aunque en mujeres embarazadas, ésta se ve severamente afectada (9).

Sánchez a su vez establece que los componentes del cuerpo humano se distribuyen en cinco niveles de organización: atómico, molecular, celular, tisular y corporal. Esta investigación se enfoca en el nivel tisular, el cual incluye dentro de sus componentes al agua corporal total (ACT), el cual es la base para calcular los demás componentes de la composición corporal y por lo tanto el centro de esta investigación (8).

Además del ACT, hay otros dos componentes fundamentales que forman parte de la composición corporal, el tejido magro o masa libre de grasa (MLG) y el tejido adiposo o masa grasa (MG). La MLG representa el 80% de la composición, en el que se incluyen todos los componentes funcionales del organismo implicados en los procesos metabólicamente activos. Por ello, los requerimientos nutricionales están generalmente relacionados con el tamaño de este componente corporal; de ahí la importancia de conocerlo. El contenido de la MLG es muy heterogéneo e incluye: huesos, músculos, agua extracelular, tejido nervioso y todas las demás células que no son adipocitos o células grasas. La masa muscular o músculo esquelético constituye alrededor del 40% del peso corporal total y es el componente más importante de la MLG el cual representa el 50% de éste; así mismo, es el reflejo del estado nutricional relacionado con

las proteínas. La masa ósea es la que conforma a los huesos y ésta constituye alrededor de un 14% del peso total y 18% de la MLG (9).

El compartimento graso, tejido adiposo o masa grasa constituye alrededor del 20% y está formado por adipocitos. La grasa, que se considera metabólicamente inactiva, tiene un papel importante como materia de reserva y en el metabolismo hormonal, entre otras funciones. Se diferencia, por su localización, en grasa subcutánea (debajo de la piel, donde se encuentran los mayores almacenes) y grasa interna o visceral (grasa alrededor de los órganos). Según sus funciones en el organismo, puede también dividirse en grasa esencial y de almacenamiento (9).

En un estudio realizado en 90 pacientes en un Hospital Central se buscó relacionar el IMC con la proporción de grasa corporal. Se correlacionaron los datos y analizaron estadísticamente los datos y se encontró que si existe relación entre el IMC y la proporción de grasa y que ambos aumentan durante el embarazo e implican un impacto en el feto (11).

La cantidad y el porcentaje de todos estos componentes es variable y depende de diversos factores como la edad, el sexo y el estado fisiológico, entre otros (9).

De la misma manera se ha demostrado en diversos estudios relacionados con la evaluación de la composición corporal, que la proteína corporal total que constituye parte de la MLG disminuye con los años. A partir de los 40 años la reducción en mujeres por década es del 3%. La densidad mineral ósea también presenta cambios al reducirse después de la menopausia. El ACT disminuye a lo largo de la vida, aproximadamente 0,3 kg por año; sin embargo, en la etapa de embarazo ésta tiende a aumentar (8).

A lo largo del ciclo reproductivo materno, la regulación de la grasa corporal total (GCT) es mucho más compleja, razón por la cual, las suposiciones sobre las contribuciones fraccionadas de los diferentes componentes de la composición corporal pueden no cumplirse. La ganancia de peso durante la

gestación, ha sido tradicionalmente la forma más común de evaluar el estado nutricional de la madre durante el embarazo, así como una aproximación del crecimiento fetal. Dicha variable no diferencia entre peso de la madre, la GCT, la masa muscular total (MMT), el ACT o el volumen sanguíneo; así que una de las mayores contribuciones de la composición corporal en el área obstétrica, es evaluar las contribuciones fraccionadas de las mismas sobre esta variable antropométrica (8).

Algunos estudios han valorado el comportamiento de la composición corporal durante la etapa del embarazo y la relación entre el aumento de peso gestacional y la acumulación de masa corporal magra y grasa mamaria y comparar la acumulación de grasa y masa corporal magra. Durante mucho tiempo se planteó la hipótesis de que exceder las pautas actuales de aumento de peso estaría asociado con una mayor acumulación de grasa, en comparación con el cuerpo magro (12).

Estudios han demostrado que el aumento de peso se correlaciona fuertemente con el cambio en la masa grasa; las mujeres con un aumento de peso excesivo versus adecuado versus inadecuado tienen un mayor cambio de masa grasa. El aumento de peso también se correlaciona con el cambio de masa corporal magra, pero las mujeres con un aumento de peso excesivo versus adecuado tienen un cambio de masa corporal magra similar (12).

A lo largo de la etapa del embarazo ocurren cambios importantes en la composición corporal; por ejemplo, a lo largo del ciclo reproductivo materno, el nivel de ACT presenta la mayor modificación como se ha mencionado anteriormente (8).

### **2.1.2 Agua Corporal Total**

El ACT se encuentra distribuida en dos grandes espacios: líquido intracelular que ocupa del 35 al 40% del peso corporal total y el líquido extracelular que comprende entre el 20 y 25 % (13). El agua extracelular está dividida, a su vez en volumen plasmático o intravascular (4% del peso corporal total), líquido

intersticial (16%) y líquido transcelular (cefalorraquídeo, pleural, pericárdico, peritoneal, intraocular, sinovial y de las secreciones del tracto digestivo) (14).

El ACT cumple con diferentes funciones en el organismo, algunas de ellas son que es el medio en el que tienen lugar diversas reacciones químicas del organismo, es transportadora de nutrientes a las células y vehículo para los productos de deshecho, previene el estreñimiento lo cual es un problema frecuente en el embarazo, interviene en la respiración y la digestión, regula la función hídrica a través del sistema renal, lubrica y actúa como soporte estructural de tejidos y articulaciones y contribuye a la termorregulación (15).

El ACT (o en sus siglas en inglés TBW de "Total Body Water") se valora mediante una serie de cálculos establecidos, tomando en cuenta el peso del paciente. Éste nos permite conocer parte de su composición corporal. Habitualmente se ha empleado un índice establecido de 0.60 que es multiplicado por el peso y nos permite obtener una aproximación de este parámetro (5).

Como parte de la evaluación de la MLG se han desarrollado ecuaciones predictivas para determinar el contenido de ACT en el organismo, aplicables solo para adultos. El investigador Watson determinó correlaciones aceptables ( $r = 0.86$  en mujeres y  $r = 0.84$  en hombres) cuando se han comparado los resultados obtenidos a través de ellas con mediciones directas por dilución, que son las de mayor exactitud; sin embargo, es importante señalar que los errores en éstas estimaciones ocurren cuando se pasan por alto las condiciones en las que están basadas: 1) que el ACT solo se encuentra en el componente no graso del cuerpo y 2) que la cantidad de agua en el tejido magro del cuerpo es constante entre los sujetos (10).

Estas ecuaciones no pueden aplicarse de forma específica y sólo permiten evaluar longitudinalmente al paciente para monitorear cambios a lo largo de un tiempo determinado. Para su obtención dentro de la práctica clínica se utiliza la fórmula siguiente:

ACT en litros, mujer = - 2.097 + ([0.1069 x estatura en cm] + [0.2466 x peso en kg])

ACT en litros, varón = 2.447 - ([0.09516 x edad en años] + [0.1074 x estatura en cm] + [0.3362 x peso en kg]) (10).

Al estimar el ACT se debe tener en cuenta que el porcentaje de cantidad de agua que se considera adecuada incluye el agua que proviene del consumo de las bebidas de todo tipo; así como, de la proveniente de los alimentos, y sólo pueden ser aplicadas a condiciones de temperatura ambiente moderada y niveles moderados de actividad física (16). El porcentaje promedio de ACT por edades y género se muestra en la Tabla 1 (15).

TABLA 1. PORCENTAJE DE AGUA CORPORAL TOTAL POR EDAD RESPECTO AL PESO CORPORAL	
POBLACIÓN	AGUA CORPORAL TOTAL (% peso corporal)
< 6 meses	74% (64 - 84)
6 meses - 1 año	60% (57 - 64)
1 año - 12 años	60% (49 - 75)
<b>HOMBRES</b>	
12 años - 18 años	59% (52 - 66)
19 años - 50 años	59% (43 - 73)
> 50 años	56% (47 - 67)
<b>MUJERES</b>	
12 años - 18 años	56% (49 - 63)
19 años - 50 años	50% (41 - 60)
> 50 años	47% (39 - 57)

Montse Vilaplana I. Batalla. Farmacéutica comunitaria. Master en Nutrición y Ciencias de los Alimentos, 2010 (5).

Como se puede observar, el porcentaje de ACT en mujeres en edad reproductiva es de aproximadamente el 50%.

Se ha mencionado que existen varios métodos de estimación del ACT. La hidrometría por dilución de deuterio que se considera el “standard de oro” para medir el ACT por su grado de exactitud, incluso en mujeres embarazadas; sin embargo, es un método poco viable para la práctica clínica debido a su alto costo y accesibilidad, por lo tanto, en la actualidad el método para estimación de mayor utilización es la BIA por medio de equipos.

Otro método para calcular el ACT se basa en parámetros antropométricos. La elección de uno u otro método es relativamente subjetiva, ya que las comparaciones de los resultados de cada uno de los métodos con las medidas basadas en la distribución del deuterio son bastante concordantes, al menos desde el punto de vista de la precisión que se requiere en la clínica habitual.

## **2.2 ACT en el embarazo**

Los nueve meses del embarazo representan el periodo más intenso de crecimiento y desarrollo humano. La composición corporal de la mujer en esta etapa suele verse afectada y parte de esta composición está conformada por el ACT. La manera en que se presenta este proceso depende de muchos factores, entre ellos el consumo de líquidos tanto en bebidas como en alimentos (17).

Durante el embarazo el agua desempeña varias funciones vitales, por ello es de suma importancia valorar su consumo y con ello la cantidad de ACT en el organismo. El líquido permite el aumento necesario del volumen sanguíneo de la madre, ayuda a regular la temperatura corporal, regula diversas reacciones metabólicas y actúa como lubricante; es decir, forma parte del líquido amniótico que se encuentra en la placenta a término (17).

El ACT durante la etapa del embarazo aumenta entre 7 y 10 L. Durante la gestación normal, la mujer puede llegar a retener entre 4 y 6 L de agua. Cerca de dos terceras partes del incremento son intracelulares; es decir, que conforman parte de sangre y tejidos y una tercera parte es extracelular refiriéndose al líquido que hay entre células. El volumen del plasma comienza a aumentar a las pocas semanas de la concepción, y alcanza su nivel máximo alrededor de la semana 34 de gestación (17).

Durante la gestación normal ocurren diversos cambios fisiológicos que alteran el metabolismo del agua; se incrementa el volumen sanguíneo y la tasa de filtración glomerular. Como se mencionó anteriormente el ACT se encuentra en varios compartimentos. La placenta a término, contiene 500 ml de agua, y hay 500 a 1200 ml de líquido amniótico. Uno de los mecanismos que conduce al incremento del ACT en el embarazo, es el aumento de la producción de vasopresina, hormona que se encarga de aumentar la tonicidad de los vasos y disminuir el volumen de la orina. Esta hormona incrementa la actividad de la renina y, por ende, la producción de aldosterona, que a su vez incrementa la reabsorción de agua y sodio en el túbulo contorneado proximal del riñón (17).

El intercambio de agua entre madre y feto es cercano a los 500 ml por hora. Se estima la mujer pierde aproximadamente 4.2 kg de agua en el parto, la cual se distribuye una parte en el neonato, otra en la placenta y finalmente en el líquido amniótico. El volumen del líquido amniótico aumenta en el curso de la gestación. Al inicio del embarazo es aproximadamente de 200 ml, aumenta a 500 ml a las 22 semanas de gestación (SDG); y de 800 a 1100 ml en la semana 34 (17).

Se ha visto que existe diferencia en las cantidades de ACT que se dan en una mujer que inicia el peso con un IMC normal y una mujer que inicia con obesidad y que hay variabilidades en ambos grupos.

El sobrepeso y obesidad se ha vuelto una epidemia a nivel mundial y su prevalencia en la etapa embarazo es alta. La obesidad materna constituye alteraciones fisiobioquímicas que complican el desarrollo normal de un embarazo, su epidemiología está relacionada con las condiciones sociales, económicas, culturales y ambientales. En un estudio realizado en Ecuador en los centros de salud de la ciudad de Cuenca se observó que de las 614 embarazadas que acudieron al Centro de Salud en los meses de Agosto, Septiembre Y Octubre del 2013, 140 presentaron Sobrepeso y Obesidad y su alimentación mayoritariamente es hiperlipídica e hipercalórica. La prevalencia de

sobrepeso fue de 14,98% seguida por 7,82% con obesidad lo cual tiene un impacto en la composición corporal y finalmente en el parto y el bebé. (18).

En la actualidad se han desarrollado estándares para el aumento de peso óptimo durante el embarazo. El peso de la mujer es uno de los parámetros de mayor importancia para identificar embarazos subóptimos; sin embargo, es importante reconocer la variabilidad en los componentes durante la ganancia de dicho peso. Estos incluyen los productos de la concepción (feto, placenta y líquido amniótico), el tejido uterino y mamario, el líquido extracelular y la grasa materna ya mencionados previamente. Estos componentes cambian a lo largo del curso del embarazo y en diferentes proporciones en diferentes individuos, afectando notablemente la interpretación del aumento de peso (19).

En un estudio de cohorte donde se tomaron en cuenta a 432 mujeres sanas de entre 18 a 36 años de edad, identificadas durante varias visitas prenatales en tres clínicas y un centro de partos en la ciudad de Nueva York, se valoraron medidas de la composición corporal. Finalmente, el estudio se conformó de 200 mujeres que se encontraban en las semanas 14 a 37 de gestación de diferentes IMC. Se valoró la masa mineral ósea a las 2 a 4 semanas postparto. La grasa corporal se estimó con un modelo que utilizó ACT, peso, densidad y masa mineral ósea. En mujeres que ganaron lo recomendado por el Medicine Institute se vio que la ganancia de grasa durante el embarazo para mujeres con peso inferior al normal, peso normal, sobrepeso u obesidad antes del embarazo fueron de  $6,0 \pm 2,6$  kg,  $3,8 \pm 3,4$  kg,  $3,5 \pm 4,1$  kg y  $-0,6 \pm 4,6$  kg, respectivamente. Se observó que hubo un mayor aumento de peso con el aumento de la ganancia de grasa, sin embargo, la ganancia de ACT no fue diferente entre los cuatro grupos de peso establecidos por su IMC (20).

### **2.3 Medición de ACT**

Durante mucho tiempo, el cálculo de ACT ha sido uno de los métodos de referencia más exactos para determinar el resto de la composición corporal y nos permite determinar la masa grasa, masa libre de grasa, entre muchos otros parámetros.

En la actualidad se tienen varios métodos y diferentes técnicas de medición de la composición corporal. Dichos métodos nos permiten conocer el valor del ACT en el individuo; sin embargo, en esta investigación se tomaron en cuenta dos métodos que se han considerado adecuados para calcular el ACT: la Bioimpedancia eléctrica y la hidrometría por dilución de deuterio.

La antropometría y el análisis de la impedancia bioeléctrica o Bioimpedancia son métodos de campo ampliamente utilizados en la práctica clínica para la evaluación de la composición corporal; a pesar de ello, se desconoce si generan resultados comparables. En un estudio de evaluación de la composición corporal de adultos se comparó la composición corporal de adultos sanos evaluados por antropometría y Bioimpedancia. Se evaluaron 70 mujeres (entre los 22 y 56 años) y 53 hombres (entre los 24 y 54 años) por el método antropométrico: ecuaciones de Durning/Womersley y Jackson/Pollock, y por Bioimpedancia: técnica pie-pie. El porcentaje de grasa promedio en los hombres fue mayor ( $p=0,000$ ) por Durning/Womersley (25,2%) que por Jackson/Pollock (20,1%) y Bioimpedancia (19,3%). En las mujeres, el porcentaje de grasa promedio fue mayor ( $p=0,000$ ) por Durning/Womersley (36,9%) que por Jackson/Pollock (31,0%) y Bioimpedancia (27,6%). Hubo una alta correlación entre los métodos ( $r>0,77$ ) pero, al aplicar el mismo punto de corte para definir la obesidad, se encontró una baja concordancia entre estos ( $K<0,5$ ). Como resultado se definió que el método antropométrico, ecuación de Durning/Womersley, estimó los porcentajes de grasa más altos y la Bioimpedancia, los más bajos. Se encontraron diferencias significativas entre los métodos y entre las ecuaciones antropométricas, lo cual sugiere que sus resultados no son comparables ni intercambiables (21).

Con base al resultado del estudio anterior, resulta importante comparar la BIA con la prueba de mayor exactitud; la hidrometría por dilución de deuterio.

Para calcular el ACT se considera que existe una relación entre el peso y la distribución del ACT. Por ejemplo, en un sujeto adulto de 70 kg el agua se encuentra distribuida de la siguiente manera: agua corporal total, 42 L; líquido

intracelular, 28 L; líquido extracelular, 14 L; líquido intravascular o plasma, 3.5 L, y líquido intersticial, 10.5 L (22).

### **2.3.1 Bioimpedancia eléctrica**

El estudio de la composición corporal por medio de la Bioimpedancia ha tenido gran auge porque es un método económico, rápido, no invasivo, de escasa dificultad técnica y, a diferencia de otros métodos, no requiere una alta capacitación del evaluador para la aplicación de la técnica de medición.

Conocer su funcionamiento, así como sus bases físicas, permite comprender mejor su utilización y, por tanto, la aplicación estricta de las condiciones de medida, para asegurar la fiabilidad de los resultados obtenidos. La BIA es un buen método para determinar el agua corporal total; sin embargo, puede estar sujeta a sesgo de error en personas con alteraciones de líquidos corporales y electrolitos (23).

El análisis de la BIA se fundamenta en la conducción de una corriente eléctrica por los tejidos corporales, la cual es alta en el tejido magro, donde se encuentran en mayor proporción los líquidos acuosos y electrolitos y baja en el tejido graso. Por lo tanto, la BIA es inversamente proporcional al contenido de ACT y de MLG. La resistencia al flujo presente será más grande en individuos con cantidades grandes de tejido adiposo dado que este es un conductor pobre de la electricidad debido a su bajo volumen de agua relativo. Los tejidos acuosos con gran disolución de electrolitos son grandes conductores eléctricos y no así la grasa y el hueso (24).

Tanto los músculos, como los huesos y los vasos sanguíneos son tejidos corporales que tienen un alto porcentaje de agua, que produce la conducción de electricidad de forma fácil. Por otra parte, el tejido graso posee escasa conductividad eléctrica. Como ya se mencionó la BIA consiste en una corriente eléctrica de bajísima intensidad que recorre los miembros inferiores permitiendo valorar su resistencia. La resistencia depende del agua contenida en el organismo, la cual tiene una proporción constante en la masa muscular, ya que el 73% de los músculos son agua. Tomando este dato y relacionándolo con otros

como edad, sexo y estatura del individuo se puede calcular la masa muscular de todo el cuerpo (25).

Asimismo, el tejido adiposo se encuentra formado de células que contienen la masa grasa, una cantidad pequeña de agua y de proteínas, y esa masa grasa está formada de triglicéridos, siendo totalmente aislante y no conduciendo la electricidad por ello se hace el cálculo usando con precisión el peso que es controlado al mismo tiempo. De esta forma quedaría la siguiente ecuación: Masa grasa = Peso – Masa muscular. Por ello, este método toma en cuenta la totalidad de las grasas, incluso la grasa localizada, así como la del abdomen y el margen de error es de sólo un 3 a 5% (25).

Relacionando el funcionamiento con la física, la impedancia ( $Z$ ) es el resultado de dos componentes: la resistencia ( $R$ ) al paso de la corriente, que viene dada principalmente por el contenido de agua, que es un excelente conductor, de tal modo que cuanto mayor es su contenido, menor es la  $R$  y viceversa. Esto permite analizar el estado de hidratación y distinguir tejidos con gran cantidad de agua como el músculo y tejidos con poca cantidad de agua, como la grasa, el pulmón o el hueso. El segundo componente es la reactancia ( $X_c$ ), que determina la capacidad de las células para almacenar energía, ya que se comportan como condensadores eléctricos al paso de una corriente eléctrica, donde las membranas celulares actúan como conductores y el contenido celular actúa como dieléctico, que es donde se almacena la carga una vez que se hace pasar la corriente. Los dos componentes vienen expresados en Ohmios ( $\Omega$ ), tienen una representación vectorial y su resultante vectorial es la impedancia ( $Z$ ). El ángulo que forman la  $R$  y la  $X_c$  se denomina ángulo de fase ( $\phi$ ), que normalmente es inferior a  $10^\circ$ , ya que la  $R$  es muy superior a la  $X_c$ . En resumen, mientras que la  $R$  determina preferentemente el estado de hidratación, la  $X_c$  determina preferentemente el estado nutricional (26,27).

Este método de valoración de la composición se divide en BIA de monofrecuencia, BIA de multifrecuencia o espectroscopía bioeléctrica, los cuales son utilizados en estados alterados de hidratación, dichos métodos aún requieren de investigación adicional (26).

La BIE multifrecuencia consiste en la determinación de la resistencia, la reactancia y el ángulo de fase, con frecuencias que oscilan entre 5 y 1.000 kHz. La representación gráfica de estas determinaciones adquiere una forma de parábola y corresponde al modelo de Cole y Cole (modelo para los efectos de polarización inducida (PI) en la cual la impedancia efectiva varía con la potencia de la frecuencia). Con frecuencias bajas, la corriente eléctrica no es capaz de atravesar las membranas celulares y se desplaza por el espacio extracelular, encontrando a su paso sólo la resistencia ofrecida por el agua extracelular y los iones que contiene (AEC). Los valores de Z para este tipo de frecuencias quedan a la derecha del modelo de Cole y Cole y si se extrapola la curva del modelo hasta cortar el eje de las X, es decir con una  $X_c = 0$ , obtendremos la resistencia correspondiente al AEC ( $R_0$ ) (27).

Las frecuencias altas son capaces de atravesar las células y el espacio extracelular. Por tanto, la resistencia vendrá dada por la oposición que ofrecen el agua intracelular y sus iones (AIC) y el AEC. Los valores de Z para frecuencias altas quedan representadas a la izquierda de la curva de Cole y Cole y su extrapolación al eje de las X nos dará una idea de la R correspondiente al agua corporal total ( $R_\infty$ ), donde  $ACT = AIC + AEC$  (27).

La BIE monofrecuencia está basada en la medida de la R,  $X_c$  y ángulo de fase a 50 kHz solamente, por considerar que, a esta longitud de onda, el ángulo de fase y la reactancia son máximos, es decir, estaría en la parte más alta de la parábola. Sin embargo, es fácil observar cuando se tienen delante todas las determinaciones obtenidas con analizadores de multifrecuencia, que este axioma no es siempre así y, por tanto, con la BIE monofrecuencia se está asumiendo un error, especialmente en los valores extremos de composición corporal (27).

El uso del análisis del BIA está indicado tanto en sujetos sanos como en pacientes con alguna morbilidad; sin embargo, sufre de falta de métodos estandarizados y procedimientos de control de calidad sobre todo en poblaciones con alteraciones fisiológicas. El BIA permite determinar la MLG y el

ACT en sujetos sin anomalías significativas en cuanto a líquidos y electrolitos cuando se usan ecuaciones apropiadas para su utilización, edad o indicando la patología o estado fisiológico específicos; así como procedimientos establecidos. Las ecuaciones que utiliza la BIA son validadas mediante un método de referencia que se lleva a cabo en un número suficientemente grande de sujetos que son sometidos a la valoración, se presentan y clasifican de acuerdo con el error estándar de la estimación (28).

Las técnicas de la BIA para medir el estado de hidratación normal pueden clasificarse generalmente como: 1) por frecuencia única a 50 kHz, análisis de BIA y espectroscopia de multifrecuencia y 2) por método de cuerpo entero (muñeca a tobillo) y 3) la espectroscopia de músculo de pantorrilla. En algunos estudios se han revisado los métodos actuales de BIA para la práctica clínica en pacientes con situaciones fisiológicas específicas y diversas y así evaluar cuál es más eficaz según el estado fisiológico del paciente (29).

Se considera que la BIA es un buen método para determinar el ACT y la MLG en personas sin alteraciones de líquidos corporales y electrolitos. Se deben utilizar ecuaciones de predicción que estén ajustadas a la edad y al sexo, adecuadas a la población y deben haber sido validadas frente a métodos de referencia.

Se han llevado a cabo estudios donde se compara la BIA con el método considerado el "standard de oro", es decir la hidrometría por dilución de deuterio.

En uno de estos estudios se comparó la BIA directamente con la dilución de isótopo de deuterio, en un total de 58 sujetos para medir el ACT. Las ecuaciones específicas de sexo y grupo se desarrollaron mediante un análisis de regresión múltiple en 10 hombres y 10 mujeres con obesidad y normopeso. La BIA resistiva fue la variable más significativa utilizada para predecir el espacio de dilución de deuterio (D2O-TBW) y, combinada con el peso, arrojó una  $R = 0,99$  y SE de estimación = 1,75 L. Las ecuaciones se probaron prospectivamente en un grupo heterogéneo de 6 hombres y 12 mujeres. Las ecuaciones específicas de sexo predicen D2O-TBW con buenos coeficientes de correlación

(0,96 y 0,93), error total (2,34 y 2,89 L) y una pequeña diferencia entre la media predicha y medida D2O-TBW (-1,4 +/- 2,05 y -0,48 +/- 2,83 L). La BIA predice D2O-TBW con mayor precisión que el peso, la altura y / o la edad; sin embargo, se requiere de una población mayor para validar la aplicación de estas ecuaciones (30).

La ESPEN ha informado sobre resultados de MLG, GCT, MMT, ACT, agua extracelular (ECW) y agua intracelular a través de estudios en sujetos sanos y enfermos. Los datos sugieren que el BIA funciona bien en sujetos sanos y en pacientes con equilibrio estable de agua y electrolitos con una ecuación validada de BIA que es apropiada con respecto a edad, sexo y raza. Algunos estudios enfatizan que el uso clínico de la BIA en sujetos con rangos extremos de IMC o con hidratación anormal no se recomienda para la evaluación de rutina hasta que una validación adicional haya demostrado que el algoritmo BIA es preciso en tales condiciones. La BIA de múltiples frecuencias y segmental puede tener ventajas sobre el BIA de frecuencia única en estas condiciones, pero es necesaria una validación adicional. Se ha ido demostrando que el seguimiento longitudinal de la composición corporal por BIA es posible en sujetos con IMC de 16 a 34 kg/m<sup>2</sup> sin hidratación anormal, pero debe interpretarse con precaución. La validación adicional de la BIA es necesaria para entender los mecanismos de los cambios observados en las enfermedades agudas, la alteración de las proporciones de grasa/masa magra en algunas condiciones fisiológicas, alturas extremas y anomalías en cuanto a la forma del cuerpo (31).

Se han realizado estudios de la validez y eficacia que tiene la BIA en mujeres embarazadas para generar intervalos de referencia para los índices de BIA durante el embarazo.

En uno de estos estudios fueron sometidas a valoración mujeres con embarazo único, edad gestacional inferior a las 12 semanas y ausencia de enfermedades antes del embarazo. Los parámetros antropométricos maternos y las mediciones de BIA se realizaron durante el primer, segundo y tercer trimestre del embarazo, al parto y 60 días postparto. Se utilizaron alturas<sup>2</sup> / resistencia (cm<sup>2</sup> / Ω) y altura<sup>2</sup> / reactancia (cm<sup>2</sup> / Ω) para estimar las cantidades de ACT y

determinar agua extracelular, respectivamente. Las correlaciones de rango de Spearman y el modelo de riesgo proporcional de cox se utilizaron con propósitos estadísticos. 169 pacientes completaron todas las mediciones. Las cantidades de agua total y extracelular aumentaron significativamente a medida que avanzaba el embarazo y volvieron a los valores previos al embarazo dentro de los 60 días posparto. Después del ajuste para la edad gestacional en el momento del parto, sexo fetal y hábitos de fumar, altura (2) / resistencia a las 25 semanas (riesgo = 1.04, intervalo de confianza del 95% (IC) 1.02-1.06,  $P < 0.005$ ), altura (2) / resistencia a las 30 semanas (riesgo = 1.03, IC 95% 1.01-1.05,  $P < 0.005$ ), altura (2) / reactancia a las 20 semanas (riesgo = 1.03, 95% IC 1.01-1.05,  $P < 0.005$ ), y altura (2) / reactancia a las 25 semanas (riesgo = 1.03, IC 95% 1.01-1.04,  $P < 0.01$ ) fueron predictores independientes del peso al nacer. Se proporcionaron rangos de referencia para el análisis de BIA durante el embarazo, un método fácil, rápido y no invasivo para estimar la composición del agua corporal durante el embarazo. Los índices de BIA durante el segundo trimestre del embarazo están relacionados de forma independiente con el peso al nacer del recién nacido (32).

Se han realizado estudios para comparar los diversos métodos de composición corporal. Las determinaciones de ACT calculadas a partir de los espacios de dilución de deuterio y las mediciones de BIA se hicieron en serie en un estudio constituido por un grupo de 15 mujeres antes, durante y después del embarazo. Medidas similares se hicieron en un grupo de 50 mujeres no embarazadas y de manera intermitente en otro grupo de 10 mujeres durante el embarazo y el posparto. El ACT aumentó significativamente durante el embarazo, luego disminuyó al posparto. Las estimaciones de ACT en embarazo y posparto calculadas con modelos derivados de mujeres no embarazadas y embarazadas fueron similares a los valores medidos. Los cambios en la reactancia y la resistencia explicaron más la variación en la predicción de los cambios en ACT que el peso corporal, la circunferencia abdominal o el hematocrito (50-75% vs 4-50%, respectivamente). Los cambios en ACT estimados con el modelo de BIA fueron significativamente diferentes de los cambios previstos, según el modelo de BIA del embarazo. Estos hallazgos

indican que el método de BIA es un método práctico y válido para determinar los cambios longitudinales en ACT (33).

### **2.3.2 Hidrometría**

La hidrometría es el método que permite la medida del agua total del cuerpo (ACT), se limita también cuando se usa individualmente para derivar referencias de medidas de composición corporal. Con este método: la concentración de isótopos de hidrógeno (deuterio o tritio) en los fluidos biológicos (saliva, plasma y orina) tras equilibrio se mide y se estima el ACT. Este método asume que la distribución e intercambio del isótopo por el cuerpo es similar y proporcional a la distribución e intercambio de agua y a la MLG (24, 34).

Lukasky establece que el ACT es sobrestimada de un 1 a 5% por medio de la hidrometría. Usando este método en relación con el modelo molecular en dos componentes para estimar la MLG, se asume que la hidratación de la MLG es constante para todos los individuos (alrededor del 73% de FFM). No obstante, el ACT fluctúa extensamente dentro y entre individuos dependiendo de la edad, el género, el nivel de adiposidad y existencia o no de enfermedad (25).

Por otra parte, Siri estimó que la variabilidad biológica (2%) en la hidratación de la MLG, produciría un error substancial en la estimación de la masa grasa (2,7%) para la población en general (24).

El deuterio es un isótopo no radiactivo del hidrógeno cuyo núcleo está compuesto por un protón y un neutrón, se encuentra en el ambiente y en el cuerpo humano en pequeñas concentraciones conocidas como abundancia natural que en combinación con el oxígeno da lugar al agua pesada (34).

El método de dilución isotópica es la manera más precisa y mayormente utilizada para determinar el ACT. El deuterio se encuentra en la naturaleza con una abundancia del 0.015 % de átomos de hidrógeno y también se encuentra en el cuerpo humano en una pequeña cantidad (34).

Las propiedades físicas y químicas del deuterio son muy similares, salvo que su densidad es el doble que la del hidrógeno. Aunque su densidad es el doble que la del hidrógeno resulta ser la misma que la del helio. Por cada 6700 átomos de hidrógeno normal (el isótopo llamado protio ya que sólo tiene un protón en el núcleo) hay un átomo de deuterio. La fuente más corriente de deuterio es el agua pesada (34).

La abundancia natural del deuterio es de 0.015%; esto significa que por ejemplo una mujer adulta de 35Kg tiene 30 Kg de agua corporal y tendría 4,5g deuterio. El deuterio constituye un estándar de referencia para la determinación del ACT y del gasto energético. Las dosis de deuterio utilizadas son seguras empleándose en individuos de todas las edades; además no alteran procesos fisiológicos u otros mecanismos y se pueden usar en condiciones normales. (35).

El deuterio ( $2H$ ), el tritio ( $3H$ ) y el oxígeno 18 ( $18O$ ) se han utilizado para medir ACT. El Óxido de Deuterio es agua en la cual el 99.8% al 99.9% de átomos de hidrógeno están en forma de deuterio utilizadas para determinar la composición corporal (35).

El método de dilución con óxido de deuterio para medir ACT es una técnica de medición que mediante la cual se puede derivar una estimación de la composición corporal, basado en un modelo de 2 compartimentos (2C): masa grasa (MG) y la masa libre de grasa (MLG). Se observa que la hidratación de la MLG en adultos sanos es aproximadamente del 73.2% y dicha hidratación es variable durante la niñez y adolescencia. La MLG puede obtenerse mediante la siguiente ecuación:  $MLG (kg) = ACT / 0.732$  (u otro). La MG se calcula a partir de la diferencia entre MLG y el peso corporal (35).

Dicho método se evalúa mediante un análisis del enriquecimiento del deuterio en el agua corporal, se puede medir en muestras biológicas (saliva, orina y plasma) empleando: Espectrometría de Masas de Relación Isotópica (IRMS) y Espectroscopia de Infrarrojo con Transformadas de Fourier (FTIR) (35).

La hidrometría por dilución de deuterio a pesar de ser un método fácil de realizar y no utilizar radiación, es un estudio que requiere tiempo y es de alto costo. Esto lo hace poco aplicable en la práctica clínica, aunque sigue siendo el método de referencia o “standard de oro” para la estimación del ACT. Puede ser usado para confirmar los datos obtenidos por métodos más sencillos como la BIA.

#### **2.4 Asociación del ACT con el parto**

Una deficiencia del 2 al 3 % de ACT eleva significativamente la densidad del plasma sanguíneo. Esta situación se asocia a morbilidad durante la gestación. Se ha visto que el ACT se relaciona directamente con un mayor riesgo de trombosis venosa, asociado a alteraciones circulatorias que ocurren durante la gestación, debido al incremento del volumen sanguíneo que ocurre en esta etapa. También se ha visto relacionada con la reducción en los volúmenes urinarios, y con esto suele caer un incremento en infecciones urinarias. Existe también un mayor riesgo de producir menos líquido amniótico, lo cual puede repercutir directamente en el feto. Un decremento en el ACT promueve constipación y alteraciones en el tránsito intestinal, que a su vez suelen acompañarse de trastornos en la ingesta (36).

Hemos mencionado que uno de los principales componentes del ACT en embarazo es el líquido amniótico. En ocasiones se presenta una reducción del mismo a causa de algunos estados patológicos como agenesia renal, obstrucciones de las vías urinarias, riñón poliquístico, anemia fetal o hipoxia fetal, entre otros; teniendo impacto en el parto o incluso en el feto (36).

## **Capítulo 3. Metodología**

### **3.1. Características del estudio**

#### **3.1.1 Ubicación espacio – temporal**

El estudio se realizó en el Instituto Nacional de Perinatología, abarcando el periodo de enero a agosto de 2017. Dicho estudio forma parte del estudio “Validación de herramientas de la composición corporal con impacto en la salud reproductiva” dirigido por la M. en C. María Eugenia Flores Quijano.

#### **3.1.2 Tipo de estudio**

- A. Tipo de investigación: observacional.
- B. Tipo de diseño: cuantitativo.
- C. Por la participación del investigador y análisis de datos: analítico.
- D. Por temporalidad del estudio: longitudinal (37).

### **3.2 Criterios de selección**

Las mujeres que participaron en el estudio cumplieron con los siguientes criterios de selección:

#### **3.2.1 Criterios de inclusión**

- Embarazadas que acudan al Instituto Nacional de Perinatología.
- Mayores de 18 años.
- Que hayan iniciado el embarazo con obesidad o peso adecuado.
- Que se encuentren en la semana 8 a 10 de gestación.
- Que acepten participar.

#### **3.2.2 Criterios de exclusión**

- Con hipertensión o que hayan desarrollado alguna enfermedad durante el embarazo excepto diabetes gestacional.

#### **3.2.3 Criterios de eliminación**

- Abandono del estudio
- Que hayan abortado.

### 3.3 Operacionalización de variables

La descripción de las variables que se utilizaron en el estudio se muestra en la tabla 2.

TABLA 2. VARIABLES DEL ESTUDIO.						
VARIABLES	Definición Conceptual	Definición Operacional	Tipo de Variable	Unidad de Medición	Nivel Medición	Escala
Agua corporal total	Totalidad del agua contenida en el cuerpo, incluida el agua intra y extracelular más el agua de los tractos GI y urinario (14).	Totalidad del agua intra y extracelular que cada paciente tiene en el organismo durante su periodo de embarazo.	Cuantitativa	L.	Continua	****
Masa libre de grasa	Peso del organismo después de restarle la MG e incluye hueso, músculo esquelético, vísceras y agua (10).	Peso total del organismo sin tomar en cuenta la grasa corporal.	Cuantitativa	kg.	Continua	****  MLG = Peso actual (kg) - Grasa corporal (kg)
Grasa corporal	Peso de la grasa corporal total en kilogramos (10).	Cantidad de grasa en relación al peso total de tu cuerpo en kg.	Cuantitativa	kg.	Continua	****  GCT = Peso actual x % de grasa corporal/100
% Grasa corporal	Cantidad de grasa en el cuerpo, en comparación con órganos, músculos, huesos, tendones, agua, etc (10).	Porcentaje de grasa en el organismo.	Cuantitativa	%	Continua	****  SIRI: % GRASA = $4.95 - 4.50 \times 100/D$  SIRI: % GRASA = $(4.95/D) - 450$  BROZEK: % GRASA = $4.570 - 4.142 \times 100 /D$  BROZEK: % GRASA = $(457/D) - 414$

### **3.4 Etapas del proyecto**

- 1) Caracterización antropométrica cada grupo de estudio utilizando ambos métodos durante el embarazo.
  - A. Se reclutaron a 31 mujeres embarazadas que se encontraban entre la semana 8 y 12 de gestación.
  - B. Se pesaron y midieron para obtener su IMC y saber si se encontraban dentro de los grupos de estudio a evaluar.
  - C. Se obtuvo su composición corporal mediante los métodos de BIA e hidrometría en todas las mujeres.
  
- 2) Evaluación antropométrica de los cambios en cada grupo de estudio durante la gestación.
  - A. En cada consulta (consulta A 11 - 14, B 20 - 21, C 27 - 28, D 34 - 35 SDG) se pesaron a las mujeres para saber la cantidad de deuterio que se le daría (0.1g/kg de peso) para realizar la hidrometría.
  - B. Se les pidió una muestra de saliva basal, posteriormente se les pidió otra muestra a las 4 y 6 horas.
  - C. Se analizaron las muestras basales y de 4 horas por medio de la técnica de espectrometría de masas de relaciones isotópicas en un equipo Finnegan Delta Plus en el Centro Médico Nacional Siglo XXI.
  - D. Se les realizó BIA por medio de InBody para determinar el ACT y la composición corporal.
  - E. Se analizaron los cambios presentados en los resultados de ACT y la composición corporal mediante la dilución de deuterio y la BIA.
  
- 3) Comparación de resultados entre mujeres embarazadas con obesidad e IMC normal e hidrometría y BIA.
  - A. Se compararon los resultados de mujeres que presentaban un IMC normal y obesidad.

B. Se realizó una comparación de los resultados de ACT y composición corporal entre ambos métodos.

### **3.5 Método estadístico**

Para los fines de esta investigación se utilizaron dos métodos para la comparación de resultados: Wilcoxon y U de Mann Whitney.

La prueba Wilcoxon es una prueba no paramétrica que nos ayuda a comparar dos muestras relacionadas; es decir, para analizar datos obtenidos mediante el diseño antes - después (cuando cada sujeto sirve para su propio control) o el diseño pareado (cuando el investigador selecciona pares de sujetos y uno de cada par, en forma aleatoria, es asignado a uno de dos tratamientos). Pueden existir otras formas de obtener dos muestras relacionadas (38).

Se han propuesto dos pruebas para los casos en que muestras están emparejadas: la prueba de los signos y la prueba de rangos signados de Wilcoxon (38).

La prueba de los signos se basa en un principio simple: se compara el número de casos en que la primera muestra es mayor que la segunda muestra con el número de casos en que la segunda muestra es mayor que la primera muestra. La desventaja de la prueba de los signos es que no tiene en cuenta el tamaño de la diferencia entre cada par, dato que a menudo está disponible (38).

Wilcoxon propuso una prueba que tiene en cuenta el tamaño de la diferencia dentro de los pares. Esta prueba se llama la prueba de rangos signados de Wilcoxon, puesto que el signo de las diferencias también está involucrado (38).

La U de Mann Whitney es una prueba no paramétrica que permite comparar dos muestras independientes. Tres investigadores, Mann, Whitney y Wilcoxon, perfeccionaron por separado una prueba no paramétrica muy similar que puede determinar si las muestras pueden considerarse idénticas o no sobre

la base de sus rangos. Esta prueba se puede utilizar únicamente para estudiar las posiciones relativas de las muestras (39).

La prueba de Mann-Whitney se usa para comprobar la heterogeneidad de dos muestras ordinales. El planteamiento de partida es: las observaciones de ambos grupos son independientes, las observaciones son variables ordinales o continuas, bajo la hipótesis nula, la distribución de partida de ambos grupos es la misma y, bajo la hipótesis alternativa, los valores de una de las muestras tienden a exceder a los de la otra:  $P(X > Y) + 0.05 P(X = Y) > 0.05$  (40).

### **3.6 Aspectos éticos**

Para poder realizar esta intervención se respetó la confidencialidad de las pacientes; es decir, la garantía de que la información personal fue protegida para que no ser divulgada sin consentimiento de la persona. Dicha garantía se llevó a cabo por medio de un grupo de reglas que limitan el acceso a esta información establecidas por el instituto.

Algunos de los principios que se tomaron en cuenta para poder llevar a cabo la investigación fueron:

Principio de autonomía. La prioridad fue la toma de decisiones de los valores, criterios y preferencias de los sujetos de estudio.

Principio de no maleficencia. Obliga a no dañar a los otros anteponiendo el beneficio.

Principio de beneficencia. Se refiere al bien obtenido derivado de su participación y a los riesgos a los que se somete en relación con el beneficio social.

Principio de justicia. Se exigió el derecho a un trato de equidad, a la privacidad, anonimato y confidencialidad.

Cartas de consentimiento informado para uso exclusivo del instituto (41).

Se estableció que cada individuo tiene derecho a proteger su información personal. Cuando se decide compartir dicha información en un estudio de investigación, el médico y personal del estudio debe asegurarle al paciente que su información personal continuará siendo confidencial y sólo será accesible a los pocos individuos que se encuentran directamente involucrados en el estudio y en la institución (41).

## Capítulo 4. Resultados

Con base en el objetivo general del estudio a continuación se presentan los resultados obtenidos.

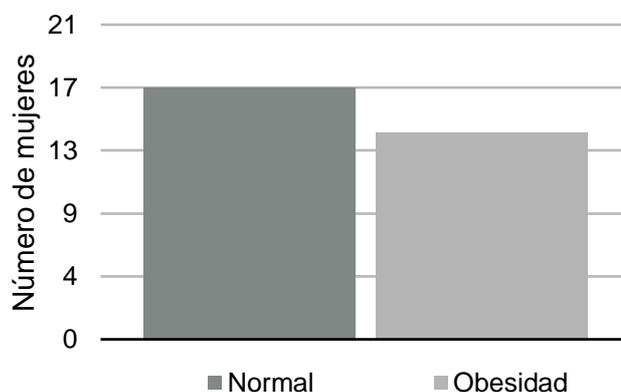
Los datos se organizaron por grupo de estudio, es decir, mujeres con índice de masa corporal normal (IMC) y mujeres con obesidad, así como método de evaluación del estado nutricional: 1) Método de hidrometría por dilución de deuterio y 2) Método de Bioimpedancia eléctrica (BIA).

El método de hidrometría por dilución de deuterio se realizó mediante la técnica de espectrometría de masas de relaciones isotópicas mediante un equipo Finnigan Delta Plus, utilizando como fluido la saliva de las pacientes; una vez obtenida el agua corporal total (ACT) se incorporaron los datos a una base de Excel y con una serie de fórmulas establecidas se calcularon los demás parámetros de composición corporal. El método de BIA se realizó mediante la utilización de un equipo InBody 370 de multifrecuencia segmental que tiene la capacidad de calcular la composición corporal mediante una corriente eléctrica.

### 4.1 Características antropométricas de cada grupo de estudio utilizando ambos métodos

El estudio se realizó con 31 pacientes que tuvieron un diagnóstico de acuerdo con el índice de masa corporal (IMC) normal u obesidad. 17 mujeres tuvieron IMC normal y 14 mujeres tuvieron obesidad como se muestra en la Figura 1.

**Figura 1. Diagnóstico de IMC de los grupos de estudio**



Para categorizar a las pacientes se tomó como base su peso pregestacional y se valoró mediante los rangos de referencia; de 18.5 a 25 kg/m<sup>2</sup> para clasificarlas en IMC normal y mayor a 30 kg/m<sup>2</sup> en obesidad.

Se calculó el porcentaje de agua corporal de acuerdo al peso de las mujeres con base a los litros de agua que se obtuvieron por los métodos en su valoración inicial y final.

Los resultados de las mujeres con IMC normal se muestran en la Tabla 3.

<b>TABLA 3. PORCENTAJE DE AGUA CORPORAL TOTAL POR AMBOS MÉTODOS EN MUJERES CON IMC NORMAL</b>			
<b>MÉTODO 1: HIDROMETRÍA</b>		<b>MÉTODO 2: BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA</b>	
<b>% ACTi</b>	<b>% ACTf</b>	<b>% ACTi</b>	<b>%ACTf</b>
58.46	46.58	48.02	42.76
48.89	72.04	50	47.81
47.94	48.30	46.83	46.69
66.46	59.03	51.96	50.39
42.46	44.23	41.67	40.13
44.74	46.78	47.14	45.80
57.16	61.04	45.33	43.56
50.7	50.06	52.91	51.80
48.15	52.43	46.65	45.31
50.82	53.16	59.41	54.19
50.60	56.17	54.26	51.73
53.04	54.88	55.96	52.81
47.19	52.70	42.56	45.95
49.60	56.08	49.17	51.88
47.18	52.84	44.26	42.55
51.49	54.21	51.66	56.63
48.57	46.45	38.48	37.18

Los resultados del porcentaje de agua de las mujeres con obesidad se muestran en la Tabla 4.

<b>TABLA 4. PORCENTAJE DE AGUA CORPORAL TOTAL POR AMBOS MÉTODOS EN MUJERES CON OBESIDAD</b>			
<b>MÉTODO 1: HIDROMETRÍA</b>		<b>MÉTODO 2: BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA</b>	
% ACTi	% ACTf	% ACTi	%ACTf
35.13	49.18	33.79	36.81
50.01	53.14	37.77	37.99
36.53	41.86	36.66	38.26
36.96	41.43	37.26	41.42
38.32	47.78	35.99	45.31
50.21	49.37	31.94	35.22
42.61	44.09	45.61	45.55
37.19	45.78	37.07	44.57
35.97	44.81	38.25	41.96
36.12	39.63	36.48	47.34
43.18	49.17	40.20	43.80
50.83	56.03	37.33	44.91
38.46	43.23	37.13	44.74
41.98	40.80	41.72	41.54

Dentro de la evaluación de ambos métodos se obtuvo también la masa libre de grasa obteniendo los siguientes resultados.

Los resultados de MLG de las mujeres con IMC normal y obesidad en su valoración inicial se muestran en la Tabla 5.

<b>TABLA 5. PORCENTAJE DE MASA LIBRE DE GRASA INICIAL Y FINAL POR AMBOS MÉTODOS</b>			
<b>MÉTODO 1: HIDROMETRÍA</b>		<b>MÉTODO 2: BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA</b>	
<b>NORMAL</b>	<b>OBESIDAD</b>	<b>NORMAL</b>	<b>OBESIDAD</b>
MLGi	MLGi	MLGi	MLGi
64.29	48.13	63.82	46.16
59.27	68.51	98.70	51.45
56.19	50.05	66.16	49.35
79.81	50.62	80.86	50.76
50.76	52.5	60.60	49.28
54.42	n/a	64.09	43.48
75.11	58.38	84.12	62.39
57.71	50.95	68.60	50.48
57.99	49.28	71.81	52.28
n/a	49.48	72.82	49.95
61.10	59.04	76.95	54.72
61.87	69.64	75.18	51.01
58.43	52.70	72.18	50.47
53.94	57.51	76.84	56.66
53.70		72.40	
64.25		74.28	
63.22		63.64	

Las pacientes de los dos grupos fueron evaluadas por ambos métodos: hidrometría y BIA. Los resultados antropométricos que incluyen las variables agua corporal total (ACT), % de grasa, grasa en kg y masa libre de grasa (MLG) se muestran en la Tabla 6.

TABLA 6. CARACTERIZACIÓN ANTROPOMETRICA POR AMBOS MÉTODOS												
MÉTODO 1: HIDROMETRÍA							MÉTODO 2: BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA					
	<u>NORMAL</u>			<u>OBESIDAD</u>			<u>NORMAL</u>			<u>OBESIDAD</u>		
	MEDIA	MEDIANA	D.E.	MEDIA	MEDIANA	D.E.	MEDIA	MEDIANA	D.E.	MEDIA	MEDIANA	D.E.
ACT	31.51	29.21	10.2	34.97	33.2	12.79	28.46	27.40	5.05	35.40	34.08	4.92
% G	27.02	32.05	15.99	45.02	44.08	18.16	34.57	33.73	8.77	44.32	45.27	6.58
G (kg)	15.14	18.33	10.21	40.66	35.02	20.95	20.26	19.50	5.37	39.74	36.78	11.45
MLG	42.99	40.01	13.97	47.89	45.48	17.52	38.76	37.40	6.98	48.26	46.40	6.63

En los resultados de la tabla 3 se puede observar en base al promedio obtenido que el ACT y la MLG fueron menores en el BIA, tomando como referencia principal la hidrometría; así como, se observaron valores mayores en la variable de grasa en mujeres con IMC normal.

En las mujeres con obesidad se observó que el BIA mostraba resultados superiores en ACT y MLG e inferiores en grasa con respecto al método de hidrometría.

Se han desarrollado ecuaciones productivas para determinar el contenido de ACT aplicables únicamente en adultos; sin embargo, en el caso tanto de la hidrometría como del BIA los equipos de evaluación realizaron automáticamente el cálculo de la cantidad total en L mostrando que en los grupos hubo un incremento de ACT.

La masa grasa; la cual representa la reserva energética de la mujer y la cantidad de grasa que contiene en el organismo se obtuvo tanto en cantidad de kg los cuales representan un factor importante en el peso como por porcentaje; es decir del 100% de la composición cuanto corresponde a tejido graso (10).

El porcentaje de grasa obtenido se evalúa de acuerdo a puntos de corte propuestos, estos puntos se muestran en la Tabla 7 (10).

TABLA 7. % DE GRASA CORPORAL	
% Grasa mujeres	No saludable (muy bajo)
< 0 = 8	Aceptable bajo
9 - 23	Aceptable alto
24 - 31	No saludable - obesidad (muy alto)

Lee and Nieman Nutritional Assessment, 2007 (10).

Con base en los puntos de corte establecidos en la tabla 4, las 17 mujeres con un IMC normal se encuentran dentro de un parámetro aceptable bajo y aceptable alto. Las 14 mujeres con obesidad presentaron un parámetro no saludable 24 a 31% indicando un rango no saludable u obesidad.

En cuanto a la MLG se toma en cuenta el esquema de compartimentalización del organismo de Benhkle. MLG representa el peso del organismo después de restarle la MG (masa grasa) e incluye hueso, músculo esquelético, vísceras y agua, tanto extracelular como intracelular.

De esta manera se logró determinar la MLG de las mujeres independientemente de su clasificación en la hidrometría mediante la obtención del ACT y en el caso del BIA el equipo de InBody nos da automáticamente el valor.

## 4.2 Evaluación antropométrica a cada grupo de estudio utilizando los dos métodos durante el embarazo

Con base en la evaluación antropométrica se tomaron en cuenta los valores iniciales y finales determinados por ambos métodos y de los parámetros de la composición corporal. Los resultados se muestran en la Tabla 8.

TABLA 8. EVALUACIÓN ANTROPOMÉTRICA												
MÉTODO 1: HIDROMETRÍA							MÉTODO 2: BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA					
	NORMAL			OBESIDAD			NORMAL			OBESIDAD		
	MEDIA	MEDIANA	D.E.	MEDIA	MEDIANA	D.E.	MEDIA	MEDIANA	D.E.	MEDIA	MEDIANA	D.E.
ACTi	31.51	29.21	10.2	34.97	33.2	12.79	28.46	27.40	5.05	35.40	34.08	4.92
ACTf	36.69	36.15	6.40	43.55	41.34	8.23	31.99	31.70	5.41	39.30	37.90	3.84
% Gi	42.99	40.01	13.97	47.89	45.48	17.52	38.76	37.40	6.98	48.26	46.40	6.63
% Gf	50.27	49.53	8.77	59.66	56.63	11.27	43.77	43.25	7.26	53.50	51.65	5.21
G (kg)i	15.14	18.33	10.21	40.66	35.02	20.95	20.26	19.50	5.37	39.74	36.78	11.45
G (kg)f	18.12	20.28	6.80	33.86	30.57	7.89	23.89	23.30	5.35	42.72	40.15	9.59
MLGi	27.02	32.05	15.99	45.02	44.08	18.16	34.57	33.73	8.77	44.32	45.27	6.58
MLGf	26.54	27.50	9.55	36.30	37.28	6.48	36.30	36.01	7.76	43.86	43.16	4.74

En la tabla 8 se puede observar que, en el grupo normal, el ACT y la MLG muestran un valor inferior en el BIA y por el contrario la grasa presenta valores mayores. En las mujeres con obesidad la variación fue mayor entre métodos ya que varias de las variables mostraban valores superiores al ser medidas por BIA.

Utilizando la prueba de Wilcoxon se hizo una comparación entre los datos iniciales y finales por grupo de estudio. La Tabla 9 muestra estas comparaciones.

**TABLA 9. COMPARACIÓN ENTRE VALORES INICIALES Y FINALES DE LOS GRUPOS DE ESTUDIO UTILIZANDO LOS DOS MÉTODOS**

VARIABLES	GRUPOS	INICIAL		FINAL		WILCOXON	P
		MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.		
ACT M1	NORMAL	31.51	10.2	28.06	16.97	76	0.984
	OBESIDAD	34.97	12.79	40.44	14.07	13	0.013
ACT M2	NORMAL	28.46	5.05	28.23	11.77	27	0.110
	OBESIDAD	35.40	4.92	36.49	11.13	15	0.019
% G M1	NORMAL	27.02	15.99	20.30	14.25	39	0.075
	OBESIDAD	45.02	18.16	33.71	11.53	11	0.009
% G M2	NORMAL	34.57	8.77	36.30	7.76	36	0.055
	OBESIDAD	44.32	6.59	43.86	4.74	44	0.596
G(kg) M1	NORMAL	15.14	10.21	13.86	9.87	57	0.358
	OBESIDAD	40.66	20.95	31.45	11.80	27	0.110
G (kg) M1	NORMAL	20.26	5.37	21.08	9.38	34	0.044
	OBESIDAD	39.74	11.45	39.67	14.67	39	0.395
MLG M1	NORMAL	42.99	13.97	38.76	6.98	76	0.984
	OBESIDAD	47.89	17.52	55.40	19.27	13	0.013
MLG M2	NORMAL	38.76	6.98	38.62	16.04	33	0.039
	OBESIDAD	48.26	6.63	49.68	5.15	15	0.019

Se muestra el análisis estadístico de las comparaciones de los valores iniciales y los finales. En el caso del grupo de IMC normal los cambios de MLG y grasa en kg inicial y final fueron significativamente diferentes ( $p = <0.5$ ) solo en el caso de la valoración por BIA. En las mujeres con obesidad el ACT y la MLG fueron significativamente diferentes ( $p = <0.5$ ) al ser valoradas por ambos métodos; sin

embargo, el porcentaje de grasa únicamente fue estadísticamente significativo cuando se valoró por hidrometría.

Se realizó una comparación entre métodos mediante la prueba de Mann-Whitney U para saber si había una diferencia significativa entre ambos. Los resultados se muestran en la Tabla 10.

**Tabla 10. COMPARACIÓN DE MÉTODOS**

<u>VARIABLES</u>	<u>GRUPOS</u>	<u>MÉTODO 1: HIDROMETRÍA</u>		<u>MÉTODO 2: BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA</u>		<u>U de MANN WHITNEY U Value</u>	<u>P</u>
		<u>MEDIA</u>	<u>D.E.</u>	<u>MEDIA</u>	<u>D.E.</u>		
ACTi	NORMAL	31.51	10.2	28.46	5.05	119	0.390
	OBESIDAD	34.97	12.79	35.40	4.92	96	0.944
ACTf	NORMAL	28.06	16.97	28.23	11.77	121	0.430
	OBESIDAD	40.44	14.07	36.49	11.13	73	0.250
% GI	NORMAL	27.02	15.99	34.57	8.77	106	0.190
	OBESIDAD	45.02	18.16	44.32	6.58	83	0.522
%Gf	NORMAL	20.30	14.25	36.30	7.76	41	0.000
	OBESIDAD	33.71	11.53	43.86	4.74	32	0.003
G(kg)l	NORMAL	15.14	10.21	20.26	5.37	100	0.129
	OBESIDAD	40.66	20.95	39.74	11.45	87	0.631
G(kg)f	NORMAL	13.86	9.87	21.08	9.38	76	0.019
	OBESIDAD	31.45	11.80	39.67	14.67	50	0.031
MLGI	NORMAL	42.99	13.97	38.76	6.98	117	0.352
	OBESIDAD	47.89	17.52	48.26	6.63	95	0.912
MLGf	NORMAL	38.44	23.25	38.62	16.04	120	0.407
	OBESIDAD	55.40	19.27	49.68	15.15	71	0.215

Se observa que la mayoría de las variables de composición corporal no mostraron diferencia significativa por lo que ambos métodos; tanto hidrometría como BIA son viables y muestran resultados semejantes. La única variable que resulto significativa fue la grasa valorada mediante el segundo método; es decir por la BIA comparado con la referencia.

En resumen, los métodos de BIA e hidrometría son similares en precisión, independientemente del IMC de la mujer y de su condición fisiológica.

## Capítulo 5. Discusión

El objetivo de este estudio fue comparar la determinación de agua corporal total por método de Bioimpedancia eléctrica (BIA) y método de hidrometría por dilución de deuterio durante el embarazo en mujeres con índice de masa corporal (IMC) normal u obesidad.

Determinar una valoración de la composición corporal significativa permite conocer el estado de salud de la paciente en esta etapa; por lo tanto, detectar y corregir problemas nutricionales; por ejemplo, en mujeres con obesidad, en las que existe un exceso de grasa; así como, alteraciones en la masa grasa y la masa muscular permite una mejor intervención.

Autores como Lukaski y colaboradores realizaron diferentes estudios para comprobar la confiabilidad de la hidrometría, llegando a la conclusión de que dicho método ACT sobrestimada únicamente un 1% el ACT y que permite derivar el resto de los componentes de la composición corporal; sin embargo, se considera un método de poca accesibilidad (33).

El método de dilución de deuterio para medir ACT es una técnica que permite derivar la estimación de la composición corporal, basado en un modelo de 2 compartimentos (2C): masa grasa (MG) y la masa libre de grasa (MLG). Este método asume que la distribución e intercambio del deuterio por el cuerpo es similar y proporcional a la distribución e intercambio de agua y a la MLG, aunque resulta un método de mayor precisión, es un estudio que requiere tiempo, preparación, equipo y tiene un alto costo (35).

Se ha mencionado en diversas ocasiones que en pacientes con un equilibrio inestable de líquidos no resulta confiable elegir la BIA como opción de valoración; sin embargo, autores como López, Kyle, Ghezzi y colaboradores demostraron lo contrario. Valorando el standard de oro "Hidrometría por dilución de deuterio" con el BIA no mostró diferencias significativas en la mayoría de las variables evaluadas. También se determinó que estos cambios en el ACT no

influyen de manera significativa en la medición, incluso tomando en cuenta el peso de la madre y el bebé (26, 27, 28, 32).

La BIA es uno de los métodos de evaluación de la composición de mayor utilización en la práctica clínica; por lo tanto, resulta importante que tan preciso es utilizando como parámetro la hidrometría, siendo este último el de mayor precisión y ver si la BIA es un método confiable para mujeres embarazadas que presentan obesidad.

En un estudio que comparó el método de BIA con la dilución de deuterio, en un total de 58 sujetos donde se evaluaron a hombres y mujeres con obesidad y peso normal, para medir el ACT, se determinó que no hubo diferencias significativas al igual que en el estudio actual (23).

En la actualidad se han hecho estudios para comparar diferentes métodos para determinar la composición corporal. En otro estudio donde las determinaciones de ACT calculadas a partir de los espacios de dilución de deuterio y las mediciones de BIA se hicieron en serie en un grupo de 15 mujeres antes, durante y después del embarazo, los cambios en ACT estimados por tiempo con el modelo de BIA fueron significativamente diferentes; es decir la valoración inicial y final de los cambios previstos, sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los métodos. Estos hallazgos indican que el método de BIA es un método práctico y válido para determinar los cambios longitudinales en ACT al igual que en el estudio actual (33).

Autores como Lukaski, Kyle, Aristizabal y Costa y colaboradores llegaron a la conclusión de que el BIA es un método práctico y válido en embarazo y que ambos métodos son similares así como se demostró en éste estudio (21, 28, 33).

Con base a los puntos de corte establecidos por Lee y Nieman se determinó que tanto las 17 mujeres con IMC normal como las 14 mujeres con obesidad presentaron un parámetro no saludable 24 a 31%; ya que la mayoría de ellas presentaron un porcentaje mayor a 30. En el estudio realizado en el Hospital Central conformado por 90 mujeres se estableció una relación directa

entre el IMC y la grasa corporal; sin embargo, en este estudio no se relacionaron entre sí; aunque cabe destacar que si se cumplió lo establecido en cuanto a que el IMC se incrementa junto con el % de grasa en el embarazo (10).

En cuanto a la variable de ACT Suverza en su libro del ABC establece que el cuerpo está compuesto por un 50% de ACT (10).

De la misma manera Grande y Keys establecían que el cuerpo está compuesto de entre 50 y 65% de agua. De acuerdo a los datos obtenidos en las tablas 3 y 4 las mujeres con IMC normal cumplen con este criterio; ya que la mayoría de ellas se encuentran entre el 40 y 50% en la evaluación inicial de ambos métodos incrementándose al largo del embarazo alrededor de un 10%, en algunos casos, aunque fueron la minoría de las mujeres evaluadas el ACT (9).

A diferencia de las mujeres con IMC normal donde la mitad de su peso corresponde al ACT, se observó que las mujeres con obesidad presentan un menor contenido de agua, representando aproximadamente un 30 a 40% en la mayoría de ellas al inicio del embarazo y en la evaluación final entre 40 y 50%. Estos resultados muestran que hay variaciones a lo largo del embarazo (9).

Estudios realizados en la Universidad Complutense de Madrid establecen que el 80% del peso corporal de la mujer corresponde a la MLG, sin embargo, en los resultados obtenidos el promedio de MLG fue aproximadamente entre el 50 y 60 % en la mayoría de las mujeres tanto de IMC normal como de obesidad evaluadas por ambos métodos (9).

Es importante considerar que a lo largo del embarazo ocurren cambios importantes en la composición corporal de la mujer; por ejemplo, el nivel de ACT presenta la mayor modificación que en cualquier otra etapa de vida (8).

En la evaluación de ambos métodos se observó que el agua corporal total (ACT) y la masa libre de grasa (MLG) tuvieron diferencias en ambos grupos de estudio. En las mujeres con un IMC normal la BIA muestra valores inferiores

comparados con el standard de oro "Hidrometría" y por el contrario, en las mujeres con obesidad el BIA sobrestimaba con respecto a la Hidrometría. Aunque no es una diferencia significativa, esta puede tener variación debido al grado de hidratación y la acumulación de líquido extracelular en las mujeres, considerando que éste es mayor en las mujeres con obesidad. Alguno de los compartimentos de la composición corporal muestra diferencias a expensas del agua intracelular (8).

Con respecto del inicio de la valoración a la consulta final, la MLG y la grasa tanto en porcentaje como en kilogramos, fueron las variables con mayor diferencia significativa. El ACT tuvo diferencia en mujeres con obesidad, dichas mujeres podrían presentar mayores alteraciones en cuanto a líquido intracelular y líquido extracelular; tomando en cuenta el líquido correspondiente al embarazo. Hay que considerar que el embarazo es una etapa de aumento de volumen plasmático el cual aumenta el ACT. El ACT durante la etapa del embarazo aumenta entre 7 y 10 L; por ello la diferencia significativa entre la valoración inicial y final en ambos métodos (17).

El ACT y la MLG muestran una subestimación en el BIA y por el contrario la grasa presenta un aumento. En las mujeres con obesidad la variación fue ligeramente mayor en el BIA; por lo tanto, la hidrometría es un método con mayor precisión en este grupo de estudio; sin embargo, la mayoría de las variables de composición corporal no mostraron diferencia significativa entre ambos métodos; tanto hidrometría como BIA son viables y muestran resultados semejantes. La única variable que resulto significativa fue la grasa valorada mediante el segundo método; es decir por la BIA comparado con la referencia.

La BIA es un método de fácil aplicación en todo tipo de poblaciones y situaciones fisiológicas. Resulta un buen método para determinar el ACT; sin embargo, puede estar sujeta a sesgo de error como todo equipo de medición. La BIA es inversamente proporcional al contenido de ACT y MLG.

La grasa corporal total (GCT) valorada por Hidrometría mostraba diferencia asociando a que una mujer con obesidad tiene un mayor porcentaje

de grasa y tomando en cuenta que este método es el de mayor precisión una vez que calculamos el ACT.

En el estudio de cohorte de Nueva York en el que se valoraron a 432 mujeres sanas de 18 a 36 años de edad y se evaluó la composición corporal finalmente en 200 mujeres en las semanas 14 y 37 de embarazo, valorando también la masa mineral ósea a las 2-4 semanas postparto, la grasa corporal se estimó mediante un modelo que utilizó ACT, peso, densidad y masa mineral ósea y se vieron diferencias entre las valoraciones iniciales y finales así como en el estudio actual (16).

En el estudio de Medicine Institute se evaluó la ganancia de grasa durante el embarazo para mujeres con bajo peso, peso normal, sobrepeso u obesidad antes del embarazo y se observó que hubo un aumento en la ganancia de grasa en los cuatro grupos de estudio, sin embargo, el ACT no tuvo diferencias entre los cuatro grupos. En el estudio actual si se vieron diferencias significativas en el ACT con respecto al IMC de la paciente. (16).

A lo largo del embarazo, la regulación de la composición corporal es mucho más compleja, razón por la cual, las suposiciones sobre las contribuciones fraccionadas de los diferentes componentes de la composición corporal pueden no cumplirse incluso valorado entre ambos métodos.

## **Capítulo 6. Conclusiones**

La determinación del agua corporal total (ACT) por método de Bioimpedancia eléctrica (BIA) y método de hidrometría por dilución de deuterio durante el embarazo en mujeres con índice de masa corporal (IMC) normal u obesidad fue positivo.

La comparación de la BIA con el “standard de oro” la hidrometría, no fue significativa en la mayor parte de los componentes de la evaluación corporal; por lo que, podemos concluir que la BIA es un método eficaz, viable y sobre todo confiable para realizar la evaluación corporal de ambos grupos de mujeres durante la práctica clínica, considerando que la utilización de este método es de mayor accesibilidad que la hidrometría.

Las mujeres con obesidad generalmente presentan una acumulación mayor de ACT y masa grasa (MG), esto puede dar origen a variaciones entre métodos; sin embargo, estas variaciones no impactan de manera significativa en nuestra valoración y no alteran nuestra intervención nutricia, ambos métodos nos ayudan a definir el estado nutricional de las pacientes.

## **Capítulo 7. Recomendaciones**

Se recomienda que esta investigación se lleve cabo en centros de salud en mujeres con sobrepeso y realizarles previamente una frecuencia de consumo para valorar su ingesta de líquidos.

Se podría realizar una comparación de la hidrometría con medición de pliegues cutáneos, ya que la plicometría al igual que la bioimpedancia es un método utilizado con mayor frecuencia en la práctica clínica. Además, en cuanto al costo, es un método de mayor accesibilidad, ya que solo se requiere la compra del equipo; el cual, implica una menor inversión incluso que la BIA. Es importante considerar que este método cuenta con una estandarización.

Es importante que haya educación sobre la influencia que tiene la composición corporal en la etapa del embarazo. Se sugiere que en una investigación futura se realice un cuestionario previo sobre el conocimiento que tiene las pacientes en relación a este tema.

## 8. Glosario

- **Agua corporal total:** Determina el contenido de agua corporal total en el organismo, aplicable generalmente solo en adultos (10).
- **Antropometría:** Representa un indicador objetivo para evaluar las dimensiones físicas y la composición corporal (10).
- **Bioimpedancia:** es una técnica simple, rápida y no invasiva que permite la estimación del agua corporal total (ACT) y, por asunciones basadas en las constantes de hidratación de los tejidos. Es una técnica que sirve para conocer la composición aproximada de un cuerpo, calcular el porcentaje de grasa corporal sobre la base de las propiedades eléctricas de los tejidos biológicos (23, 43).
- **Composición corporal:** rama de la biología humana que se ocupa de la cuantificación in vivo de los componentes corporales, las relaciones cuantitativas entre los componentes y los cambios cuantitativos en los mismos relacionados con factores influyentes (42).
- **Deuterio:** es un isótopo estable del hidrógeno que se encuentra en la naturaleza con una abundancia del 0,015 % átomos de hidrógeno (uno de cada 6500). El núcleo del deuterio está formado por un protón y un neutrón (el hidrógeno tiene solamente un protón). Cuando el isótopo pierde su electrón el ion resultante recibe el nombre de deuterón. El deuterio también recibe el nombre de hidrógeno pesado (45).
- **Espectrometría:** surgió con el estudio de la interacción entre la radiación y la materia como función de la longitud de onda ( $\lambda$ ). Es la técnica espectroscópica para tasar la concentración o la cantidad de especies determinadas. En estos casos, el instrumento que realiza tales medidas es un espectrómetro o espectrógrafo (46).
- **Gestación:** Procesos fisiológicos de crecimiento y desarrollo del feto en el interior del útero materno (17).
- **Grasa corporal total:** Representa el tejido correspondiente a grasa del organismo (10).
- **Hidrometría:** Es la parte aplicada de la hidrodinámica que trata de los métodos de medición de la velocidad, el caudal y las fuerzas de los líquidos en movimiento. La hidrometría comprende también las mediciones de niveles de agua, concentración y transporte de sedimentos, y los levantamientos altimétricos de los perfiles longitudinal y transversal del cauce de las corrientes naturales y de masas de agua (44).
- **Índice de masa corporal:** Indicador indirecto de la adiposidad del individuo, así mismo determina presencia de obesidad tomando en cuenta el peso con relación a la talla del individuo (10).
- **Masa libre de grasa:** Representa el esquema de compartimentalización del organismo, representa el peso del organismo después de restarle la MG e incluye hueso, músculo esquelético, vísceras y agua (10).

- **Tejido magro:** Representa el tejido correspondiente a músculo (10).
- **Tejido adiposo:** Es el tejido anatómico constituido por células cuyo citoplasma dispone de una elevada cantidad de grasa (47).

## 9. Referencias

1. Organización Mundial de la Salud 2016 [internet]. México: OMS; c2014. Obesidad y sobrepeso; [citado 2016]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>
2. ENSANUT 2016 [internet]. México: Ensanut; c2016. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2016; [citado 2016]. Disponible en: <http://ensanut.insp.mx/ensanut2016/index.php#.WbP20jNDI8c>
3. ENSANUT 2016 [internet]. Ciudad de México: Ensanut; c2016. Instituto Nacional de Salud Pública 2016; [citado 2016]. Disponible en: <http://ensanut.insp.mx/informes/DistritoFederal-OCT.pdf>
4. Instituto Nacional de Perinatología 2016 [internet]. Ciudad de México: INPer; c2016. Quienes somos 2016; [citado 2016]. Disponible en: <http://www.inper.mx/quienessomos/>
5. Sociedad Andaluza de Medicina Intensiva y Unidades Coronarias 2016 [internet]. España: SAMIUC; c2016. Agua Corporal Total (ACT) 2016; [citado 2016]. Disponible en: <https://www.samiuc.es/index.php/calculadores-medicos/calculadores-antropometricos/agua-corporal-total-act.html>
6. Instituto Nacional de Perinatología 2016 [internet]. Ciudad de México: INPer; c2016. OBJETIVOS DEL INSTITUTO NACIONAL DE PERINATOLOGÍA 2016; [citado 2016]. Disponible en: <http://www.inper.mx/descargas/pdf/ObjetivosYMetasInstitucionales.pdf>
7. Instituto Nacional de Perinatología 2016 [internet]. Ciudad de México: INPer; c2016. Trámites y Servicios 2016; [citado 2016]. Disponible en: <http://www.inper.mx/TramitesRequisitos/>
8. Sánchez, A. Composición corporal y embarazo. Revista Salud. 2012 ago;16(2):5-10
9. Universidad Complutense de Madrid 2016 [internet]. Madrid: Manual de Nutrición y Dietética; 2016. Composición Corporal 2013; [citado 2016]. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-cap-2-composicion-corporal55.pdf>
10. Suverza A, Haua K. El ABCD de la Evaluación del Estado de Nutrición. 1ra ed. D.F.: Mc Graw Hill México; 2010. 332p.
11. Mendoza Rodríguez A. Proporción de grasa corporal durante el embarazo y su relación con la antropometría del recién nacido en el Hospital Central Universitario Antonio María Pineda [tesis en internet] Universidad Centrooccidental "Lisandro Alvarado"; 2001 [citada 2017]. 48p. Disponible en: [http://bibmed.ucla.edu.ve/Edocs\\_bmucla/textocompleto/TWQ200M452001.pdf](http://bibmed.ucla.edu.ve/Edocs_bmucla/textocompleto/TWQ200M452001.pdf)

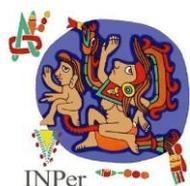
12. Berggren, E. Groh-Wargo, S. Presley, L. Hauguel-de Mouzon, S. Catalano, P. Maternal fat, but not lean, mass is increased among overweight/obese women with excess gestational weight gain. *Am J Obstet Gynecol.* 2016 jun;214(6).
13. Thompson J, Manore M, Vaughan L. *Nutrición*. 1ra. ed. Madrid, Pearson España;2008. 863p.
14. Clínica Universidad de Navarra [internet]. Madrid: CUN; c2016. Agua Corporal Total; [citado 2016]. Disponible en: <http://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/agua-corporal-total>
15. Vilalpa, M. El agua como nutriente. *Ámbito Farmacéutico. Nutrición.* 2010 jul; 29(4): 58 - 62
16. Nutrigen Service [internet]. México; Nutrigen; c2016. ¿Bebes suficiente agua?; [citado 2017]. Disponible en: <http://nutrigenservice.com/bebes-suficiente-agua/>
17. Brown J. *Nutrición en las diferentes etapas de la vida*. 3ra ed. D.F.: Mc Graw Hill México;2008. 517p.
18. Reinoso U, Bonete L, Lucrecia B. Prevalencia del sobrepeso y obesidad en mujeres embarazadas, atendidas en el Centro de Salud No 1 Pumapungo. Cuenca, 2013. [tesis en internet]. Cuenca: Universidad de Cuenca; 2014 [citada 2017]. 149p. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5305/1/Tesis%20de%20Pregrado.pdf>
19. NCBI Bookshelf [internet]. USA: NCBI; 2016. Body Composition Changes During Pregnancy; [citado 2017]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK235244/#!po=2.63158>
20. Lederman S, Paxton A, Heymsfield S, Wang J, Thornton J, Pierson R. Body fat and water changes during pregnancy in women with different body weight and weight gain. *Obstetrics and Gynecology.* 1997 oct;90(4):483-488
21. Aristizabal J, Restrepo M, Estrada A. Evaluación de la composición corporal de adultos sanos por antropometría e impedancia bioeléctrica. *Revista Biomédica.* 2007;27(1): 216-224
22. Fernández N. *Manual de laboratorio de Fisiología*. 6ta ed. D.F.: Mc Graw Hill México; 2008. 308p.
23. Alvero J, Acosta A, Fernández V, García J. La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal, normas prácticas de utilización. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte.* 2011 oct;4(4):167-174
24. Alvero J, Acosta A, Fernández V, García J. Métodos DE EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL: TENDENCIAS ACTUALES. *Medicina del Deporte.* 2005 may;105(22):45-49

25. Grupo Gamma: Red Integrada de Salud [internet]. México; 2017. Estudio de composición corporal | Bioimpedancia; [citado 2017]. Disponible en: <https://www.grupogamma.com/procedimiento/estudio-de-composicion-corporal-bioimpedancia/>
26. López, J. Bioimpedancia. *Revista Nefrología*. 2012 oct;31:630-634
27. López, J. Evolución y aplicaciones de la bioimpedancia en el manejo de la enfermedad renal crónica. *Revista Nefrología*. 2011 oct;31(6):630-634
28. Kyle U, Bosaeus I, De Lorenzo A, Deurenberg P, Marinos E, Gómez M, Heitmann L, Kent L, Claude J, Pirlich M, Scharfetterk H, Schols A, Pichard C. Bioelectrical impedance analysis-part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*. 2004 oct;23(5):1226-1243
29. Abbas S, Zhu F, Levin W. Bioimpedance Can Solve Problems of Fluid Overload. *Journal of Renal Nutrition*. 2015 mar;25(2):234-237
30. Kushner R, Schoeller D. Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1986 sept;44(3):417-424
31. Kyle U, Bosaeus I, De Lorenzo A, Deurenberg P, Marinos E, Gómez M, Heitmann L, Kent L, Claude J, Pirlich M, Scharfetterk H, Schols A, Pichard C. Bioelectrical impedance analysis—part II: utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition*. 2004 dic;23(6):1430-1453
32. Ghezzi F, Franch M, Balestreria D, Lischetti B, Mele M, Alberico S, Bolis P. Bioelectrical impedance analysis during pregnancy and neonatal birth weight. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*. 2001 oct;98(2):171-176
33. Lukaski H, Siders W, Nielsen E, Hall C. Total body water in pregnancy: assessment by using bioelectrical impedance. *The American Society for Clinical Nutrition*. 1994 mar;59(3):578-585
34. Ecured [Internet]. Cuba: Ecured; c2017. Deuterio; [citado 2017]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Deuterio>
35. Universidad de la República Uruguay [Internet]. Uruguay; Universidad de la República Uruguay; c2017. USO DE ISÓTOPOS ESTABLES EN LA MEDICIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL: FUNDAMENTACIÓN Y ESTUDIOS EN URUGUAY; [citado 2017]. Disponible en: <http://nutricion.edu.uy/u01/uploads/2013/08/Isotopos-Estables-Comp-Corporal-Della-Santa.pdf>
36. Brace R, Wolf E. Normal amniotic fluid volumen changes throughout pregnancy. *Am J Obstetrics and Gynecology*. 1989 ago;161(2): 382-388

37. Metodología de la investigación [Internet]. México; Metodología de la investigación; c2017. Tipos de investigación; [citado 2017]. Disponible en: <<http://metodologadelainvestigaciinsiis.blogspot.mx/2011/10/tipos-de-investigacion-exploratoria.html>
38. Moore D, Mc Cabe G. Introduction to the Practice of Statistics. 5ta ed. EE.UU.: W H Freeman & Co EE.UU; 2005. 120p.
39. XLSTAT [Internet]. México; XLSTAT; c2017. Prueba de Mann Whitney: tutorial Excel; [citado 2017]. Disponible en: <https://help.xlstat.com/customer/es/portal/articles/2062371-prueba-de-mann-whitney-tutorial-en-excel>
40. Wikipedia [Internet]. México; Wikipedia; c2017. U mann whitney plot; [citado 2017]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Prueba\\_U\\_de\\_Mann-Whitney](https://es.wikipedia.org/wiki/Prueba_U_de_Mann-Whitney)
41. Instituto Nacional de Nutrición y Ciencias Médicas “Salvador Zubirán” [Internet]. México, D.F.: INNSZ; c2015. Ética y confidencialidad; [citado 2015]. Disponible en: <http://www.innsz.mx/opencms/contenido/investigacion/comiteEtica/confidencialidadInformacion.html>
42. González E, Composición corporal: estudio y utilidad clínica. Endocrinología y Nutrición. 2012 jun;60(2): 69-75
43. Wikipedia: La Enciclopedia Libre 2018 [internet]. México; Wikipedia; c2018. Análisis de impedancia bioeléctrica; [citado 2018]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Análisis\\_de\\_impedancia\\_bioeléctrica](https://es.wikipedia.org/wiki/Análisis_de_impedancia_bioeléctrica)
44. Marbello R, Hidrometría y aforo de corrientes naturales. Universidad Nacional de Colombia. 2017; 237 – 273.
45. Wikipedia: La Enciclopedia Libre 2017 [internet]. México; Wikipedia; c2018. Deuterio; [citado 2018]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Deuterio>
46. Espectrometría.com 2017 [internet]. México; Espectrometría; c2018. Espectrometría; [citado 2018]. Disponible en: <https://www.espectrometria.com/espectrometros>
47. Definición.de 2017 [internet]. México; Definición de Adiposo; c2018. Definición.de; [citado 2018]. Disponible en: <https://definicion.de/adiposo/>

## 10. Anexos

### 10.1 Anexo 1: Cuestionario de hoja de llegada



**INSTITUTO NACIONAL DE PERINATOLOGÍA**  
**DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN**  
**SUBDIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN EN SALUD PÚBLICA**  
**DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN EN NUTRICIÓN**

#### HOJA DE LLEGADA

Fecha: \_\_\_\_\_ Nombre del investigador: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_ No INPer: \_\_\_\_\_ Folio: \_\_\_\_\_

Fecha de nacimiento: \_\_\_\_\_ edad: \_\_\_\_\_

Hora de llegada a la cita: \_\_\_\_\_

FUM \_\_\_\_\_ edad gestacional: \_\_\_\_\_

Medio de transporte que utilizó para venir:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

1. ¿Hora en que comió alimentos sólidos por última vez?	
2. ¿Hora en que tomó líquidos por última vez?	_____
3. ¿A qué hora se durmió anoche?	_____
4. ¿A qué hora se despertó hoy?	_____
5. ¿Viene en ayunas? (si=1, no=0)	
6. ¿Cuándo fue la última vez que se bañó?	
7. Trae maquillaje? (si=1, no=0)	
8. Después de la última vez que se bañó, ¿se untó crema en el cuerpo?	
9. A qué hora fue la última vez que orinó	
10. A qué hora fue la última vez que evacuó	
11. A qué hora fue la última vez que fumó	
12. A qué hora fue la última vez que hizo ejercicio?	
13. Trae puesto algún objeto de metal?, por ejemplo, pulsera, cadena, anillos, aretes, brasiere de barilla, marcapasos	

Antes de comenzar, pedirle a la mujer que vaya al baño, fue: SI NO  
Anotar la siguiente información:

Estatura: \_\_\_\_\_

Peso: \_\_\_\_\_

IMC: \_\_\_\_\_

Circunferencia de muñeca: \_\_\_\_\_

Complexión: \_\_\_\_\_

Hemoglobina: \_\_\_\_\_

Tensión arterial: \_\_\_\_\_

Cumple con el criterio de inclusión SI NO grupo de estudio

\_\_\_\_\_

Pequeño > 10.9 Mediano 10.9 a 9.9 Grande <9.9
---

## 10.2 Anexo 2: Cuestionario de preparación y toma de la solución del deuterio



**INSTITUTO NACIONAL DE PERINATOLOGÍA**  
**Subdirección de Investigación en Salud Pública**  
**Departamento de Investigación en Nutrición**  
 Protocolo: "Validación de herramientas diagnósticas de la composición corporal con impacto en la salud reproductiva y perinatal"

### PREPARACIÓN Y TOMA DE LA SOLUCIÓN DEL DEUTERIO

No folio. \_\_\_\_\_  
 Expediente: \_\_\_\_\_ Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: / /  
 Observador: \_\_\_\_\_  
 SDG \_\_\_\_\_ T-0 T-A T-B T-C T-D

**Cantidad de deuterio:**

Peso \_\_\_\_\_ kg      0.1g de deuterio 99.8% por Kg de peso \_\_\_\_\_g

Preparación de la solución con el deuterio	
Peso del vaso	_____ g
<b>TARO</b>	
Cantidad exacta de deuterio	_____g
<b>TARO</b>	
Agrego 30mL de agua Anotar cantidad exacta	_____g
Agitar la solución con el agitador	

Preparación del primer enjuague	
Peso del vaso	_____ g
<b>TARO</b>	
Agrego 30mL de agua Anotar cantidad exacta	_____g

<b>Preparación del segundo enjuague</b>	
Peso del vaso	_____ g
<b>TARO</b>	
Agrego 30mL de agua Anotar cantidad exacta	_____ g

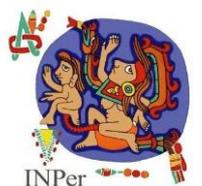
		<b>Hora real</b>
Hora en que se tomó la solución de deuterio		_____
Cuatro horas	_____	_____
Seis horas	_____	_____

**Descripción del desayuno**

**Hora:** \_\_\_\_\_

<b>Alimento y descripción</b>					<b>Hora</b>
<b>Sandwich:</b>	Sándwich con bolsa:	Después de comer:	Bolsa:	consumido:	
<b>Plátano:</b>	Entero:	Cascara:	Sobra:	consumido:	
<b>Jugo:</b>	Vaso antes	Vaso tarado + jugo:	Vaso después:	consumido:	
<b>Galletas Marías</b>	Cantidad:	Peso:		consumido	
<b>Agua</b>	Vaso antes	Vaso tarado + agua:	Vaso después:	consumido	

### 10.3 Anexo 3: Cuestionario de primera consulta



## INSTITUTO NACIONAL DE PERINATOLOGÍA DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN SUBDIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN EN SALUD PÚBLICA DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN EN NUTRICIÓN

### CUESTIONARIO Primera consulta

Fecha: \_\_\_\_\_ Nombre del investigador: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_ No INPer: \_\_\_\_\_ Folio: \_\_\_\_\_

Fecha de última menstruación (FUM): \_\_\_\_\_ semana de embarazo: \_\_\_\_\_

Fecha de gestación por ultrasonido: \_\_\_\_\_

Confirmar motivo por el que ingresó al INPer: \_\_\_\_\_

#### Datos sociodemográficos:

Estado civil: \_\_\_\_\_

¿Vive usted con el papá de su bebé? SI NO

Ultimo año escolar que completó: \_\_\_\_\_ Ocupación: \_\_\_\_\_

¿Trabaja actualmente? SI NO ¿En qué? \_\_\_\_\_ Horario: \_\_\_\_\_

Categoría de NSE \_\_\_\_\_

#### Antecedentes familiares de salud:

Señale si sus padres, hermanos, abuelos paternos o maternos han padecido alguna de las siguientes enfermedades:

#### Antecedentes personales de salud:

¿Le han diagnosticado alguna enfermedad? SI NO

¿Cuál (es)? \_\_\_\_\_

#### Historia ginecológica:

Edad a la primera menstruación: \_\_\_\_\_

En los seis meses antes de este embarazo:

¿Cada cuantos día se presentó la regla? \_\_\_\_\_ ¿cuantos días duraba el sangrado? \_\_\_\_\_

¿Considera que sus ciclos eran regulares en estos seis meses? SI NO

Explique: \_\_\_\_\_

Circule la palabra que mejor describa la cantidad de su sangrado:

MUY ABUNDANTE ABUNDANTE REGULAR ESCASA MUY ESCASA

Presentaba sangrado entre sus períodos: SI NO

Padecimientos ginecológicos:

Ovarios poliquísticos, endometriosis otra: \_\_\_\_\_

#### Historia obstétrica y reproductiva:

¿Este es su primer embarazo? SI NO

(Si este es su primer embarazo, no responda las siguientes preguntas)

Edad en su primer embarazo \_\_\_\_\_

(Si no recuerda alguna información, indíquelo sobre la línea.)

Num embarazos (además del actual) \_\_\_\_\_

Num hijos vivos \_\_\_\_\_ Num cesáreas \_\_\_\_\_ Num partos \_\_\_\_\_ Num abortos \_\_\_\_\_

Ultimo embarazo:

¿Hace cuanto tiempo fue?: \_\_\_\_\_ circule: único gemelar

**Si nació vivo:**

Fecha nacimiento: \_\_\_\_\_ edad gestacional al nacimiento: \_\_\_\_\_ circule: parto cesárea

Peso: \_\_\_\_\_ Longitud: \_\_\_\_\_ Peso que ud. subió en embarazo \_\_\_\_\_

**Si fue un óbito/aborto:**

Duración del embarazo: \_\_\_\_\_ Peso que ud. subió en embarazo \_\_\_\_\_

En el último embarazo, ¿presentó alguno de los siguientes padecimientos?

Diabetes gestacional SI NO NO SABE

Hipertensión (que le detectaron durante el embarazo y se quitó) SI NO NO SABE

Eclampsia-Preeclampsia SI NO NO SABE

Otro padecimiento SI NO ¿Cuál? \_\_\_\_\_

**Alimentación:**

¿En los últimos seis meses, ha seguido alguna dieta especial para disminuir colesterol, controlar la gastritis, bajar de peso y/o cuidar la tensión arterial etc.?

¿Cuál? \_\_\_\_\_

¿Cuándo? \_\_\_\_\_

¿Por cuánto tipo? \_\_\_\_\_

¿Qué resultados obtuvo? \_\_\_\_\_

Su consumo de alimentos varía si se siente triste, nervioso o ansioso?

Si No ¿Cómo? \_\_\_\_\_

¿Desde que se embarazó, siente más o menos sed de lo normal? \_\_\_\_\_

¿Cómo está su apetito? Sin apetito Normal Mucho apetito

**Actividad física:**

¿Antes del embarazo, realizaba algún tipo de deporte/ejercicio? Si No

Si la respuesta es Si,

¿Qué hacía? \_\_\_\_\_

¿Cuántas veces a la semana? \_\_\_\_\_ ¿Por cuánto tiempo cada vez? \_\_\_\_\_

### EMBARAZO ACTUAL

Indicar si actualmente padece alguno de los síntomas que se mencionan y comentar sobre la intensidad y frecuencia:

\_\_\_ náusea \_\_\_\_\_

\_\_\_ vómito \_\_\_\_\_

\_\_\_ calambres \_\_\_\_\_

\_\_\_ estreñimiento \_\_\_\_\_

\_\_\_ gastritis \_\_\_\_\_

\_\_\_ diarrea \_\_\_\_\_

\_\_\_ hemorroides \_\_\_\_\_

\_\_\_ reflujo \_\_\_\_\_

Desde que inició el embarazo, ¿ha presentado sangrado? SI NO

En caso afirmativo, circule la palabra que mejor describa la cantidad:

MUY ABUNDANTE ABUNDANTE REGULAR ESCASA MUY ESCASA

**Consumo de suplementos y medicamentos:**

Indique si está tomando alguno de los siguientes productos:

Suplemento de vitaminas y/o minerales Si No ¿Nombre? \_\_\_\_\_

¿qué tan seguido? \_\_\_\_\_ ¿Desde cuándo? \_\_\_\_\_

Laxantes: Si No ¿Nombre? \_\_\_\_\_

¿qué tan seguido? \_\_\_\_\_ ¿Desde cuándo? \_\_\_\_\_

Antiácidos: Si No ¿Nombre? \_\_\_\_\_

¿qué tan seguido? \_\_\_\_\_ ¿Desde cuándo? \_\_\_\_\_  
Diuréticos: Si No ¿Nombre? \_\_\_\_\_  
¿qué tan seguido? \_\_\_\_\_ ¿Desde cuándo? \_\_\_\_\_  
Mencione cualquier otro medicamento que use: \_\_\_\_\_  
(Incluyendo cremas dermatológicas) \_\_\_\_\_

**Tabaco, alcohol y otras sustancias:**

¿Fuma actualmente?

\_\_\_ No, en caso de si, cuánto: \_\_\_ menos de 5/día \_\_\_ 5 a 10 \_\_\_ más de 10 al día

¿Qué tanto convive con personas fumadoras como para considerarse fumadora pasiva?

MUCHO REGULAR POCO

¿En los últimos 15 días, ha utilizado alguna droga? SI NO

En caso de que SI, ¿cuál? \_\_\_\_\_ ¿Cuántas veces a la semana? \_\_\_\_\_

¿En los últimos 15 días, ha tomado bebidas alcohólicas? SI NO

En caso de que SI, ¿cuántas veces a la semana? \_\_\_\_\_ ¿Cuántas bebidas cada vez? \_\_\_\_\_

**Actividad física:**

Ha recibido alguna indicación de su médico con respecto a la realización de actividad física? Si No Si la respuesta es Si, descríballo:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¿Está realizando algún deporte/ejercicio? Si No

¿Qué hace? \_\_\_\_\_

¿Cuántas veces a la semana? \_\_\_\_\_ ¿Por cuánto tiempo cada vez? \_\_\_\_\_

¿Esto es MAS IGUAL MENOS al ejercicio que hacía antes del embarazo?

#### 10.4 Anexo 4: Base de datos

Paciente	Clasificación	ACT M1inicial	ACT M1final	ACT M2inicial	ACT M2final
1	Normalidad	33.97	31.54	27.90	28.95
3	Normalidad	29.63	49.35	30.30	32.75
5	Normalidad	27.28	NA	26.65	NA
6	Normalidad	43.87	44.45	34.30	37.95
7	Normalidad	27.05	32.29	26.55	29.30
9	Normalidad	22.73	26.76	23.95	26.20
10	Normalidad	33.67	NA	26.70	NA
12	Normalidad	30.42	36.15	31.75	37.40
13	Normalidad	26.63	32.98	25.80	28.50
18	Normalidad	66.19	41.84	42.30	42.65
19	Normalidad	32.03	40.39	34.35	37.20
20	Normalidad	24.03	29.20	25.35	28.10
22	Normalidad	31.10	38.42	28.05	33.50
23	Normalidad	24.06	34.27	23.85	31.70
25	Normalidad	29.21	39.37	27.40	31.70
29	Normalidad	27.91	NA	28.00	33.10
31	Normalidad	25.94	NA	20.55	20.90

Paciente	Clasificación	MLG M1inicial	MLG M1final	MLG M2inicial	MLG M2final
1	Normalidad	43.53	43.21	38.15	39.60
3	Normalidad	40.60	67.61	41.40	44.80
5	Normalidad	37.37	NA	36.45	NA
6	Normalidad	60.10	60.89	46.90	51.90
7	Normalidad	37.06	44.24	36.25	40.10
9	Normalidad	31.13	36.66	32.85	36.15
10	Normalidad	46.12	NA	36.45	NA
12	Normalidad	41.67	49.53	43.40	51.20
13	Normalidad	36.48	45.17	35.25	38.85
18	Normalidad	90.67	57.31	57.40	58.10
19	Normalidad	43.88	55.33	46.80	50.70

20	Normalidad	32.92	40.00	34.75	38.55
22	Normalidad	42.60	52.62	38.30	45.75
23	Normalidad	32.96	46.95	32.50	43.25
25	Normalidad	40.01	53.94	37.40	43.20
29	Normalidad	38.23	NA	38.25	45.25
31	Normalidad	35.53	NA	26.45	29.10

Paciente	Clasificación	GRASA kg M1inicial	GRASA kg M1final	GRASA kg M2inicial	GRASA kg M2final
1	Normalidad	11.57	24.49	19.60	28.10
3	Normalidad	20.00	0.89	19.10	23.70
5	Normalidad	19.53	NA	30.30	NA
6	Normalidad	5.90	14.41	19.05	23.30
7	Normalidad	26.64	28.76	27.25	32.80
9	Normalidad	19.67	20.54	17.95	21.15
10	Normalidad	12.78	NA	22.45	NA
12	Normalidad	18.33	22.67	16.60	21.00
13	Normalidad	18.82	17.73	20.05	24.90
18	Normalidad	-19.47	21.39	13.50	20.55
19	Normalidad	19.42	16.57	19.50	21.20
20	Normalidad	12.38	13.20	10.15	14.60
22	Normalidad	23.30	20.28	27.60	27.15
23	Normalidad	15.54	14.15	15.70	17.85
25	Normalidad	21.89	20.46	24.50	31.40
29	Normalidad	15.97	NA	15.95	19.25
31	Normalidad	17.87	NA	25.25	31.40

Paciente	Clasificación	% GRASA M1inicial	% GRASA M1final	% GRASA M2inicial	% GRASA M2final
1	Normalidad	19.91	36.18	33.73	41.50
3	Normalidad	33.01	1.30	31.51	34.59
5	Normalidad	34.33	NA	53.25	36.01
6	Normalidad	8.94	19.14	28.86	30.94

7	Normalidad	41.82	39.40	42.77	44.93
9	Normalidad	38.71	35.91	35.33	36.97
10	Normalidad	21.69	NA	38.11	43.64
12	Normalidad	30.55	31.40	27.66	29.08
13	Normalidad	34.02	28.18	36.25	39.58
18	Normalidad	-27.34	27.18	18.96	26.11
19	Normalidad	30.68	23.05	30.80	29.48
20	Normalidad	27.33	24.82	22.40	27.44
22	Normalidad	35.35	27.81	41.88	37.24
23	Normalidad	32.05	23.16	32.37	29.21
25	Normalidad	35.36	27.50	39.57	42.14
29	Normalidad	29.46	NA	26.94	32.35
31	Normalidad	33.46	NA	47.28	55.87

Paciente	Clasificación	ACT M1inicial	ACT M1final	ACT M2inicial	ACT M2final
2	Obesidad	30.25	42.35	29.10	31.70
4	Obesidad	55.22	58.67	41.70	41.95
8	Obesidad	42.20	48.35	42.00	44.20
11	Obesidad	33.82	37.91	34.10	37.90
14	Obesidad	31.89	39.76	29.95	37.70
15	Obesidad	0.08	54.95	35.55	39.20
16	Obesidad	31.11	32.19	33.30	0
17	Obesidad	30.50	37.54	30.40	36.55
21	Obesidad	31.55	39.30	33.55	36.80
24	Obesidad	37.68	41.34	38.05	40.10
26	Obesidad	36.58	41.65	34.05	37.10
27	Obesidad	50.38	55.53	37.00	44.55
28	Obesidad	32.58	36.62	31.45	37.90
30	Obesidad	45.68	0	45.40	45.20

Paciente	Clasificación	MLG M1inicial	MLG M1final	MLG M2inicial	MLG M2final
2	Obesidad	41.44	58.01	39.75	43.30

4	Obesidad	75.64	80.37	56.80	57.20
8	Obesidad	57.81	66.24	57.00	59.95
11	Obesidad	46.32	51.93	46.45	51.65
14	Obesidad	43.68	54.46	41.00	51.65
15	Obesidad	0.11	75.27	48.40	53.20
16	Obesidad	42.62	44.10	45.55	0
17	Obesidad	41.78	51.43	41.40	49.65
21	Obesidad	43.22	53.83	45.85	50.15
24	Obesidad	51.61	56.63	52.10	54.80
26	Obesidad	50.01	57.06	46.35	50.55
27	Obesidad	69.02	76.07	50.55	60.70
28	Obesidad	44.64	50.16	42.75	51.10
30	Obesidad	62.58	0	61.65	61.55

Paciente	Clasificación	GRASA kg M1inicial	GRASA kg M1final	GRASA kg M2inicial	GRASA kg M2final
2	Obesidad	35.86	28.09	37.45	42.80
4	Obesidad	33.06	30.03	51.90	53.05
8	Obesidad	59.89	49.26	60.60	55.60
11	Obesidad	36.18	39.57	36.10	40.15
14	Obesidad	26.32	28.74	18.60	31.45
15	Obesidad	102.39	38.33	54.00	60.35
16	Obesidad	33.48	28.90	30.55	0
17	Obesidad	31.05	30.57	31.30	32.35
21	Obesidad	34.18	33.87	34.60	37.65
24	Obesidad	44.59	47.67	44.10	49.40
26	Obesidad	30.80	27.64	34.45	34.20
27	Obesidad	12.08	23.03	30.50	38.30
28	Obesidad	38.76	34.54	40.65	32.90
30	Obesidad	50.62	0	51.50	47.20

Paciente	Clasificación	% GRASA M1inicial	% GRASA M1final	% GRASA M2inicial	% GRASA M2final
2	Obesidad	46.39	32.63	48.44	49.70

<b>4</b>	<b>Obesidad</b>	30.41	27.21	47.74	48.05
<b>8</b>	<b>Obesidad</b>	50.89	42.65	51.48	48.13
<b>11</b>	<b>Obesidad</b>	43.85	43.25	43.75	43.87
<b>14</b>	<b>Obesidad</b>	37.60	34.54	26.57	37.80
<b>15</b>	<b>Obesidad</b>	99.90	33.74	52.68	53.12
<b>16</b>	<b>Obesidad</b>	44.00	39.59	40.14	42.39
<b>17</b>	<b>Obesidad</b>	42.61	37.28	42.99	39.45
<b>21</b>	<b>Obesidad</b>	44.16	38.62	44.70	42.93
<b>24</b>	<b>Obesidad</b>	46.35	45.71	45.84	47.36
<b>26</b>	<b>Obesidad</b>	38.07	32.64	42.58	40.37
<b>27</b>	<b>Obesidad</b>	14.90	23.24	37.60	38.64
<b>28</b>	<b>Obesidad</b>	46.48	40.78	48.74	38.84
<b>30</b>	<b>Obesidad</b>	44.72	0	47.17	43.38