

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA.**

**Facultad de Humanidades y Ciencias de La Educación.**

**Posgrado:**

**“Especialización en Programación y Evaluación del Ejercicio.”**

**TRABAJO FINAL INTEGRADOR:**

**“Metabolismo de las grasas, diferentes modos de programación del Ejercicio y sus efectos en la composición corporal.”**

**Prof. ZUSSA DAVID.**

**Cohorte: 2014**

*Fecha de entrega: Año 2016*

## **INDICE:**

	<b>Pág.</b>
<b>1.0 OBJETIVOS.</b>	
1.1Objetivos generales.	<b>2</b>
1.2Objetivos específicos	<b>3</b>
<b>2.0 MARCO TEORICO, ESTADO DE LA CUESTIÓN</b>	
2.1 Concepto y definiciones	<b>3 a 6</b>
2.2 Tejido adiposo	<b>7 a 11</b>
2.3 Metabolismo de las grasas en Ejercicio	<b>11 a 14</b>
<b>3.0 JUSTIFICACIÓN Y FACTIBILIDAD</b>	<b>14</b>
<b>4.0 ESTRATEGIA METODOLOGICA</b>	<b>15 a 18</b>
<b>5.0 PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA</b>	<b>19 a 21</b>
<b>6.0 CONCLUSIÓN</b>	<b>21 a 22</b>
<b>7.0 BIBLIOGRAFIA</b>	<b>23 a 24</b>
<b>8.0 ANEXO</b>	<b>25 a 35</b>

**Título:** “Metabolismo de las grasas, diferentes modos de programación del ejercicio y sus efectos en la composición corporal.”

**Resumen:**

---

El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de 2 posibles programas de ejercicio durante 2 meses, y luego observar cuáles fueron los cambios que indujeron sobre la composición corporal y la fuerza.

La técnica de medición corporal empleada en diferentes momentos de la investigación es la establecida por la ISAK<sup>1</sup>. Las medidas que fueron recogidas son las siguientes:

-8 pliegues corporales: bicipital, tríceps, subescapular, cresta iliaca, supra espinal, Abdominal, Muslo anterior, Pantorrilla Medial.

-circunferencias: cintura mínima, abdominal, y cadera máxima.

Además, se realizó luego de un mes de entrenamiento y al finalizar el segundo mes un test de RM Predictivo en sentadilla 90° (8RM Máximas, para luego determinar de manera indirecta su máxima RM).

Los resultados mostraron mejoras al cabo de 2 meses para ambos grupos, tanto en la composición corporal, como aumento del RM predictivo también en los dos grupos.

---

El presente trabajo pretende responder a las siguientes preguntas:

-¿Cómo se puede programar y evaluar el ejercicio cuando se buscan mejoras en la composición corporal, principalmente en el tejido adiposo?

-¿Qué efectos produce tanto en la composición corporal como en la fuerza, distintos tipos de programación de ejercicio?

**1.0 Objetivos :**

**1.1 Objetivos generales:**

-Determinar los efectos del ejercicio en el metabolismo de las grasas y su posible programación y evaluación.

---

<sup>1</sup> International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK)  
(Origen Nueva Zelanda)

## 1.2 Objetivos específicos:

-Describir y evaluar de modo experimental dos programas de ejercicios con diferentes orientaciones. Uno se centrará en el componente de la aptitud física sobre el ejercicio con predominio de lo neuromuscular y el otro en el componente de la aptitud física cardiovascular (a través del ejercicio continuo).

## 2.0 Marco teórico:

### 2.1 Conceptos y definiciones.

Para poder introducirse en el metabolismo de las grasas antes es conveniente definir qué se entiende por metabolismo. Se entiende al mismo “como la suma de todos los procesos químicos que ocurren en el cuerpo”<sup>2</sup>; Se lo puede dividir a su vez en diferentes procesos conjugados: catabolismo (degradación), Anabolismo (síntesis), reacciones de intercambio (síntesis y descomposición de sustancias) y oxidación-reducción (ganancia o pérdida de electrones de una molécula)<sup>3</sup>.

Los lípidos almacenados en el cuerpo constituyen una fuente casi inagotable de energía durante la realización de ejercicio físico y según se incrementa la duración de este, aumenta su protagonismo como fuente energética.

El metabolismo energético de nuestras células musculares consiste esencialmente en una serie de transferencias de energía, que se derivan de sustratos ingeridos en la dieta o acumulados en el organismo<sup>4</sup>. De esta manera se consigue que las células dispongan de cantidades adecuadas de adenosín-trifósforo (ATP) necesarias para satisfacer las demandas energéticas.

Esta energía es proveniente principalmente de las grasas y los hidratos de carbono, y en menor proporción de las proteínas.

Los ácidos grasos empleados durante el metabolismo de la célula muscular esquelética provienen de distintas fuentes, como el tejido adiposo, las lipoproteínas circulantes o los triglicéridos almacenados en la propia célula<sup>5</sup>.

Desde el punto de vista de la bioenergética, cabe aclarar que la célula muscular dispone de tres mecanismos para re sintetizar ATP, ellos son:

- La re síntesis de ATP a partir de la fosfocreatina.
- El proceso de la glucólisis anaeróbica con la transformación del glucógeno muscular en Lactato.
- La fosforilación oxidativa<sup>6</sup>.

---

<sup>2</sup> Tortora y Grabowsky, Principios de Anatomía y Fisiología. Cap. 1

<sup>3</sup> Ídem anterior, Cap. 2.

<sup>4</sup> F, Naclerio. Entrenamiento Deportivo, Cap. 1

<sup>5</sup> Ídem anterior. Cap. 1

<sup>6</sup> Ídem anterior. Cap. 1.

Estos mecanismos participan de manera mixta en el cuerpo y lo que se produce es una predominancia de un sistema sobre otro. Las células musculares utilizarán en mayor o menor preponderancia uno u otro sistema según:

- La Duración de los Esfuerzos.
- Intensidad de la Activación Muscular.
- Concentración de Substratos Energéticos.
- Densidad de los Esfuerzos<sup>7</sup>.

Entre otras variables. Teniendo en cuenta lo anterior dicho, estos sistemas energéticos utilizarán diferentes sustratos para poder seguir re sintetizando ATP. Lo que nos lleva a realizar otra clasificación según el sustrato que se utilice:

- Metabolismo de los fosfagenos ( Sustrato ATP y fosfocreatina)
- Metabolismo de los hidratos de Carbono.
- Metabolismo de las Proteínas.
- Metabolismo de las grasas.

Este trabajo final tiene como finalidad abordar solamente el metabolismo de las grasas, pero es importante comprender que este no actúa solo , sino que hay una continua inter relación entre ellos como se nombró antes.

Las grasas depositadas representan el almacén principal de energía potencial del cuerpo. Las reservas reales de combustible disponibles en la grasa almacenada representan unos 90.000Kcal a 110000Kcal de energía mientras que los carbohidratos solo 1500Kcal como glucógeno muscular , 400Kcal como glucógeno hepático y 80Kcal glucosa en líquidos extracelulares<sup>8</sup>.

Estas reservas de las grasas representa entre el 18 a 30 % de la masa corporal en Adultos no obesos y se disponen en promedio en el cuerpo de la siguiente manera:

LÍPIDOS PLASMÁTICOS (0,5mMol)

LÍPIDOS INTRAMUSCULARES (300mMol)

LÍPIDOS EXTRAMUSCULARES (17.500mMol)

REACCIONES METABÓLICAS QUE SUCEDEN CON LOS LIPIDOS.

a- Esterificación.

b- Hidrólisis de Triacilglicéridos a AGL.

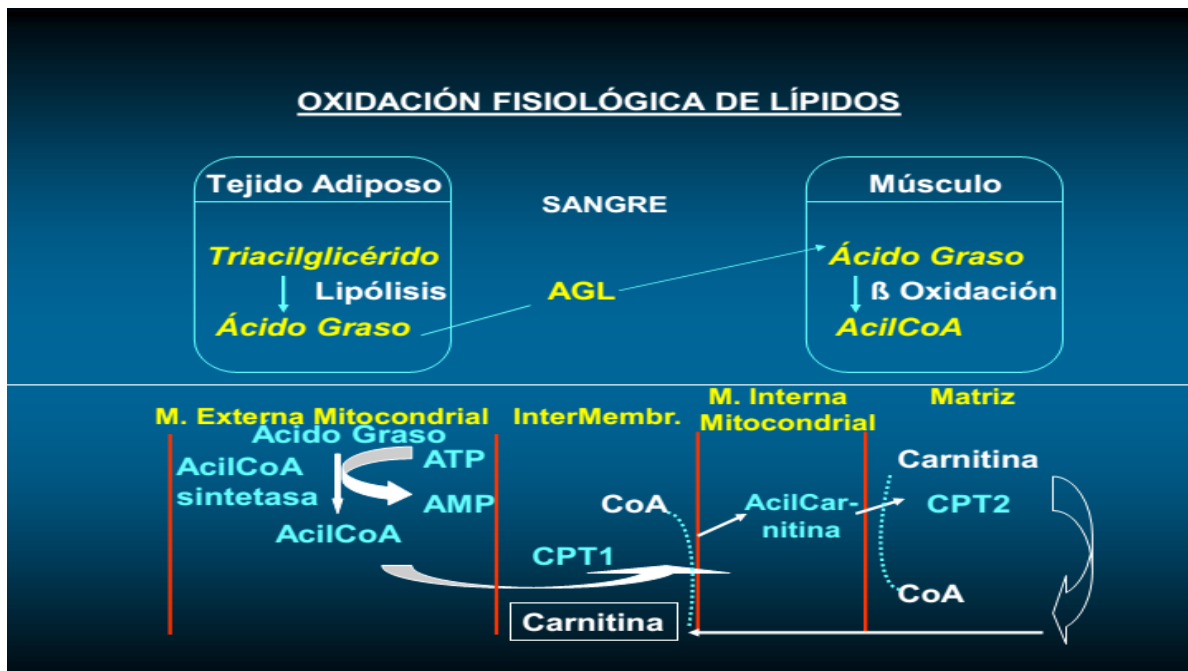
---

<sup>7</sup> G. Metral. [www.sobreentrenamiento.com](http://www.sobreentrenamiento.com)

<sup>8</sup> McArdle W, Katch F, Katch V. Fundamentos de Fisiología del Ejercicio. Pág. 110-111

c-  $\beta$  Oxidación para formar Acetil Coa.

d- Oxidación del Acetil Coa.



(<sup>9</sup>)

### TRIGLICERIDOS:

Este tipo de Lípidos es el más abundante en el cuerpo humano y en los alimentos que ingerimos. A temperatura ambiente, los triglicéridos pueden ser sólidos (grasas) o líquidos (aceites); además constituyen la forma más concentrada de energía química, pues proporcionan más del doble de energía por gramo que los carbohidratos o las proteínas. Los excesos de carbohidratos, proteínas y aceites; se depositan como triglicéridos en el tejido adiposo<sup>10</sup>.

Los triglicéridos se componen de dos clases de unidades estructurales: una molécula de glicerol y tres de ácidos grasos. La molécula de glicerol está compuesta de tres átomos de carbono y las tres moléculas de ácido graso se agregan mediante una reacción de síntesis con deshidratación, una para cada átomo del glicerol. Con la hidrólisis que es la reacción inversa, una sola molécula de triglicéridos se desdobra en tres ácidos grasos y glicerol.

El suministro más activo de moléculas de ácidos Grasos es el tejido adiposo.

Los Adipocitos o Células grasas están especializadas en la síntesis y almacenaje de los triglicéridos. Las gotas de grasa triglicerida ocupan tanto como el 95% del volumen de la célula<sup>11</sup>.

<sup>9</sup> Tomado Casas, 2014.

<sup>10</sup> Tortora y Grabowsky, Principios de Anatomía y Fisiología. Cap. 1

<sup>11</sup> McArdle W, Katch F, Katch V. Fundamentos de Fisiología del Ejercicio. Pág. 113.

Como se dijo el reservorio más grande de lípidos proviene del tejido adiposo. Ahora se procederá a definir qué se entiende por tejido adiposo, su clasificación y sus respectivas funciones.

## 2.2 TEJIDO ADIPOSEO:

El tejido adiposo considerado en su conjunto está constituido por los tejidos adiposos blanco y pardo. Ambos tienen un origen mesenquimático común y se encuentran embriológica e histológicamente vinculados, aunque se han ido diferenciando para adaptarse a los requerimientos de los organismos.

Desde un punto de vista funcional se ha considerado al tejido adiposo blanco como un depósito de energía, aunque actualmente se le reconoce un gran número de funciones que serán descritas más adelante. El tejido adiposo pardo, en cambio desempeña una función termogénica, tal vez amortiguadora de ingresos energéticos excesivos.

Tejido adiposo blanco: su función más conocida es la de albergar la mayor parte de las reservas energéticas, ya que además posee actividad metabólica y endocrina que influyen sobre sí mismo y sobre otros tejidos.

Como se dijo el tejido adiposo está constituido por los adipocitos y el tejido intercelular. Los primeros están adaptados para almacenar y liberar ácidos grasos bajo la forma de triglicéridos, reunidos en una gota citoplasmática única. El núcleo del adipocito queda ubicado en situación periférica, dándole el clásico aspecto de anillo de sello.

El tamaño adipositario varía de 10 a 100  $\mu$  de acuerdo al estado nutricional, pues los adipocitos modifican sus diámetros y consecuentemente su volumen, según almacenen más o menos triglicéridos. Estos cambios son posibles debido a la elasticidad de su membrana plasmática, que le permite aumentar notablemente su volumen antes de alcanzar el tamaño "crítico", a partir del cual se pone en marcha el mecanismo de reproducción adipocitaria. Cada adipocito subcutáneo almacena hasta 1.2  $\mu$ g de triglicéridos, aunque en los individuos de peso normal su contenido es de 0.4 a 0.6  $\mu$ g por célula.

Cada kilogramo de grasa provee unas 9.000 kcal, mientras que cada kg de tejido adiposo (blanco) unas 7.500.

La capilarización e inervación del tejido adiposo están adaptadas a los cambios en el metabolismo de los ácidos grasos y por estos motivos está generosamente irrigado (por lo menos un capilar toma contacto con cada adipocito). El flujo sanguíneo en el tejido adiposo subcutáneo es de 3 a 4 ml 100 gr  $^{-1}$ min $^{-1}$ , mucho mayor que para el músculo esquelético en reposo (1.5 ml 100 gr  $^{-1}$ min $^{-1}$ ), delatando su gran influencia y participación en el metabolismo. Es sensible a múltiples influencias hormonales y metabólicas que posibilitan un funcionamiento perfectamente adaptado a su función de reserva energética.

Los ácidos grasos producto de la lipólisis son los combustibles mayores para el hígado, riñón, músculo esquelético y miocardio<sup>12</sup>.

El aumento del tamaño del adipocito cambia con más rapidez que su número, indicando un predominio del mecanismo de hipertrofia sobre el de hiperplasia. Solo cuando el peso corporal alcanza el 170% del valor ideal, comienza el proceso de hiperplasia<sup>13</sup>.

Cuando se produce la obesidad temprana en niños se produce un aumento de la celularidad (hiperplasia), mientras que en los adultos es más notable el aumento de tamaño, aunque la hiperplasia como capacidad parece conservarse en el adulto. El estímulo proliferativo surgiría de los mismos adipocitos al alcanzar estos su tamaño máximo, aunque también podría partir de otros tejidos.

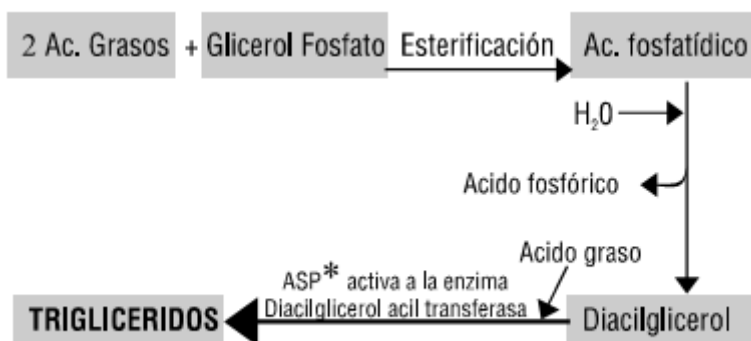
En los pre adipocitos existe un receptor para los ácidos grasos, que interviene en el proceso de síntesis de las enzimas necesarias para la diferenciación celular, estableciéndose así una relación entre factores alimentarios y la activación de las células pre adiposas que depende de genes y otros factores, relacionados con la acumulación de triglicéridos.

El metabolismo del tejido adiposo (blanco), está compuesto por la lipogénesis y la lipólisis.

Se denomina lipogénesis a la síntesis de triglicéridos a partir de glicerol y ácidos grasos. Lipólisis es la hidrólisis de los triglicéridos en esos mismos constituyentes. Ambos procesos son simultáneos y el predominio de uno de ellos determinará la dirección del metabolismo del tejido adiposo.

### LIPOGÉNESIS.

Los principales tejidos con síntesis de triglicéridos son el tejido adiposo, el hígado y la glándula mamaria. El proceso se efectúa en el citoplasma y puede resumirse de la siguiente manera:



<sup>12</sup> Arner P. Regulation of lipolysis in fat cells. Diabetes Reviews, Vol 4, N°4, 1996.450-63.

<sup>13</sup> Hirsch J. y col The Fat Cell. Med Clin of North América. Vol 73 N°1, January 1989.p79-93.



Los ácidos grasos para la síntesis de triglicéridos tienen diferentes orígenes según el momento metabólico y el tejido considerado.

Músculo y tejido adiposo: en estado postprandial, los triglicéridos llegan a los capilares del músculo y del tejido adiposo transportados por los quilomicrones y las VLDL, desde donde sus ácidos grasos son liberados por acción de la enzima lipoproteína lipasa (LPL).

La mitad de los ácidos grasos y todos los monoglicéridos liberados, ingresan en los adipocitos o en las células musculares por diferencia de concentración<sup>14</sup>, o por medio de un receptor específico.

Los ácidos grasos no ingresados son transportados al hígado, unidos a la albúmina.

En estado de ayuno, la lipólisis del tejido adiposo libera ácidos grasos, transportados por la albúmina hasta el hígado y el músculo, quienes los utilizan para la síntesis de VLDL.

La LPL (Lipoproteinlipasa) es una enzima marcapaso para la provisión de los ácidos grasos a los tejidos y por lo tanto responsable de la velocidad de síntesis de triglicéridos. Esta glicoproteína es segregada por las células de los tejidos adiposo, muscular, cardíaco, mamario y nervioso central y es transportada al glicocáliz del endotelio capilar. La LPL se expresa fundamentalmente en el músculo esquelético y cardíaco, en los tejidos adiposos blanco y pardo, en la glándula mamaria en actividad, mientras que está ausente en el cerebro.

Hígado: los ácidos grasos le llegan desde el tejido adiposo periférico por vía arterial unidos a la albúmina o bajo la forma de quilomicrones (si son de origen alimentario y de más de 10 carbonos).

También los ácidos grasos pueden sintetizarse en el hígado a partir de la glucosa, esta síntesis de nuevos ácidos grasos a partir de glucosa es muy escaso (menos del 10% del valor energético total).

Lipólisis: como se dijo es la degradación de los triglicéridos con liberación de sus ácidos grasos, que son utilizados por el resto del organismo como combustible, en su mayor parte por el tejido muscular debido a su elevada cantidad.

---

<sup>14</sup> Kern PA. High adipose tissue lipoprotein lipasa activity plays a causal role in the etiology of obesity. Cedars-Sinai Medical Center. Los Angeles. USA.



En este proceso es muy importante la acción de la lipasa hormono sensible, ya que es la encargada de iniciar el proceso lipolítico. La actividad de esta enzima es regulada fundamentalmente por las catecolaminas por intermedio de los receptores adrenérgicos.

La lipólisis es estimulada por el frío, el ejercicio y la hipoglucemia a través de la activación hipotalámica del sistema simpático, cuyas terminales simpáticas liberan noradrenalina en los tejidos efectores, estimulando al receptor  $\beta$ .

La velocidad de la lipólisis es menor en el tejido subcutáneo periférico, mayor en el subcutáneo abdominal y mayor aun en el área visceral. Esto último permite una rápida llegada de ácidos grasos al hígado en situaciones de urgencia de combustible, como ocurre durante el ejercicio<sup>15</sup>.

La LHS es activada por las catecolaminas, la hormona de crecimiento, el glucagón, la ACTH y los corticosteroides, mientras que la insulina se opone a la acción de las anteriores.

La lipólisis es inhibida por la insulina, que estimula a la fosfodiesterasa III, quien a su vez inactiva al AMPc. La insulina también podría inhibir a la adenilciclase o internalizar a los receptores  $\beta$  adrenérgicos (provocando resistencia a la acción lipolítica de las catecolaminas).

Tejido adiposo pardo: El TAP representa en las distintas especies entre un 1 al 5% de su peso corporal.

Es un tejido ricamente vascularizado e innervado, en relación con su elevada tasa metabólica. El frío y la alimentación, estimulan el TAP por activación de la vía hipotálamo-simpáticoTAP. La innervación simpática de sus vasos libera noradrenalina, que actúa sobre los receptores  $\beta$  de las células.

Entre sus principales funciones encontramos una gran actividad termogénica<sup>16</sup>.

Su contenido en triglicéridos varía entre un 30-70% y su masa libre de lípidos entre un 6-16% del peso. Su color predominante se debe a la gran cantidad de mitocondrias y citocromos que posee.

<sup>15</sup> Arner P.Regulation of lipolysis in fat cells. Diabetes Reviews,Vol 4, N°4,1996.450-63.

<sup>16</sup> Moreno y Martinez, el tejido adiposo: órgano de almacenaminto y órgano excretor.

Como se dijo anteriormente el suministro más activo de moléculas de ácidos grasos es el tejido adiposo principalmente blanco. Una vez difundidos los ácidos grasos o AGL son distribuidos a los tejidos activos donde se metabolizan para sacar energía. La utilización de las grasas como sustrato energético varía estrechamente con el flujo sanguíneo en el tejido activo. Esto es especialmente importante para las fibras musculares de contracción lenta cuyo extenso riego sanguíneo, grandes y numerosas mitocondrias las hacen ideales para el proceso de degradación de la grasa<sup>17</sup>.

### **2.3 Metabolismo de las grasas en ejercicio.**

Utilización de lípidos durante el ejercicio

Los procesos que se llevan a cabo son los siguientes:

Movilización – Circulación – Captación – Activación – Translocación – B Oxidación – Oxidación Mitocondrial.

Lipólisis y movilización de los ácidos grasos:(del tejido adiposo a la célula muscular).

Los principales estímulos lipolíticos al inicio del ejercicio en el hombre son el aumento de la concentración de adrenalina y la disminución de la insulina circulante. Además, también la tasa lipolítica va a depender en parte de la capacidad de la sangre para transportar ácidos grasos, ósea de la concentración de albumina que tenga la sangre, ya que en su mayoría es transportada por esta proteína plasmática. Por otro lado, va a depender también del flujo sanguíneo que tengan los adipocitos durante el ejercicio y del proceso de re esterificación en los mismos<sup>18</sup>.

Cuanto mayor es el flujo de sangre que llega al tejido adiposo, mayor es la movilización de los AGL, esta regulación vascular está mediada por la adenosina.

La lipólisis es llevada a cabo por la acción de la lipasa-hormonosensible (LHS), la cual se activa gracias a la adrenalina y la baja cantidad de insulina. Dando como resultado la liberación al torrente sanguíneo de AGL y glicerol.

Los AGL se transportan al tejido muscular unidos a la albumina y el glicerol puede dirigirse al hígado para constituir un sustrato gluconeogénico o entrar en la célula muscular e incorporarse a la glucólisis anaeróbica. La albumina unida al AGL forma un complejo llamado AGL libre.

---

<sup>17</sup> McArdle W, Katch F, Katch V. Fundamentos de Fisiología del Ejercicio. Pág. 113

<sup>18</sup> Naclerio F, Entrenamiento Deportivo. Pág. 12-13

La captación de AGL por el músculo es un proceso que depende principalmente de la concentración en sangre circulante que no requiere gasto de energía. No obstante, existen mecanismos reguladores que impiden que la célula capte más AGL de los que necesita.

Los ácidos grasos se oxidan principalmente en las fibras musculares oxidativas o de tipo 1, que se activan durante los ejercicios de intensidad moderada o baja.

Se ha estimado que aproximadamente la mitad de los ácidos grasos oxidados en el músculo provienen de los ácidos grasos circulantes, y la otra mitad provienen de los triglicéridos almacenados en la propia célula muscular<sup>19</sup>.

Activación y Oxidación de los lípidos en la célula muscular: los ácidos grasos una vez dentro del miocito y antes de ser oxidados, experimentan un proceso de activación por el cual elevan su nivel energético para posteriormente ceder su energía. Este proceso se da en el sarcoplasma y consiste en la unión de una coenzima A (CoA) al ácido graso, y da lugar al complejo acil-coa. Este complejo puede re esterificarse y almacenarse en forma de triglicérido en la propia célula o bien oxidarse.

EL Acil-coa debe entrar al interior de la mitocondria para oxidarse (principalmente fibras tipo 1). En la membrana mitocondrial se une a un transportador específico que depende de la carnitina y está situado en el espacio intermembrana<sup>20</sup>. Su función es transportar a los grupos acilos a través de la membrana mitocondrial. La carnitina se acompaña de diversas formas de acil-carnitin transferasas; estas se encuentran en la membrana mitocondrial en dos formas: en la membrana externa una forma convierte el acil-coa en acil-carnitina, y en la membrana interna, el complejo acil-carnitina vuelve a transformarse en Acil-Coa por otra forma de la enzima que libera la carnitina y une un Coa de nuevo al Acil. De este modo la concentración de Acil-carnitin transferasas será mayor cuanto mayor sea el número y el tamaño de las mitocondrias por este motivo los ácidos grasos son oxidados preferentemente en las fibras tipo 1.

Dentro de la mitocondria, los acil-coa se someten a la B-oxidación. Este proceso consiste en la oxidación del radical acilo en el carbono beta. Dando lugar de nuevo a un acil-coa (esta vez con n-2 átomos de carbono) más un acetil-Coa. Es un proceso cíclico hasta que todo el acil o ácido graso se divide en fragmentos de 2 átomos de carbono en forma de Acetil-Coa. Durante el proceso de b-oxidación se reduce un NAD y un FAD y se transforma en NADH Y FADH.

Luego el Acetil-coa entra al ciclo de Krebs, de la misma manera que el procedente del piruvato. A partir de aquí los hidratos y las grasas tienen en común el metabolismo oxidativo, teniendo en cuenta que a la fosforilación

---

<sup>19</sup> Naclerio F, Entrenamiento Deportivo. Pág. 14-15

<sup>20</sup> Ídem anterior. Pág. 14

oxidativa irán los hidrógenos obtenidos en el ciclo de Krebs, más los transportados por el NADH y FADH reducidos en el proceso de la B-oxidación.

La intensidad de ejercicio es el principal factor determinante del grado de oxidación de grasas o carbohidratos durante el ejercicio. En forma relativa, los ácidos grasos serán más importantes durante el ejercicio de baja intensidad. Durante el ejercicio al 25 %  $VO_2$ máx casi todo el gasto de energía derivó de las grasas. Durante el ejercicio al 65 %  $VO_2$ máx la oxidación de grasas aportó el 50 % del gasto de energía, pero dado que la renovación ("turnover") de energía fue mucho más alta, las tasas absolutas de oxidación de grasas fueron mayores. Las tasas absolutas de provisión de energía de las grasas parece ser óptimo a niveles de ejercicio de entre 50 y 70 %  $VO_2$ máx. Romijn et al investigaron el consumo de ácidos grasos plasmáticos y la utilización estimada de TGIM, utilizando isótopos estables. Ellos descubrieron que durante el ejercicio de baja intensidad (25 %  $VO_2$ máx) los TGIM contribuyen mínimamente a la provisión de energía. Los ácidos grasos y la glucosa en plasma parecen ser los sustratos más importantes a esa intensidad donde las grasas son por lejos el combustible predominante. A intensidad de ejercicio moderada (65 %  $VO_2$ máx) los sustratos en el músculo (TGIM y glucógeno) se tornan más importantes. Los TGIM fueron oxidados a altas tasas, a esta intensidad de ejercicio, mientras que los ácidos grasos plasmáticos fueron utilizados a una tasa levemente más baja, comparado con el ejercicio de baja intensidad. Cuando la intensidad del ejercicio fue incrementada adicionalmente al 85%  $VO_2$ máx, la contribución de los ácidos grasos plasmáticos se tornó aún menor, mientras que también la oxidación de TGIM se redujo. La contribución decreciente de los ácidos grasos plasmáticos que se observó en este estudio, puede ser causada por una disminución en la disponibilidad de ácidos grasos, lo cual en cambio puede ser causado por tasas más bajas de aparición de ácidos grasos en el plasma (TaAG). Esta TaAG disminuida, sin una reducción simultánea de la lipólisis puede indicar que los ácidos grasos pueden quedar atrapados dentro del adipocito <sup>21</sup>, tal vez como resultado del incremento de las concentraciones de lactato o como resultado de la vasoconstricción en el tejido adiposo .

Sin embargo. Aunque la movilización de ácidos grasos desde el tejido adiposo es uno de los factores que puede ser parcialmente responsable de la reducción en la oxidación de ácidos grasos durante el ejercicio a altas intensidades, esto puede no ser el único factor. Cuando los niveles de ácidos grasos en plasma estuvieron elevados a altos niveles, durante el ejercicio al 85 %  $VO_2$ máx, esto indica que otros factores (intramusculares) pueden reducir la oxidación de ácidos grasos durante el ejercicio de alta intensidad. Un posible mecanismo puede ser que las altas tasas de glucólisis y altas tasas de formación de acetil CoA desde la glucosa-6-fosfato, a esas intensidades de ejercicio, inhiben el transporte de ácidos grasos de cadena larga dentro de la mitocondria al nivel

---

<sup>21</sup> Asker j Metabolismo de las grasas durante el ejercicio una revisión . parte 2.

de CAT I, incrementando las concentraciones de Malonil CoA. Además, durante el ejercicio intenso, serán reclutadas más fibras rápidas

(FT) y menos fibras lentas (ST). Dado que las fibras FT tienen una menor

Capacidad de oxidar ácidos grasos, la oxidación de grasas decrecerá, y

Concomitantemente, la oxidación de carbohidratos se incrementará cuando más de estas.

La contribución de los ácidos grasos se puede incrementar marcadamente cuando los depósitos de glucógeno en el músculo comienzan a repletarse. Esto implica, sin embargo, que la “alta” intensidad de ejercicio no puede ser sostenida, y que el ejercicio tiene que continuar a un nivel más bajo debido a que la tasa de producción de ATP decrecerá.

Metabolizar más grasas durante el ejercicio es un objetivo común tanto para personas que desean perder grasa corporal, como para deportistas de resistencia aeróbica que desean mejorar su rendimiento. El concepto de FATmax hace referencia a la intensidad de ejercicio que se asocia con una máxima oxidación de las grasas como fuente de energía y ha sido aplicado en numerosos estudios. Sin embargo, recientemente se han publicado los resultados de un estudio<sup>22</sup> en el que los autores hipotetizaron que la oxidación de las grasas no es máxima en la intensidad asociada al FATmax. Para verificar su hipótesis, 16 ciclistas entrenados realizaron 3 sesiones de 1 hora de ejercicio a intensidad igual al FATmax (~60% VO<sub>2</sub>max), intensidad menor de FATmax (~52% VO<sub>2</sub>max) e intensidad mayor de FATmax (~70% VO<sub>2</sub>max). Los resultados mostraron que aunque los valores de la frecuencia cardíaca y del lactato sanguíneo fueron diferentes en las tres intensidades, la oxidación total de las grasas no mostró diferencias a esas distintas intensidades. Los autores sugieren que la tasa de oxidación de grasas en ciclistas entrenados es similar en un rango de intensidad entre 50 y 70% VO<sub>2</sub>max, cuestionando en parte el concepto de FATmax.

Comentar respecto a estos resultados, que casi con seguridad no son extrapolables a otros sujetos sin el nivel de adaptación que posee un ciclista de resistencia aeróbica, por lo que la mayoría de la bibliografía consultada sigue manteniendo la utilidad y aplicabilidad del FATmax o de zona de trabajo óptimo para la mayoría de sujetos.

#### Modos de evaluación de la composición corporal:

#### METODOS DE ESTIMACION DE COMPOSICION CORPORAL

- Disección cadavérica... (irreplacable en sujetos vivos)
- Hidrodensitometría (pesaje bajo el agua)

---

<sup>22</sup> *Schwindling y col, 2013; Int J Sports Med 10-sep*

- Bioimpedancia eléctrica
- Densitometría por rayos X
- Agua Corporal Total
- TAC
- RMN
- Interactancia infrarroja
- Métodos de 2 componentes
- Antropometría (4 y 5 componentes) .

La idea de este trabajo no es analizar las diferentes metodologías para conocer la composición corporal y su posterior error o margen de medición, sino por el contrario solamente se nombrará que hay varios métodos y cada uno de ellos tendrá diferentes márgenes de error o predicción según el objetivo que se esté buscando. Más adelante se nombrará cual será utilizado para este trabajo.

### **3.0 Justificación y factibilidad:**

Es conveniente llevar a cabo esta investigación ya que, en el marco de la especialización, en parte estos temas ya fueron abordados, y por consiguiente la idea de esta tesis es profundizar aún más en la temática más arriba planteada. Los beneficios que se derivarán de ella es entre otros poder planificar, programar y evaluar el ejercicio según el objetivo que se esté buscando y cuáles son sus posibles efectos (o adaptaciones según la bibliografía que se utilice).

Con respecto a la factibilidad de la investigación también conocida como viabilidad, toma en cuenta los recursos financieros, humanos y materiales de los que se pueden echar mano para realizar la investigación y evalúa si estos son los suficientes para llevar a buen término la investigación. Con respecto a lo anteriormente mencionado la idea inicial era plantear no solo 2 protocolos de ejercicio, sino también agregar un grupo control, y un cuarto grupo más que realice una combinación en diferentes días de ejercicio con una orientación neuromuscular , y aeróbico en los otros días. Estos últimos 2 grupos no fueron agregados ya que por la cantidad de sujetos, tiempo y recursos que se disponían se hacía imposible poder controlarlos a todos con la misma rigurosidad, por lo tanto, se optó por la utilización de 2 grupos solos. Además, otro inconveniente surgido es que toda la investigación estaba a cargo de un solo profesor que realizaba todas las actividades, planificaciones y evaluaciones, eso generó un posible inconveniente más a la hora de optar por sumar 1 o 2 grupos más.

#### **4.0 ESTRATEGIA METODOLOGICA Y RECOLECCION DE DATOS.**

##### **MATERIALES Y MÉTODOS:**

**Método:** experimental / muestra no aleatoria (no representativa) (dos grupos de tres sujetos cada uno, llamados Grupo A, y B).

**Sujetos:** población general adulta (entre 26 y 37 años). En general eran sedentarios o principiantes. Ninguno realizaba más de dos veces a la semana alguna actividad deportiva o ejercicio de manera sistemática o planificada.

Se les indicó además que no modifiquen su hábito alimenticio, y actividades diarias.

##### **Técnica e instrumentos:**

**Instrumentos:** experimento (2 meses + 15 a 20 días al principio de familiarización con el ejercicio a realizar).

La técnica de medición empleada en diferentes momentos de la investigación es la establecida por la ISAK, cuyo objetivo es, entre otros, lograr una estandarización a nivel mundial de las mediciones antropométricas, asegurándose un error técnico de medición aceptable intra- e inter-evaluadores. El protocolo de mediciones y su margen de error está establecido y actualizado en el manual de la ISAK *Internacional Standards for Anthropometric Assessment*<sup>23</sup>. Como establece la ISAK, todos los sujetos fueron previamente marcados con lápices dermográficos para situar las marcas de referencia anatómica y los puntos de medición. Las medidas que fueron recogidas para esta tesis son las siguientes:

-**8 pliegues corporales:** bicipital, tríceps, subescapular, cresta iliaca, supra espinal, Abdominal, Muslo anterior, Pantorrilla Medial, los pliegues fueron tomados con un plicometro aprobado por la ISAK.

-**circunferencias:** cintura mínima, abdominal, y cadera máxima. Las circunferencias fueron tomadas con una cinta antropométrica.

-**peso corporal (kg).** Tomado con una balanza o báscula de precisión.

---

<sup>23</sup> International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK)  
(Origen Nueva Zelanda)



Además, se realizó luego de un mes de entrenamiento y al finalizar el segundo mes un test de RM Predictivo en sentadilla 90° (8RM Máximas, para luego determinar de manera indirecta su máxima RM). Se utilizó un test de RM máximo predictivo y no uno real de máximo RM debido a que como se mencionó antes los sujetos al comenzar eran sedentarios o principiantes.

### **PRESUNCIONES DE LOS PLIEGUES CUTANEOS: (aceptación y validación)**

- Compresibilidad constante
- Grosor de la piel constante e insignificante
- Distribución de T. Adiposo es constante entre individuos.
- La porción lipídica del T. Adiposo es constante.
- La proporción de adiposidad interna y externa es cte.

Todas estas presunciones de constancia biológica han sido refutadas con estudios cadavéricos.

#### **Pliegues Cutáneos**

- A pesar de las limitaciones anteriormente citadas; la **suma de pliegues** puede (y es) un gran indicador para evaluar, diagnosticar y monitorear cambios en el tejido adiposo de las personas.
- Es importante, respetar protocolo de medición, indicar qué pliegues fueron evaluados y con qué calibre.

#### **FUENTES DE ERROR al tomar los pliegues cutáneos:**

- **Calibración de herramientas**
- **Técnica de medición (ISAK)**
- **Registro de datos**

#### **Ventajas:**

- No invasiva
- Bajo costo
- Transportable.
- Único método indirecto validado en disección de cadáveres, (menos del 5% de error de predicción)<sup>24</sup>.
- técnicas validadas y estandarizadas (ISAK).

#### **Grupo A:**

Con respecto al grupo que realizó un trabajo de índole aeróbico (continuo), se utilizó para determinar el volumen, la frecuencia y la intensidad de entrenamiento optimo, lo dispuesto en la bibliografía como adecuado para poblaciones no deportista según (<sup>25</sup>, <sup>26</sup>, <sup>27</sup>, <sup>28</sup>, entre otros). y para controlar la

---

<sup>24</sup> AIS, 2000 y 2013

<sup>25</sup> Naclerio F, Entrenamiento Deportivo, Editorial Panamericana, Año 2010. Cap 24

intensidad del mismo se utilizó la fórmula de (Adams 2002) para obtener de manera indirecta la Frecuencia cardiaca Máxima y el porcentaje a trabajar. Además, todos los sujetos eran monitoreados con pulsómetros en cada sesión. Quedando el ejercicio programado de la siguiente manera:

-Duración: 20 a 35 min continuos sin pausa.

-Volumen: 1 serie de 20 a 35 min continuos sin pausa. (se comenzó con el mínimo establecido 20min y se aumentaba aprox 5-7 % cada semana el mismo).

-Frecuencia: 3 veces por semana, en días no consecutivos.

-Intensidad: 68 al 79% de la FC máxima indirecta. FC máxima obtenida según la fórmula de Adams:

$$210 - \frac{1}{2} \text{ EDAD} - 1 \% \text{ peso corporal (en libras)} + \text{sexo (0 mujer, 4 varón)}$$

-Tipo de ejercicio: trote continuo.

### **Grupo B:**

Con respecto al grupo que realizó un trabajo de fuerza, se organizó de la siguiente manera. El trabajo estaba dispuesto para realizarse en circuito de fuerza resistencia (se pasaba de un ejercicio a otro sin pausa entre los mismos). Al igual que el grupo anterior se utilizó la bibliografía mencionada para determinar los componentes externos de la carga, que fueron de la siguiente manera:

-volumen: 3 a 4 series de 8 a 10 ejercicios (se comenzó con el volumen mínimo 3 series de 8 ejercicios y en cada semana se iba aumentando un 2,5 a 5 % el vol semanal, ya sea una semana se aumentaba las series y otra semana se aumentaba las repeticiones, nunca las dos al mismo tiempo <sup>29, 30, 31</sup>).

-Intensidad: 20 a 25 rep máximas (fuerza resistencia).

-Frecuencia: 3 veces por semana (días no consecutivos).

-tipo y orden de ejercicio.

Se dispuso un trabajo en circuito que se variaban los ejercicios cada 20 días aprox. Y se comenzaba siempre con grandes grupos musculares, para luego

---

<sup>26</sup> Gutierrez Alfonso Gimenez (2005) *Entrenamiento persona Bases, fundamentos y aplicaciones*.

<sup>27</sup> Asker j Metabolismo de las grasas durante el ejercicio una revisión . Parte 2. Simposio internacional de actualización en ciencias aplicadas al deporte. 2007

<sup>28</sup> Wilmore Jack H. y Costill David L. Fisiología del Esfuerzo y del Deporte. Editorial Paidotribo 2002

<sup>29</sup> Fleck y Kraemer (1997)

<sup>30</sup> González Badillo, (2002)

<sup>31</sup> Fernando Nacleiro Ayllon. (2008).

finalizar con grupos musculares más pequeños y se alternaban las zonas en cada cambio de ejercicio (como se muestra en los ejemplos de abajo).

Ejemplos:

**primer mes:**

-press plano – sentadilla 90° - press militar – prensa 45° - remo bajo – abdominales – espinales – bíceps barra – tríceps en polea.

**Segundo mes:**

-press declinado- sentadilla con press frontal – dorsal adelante - estocadas – vuelos laterales – gemelos de pie – plancha frontal/ lateral – espinales alternados – bíceps con barra – extensiones de tríceps francés.

5.0 PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA:

**GRUPO A (aeróbico continuo):**

Las primeras 2 semanas fueron de familiarización y adaptación al ejercicio (se realizó un trabajo fraccionado adaptativo orientado, para que logren correr el mínimo establecido al cabo de 3 semanas). Luego se evaluó con antropometría al iniciar el ejercicio. Se volvió a evaluar al concluir el primer mes de entrenamiento y además se evaluó en RM predictivo en sentadilla 90°.

Al finalizar el segundo mes de entrenamiento se volvió a evaluar con antropometría y se realizó la segunda evaluación de RM predictivo.

**GRUPO B (Fuerza resistencia):**

Al igual que el grupo anterior las primeras 2 semanas fueron de familiarización y adaptación al ejercicio, se trabajó explicando los ejercicios y el modo de realizarlo de tal modo que al comenzar con la tercera semana comiencen el protocolo sin ningún problema. Luego se evaluó con antropometría al iniciar el ejercicio. Se volvió a evaluar al concluir el primer mes de entrenamiento y además se evaluó en RM predictivo en sentadilla 90°.

Al finalizar el segundo mes de entrenamiento se volvió a evaluar con antropometría y se realizó la segunda evaluación de RM predictivo.

Los resultados arrojados son los siguientes:

-cada cuadro representa diferentes medidas tomadas, pero el promedio de la sumatoria grupal, por ejemplo:

Grupo A (medida sujeto 1 + med sujeto 2 + med sujeto 3) /3.

Grupo B (medida sujeto 1 + med sujeto 2 + med sujeto 3) /3.

Luego se sacó el porcentaje de evolución de una evaluación a otra en cada grupo, para las diferentes medidas evaluadas.

Para ver cómo fueron evolucionando cada sujeto en particular y todas las mediciones de los pliegues dirigirse al anexo del trabajo.

<b>sumatoria pliegues (cm)</b>	<b>1° EVALUACIÓN</b>	<b>2°EVALUACIÓN</b>	<b>3° EVALUACIÓN</b>
promedio grupo A (aeróbico continuo)	145,23	124	123
promedio grupo B (Fuerza resistencia)	112	99,6	97,25

Con respecto al porcentaje de mejoras en los grupos se puede observar en el grupo A, una disminución entre la primera y la segunda evaluación de un 17% en la sumatoria de pliegues, y entre la segunda y la tercera una disminución de un 0,8%. En general en el Grupo A tuvo un descenso neto de un 17,8% desde que comenzaron hasta la finalización del trabajo a los 2 meses.

El grupo B de fuerza resistencia hubo una disminución del 12,45% entre la primera y segunda evaluación, y entre la segunda y la tercera se redujeron los pliegues un 2,2%. Quedando un descenso neto de un 14,97% desde que comenzaron hasta la finalización del trabajo a los 2 meses.

<b>promedio (GRUPO A) aeróbico continuo</b>	<b>1° EVALUACIÓN</b>	<b>2°EVALUACIÓN</b>	<b>3° EVALUACIÓN</b>
cintura (mínima)	80,06	81,5	80,06
abdominal	82,2	84,43	83,3
cadera (máximo)	98,67	101,23	100,4
<b>porcentaje (GRUPO A) aeróbico continuo</b>	<b>1° EV a 2° EV</b>	<b>2°EV A 3° EV</b>	<b>1° EV A 3° EV</b>
cintura (mínima)	(+1,7%)	(-1,7%)	0%
abdominal	(+2,6%)	(-1,3%)	(+1,3%)
cadera (máximo)	(+2,5%)	(-0,8%)	(+1,7%)

<b>promedio GRUPO B (Fuerza resistencia)</b>	<b>1° EVALUACIÓN</b>	<b>2° EVALUACIÓN</b>	<b>3° EVALUACIÓN</b>
CINTURA (mínima)	91,83	93,8	92,16
ABDOMINAL	99,83	99,03	97,6
CADERA (MAXIMO)	109,33	108,4	107,3

<b>porcentaje (GRUPO B) Fuerza resistencia</b>	<b>1° EV a 2° EV</b>	<b>2°EV A 3° EV</b>	<b>1° EV A 3° EV</b>
CINTURA (mínima)	(+2,1%)	(-1,7%)	(+0,4%)

ABDOMINAL	(-0,8%)	(-1,4%)	(-2,2%)
CADERA (MAXIMO)	(-0,8%)	(-1,4%)	(-2,2%)

PESO CORPORAL (KG) promedio	1° EVALUACIÓN	2° EVALUACIÓN	3° EVALUACIÓN
GRUPO A (aeróbico continuo)	72,56	72,9	71,3
GRUPO B (Fuerza resistencia)	95	92,3	92,5

Como se verá en la conclusión no siempre, el descenso del porcentaje grasa de un sujeto o de un grupo de sujetos, se corresponde con el descenso de su peso y de sus circunferencias. A veces sucede que hay aumento de peso o de algunas de sus circunferencias de una evaluación a otra o se mantiene el peso, pero si hay descenso de pliegues corporales.

Grupo A, de la primera a la segunda evaluación hubo un aumento de peso del 0,4% y de la segunda a la tercera una reducción del 2,2%, en general desde que se comenzó el ejercicio hasta finalizado los 2 meses hubo una pérdida neta del 1,8% del peso corporal.

Grupo B, de la primera a la segunda evaluación se descendió un 2,9% de peso corporal y de la segunda a la tercera un aumento del 0,1%, en general desde que se comenzó el ejercicio hasta los 2 meses se generó una pérdida aprox del 2,8% del peso corporal.

#### Mejoras 1RM PREDICTIVO:

Con Respecto a las mejoras en el RM predictivo en sentadilla, para ver los resultados obtenidos en particular para cada sujeto dirigirse al anexo final del trabajo, en el mismo se encuentra los resultados de los test de 8 RM y las formulas aplicadas según los diferentes autores para obtener el dato para 1RM,

De manera grupal se obtuvo que el grupo A (aeróbico continuo), de la primera a la segunda evaluación en 1 RM Predictivo tuvo una mejora del 8,5% del peso desplazado. El grupo B (fuerza resistencia), de la primera a la segunda evaluación de 1RM Predictivo tuvo una mejora del 6,8% del peso desplazado.

## **6.0 CONCLUSIÓN:**

A modo de conclusión se puede decir que ambos protocolos utilizados de ejercicio mostraron ser eficaces y generaron cambios en la composición corporal de los sujetos. Si bien como se nombró antes las muestras fueron pequeñas como para generar un resultado representativo. Cabe destacar que en su mayoría los sujetos al cabo de 2 meses el promedio de la sumatoria de pliegues (que representan la masa adiposa) en general se observó en ambos grupos una disminución de los mismos. No así siempre fue acompañado por el descenso del peso corporal y de las circunferencias. Esto puede entenderse entre otras explicaciones, ya que por el tiempo expuesto que estuvieron al ejercicio, si bien no fue medido de manera directa, tal vez hubo un aumento de la masa muscular.

Con respecto al porcentaje bajado ambos grupos evidenciaron descensos parecidos. El Grupo que realizó un trabajo de fuerza-resistencia evidenció mejoras aproximadas de un 14,9% de descenso de pliegues corporales al cabo de 2 meses, y el grupo que realizó un trabajo continuo mejoró un 17,8% de descenso de sumatoria de pliegues.

Otro punto importante es que se utilizó la sumatoria de pliegues, circunferencias y peso para ver los cambios en la composición corporal, no se utilizó fórmulas como IMC (índice de masa corporal), ni tampoco porcentaje de grasa, debido a que al ser formulas indirectas, aumentarían más el porcentaje o margen de error de los resultados obtenidos. Tal vez para otro tipo de investigación donde se trabaje con muestras mayores o se busque objetivos referidos a la salud o el rendimiento, el IMC o el uso de porcentaje de grasa pueden llegar a ser de gran utilidad, pero como se dijo al utilizar muestras pequeñas se trató de evitar lo más posible el margen de error en los resultados.

Con respecto al test de 1RM Indirecto en sentadilla ambos protocolos de ejercicio mostraron un aumento del peso movilizado al cabo de 2 meses. Los 2 grupos tuvieron mejoras similares 8,5% para el grupo A y 6,5% para el grupo B, esto se explica entre otras cosas debido a que los 2 planes de ejercicio, tanto en su planificación, como en la elección de ejercicios, no estaba pensado ni orientado para aumentar la fuerza, ya que tanto en el grupo A como el B nunca se trabajó con porcentajes cercanos al RM real en ninguna sesión, solamente se llegó a 8 RM en las 2 evaluaciones.

Tal vez en futuras investigaciones será necesario ampliar el número de sujetos como el tiempo de trabajo de investigación de 2 meses, para poder observar tanto a nivel de la composición corporal como en la fuerza si se siguen produciendo los mismos efectos obtenidos hasta ahora o no.

Otro tema significativo, para poder hablar del metabolismo de las grasas, es necesario contextualizarlo con los demás sistemas energéticos, además debe interpretarse otros factores como la situación nutricional del sujeto, su nivel de entrenamiento (principiante-avanzado, etc.), el tipo de ejercicio realizado (volumen-intensidad y duración entre otras variables del mismo). Ya que eso influenciará la participación del metabolismo de las grasas para que sea mayor o menor. Por ejemplo, en sujetos entrenados en resistencia, se ha descrito la máxima tasa de oxidación de lípidos se encontró en torno al 75% del Vo2 Max, mientras que en poblaciones sedentarias la máxima tasa, rondaba al 50% del Vo2 Max <sup>32</sup>.

Esto hace pensar que no existe una posible receta mágica, sino que como profesor se debe tratar de contextualizar cada sujeto para poder determinar por ejemplo, un posible plan de entrenamiento.

---

<sup>32</sup> Naclerio F, Entrenamiento Deportivo. Pag17

## **7.0 BIBLIOGRAFIA**

Arner P. Regulation of lipolysis in fat cells. *Diabetes Reviews*, Vol 4, , N°4, 1996

Asker j Metabolismo de las grasas durante el ejercicio una revisión . Parte1, 2 y 3. Simposio internacional de actualización en ciencias aplicadas al deporte. 2007

González Badillo, Juan Ribas Serna. (2002). *Bases de la Programación del entrenamiento de fuerza Editorial Inde.*

Gutierrez Alfonso Gimenez (2005) *Entrenamiento persona Bases, fundamentos y aplicacionesl.*

Hernandez Sampiero y Collado (2010). *Metodología de la Investigación.* México: Mc Graw-Hill.

Hirsch J. y col The Fat Cell. *Med Clin of North América* (1989). Vol 73 N°1, January .p79-93.

INFOD(2010). Documento Metodológico Orientador para la Investigación Educativa. Coordinación de investigación educativa. Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación.

Kern PA. High adipose tissue lipoprotein lipasa activity plays a causal role in the etiology of obesity. Cedars-Sinai Medical Center. Los Ángeles. USA.

López Chicharro J. y Fernández Vaquero A(2006). *Fisiología del Ejercicio 3ª Edición.* Editorial panamericana año.

Manual de la ISAK *Internacional Standards for Anthropometric Assessment (2011)*

Metral Gustavo. Apuntes de cátedra Curso de Ciencias del Ejercicio Nivel 1 y 2. Web sobreentrenamiento.com.

MARRADI, A.; ARCHENTI, N. y PIOVANI, J. I. (2007), Metodología de las Ciencias Sociales. Buenos Aires: Emecé (Cap. 5).

McArdle W, Katch F, Katch V. Fundamentos de Fisiología del Ejercicio (2005). Editorial McGraw Hill Interamericana.

Moreno y Martínez, el tejido adiposo: órgano de almacenamiento y órgano excretor.

Nacleiro Ayllon. (2008). *Variables a Considerar para Programar y Controlar las Sesiones de Entrenamiento de Fuerza*. PubliCE (<http://www.Sobrentrenamiento.com/PubliCE/Home.asp>). 03/12/08

Naclerio F(2010) Entrenamiento Deportivo, Editorial Panamericana,.

Sánchez-Muñoz,a, Rebeca García-Macedo,a Francisco Alarcón-Aguilar,b y Miguel Cruza (2005) Adipocinas, tejido adiposo y su relación con células del sistema inmune

Tortora y Grabowsky(2009), Principios de Anatomía y Fisiología.

Wilmore Jack H. y Costill David L(2006). Fisiología del Esfuerzo y del Deporte. Editorial Paidotribo.

Bibliografía internet :

<http://health.gov/paguidelines/report/>

<http://www.acsm.org/public-information/position-stands>

<http://www.thelancet.com/series/physical-activity>

<http://www.cafyd.com/>

<http://scielo.isciii.es/>

<http://sportmed.com>



## 9.0 ANEXO:

### Grupo A:

#### Sujeto 1:

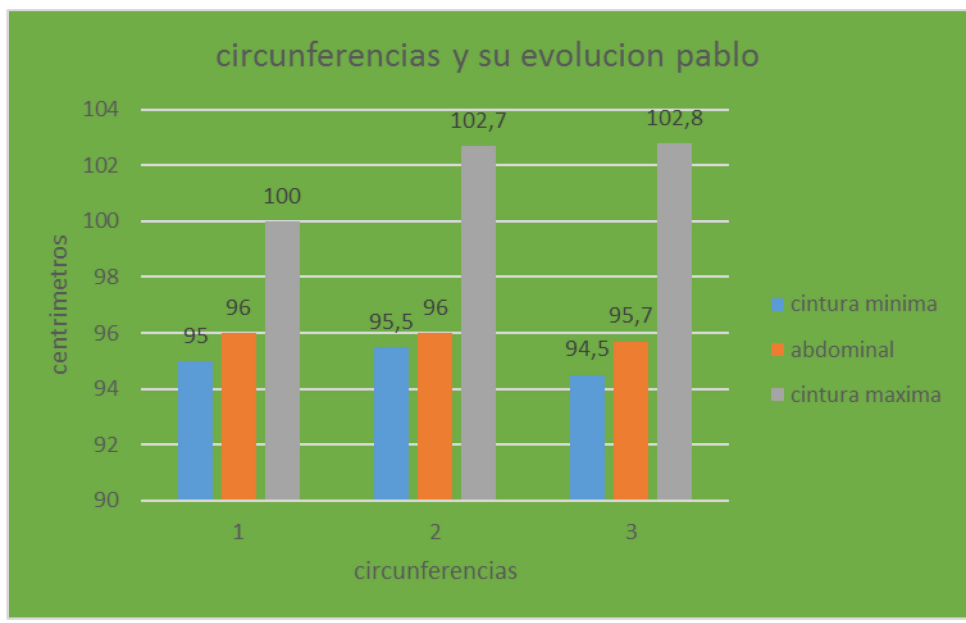
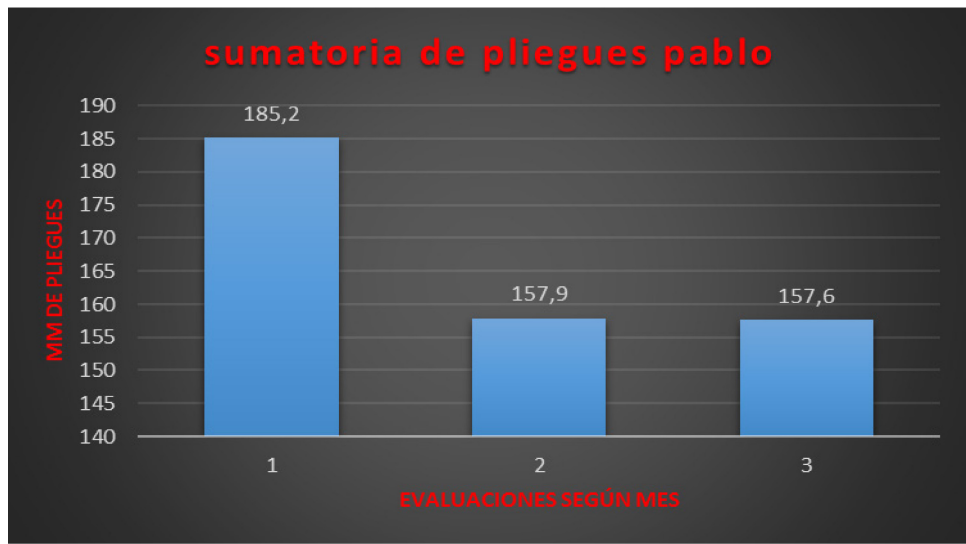
<b>pablo</b>	estatura: 174,5 cm	fecha de nacimiento: 3/12/1988	
<b>PLIEGUES (mm) Promedios</b>	<b>1° EVALUACIÓN</b>	<b>2°EVALUACIÓN</b>	<b>3° EVALUACIÓN</b>
TRICEPS	16	14	15,7
SUBESCAPULAR	32	27	26
BICEPS	7,5	7,2	6,7
CRESTA ILIACA	35	30,7	35
SUPRAESPINAL	18,7	14,3	12,5
ABDOMINAL	34	34	32,5
MUSLO ANTERIOR	24,5	21	19,2
PANTORRILLA MEDIAL	17,5	9,7	10
<b>SUMATORIA DE PLIEGUES (cm):</b>	<b>185,2</b>	<b>157,9</b>	<b>157,6</b>
<b>CIRCUNFERENCIAS (cm) promedios</b>	////////////////////	////////////////////	////////////////////
CINTURA (MINIMO)	95	95,5	94,5
ABDOMINAL	96	96	95,7
CADERA (MAXIMO)	100	102,7	102,8
<b>PESO CORPORAL (kg):</b>	<b>88</b>	<b>89</b>	<b>87,6</b>

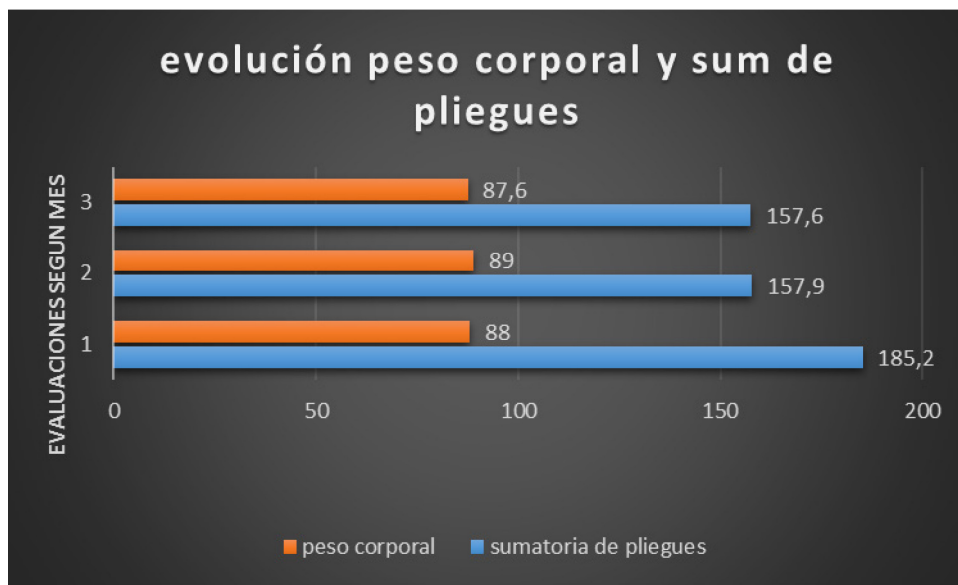
<b>SENTADILLA (8RM) PRED</b>	<b>1° EVALUACIÓN (1er mes)</b>	<b>2° EVALUACIÓN (2do mes)</b>
<b>PESO EXTERNO (barra y discos)</b>	75	106
<b>PESO CORPORAL (kg)</b>	89	87,6
<b>95% PESO SUJETO (kg)</b>	84,5	83,2

**Formulas RM predictivo ( 1er mes).**

**Formulas RM predictivo ( 2do mes).**

Brzycki Valido (Repeticiones<10)	<b>203,62</b> Kg	Mayhew y Col Valido (Repeticiones,6-20)	<b>207,10</b> Kg	Brzycki Valido (Repeticiones<10)	<b>234,66</b> Kg	Mayhew y Col Valido (Repeticiones,6-20)	<b>238,68</b> Kg
Lander Valido (Repeticiones<15)	<b>205,15</b> Kg	Wathen Valido (Repeticiones<10)	<b>209,38</b> Kg	Lander Valido (Repeticiones<15)	<b>236,42</b> Kg	Wathen Valido (Repeticiones<10)	<b>241,29</b> Kg
Epply Valido (Repeticiones<15)	<b>207,29</b> Kg	Lombardi Valido (Repeticiones<10)	<b>209,90</b> Kg	Epply Valido (Repeticiones<15)	<b>238,89</b> Kg	Lombardi Valido (Repeticiones<10)	<b>240,68</b> Kg
O' Connor y Col Valido (Repeticiones<10)	<b>196,8</b> Kg			O' Connor y Col Valido (Repeticiones<10)	<b>226,8</b> Kg		





### Sujeto2:

<b>jonathan</b>	estatura: 169,5	fecha de nacimiento: 10/2/1989	
<b>PLIEGUES (mm) Promedios</b>	<b>1° EVALUACIÓN</b>	<b>2°EVALUACIÓN</b>	<b>3° EVALUACIÓN</b>
TRICEPS	20,5	13	12,2
SUBESCAPULAR	13,5	9,7	9,2
BICEPS	9	7	6,5
CRESTA ILIACA	17	16,5	16
SUPRAESPINAL	9,2	5	6
ABDOMINAL	19	16,5	16,7
MUSLO ANTERIOR	21,5	20	19,5
PANTORRILLA MEDIAL	19	14	14
<b>SUMATORIA DE PLIEGUES (cm):</b>	<b>128,7</b>	<b>101,7</b>	<b>100,1</b>
<b>CIRCUNFERENCIAS (cm) promedios</b>	////////////////////	////////////////////	////////////////////
CINTURA (MINIMO)	78,5	78,8	76,5
ABDOMINAL	81,7	83,3	81,4
CADERA (MAXIMO)	105	103,3	103
<b>PESO CORPORAL (kg):</b>	<b>73,5</b>	<b>73,5</b>	<b>69,6</b>

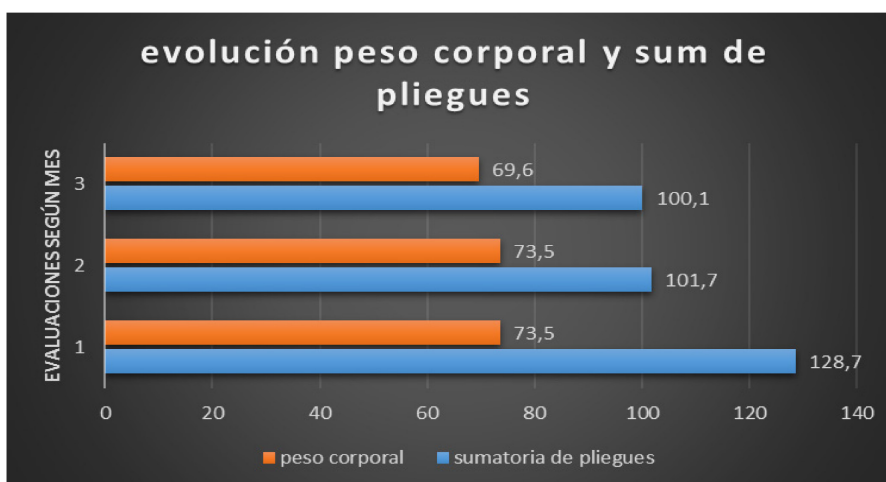
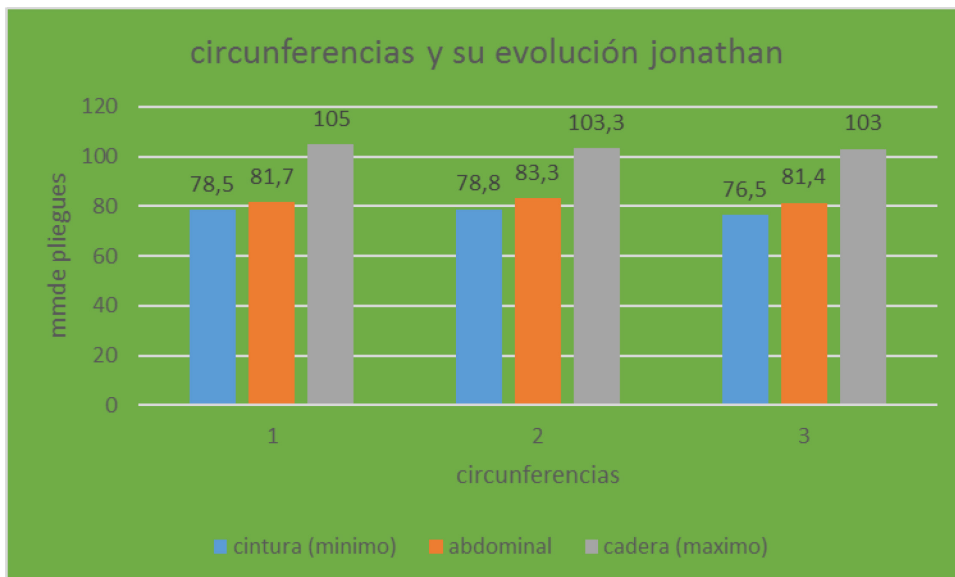
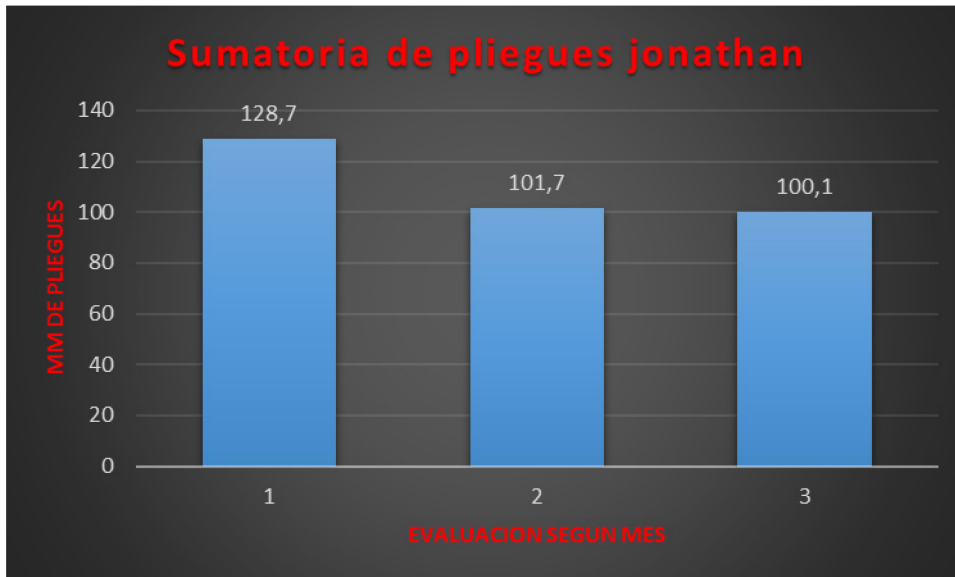
SENTADILLA (8RM) PRED	1° EVALUACIÓN	2° EVALUACIÓN
<b>PESO EXTERNO (barra y discos)</b>	85	95
<b>PESO CORPORAL</b>	73,5	69,6
<b>95% PESO CORPORAL SUJETO</b>	69,8	66,1

### Formulas RM predictivo ( 1er mes).

Brzycki Valido (Repeticiones<10)	<b>191,20</b> Kg	Mayhew y Col Valido (Repeticiones,6-20)	<b>194,48</b> Kg
Lander Valido (Repeticiones<15)	<b>192,64</b> Kg	Wathen Valido (Repeticiones<10)	<b>196,61</b> Kg
Epply Valido (Repeticiones<15)	<b>194,65</b> Kg	Lombardi Valido (Repeticiones<10)	<b>197,59</b> Kg
O'Connor y Col Valido (Repeticiones<10)	<b>184,8</b> Kg		

### Formulas RM predictivo ( 2do mes).

Brzycki Valido (Repeticiones<10)	<b>199,90</b> Kg	Mayhew y Col Valido (Repeticiones,6-20)	<b>203,32</b> Kg
Lander Valido (Repeticiones<15)	<b>201,40</b> Kg	Wathen Valido (Repeticiones<10)	<b>205,55</b> Kg
Epply Valido (Repeticiones<15)	<b>203,50</b> Kg	Lombardi Valido (Repeticiones<10)	<b>206,21</b> Kg
O'Connor y Col Valido (Repeticiones<10)	<b>193,2</b> Kg		



### Sujeto 3:

<b>noelia</b>	estatura: 1,55 cm	fecha de nacimiento: 22/8/1983	
<b>PLIEGUES (mm) Promedios</b>	<b>1° EVALUACIÓN</b>	<b>2°EVALUACIÓN</b>	<b>3° EVALUACIÓN</b>
TRICEPS	16	14	15
SUBESCAPULAR	11,7	9,2	9,8
BICEPS	6,2	7,5	6
CRESTA ILIACA	16,2	16	16,7
SUPRAESPINAL	11	9,7	9,7
ABDOMINAL	16,7	14,7	16,2
MUSLO ANTERIOR	25	23,7	21,5
PANTORRILLA MEDIAL	19	17,7	16,7
<b>SUMATORIA DE PLIEGUES (cm):</b>	<b>121,8</b>	<b>112,5</b>	<b>111,6</b>
<b>CIRCUNFERENCIAS (cm) promedios</b>	////////////////////	////////////////////	////////////////////
CINTURA (MINIMO)	66,7	70,2	69,2
ABDOMINAL	69	74	72,8
CADERA (MAXIMO)	91	97,7	95,4
<b>PESO CORPORAL (kg):</b>	<b>56,2</b>	<b>56,2</b>	<b>56,8</b>

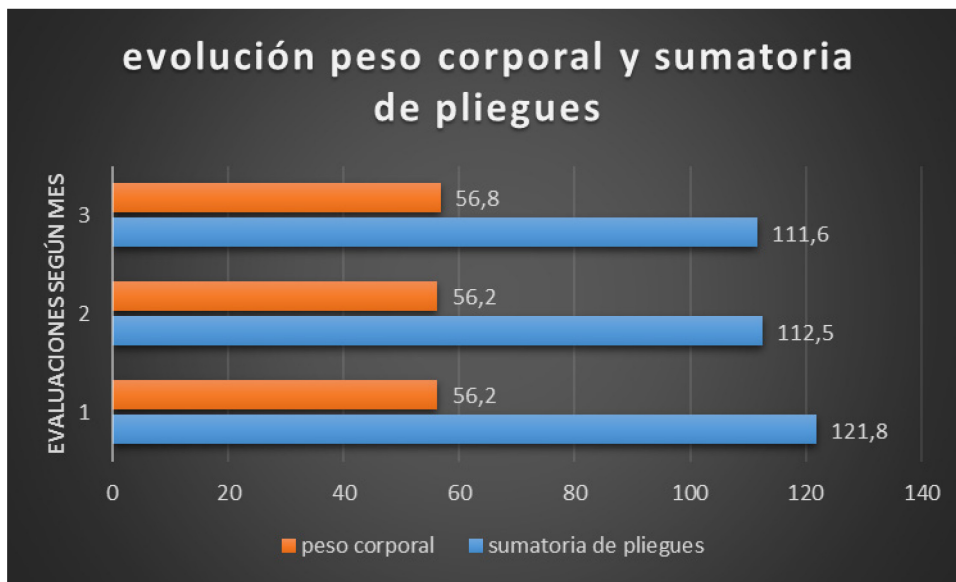
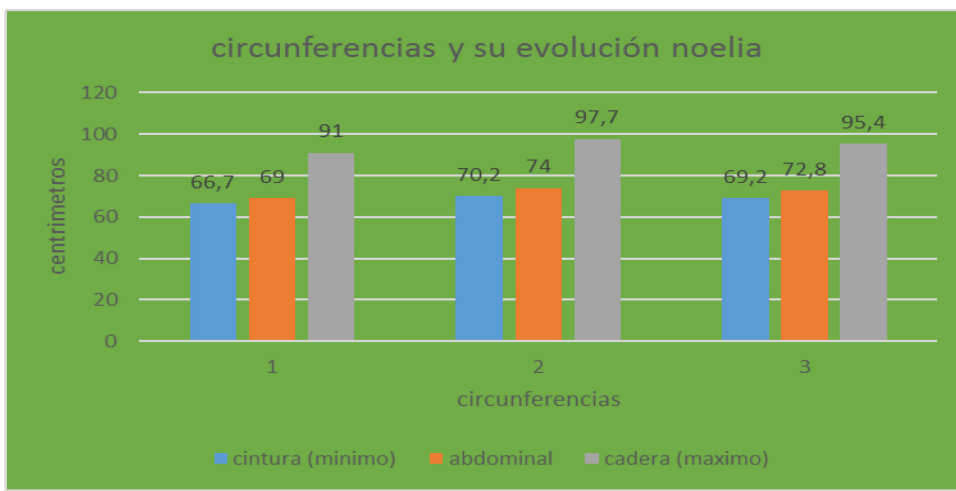
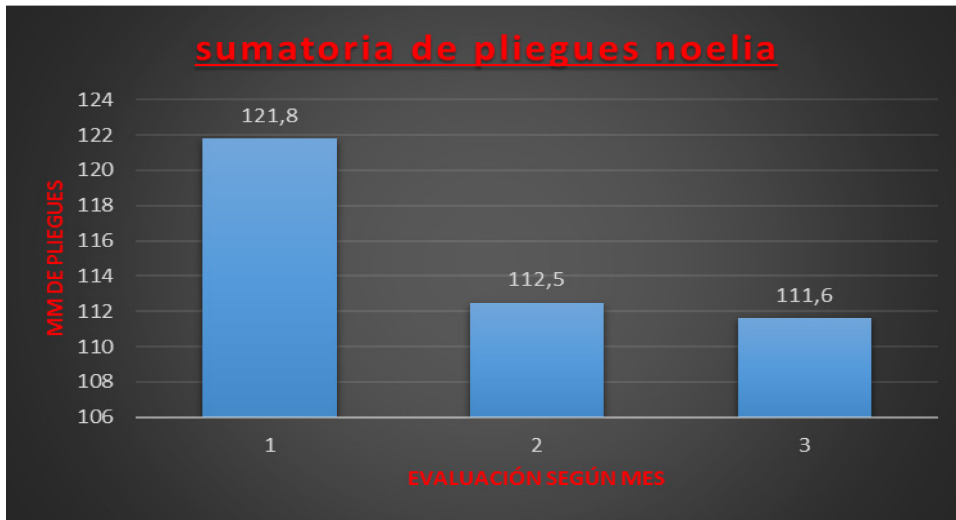
SENTADILLA (8RM) PRED	1° EVALUACIÓN (1er mes)	2° EVALUACIÓN (2do mes)
<b>PESO EXTERNO (barra y discos) (kg)</b>	45	52
<b>PESO CORPORAL (kg)</b>	56,2	56,8
<b>95% PESO SUJETO (kg)</b>	53,39	53,9

#### Formulas RM predictivo ( 1er mes).

Brzycki Valido (Repeticiones<10)	<b>121,67</b> Kg	Mayhew y Col Valido (Repeticiones,6-20)	<b>123,76</b> Kg
Lander Valido (Repeticiones<15)	<b>122,59</b> Kg	Wathen Valido (Repeticiones<10)	<b>125,11</b> Kg
Epply Valido (Repeticiones<15)	<b>123,87</b> Kg	Lombardi Valido (Repeticiones<10)	<b>128,65</b> Kg
O`Connor y Col Valido (Repeticiones<10)	<b>117,6</b> Kg		

#### Formulas RM predictivo ( 2do mes).

Brzycki Valido (Repeticiones<10)	<b>130,37</b> Kg	Mayhew y Col Valido (Repeticiones,6-20)	<b>132,60</b> Kg
Lander Valido (Repeticiones<15)	<b>131,34</b> Kg	Wathen Valido (Repeticiones<10)	<b>134,05</b> Kg
Epply Valido (Repeticiones<15)	<b>132,72</b> Kg	Lombardi Valido (Repeticiones<10)	<b>137,27</b> Kg
O`Connor y Col Valido (Repeticiones<10)	<b>126</b> Kg		



## GRUPO B:

Los resultados arrojados son los siguientes:

### Sujeto 4:

<b>oscar</b>	estatura (cm): 181,5	fecha de nacimiento: 5/7/1980	
<b>PLIEGUES (mm) Promedios</b>	<b>1° EVALUACIÓN</b>	<b>2°EVALUACIÓN</b>	<b>3° EVALUACIÓN</b>
TRICEPS	14	12	13,5
SUBESCAPULAR	16	14	14,5
BICEPS	7,5	6,5	6
CRESTA ILIACA	27,5	20	22,7
SUPRAESPINAL	11,7	9,5	8,75
ABDOMINAL	32	31	26,5
MUSLO ANTERIOR	18	13,5	14,5
PANTORRILLA MEDIAL	9,5	7,5	9
<b>SUMATORIA DE PLIEGUES:</b>	<b>136,2</b>	<b>114</b>	<b>115,45</b>
<b>CIRCUNFERENCIAS (cm) promedios</b>	////////////////////	////////////////////	////////////////////
CINTURA (MINIMO)	84,5	87,8	87,2
ABDOMINAL	90,5	92,3	91,7
CADERA (MAXIMO)	100	99,7	101,4
<b>PESO CORPORAL:</b>	<b>84,5</b>	<b>83,5</b>	<b>82,8</b>

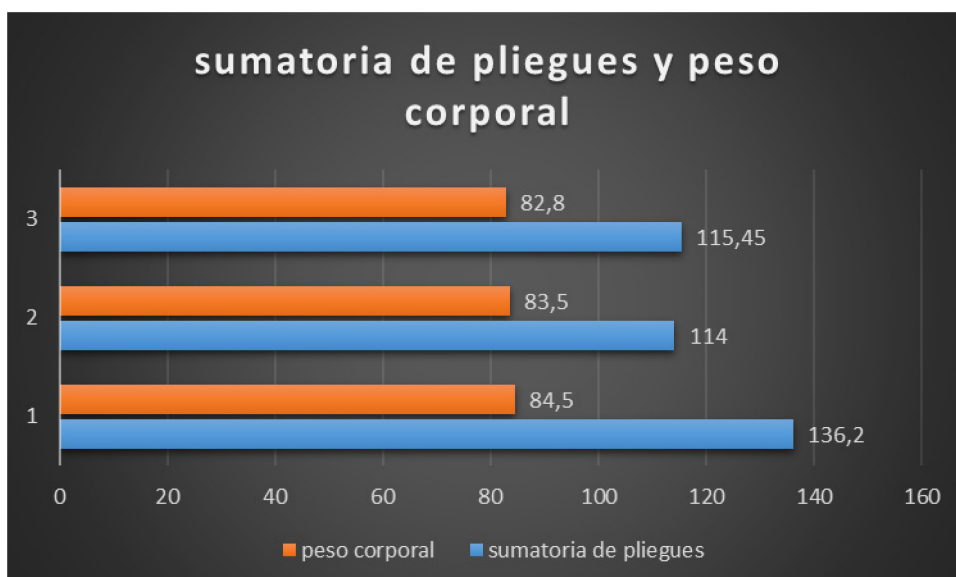
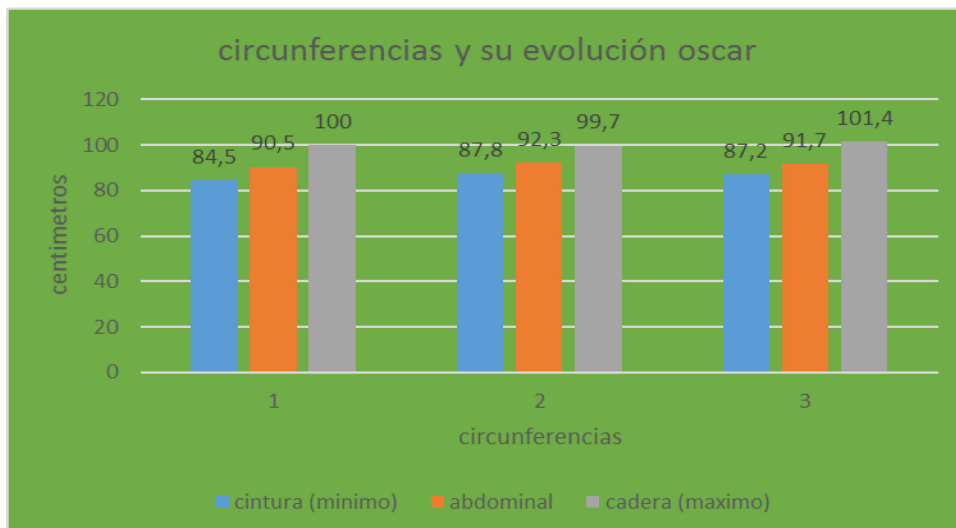
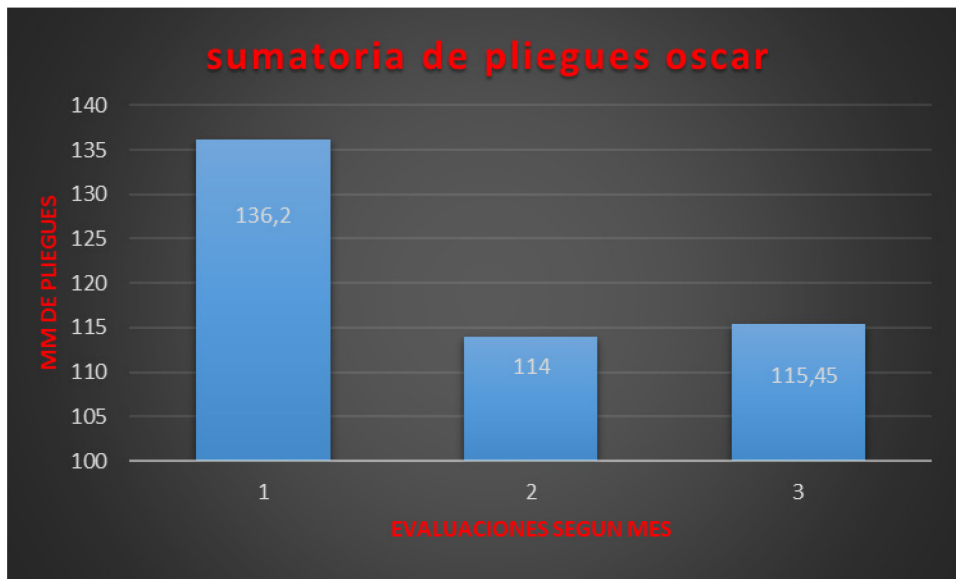
SENTADILLA (8RM) PRED	1° EVALUACIÓN ( 1 er mes)	2° EVALUACIÓN ( 2 do mes)
<b>PESO EXTERNO KG (barra y discos)</b>	99	105
<b>PESO CORPORAL (kg)</b>	83,5	82,8
<b>95% PESO SUJETO (kg)</b>	79,3	78,6

### Formulas RM predictivo ( 1er mes).

Brzycki Valido (Repeticiones<10)	<b>221,00</b> Kg	Mayhew y Col Valido (Repeticiones,6-20)	<b>224,78</b> Kg
Lander Valido (Repeticiones<15)	<b>222,66</b> Kg	Wathen Valido (Repeticiones<10)	<b>227,25</b> Kg
Epply Valido (Repeticiones<15)	<b>224,99</b> Kg	Lombardi Valido (Repeticiones<10)	<b>227,14</b> Kg
O' Connor y Col Valido (Repeticiones<10)	<b>213,6</b> Kg		

### Formulas RM predictivo ( 2do mes).

Brzycki Valido (Repeticiones<10)	<b>227,21</b> Kg	Mayhew y Col Valido (Repeticiones,6-20)	<b>231,10</b> Kg
Lander Valido (Repeticiones<15)	<b>228,92</b> Kg	Wathen Valido (Repeticiones<10)	<b>233,63</b> Kg
Epply Valido (Repeticiones<15)	<b>231,31</b> Kg	Lombardi Valido (Repeticiones<10)	<b>233,29</b> Kg
O' Connor y Col Valido (Repeticiones<10)	<b>219,6</b> Kg		





**Sujeto 5:** algunos pliegues del sujeto que están en blanco, no fueron considerados debido al sobrepeso del sujeto, y por el tamaño del mismo hacia perder precisión de la toma. Solo fueron considerados aquellos que si están.

<b>FERNANDO</b>	estatura: 170,5 cm	fecha de nacimiento: 22/9/1988	
<b>PLIEGUES (mm) Promedios</b>	<b>1° EVALUACIÓN</b>	<b>2° EVALUACIÓN</b>	<b>3° EVALUACIÓN</b>
TRICEPS	22	21,7	19
SUBSCAPULAR	34,7	34	27
BICEPS	19	16,5	14,5
CRESTA ILIACA			
SUPRAESPINAL			
ABDOMINAL			
MUSLO ANTERIOR			
PANTORRILLA MEDIAL	21	19,5	19,5
<b>SUMATORIA DE PLIEGUES:</b>	<b>96,7</b>	<b>91,7</b>	<b>80</b>
<b>CIRCUNFERENCIAS (cm) promedios</b>	////////////////////	////////////////////	////////////////////
CINTURA (MINIMO)	111	113	109
ABDOMINAL	125	121,8	117
CADERA (MAXIMO)	123	121,7	117,5
<b>PESO CORPORAL (kg):</b>	<b>120</b>	<b>113,5</b>	<b>113,3</b>

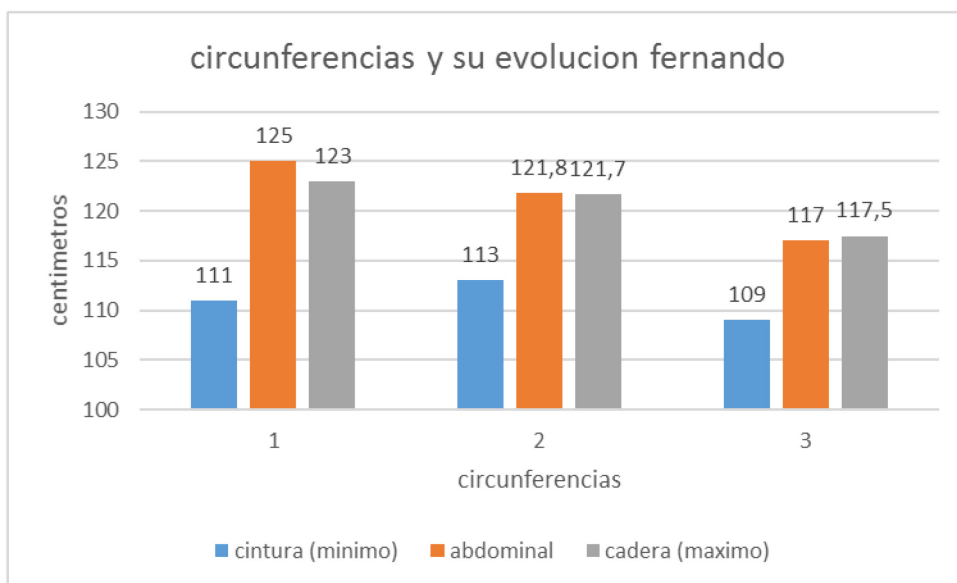
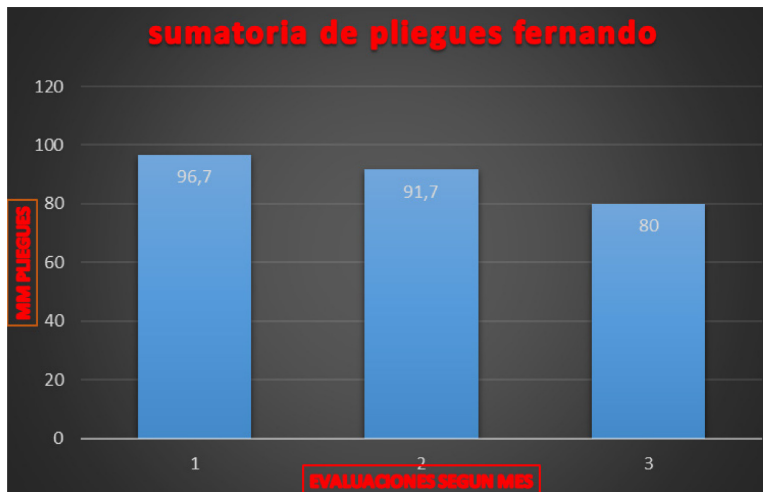
<b>SENTADILLA (8RM) PRED</b>	<b>1° EVALUACIÓN (1er mes)</b>	<b>2° EVALUACIÓN (2do mes)</b>
<b>PESO EXTERNO kg(barra y discos)</b>	91	121
<b>PESO CORPORAL (kg)</b>	120	113,3
<b>95% PESO CORPORAL SUJETO</b>	114	107,6

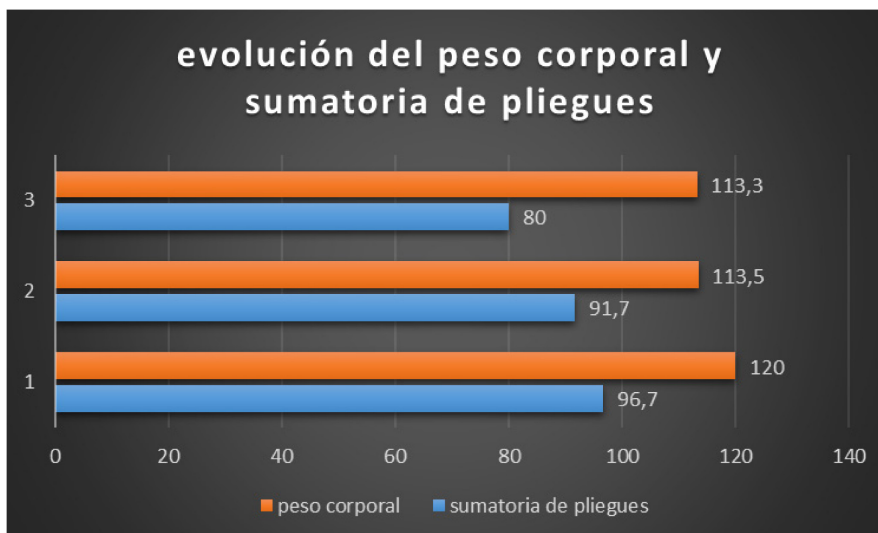
**Formulas RM predictivo ( 1er mes).**

**Formulas RM predictivo ( 2do mes).**

Brzycki Valido (Repeticiones<10)	<b>254,53</b> Kg	Mayhew y Col Valido (Repeticiones,6-20)	<b>258,88</b> Kg
Lander Valido (Repeticiones<15)	<b>256,44</b> Kg	Wathen Valido (Repeticiones<10)	<b>261,72</b> Kg
Epply Valido (Repeticiones<15)	<b>259,12</b> Kg	Lombardi Valido (Repeticiones<10)	<b>260,38</b> Kg
O`Connor y Col Valido (Repeticiones<10)	<b>246</b> Kg		

Brzycki Valido (Repeticiones<10)	<b>283,08</b> Kg	Mayhew y Col Valido (Repeticiones,6-20)	<b>287,93</b> Kg
Lander Valido (Repeticiones<15)	<b>285,21</b> Kg	Wathen Valido (Repeticiones<10)	<b>291,09</b> Kg
Epply Valido (Repeticiones<15)	<b>288,19</b> Kg	Lombardi Valido (Repeticiones<10)	<b>288,70</b> Kg
O`Connor y Col Valido (Repeticiones<10)	<b>273,6</b> Kg		





### Sujeto 6:

<b>gaston</b>	estatura (cm): 175	fecha de nacimiento: 3/9/1981	
<b>PLIEGUES (mm) Promedios</b>	<b>1° EVALUACIÓN</b>	<b>2°EVALUACIÓN</b>	<b>3° EVALUACIÓN</b>
TRICEPS	10,7	12	11,2
SUBESCAPULAR	11	10,5	10,5
BICEPS	3,5	4	3,5
CRESTA ILIACA	20,5	18,5	18,2
SUPRAESPINAL	9,2	6,7	6,2
ABDOMINAL	16,5	17,5	19
MUSLO ANTERIOR	20	15,2	17
PANTORRILLA MEDIAL	11,7	9,2	10,7
<b>SUMATORIA DE PLIEGUES (cm):</b>	<b>103,1</b>	<b>93,6</b>	<b>96,3</b>
<b>CIRCUNFERENCIAS (cm) promedios</b>	////////////////////	////////////////////	////////////////////
CINTURA (MINIMO)	80	81,2	80,3
ABDOMINAL	84	83	84,5
CADERA (MAXIMO)	105	103,8	103
<b>PESO CORPORAL (kg)L:</b>	80,5	80,5	81,4

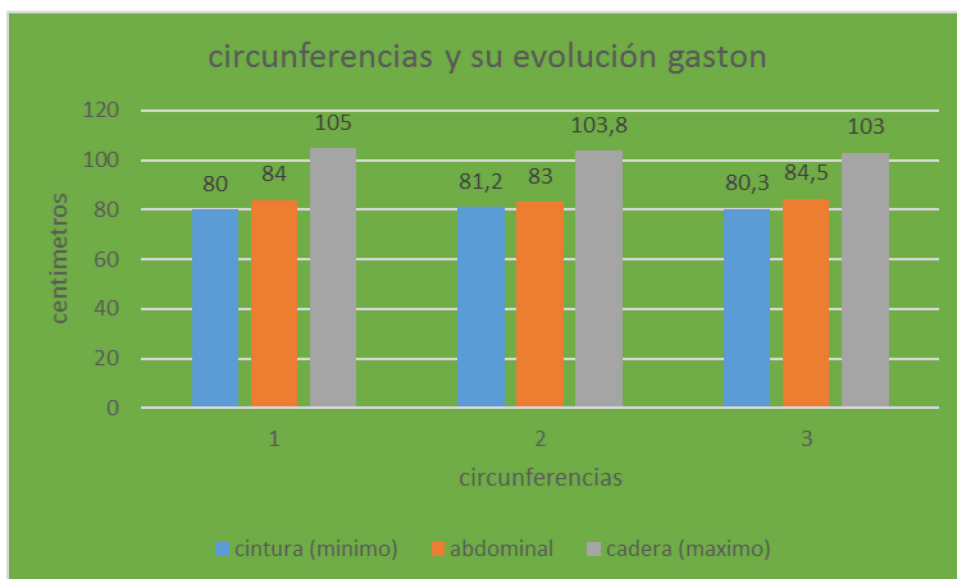
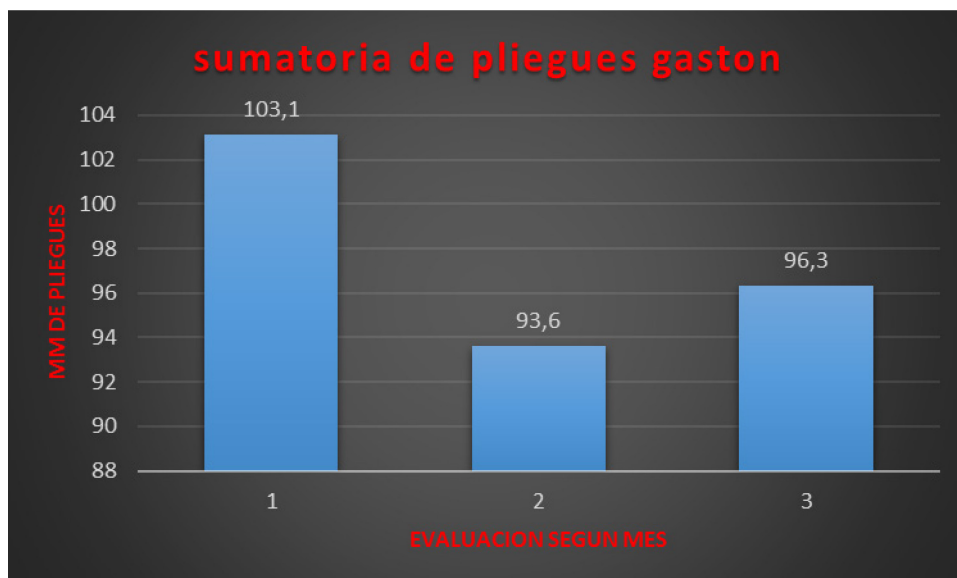
SENTADILLA (8RM) PRED	1° EVALUACIÓN (1 er mes)	2° EVALUACIÓN (2do mes)
<b>PESO EXTERNO (kg) (barra y discos)</b>	113	125
<b>PESO CORPORAL (kg)</b>	80,5	81,4
<b>95% PESO SUJETO (kg)</b>	76,4	77,3

Formulas RM predictivo ( 1er mes).

Formulas RM predictivo ( 2do mes).

Brzycki Valido (Repeticiones<10)	<b>234,66</b> Kg	Mayhew y Col Valido (Repeticiones,6-20)	<b>238,68</b> Kg
Lander Valido (Repeticiones<15)	<b>236,42</b> Kg	Wathen Valido (Repeticiones<10)	<b>241,29</b> Kg
Epply Valido (Repeticiones<15)	<b>238,89</b> Kg	Lombardi Valido (Repeticiones<10)	<b>240,68</b> Kg
O'Connor y Col Valido (Repeticiones<10)	<b>226,8</b> Kg		

Brzycki Valido (Repeticiones<10)	<b>250,80</b> Kg	Mayhew y Col Valido (Repeticiones,6-20)	<b>255,09</b> Kg
Lander Valido (Repeticiones<15)	<b>252,68</b> Kg	Wathen Valido (Repeticiones<10)	<b>257,89</b> Kg
Epply Valido (Repeticiones<15)	<b>255,32</b> Kg	Lombardi Valido (Repeticiones<10)	<b>256,69</b> Kg
O'Connor y Col Valido (Repeticiones<10)	<b>242,4</b> Kg		



## evolución peso corporal y sumatoria de pliegues

