



FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD

EFFECTO DE UN PROGRAMA DE EJERCICIOS FÍSICOS DE EJECUCIÓN DUAL Y  
MODALIDAD COMBINADA EN DETERMINANTES DE SALUD ÓSEA  
EN MUJERES EN EDAD FÉRTIL

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos  
para optar por el título de Licenciadas en Fisioterapia

Profesor Guía

MSc. Arián Aladro Gonzalvo

Autoras

Marieta Estefanía Almeida Espinoza  
Daniela Michelle Suquilanda Gallegos

Año

2016

## **DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con las estudiantes, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

---

M.Sc. Arián Ramón Aladro Gonzalvo  
Ciencias del Movimiento Humano  
C.I.: 1755823034

### DECLARACIÓN DE LA AUTORIA DEL ESTUDIANTE

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se ha citado de fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen de los autores vigentes”

---

Marieta Estefanía Almeida  
Espinoza

C.I: 1718942467

---

Daniela Michelle Suquilanda  
Gallegos

C.I: 1720749769

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a todas las personas que estuvieron involucradas en este proceso; a quienes desinteresadamente contribuyeron con su tiempo, conocimiento y esfuerzo.

De igual manera a nuestro profesor guía Arián A., que gracias a su dedicación, conocimiento y tiempo ha contribuido de manera especial en este proyecto.

### **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres quienes me impulsaron a seguir esta maravillosa profesión, a mis hermanos, a mi esposo Julio Meza quien con su amor ha sido el motor en esta última etapa, a mi compañera y amiga Daniela Suquilanda por acompañarme en este proceso y a mis maestros que me enseñaron el verdadero significado de FISIOTERAPIA.

**Marieta.**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis representa la culminación de una de las etapas más bonitas y gratificantes en mi vida, de manera especial te lo dedico a ti madre mía por tu sabiduría, ejemplo y amor infinito porque por ti me he convertido en la persona que ahora soy.

A mi amiga y compañera Marieta, no solo por su entrega y dedicación sino también por todos los buenos momentos que pasamos en el proceso, a todos los pacientes a quienes tuve el placer de atender durante mis prácticas académicas, a las chicas del club de aeróbicos de la UDLA y a cada uno de mis profesores que aportaron en mi preparación con su experiencia y amor por la carrera.

**Daniela.**

## RESUMEN

**OBJETIVO** Conocer el efecto de un programa de ejercicio físico de ejecución dual y de modalidad combinada en determinantes de salud ósea en estudiantes mujeres en edad fértil.

**MATERIALES Y MÉTODOS** Dos grupos de 9 mujeres cada uno con una edad comprendida entre 18 a 30 años repartidos sin aleatorización (Grupo experimental el que se sometió a la intervención y grupo control el que carece de intervención) para participar en el estudio. Las variables valoradas en los dos grupos al inicio y al final del tratamiento fueron: 1) variables de composición ósea cantidad mineral ósea (CMO), densidad mineral ósea (DMO), densidad mineral ósea L1-L4 (DMO L1-L4), densidad mineral ósea en cuello femoral (DMO cuello femoral), densidad mineral ósea en columna total (DMO columna total), densidad mineral ósea en piernas (DMO piernas) , cantidad mineral ósea en piernas (CMO piernas) 2) variables de composición corporal porcentaje de masa magra(% de masa magra), el porcentaje de masa grasa (% de masa grasa), porcentaje de masa grasa en piernas (% de masa grasa en piernas), masa total en piernas, masa magra en piernas, masa grasa en piernas, índice de masa corporal (IMC).

**RESULTADOS** Al final del tratamiento no se encontró una diferencia significativa en las variables estudiadas excepto para IMC ( $F_{(1;1.6)} = 5,388$ ;  $p = 0,034$ ).

## CONCLUSIONES

En base a todo lo expuesto anteriormente se puede concluir que un programa de ejercicios físicos durante 16 semanas de ejecución dual (2 sesiones supervisadas y 2 sesiones en casa) y modalidad combinada (ejercicio de tipo aeróbico y saltos de impacto) no tiene un efecto significativo en las determinantes de salud ósea en mujeres de edad fértil. Estos resultados fueron

consecuencia de varios factores, entre los cuales está la corta duración del programa de ejercicios propuesto, además que las sesiones no supervisadas fueron completadas en un 58%.

Por otro lado, la reducida muestra del estudio fue otro de los factores que influyó en los resultados del estudio.

**PALABRAS CLAVE:**

Densidad mineral ósea, mujeres jóvenes, ejercicios de alto impacto, saltos, IDEXA, edad fértil.



## ABSTRACT

**OBJECTIVE** To learn the effect of an exercise program with dual execution and combined modality in bone health determinants on young reproductive female students.

**MATERIALS AND METHODS** Two groups with 9 women each, aged between 18 to 30 years were distributed without randomization (the experimental group who underwent intervention and control group lacking intervention) to participate in the study. Both groups were evaluated at the beginning and at the end of treatment with the following variables 1) Bone composition variables including bone mineral count (BMC), bone mineral density (BMD), spine bone mineral density L1-L4 (BMD L1-L4), bone mineral density at the femoral neck (BMD femoral neck), total spine bone mineral density (Total spine BMD), bone mineral density in lower limbs (BMD LL), bone mineral count in lower limbs (BMC LL). 2) Body composition variables percentage of lean mass (% lean mass), percentage of body fat (% body fat), percentage of body fat in lower limbs (% body fat in lower limbs), total mass in lower limbs, lean mass in lower limbs, body fat in lower limbs, body mass index (BMI).

**RESULTS** After treatment there was no significant difference in bone composition variables nor body composition variables except in BMI ( $F_{(1;1.6)} = 5,388$ ;  $p = 0,034$ ).

**CONCLUSIONS** Based on all the above it can be concluded that after performing an exercise program for 16 weeks of dual execution (2 supervised sessions and 2 sessions at home) and combined modality (aerobic exercise and high jumps) there was no significant effect in the determinants of bone health in young reproductive female students. These results were due to several factors, including the short duration of the exercise program and the fact that only 58% of unsupervised sessions were completed.

On the other hand, the reduced sample of the study was another factor that could have influenced the results.

**KEYWORDS:**

Bone mineral density, young reproductive female, high-impact jumps, IDEXA.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO.....	3
1.1 Tejido óseo.....	3
1.1.1 Definición .....	3
1.1.2 Estructura y función del tejido óseo.....	3
1.1.2.1 Estructura macroscópica del tejido óseo.....	3
1.1.2.3 Hueso cortical o compacto .....	4
1.1.2.4 Hueso esponjoso o trabecular .....	4
1.1.3 Estructura microscópica del tejido óseo .....	5
1.1.3.1 Osteoblastos.....	6
1.1.3.2 Osteocitos.....	7
1.1.3.3 Osteoclastos .....	8
1.1.3.4 Matriz orgánica o sustancia osteoide.....	8
1.1.3.4.1 Colágeno .....	9
1.1.3.4.2 Proteoglicanos.....	10
1.1.3.4.4 Proteínas del plasma.....	10
1.1.3.4.5 Factores de crecimiento .....	10
1.1.3.4.6 Matriz inorgánica .....	10
1.2 Funciones del tejido óseo .....	10
1.2.1 Función fisiológica .....	11
1.2.2 Función mecánica .....	11
1.3 Biomecánica del tejido óseo.....	11
1.3.1 Curva carga-deformación .....	12
1.3.1.1 La elasticidad .....	13
1.3.1.2 La viscosidad.....	13
1.3.1.3 La plasticidad .....	13
1.3.2 Propiedades biomecánicas del tejido óseo .....	14
1.3.2.1 Propiedades anisotrópicas.....	14
1.4 Salud ósea.....	15

1.4.1	Componentes de la salud ósea .....	16
1.4.1.1	Factores intrínsecos.....	16
1.4.1.1.1	Factores genéticos.....	16
1.4.1.1.1	Factores biológicos .....	17
1.4.1.2	Factores extrínsecos.....	17
1.4.1.2.1	Nutrición.....	17
1.4.2	Remodelación y formación del hueso.....	18
1.4.3	Problemas asociados con la mala salud ósea.....	21
1.4.3.1	Osteopenia .....	22
1.4.3.2	Osteoporosis .....	22
1.4.3.2.1	Definición y Epidemiología .....	22
1.4.3.2.2	Fisiopatología.....	23
1.4.3.2.3	Síntomas y signos.....	26
1.4.4	Prevención de una mala salud ósea .....	26
1.5	Actividad física y ejercicio .....	26
1.5.1	Importancia.....	26
1.5.2	Tipos de ejercicios efectivos para mejorar la DMO .....	26
1.5.2.1	Características de los ejercicios .....	28
1.5.2.2	Efecto Osteogénico .....	29
<b>CAPITULO II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>		<b>31</b>
2.1	Justificación .....	31
2.2	Pregunta de investigación .....	34
2.3	Hipótesis del estudio.....	34
2.4	Objetivos del estudio.....	34
2.4.1	Objetivo general.....	34
2.4.2	Objetivo específico .....	34
<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA .....</b>		<b>36</b>
3.1	Enfoque de la investigación.....	36
3.1.1	Sujetos .....	36
3.1.2	Reclutamiento de los participantes .....	38
3.1.3	Materiales y métodos.....	39
3.1.3.1.	Definición operacionalización de las variables .....	39

3.1.3.2	Cuestionario de frecuencia de consumo de Ca .....	41
3.1.3.3	Cuestionario de factores de riesgo de enfermedad coronaria ..	42
3.1.3.4	Absorciómetro dual de rayos X (DEXA).....	42
3.1.3	Procedimiento experimental.....	42
3.1.3.1.	Protocolo .....	44
3.1.3.2	Parámetros y progresión de carga del entrenamiento supervisado .....	44
3.1.3.3.	Parámetros y progresión de carga del entrenamiento no supervisado .....	45
3.2	Análisis de datos .....	48
<b>CAPITULO IV RESULTADOS .....</b>		<b>49</b>
4.1	Resultados .....	49
4.1.2	Co- variables determinantes de composición corporal.....	50
4.1.3.	Variables determinantes de composición ósea .....	51
4.1.4	Variables determinantes de composición corporal.....	53
<b>CAPITULO V .....</b>		<b>56</b>
<b>Discusión, limitaciones del estudio, conclusión.....</b>		<b>56</b>
5.1	Discusión .....	56
5.2	Puntos fuertes y débiles del estudio .....	59
5.3	Conclusión .....	60
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>62</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>74</b>

## INTRODUCCIÓN

La salud ósea está definida como el estado óptimo de mineralización del hueso, se considera como uno de los aspectos más importantes dentro de la atención primaria, y su deterioro se le ha asociado generalmente con algunas enfermedades como la osteoporosis (Acosta, Acosta, L., Díaz, C, Navarro, D., & Cabrera, M., 2015; Muzzo, 2010).

De la Fuente y Lomas (2008) mencionan que la osteoporosis es una enfermedad silenciosa que ataca a toda la estructura ósea, los síntomas vienen acompañados de complicaciones como las fracturas en la cabeza del fémur, radio, cubito, entre otras. La osteoporosis tiene una incidencia y un impacto socio-económico elevado. Por ejemplo, Clark (2013) indica que alrededor de 200 millones de personas en el mundo poseen esta. En países europeos, Japón y EEUU el número de pacientes afectados es de 75 millones (Kanis, 2007).

Por otro lado, Navarro, Torres, Masenés, Sacanella y López-Soto (2010) señalan que la osteoporosis es una enfermedad progresiva del esqueleto humano y su característica principal es la reducción de la resistencia ósea como resultado de la disminución y modificación de la densidad mineral ósea (DMO) y la estructura. No obstante, se ha demostrado que las tensiones mecánicas aplicadas sobre el esqueleto humano influyen en la remodelación del hueso (Martínez, Martínez, García & Martínez-Almagro, 2005) mejorando su resistencia y estructura.

El ejercicio físico produce tensiones mecánicas que tienen una acción directa en la DMO, lo cual se explica por la mayor influencia de carga sobre el hueso que ejercen los grupos musculares (debido a sus inserciones), aumentando la fuerza, mejorando la troficidad y estructura ósea (Kohrt, Bloomfield, Little, Nelson & Yingling, 2004). Todo esto también tiene una acción indirecta en la disminución de la frecuencia de caídas y riesgo de fracturas (Isidro, Pinsach, Costa & Heredia, 2007). Así, un programa de entrenamiento físico apropiado con asesoramiento fisioterapéutico, que implique una correcta ejecución y

distribución de las cargas, será garantía para el aumento de la DMO. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es conocer el efecto de un programa de ejercicios físico de ejecución dual y de modalidad combinada en determinantes de salud ósea en mujeres de edad fértil.

## CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

### 1.1 Tejido óseo

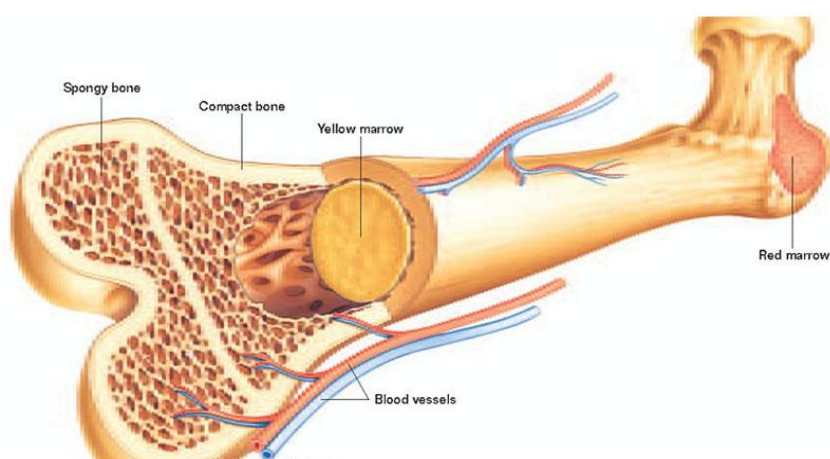
#### 1.1.1 Definición

El tejido óseo está definido como un tipo de tejido conjuntivo especializado muy vascularizado e innervado, su estructura está constituida principalmente por laminillas de matriz osteoide calcificada, también se encuentra compuesto por diferentes tipos de células como los osteoblastos, osteoclastos y osteocitos. Además también está constituido por componentes extra celulares calcificados que juntos forman la matriz ósea (Angulo & Dobao , 2010).

#### 1.1.2 Estructura y función del tejido óseo

##### 1.1.2.1 Estructura macroscópica del tejido óseo

Existen dos tipos de tejidos que se pueden diferenciar macroscópicamente gracias a la organización de sus laminillas, los dos tipos de tejidos están constituidos por osteonas. Según el grado de densidad y de porosidad del tejido, el tejido compacto o cortical posee entre el 80% y 90% de calcio y tejido esponjoso o trabecular entre el 15% y 25% de calcio (López, 2014).



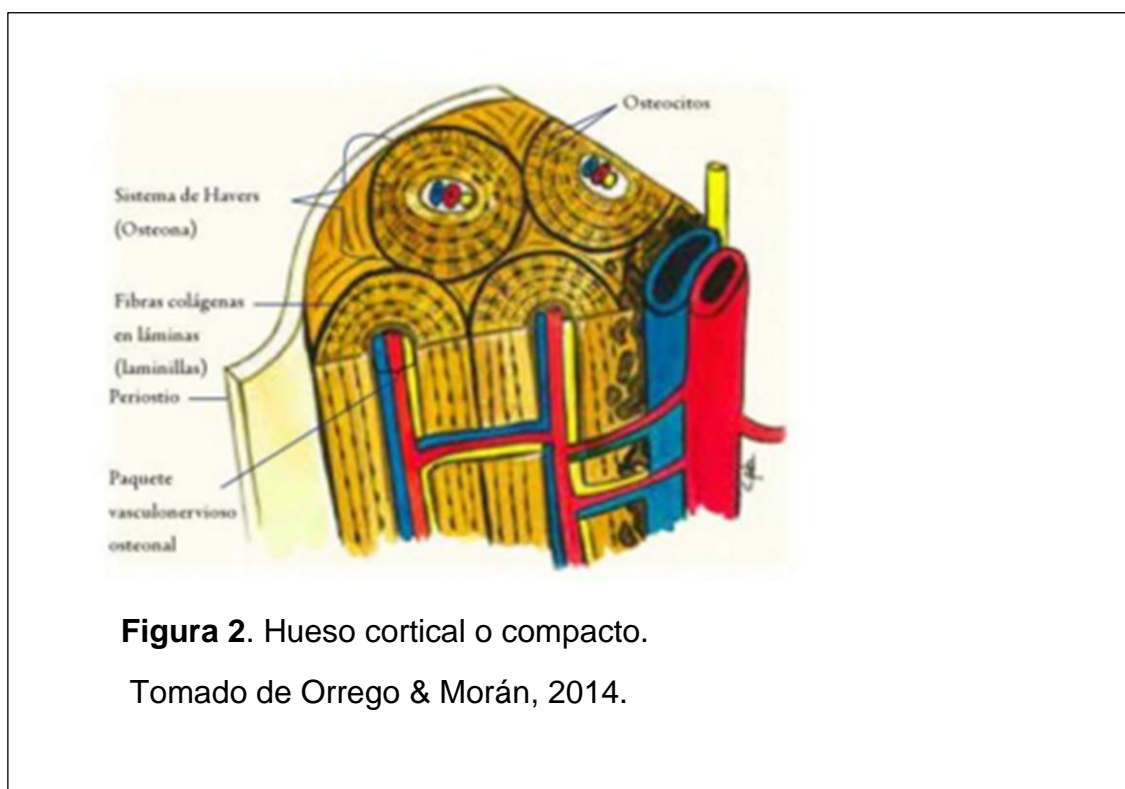
**Figura1.** Estructura macroscópica del hueso.

Tomado de Araya, 2014



### 1.1.2.3 Hueso cortical o compacto

Este tipo de tejido se lo puede encontrar en los conductos de Havers, está recubierto por laminillas con disposición concéntrica en el que se asientan los osteocitos (Wheater, Burkit & Daniels, 1987) El hueso compacto, generalmente de estructura densa, forma la capa más externa del hueso (Nordi & Frankel, 2013). Este tipo de tejido se lo puede encontrar en los huesos largos en la diáfisis y en la zona cortical de los huesos cortos y planos. Los nervios y vasos pasan por orificios y túneles que se encuentran en el hueso para llevar nutrientes a las células óseas, en la diáfisis se encuentra el canal medular que contiene médula amarilla (López, 2014).



### 1.1.2.4 Hueso esponjoso o trabecular

Este tipo de tejido está compuesto por barras o placas delgadas denominadas trabéculas, es por eso que adquiere este nombre, es una estructura de malla flexible, los intersticios entre trabéculas se encuentran llenos de médula roja, a este tipo de tejido se lo puede encontrar en los huesos largos y cortos en su

zona epifisaria y zona medular. Entre los huecos formados gracias a sus trabéculas se puede encontrar la médula roja (López, 2014).



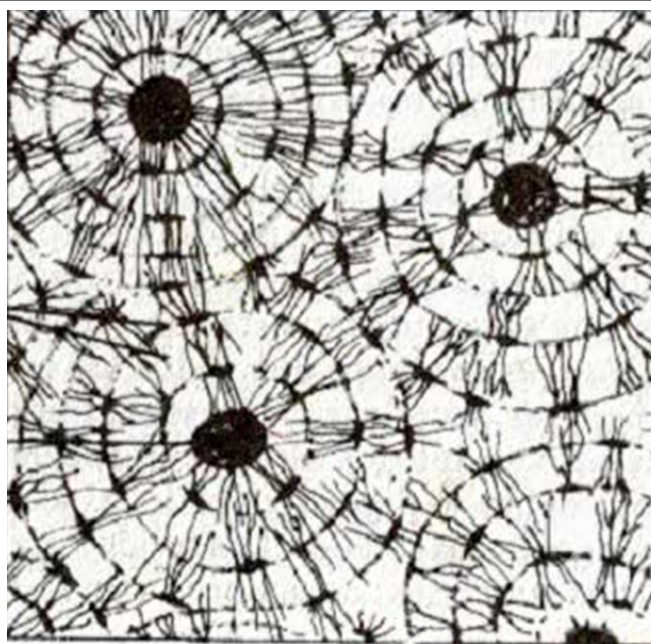
El hueso cortical es más rígido que el esponjoso debido a la disposición de las laminillas, es por esto que el hueso cortical resiste mayor tensión que el hueso esponjoso pero el hueso esponjoso puede soportar mayor esfuerzo que el hueso cortical. Cuando el hueso cortical llega a fracturarse es cuando se sobrepasa un porcentaje de esfuerzo (1.5 a 2.0%), mientras que el hueso esponjoso puede mantener hasta el 50% de esfuerzo antes del estiramiento (Nordi & Frankel, 2013).

### 1.1.3 Estructura microscópica del tejido óseo

El hueso está compuesto por células de tejido óseo, matriz orgánica y agua (10%). Entre las células que encontramos en el tejido óseo están:

- Osteoblastos

- Osteocitos
- Osteoclastos



**Figura 4.** Estructura microscópica del hueso.

Tomada de Ville, 1995

### 1.1. 3.1 Osteoblastos

Son descendientes de células primitivas mesenquimatosas, si se encuentran en una fase de actividad poseen una forma variable. Elaboran y secretan una sustancia conformada por colágeno tipo I y proteoglicanos denominado osteoide (Angulo & Dobao , 2010).

Los osteoblastos son los encargados de dirigir la primera fase de mineralización de las fibras de colágeno y su apropiado depósito, gracias a los elementos sanguíneos las fases restantes de la mineralización se realizará con éxito (López, 2014).

En las primeras fases entra el calcio y el fosfato procedentes de la sangre al citoplasma del osteoblasto para formar tricálcico cristales de hidroxapatita este será destilado y eliminado al medio extracelular (Angulo & Dobao , 2010) (Stevens & Lowe, 1998). Los osteoblastos pueden regresar a su estado inactivo al finalizar la actividad productora de osteoide, estos suelen ser

depositados sobre la superficie ósea o pueden quedar encerrados en pequeñas cavidades o lagunas óseas, transformándose en osteocitos grandes (Angulo & Dobao, 2010; López, 2014).

### 1.1.3.2 Osteocitos

El 90% del componente celular del hueso son los osteocitos, ellos son encargados de mantener la homeostasis del tejido óseo, también aseguran la resistencia del hueso ya que los osteocitos tienen la función de ser transductores mecánicos y así regular la resorción ósea (López, 2014) al ser observados microscópicamente tienen aspecto de una araña, debido a sus finas prolongaciones citoplasmáticas, estas prolongaciones sirven para conectarse con otros osteocitos por los canales calcóforos de las osteonas y recibir los nutrientes para que puedan subsistir (Angulo & Dobao, 2010). Se necesita estimulación mecánica para la supervivencia y viabilidad los osteocitos, si la estimulación mecánica no existe ocurrirá la apoptosis (Aguirre et al., 2006; Bonewald & Johnson, 2008; Galli, Passeri & Macaluso, 2010).

Gracias a su red tridimensional los osteocitos pueden realizar la función de mecano transducción (López, 2014), que es un proceso fisiológico por el cual el hueso detecta las diferentes cargas mecánicas y tiene diferentes respuestas como cambios en su metabolismo para adecuar su estructura y la resistencia de las cargas (López- Calbet, Dorado-García & Sanchís-Moyis, 2008) este proceso se lo puede marcar por 4 fases (López, 2014):

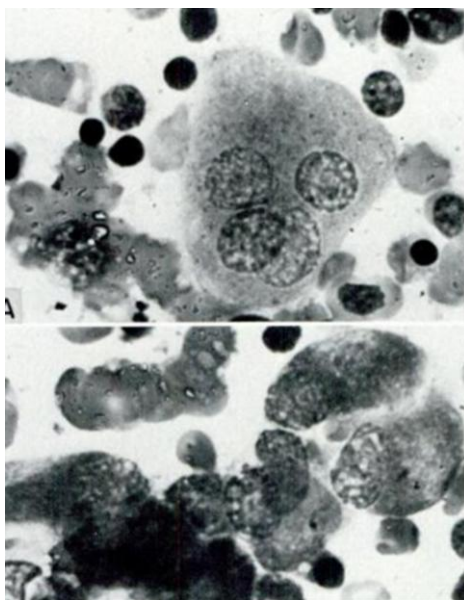
- Acoplamiento mecánico
- Acoplamiento bioquímico
- Trasmisión de señales bioquímicas
- Respuesta de ejecución

Cuando se aplica una carga se produce una deformación en el hueso, los osteocitos son los encargados de detectarla, si la fuerza es mayor al umbral se produce una diferencia del gradiente de presión del fluido en los canales calcóforos (acoplamiento mecánico) y estos producen un cizallamiento de las membranas de los osteocitos lo cual produce una activación celular (López,

2014; cuando la señal ha sido detectada entra la segunda fase, el acoplamiento bioquímico, en el cual se produce una alteración de la respuesta en la expresión genética de los osteocitos como consecuencia de estas fases se forman factores de crecimiento anabólicos que emigran a la superficie y estimulan a las células osteoprogenitoras para transformarse en osteoblastos (López- Calbet, Dorado-García & Sanchís-Moyis , 2008), Finalmente, la respuesta de ejecución provocará la remodelación ósea; en conclusión los osteocitos serán los encargados del proceso de remodelación ósea a través del mecanismo de mecano transducción (Ksiezopolska-Orlowska, 2010).

### 1.1.3.3 Osteoclastos

Los osteoclastos provienen de los monocitos circulantes de la sangre, los monocitos son células voluminosas que después de cruzar los capilares del hueso se unen y forman osteoclastos (Angulo & Dobao , 2010). Se pueden encontrar en zonas de reabsorción ósea activa que generalmente ellos han creado en el hueso, a estos lugares se los ha denominado como lagunas de Howship o bahías de reabsorción (López, 2014).

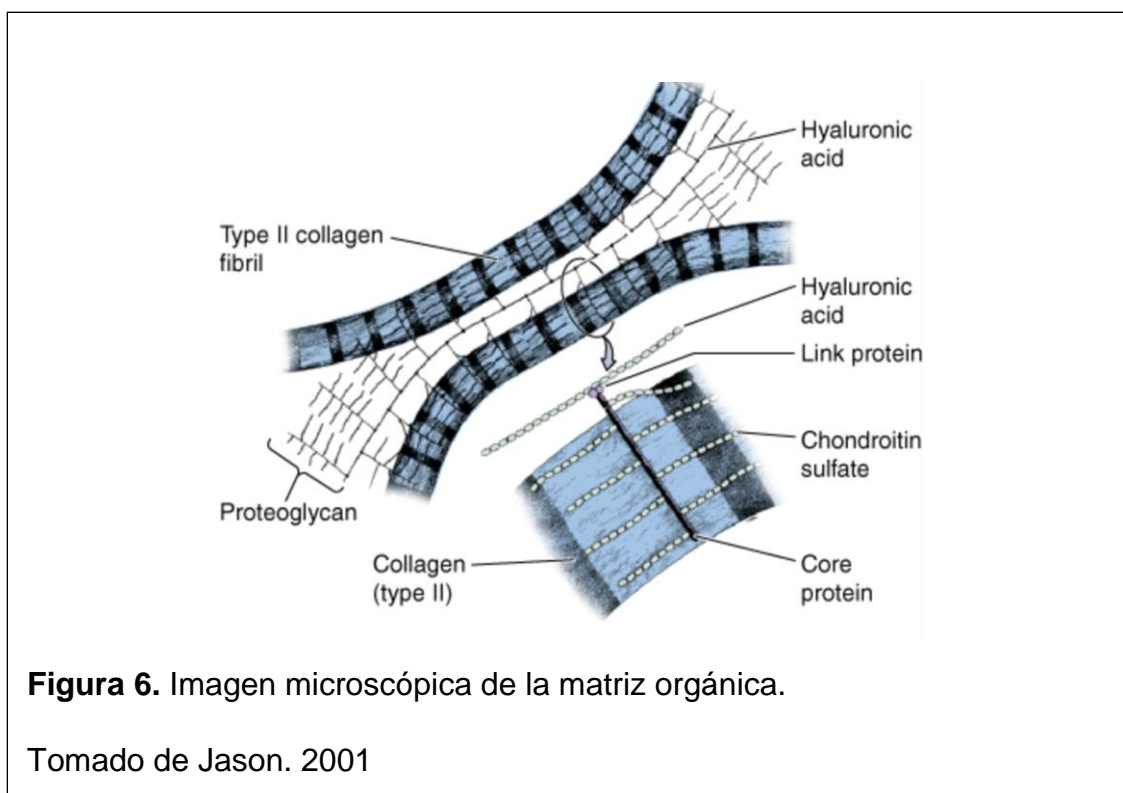


**Figura 5.** Osteoblastos, osteoclastos en el hueso.

Tomado de Miale, 1986

La matriz orgánica es la responsable de las propiedades bioquímicas, mecánicas y de la estructura del hueso (López- Calbet, Dorado-García & Sanchís-Moyis , 2008).

La matriz orgánica representa el 75% del peso óseo, formada principalmente por proteínas colágenas y no colágenas, dentro de las proteínas colágenas encontramos al colágeno y por proteínas no colágenas se pueden encontrar las siguientes: proteoglicanos, glicoproteínas, proteínas del plasma y factores del crecimiento (Bonewald & Johnson , 2008)



#### 1.1.3.4.1 Colágeno

El colágeno se encuentra constituido por cadenas de aminoácidos, su principal característica es que son flexibles pero poseen gran resistencia a la tracción. El 90% de la matriz orgánica está formada por esta proteína principalmente por el colágeno tipo I y tipo V (López, 2014).

#### **1.1.3.4.2 Proteoglicanos**

Forman el 10% de las proteínas no colágenas, se encuentran en la sustancia osteoide tienen como función intervenir en las etapas iniciales de la morfogénesis ósea y formación ósea (Morris, Reed, Haycock, & Reilly, 2010).

#### **1.1.3.4.3 Glicoproteínas**

Dentro de estas glicoproteínas podemos encontrar al fosfatasa alcalina, osteocisteína y a las proteínas con el tripéptido RGD, estas glicoproteínas son importantes para la mineralización ósea y para el proceso de remodelado óseo.

#### **1.1.3.4.4 Proteínas del plasma**

Entre las más importantes encontramos a la albúmina se cree que la función de esta proteína es facilitar la unión del Ca a la matriz ósea.

#### **1.1.3.4.5 Factores de crecimiento**

Importantes en el crecimiento, formación y diferenciación de células ya que estos polipéptidos intervienen en cada una de estas fases (Seeman, 2008).

#### **1.1.3.4.6 Matriz inorgánica**

La sustancia inorgánica del hueso se encuentra constituido por sales minerales como: Calcio (Ca) en gran abundancia y en menor cantidad el estroncio y magnesio. Estos minerales proporcional al tejido las propiedades de firmeza y resistencia, el calcio se encuentra presente en el tejido en forma de sales de fosfato tricálcico o cristales de hidroxapatita cálcica, bicarbonatos entre otros, es por eso que el hueso es capaz de resistir fuerzas de compresión (Angulo & Dobao , 2010)

### **1.2 Funciones del tejido óseo**

El tejido óseo está encargado de proteger los órganos internos del cuerpo humano y facilitar su movimiento, debido a que proporciona enlaces cinemáticos rígidos y posee lugares para que los músculos se acoplen (Nordi &

Frankel, 2013). El hueso tiene propiedades únicas como son las de autorepararse, cambiar sus propiedades y su configuración gracias a las demandas mecánicas y las condiciones de carga que es sometido (Nordi & Frankel, 2013).

Al hueso se le puede adjudicar dos tipos de funciones (Angulo & Dobao , 2010):

### **1.2.1 Función fisiológica**

El tejido óseo tiene función hematopoyética ya que es el lugar donde se hospedan las células formadoras de tejido óseo, también constituye depósito de sales minerales y ayuda con el control del metabolismo de minerales como son el Calcio (Ca), Fósforo (P) y Magnesio (Mg).

### **1.2.2 Función mecánica**

Una de las funciones más importantes del tejido óseo es la protectora ya es encargada de proteger a órganos vitales como el corazón, pulmones y vísceras, también actúa como envoltorio y cumple con la función de sostén.

## **1.3 Biomecánica del tejido óseo**

El cuerpo necesita rigidez de sus palancas para poder mantener su posición y actuar contra la fuerza de la gravedad, por lo que el tejido debe ser un material netamente rígido (Seeman, 2008) el impacto que generan las cargas forman energía, la cual no debe destruirse, el hueso debe ser flexible para absorber dicha energía y poder modificar su forma después de que la carga ha sido eliminada, el hueso debe regresar a su forma original o estado normal, a esto se lo denomina elasticidad ósea (López, 2014).

Cuando la carga que es aplicada sobrepasa la capacidad del hueso se producirá una deformación plástica irreversible con una alteración de la forma, no recuperable, lo que producirá microfracturas que permitirán la fuga de energía, esto evitará que se produzca una fractura total pero comprometerán la

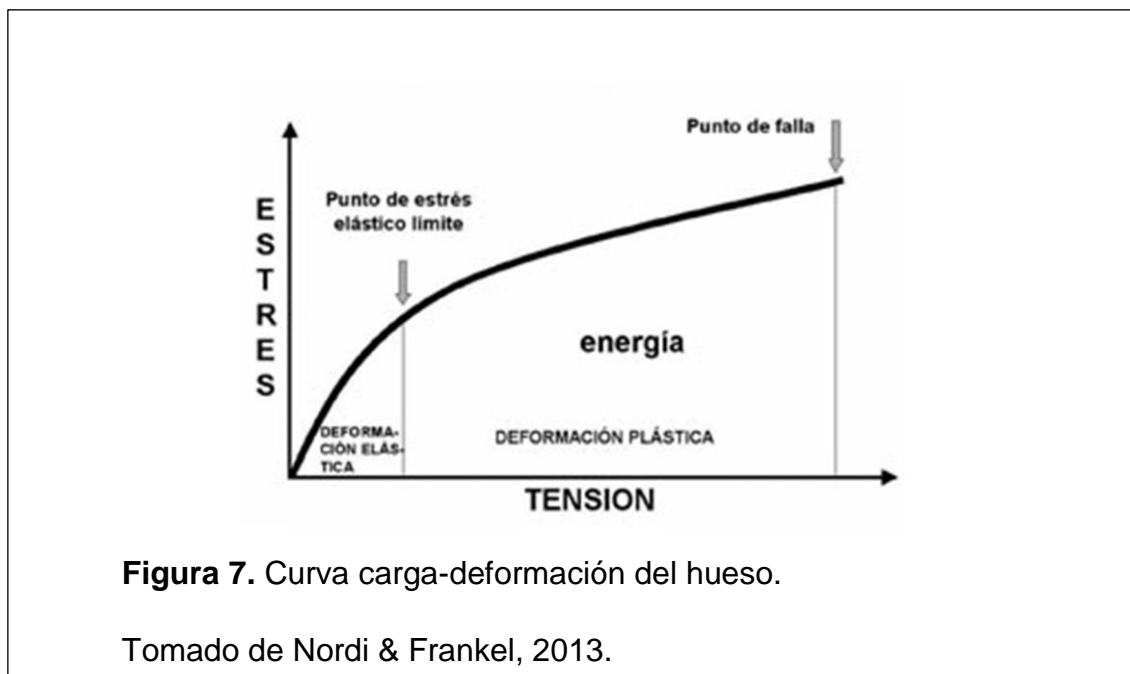


resistencia ósea, a este fenómeno se lo denomina curva de carga-deformación (Burr et al., 1998; Nardi & Frankel, 2013).

### 1.3.1 Curva carga-deformación

Nardi y Frankel (2013) mencionan que la fortaleza de una estructura se puede determinar con tres parámetros según la curva carga-deformación:

- La cantidad de que puede soportar la estructura antes de fallar.
- La deformación capaz de soportar antes de fallar.
- La energía capaz de almacenar antes de fallar.



La curva carga-deformación es útil para determinar las propiedades mecánicas del hueso como la respuesta de la estructura al esfuerzo físico y el efecto que van a tener los programas de tratamiento (Nardi & Frankel 2013), además Angulo y Dobao (2010) mencionan que el comportamiento visco elástico del hueso está determinado por tres factores:

- 1.- La elasticidad.
- 2.- La viscosidad.
- 3.- La plasticidad.

### **1.3.1.1 La elasticidad**

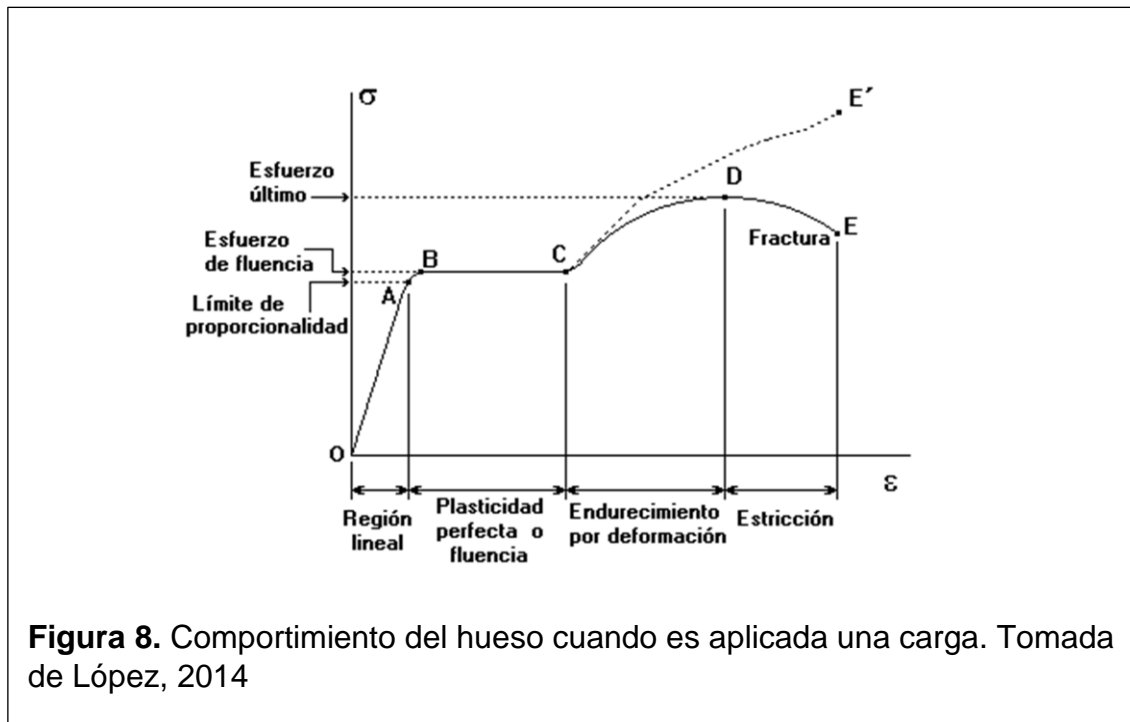
La elasticidad se produce cuando se aplica una carga sobre el tejido óseo y se produce una deformación inmediata pero se puede recuperar su forma inicial cuando la carga aplicada sea eliminada. Existe una relación directa entre la carga y la deformación, al haber mayor velocidad la deformación será mayor, pero si la carga es menor habrá menor deformación (Angulo & Dobao , 2010)

### **1.3.1.2 La viscosidad**

La viscosidad ayuda a que la deformación sea progresiva y sin mayor resistencia, cuando la fuerza es aplicada a una velocidad constante y lenta en el tejido óseo genera de forma rápida una mayor rigidez, es decir habrá menor deformación, pero habrá mayor tensión en el interior del hueso (Angulo & Dobao , 2010; López,2014).

### **1.3.1.3 La plasticidad**

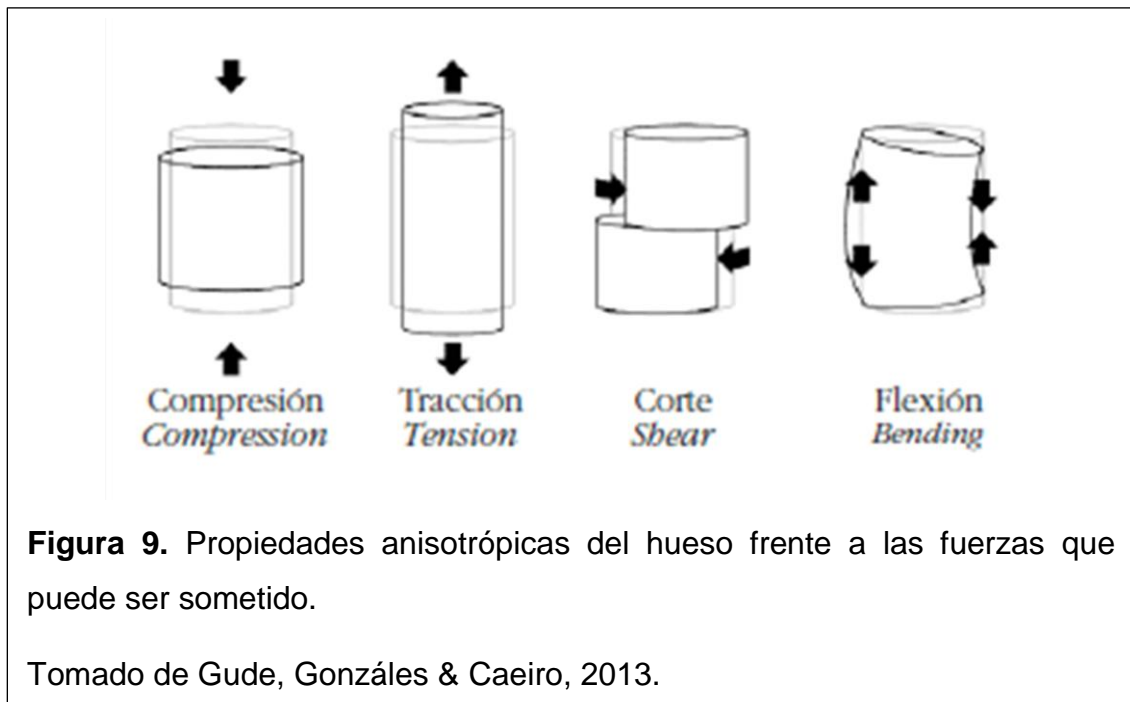
La plasticidad del tejido óseo indica que sí el hueso es sometido a varias cargas repetitivas pequeñas el hueso recuperará la forma inicial pero se podrá observar deformación sin aumentar la tensión (Angulo & Dobao , 2010; López,2014). El hueso y su fragilidad dependerá de la velocidad en la que sea aplicada la carga, por lo tanto la viscosidad del tejido se convierte en un factor importante en el daño y la fractura ósea (López, 2014). El hueso puede afectarse por sus propiedades mecánicas, características geométricas, modo, dirección, velocidad y frecuencia en el que la carga es aplicada (Nordi & Frankel, 2013).



### 1.3.2 Propiedades biomecánicas del tejido óseo

#### 1.3.2.1 Propiedades anisotrópicas

El hueso tiene propiedades anisotrópicas esto quiere decir que sus propiedades no son las mismas en todas las direcciones (López, 2014), este fenómeno se debe gracias a las propiedades mecánicas, a sus ejes y a la estructura del hueso transversales y longitudinales (Dofour & Pillu, 2006). Nordi y Frankel (2013) mencionan que al existir una carga longitudinal los parámetros de rigidez y fuerza son mayores; hay modos de carga como: tracción, compresión, cizalladura y flexión en cada modo se puede apreciar un comportamiento distinto; con la edad se produce una reducción de la masa ósea, se disminuye la cantidad de hueso esponjoso y el espesor del hueso cortical, estos cambios reducen las propiedades del hueso entre estas se encuentran la tenacidad, fortaleza y rigidez (Nordi & Frankel, 2013).



El hueso tiene la capacidad de remodelarse y auto reparación alterando su forma y estructura para satisfacer las demandas mecánicas, Nordi y Frankel (2013) mencionan que el hueso tiene la capacidad de remodelarse y esto se puede explicar gracias a la ley de Wolff que fue publicada en 1892 menciona que:

***“El hueso y el tejido blando responderán a las necesidades físicas que se les asignen, en base a una reorganización o remodelación siguiendo las líneas de fuerza o de tensión” (Wolf, 1892).***

#### 1.4 Salud ósea

La Organización Mundial de la Salud (2007) menciona que la salud ósea se la conoce como el estado de mineralización de un hueso, los cuales empiezan a formarse antes del nacimiento y siguen creciendo, fortaleciéndose hasta alrededor de los 30 años. El crecimiento óseo se da alrededor de los primeros 20 años de vida, principalmente en la adolescencia es donde se alcanza su valor máximo; al acabar la adolescencia se podría decir que los huesos se encuentran con una salud ósea óptima, pero desde los 30 años la densidad

mineral ósea (DMO) empieza a disminuir alrededor de un 15% por cada año (Borer, 2005).

Las mujeres suelen perder la DMO con mayor facilidad debido a la menopausia y a los cambios hormonales que presentan durante toda su vida (Bailey, Faulkner, & McKay, 1996), mientras que Oatis (2003) menciona que el hueso pierde sus propiedades mecánicas cuando la edad de la persona va aumentando, a partir de los 35 años su módulo de Young va disminuyendo el 2,3% cada 10 años y la resistencia a la fractura desciende de 4% por cada década.

La Organización Mundial de la Salud (2007) menciona que cuando más fuertes sean los huesos en la juventud, durante la vejez los huesos se mantendrán más fuertes.

#### **1.4.1 Componentes de la salud ósea**

El estado de mineralización del hueso está relacionado con la DMO, será dependiente del balance o el equilibrio óseo entre la formación y la destrucción de este mismo (Pérez-Ruiz, 2006), cuando el balance óseo es negativo es gracias a que la cantidad de hueso formado es menor al hueso destruido esto se puede dar gracias a un fallo en la osteoformación, un aumento de la resorción o a una alteración combinada (López, 2014). Los factores que determinan la DMO son diferentes, entre los más importantes se encuentran los factores genéticos, la actividad física realizada, adecuada nutrición y la función menstrual en mujeres (Pérez-Ruiz, 2006).

##### **1.4.1.1 Factores intrínsecos**

###### **1.4.1.1.1 Factores genéticos**

Estos se encuentran entre los más estudiados; sobre todo los que controlan los receptores de la vitamina D, importantes en la absorción de calcio en el intestino (Arguelles & Allué, 2006). Dentro de estos factores genéticos también se menciona a la raza blanca o asiática, el sexo femenino y los antecedentes familiares (Despaigne, Céspedes & Diaz, 2008).

La información genética y la regularización de factores generales y locales llevará a cabo la óptima mineralización del esqueleto, estos intervienen de varias formas (Arguelles & Aullé 2006):

- Ayuda a la mitosis celular.
- Interviene como elementos plásticos
- Aportan vitaminas que regulan la matriz y la absorción intestinal del Ca.
- Contribuyen a producción de hormonas y factores del crecimiento.

#### **1.4.1.1.1 Factores biológicos**

Dentro de estos se encuentra la edad avanzada, y en las mujeres la multiparidad, menarquía tardía, menopausia precoz y enfermedades metabólicas (Despaigne, Céspedes & Diaz, 2008).

La DMO puede verse afectada esencialmente por el embarazo y por el climaterio (Khan, 2004). En el climaterio existe un alto riesgo de afectación de la DMO por reducción de las concentraciones de estrógeno lo que conduce a un aumento en la actividad osteoclástica, y una demora en la actividad osteoblástica, es decir, existe un aumento en la resorción y una tardía remodelación ósea (Porth, 2011). Una vez alcanzada la masa ósea máxima, la DMO está poco afectada antes del climaterio (Khan, 2004).

#### **1.4.1.2 Factores extrínsecos**

Entre los factores extrínsecos más estudiados se encuentran: ambientales, nutricionales y el estilo de vida (Despaigne, Céspedes & Diaz, 2008) La nutrición y el ejercicio juegan un papel importante en la remodelación de la masa ósea (Arguelles & Allué, 2006).

##### **1.4.1.2.1 Nutrición**

Despaigne, Céspedes y Díaz (2008) menciona que es importante tener una buena nutrición y estilo de vida ya que en la etapa de la adolescencia y en la

juventud es la etapa donde el organismo alcanza su estado máximo de crecimiento y fortalecimiento óseo.

La nutrición también ayuda al aporte energético y es también un determinante de la salud ósea, ya que si existe una disminución de la ingesta calórica habrá una disminución del aporte energético y este retrasará el crecimiento, maduración y mineralización ósea (Arguelles & Polanco, 2006), la nutrición también va ligada a la ingesta de Calcio (Ca) ya que es proveniente de la dieta diaria.

La ingesta de Ca juega un papel importante en la DMO; al ser el mineral más abundante en el cuerpo humano, el Ca junto con el fósforo tienen la función de fortalecer los huesos para optimizar su función de sostén (Quesada & Sosa, 2011), los hábitos alimenticios, el ritmo de vida y la inactividad física son factores de riesgo que podrían tener un rol importante en la salud ósea de la mujer.

#### **1.4.2 Remodelación y formación del hueso**

En la etapa del crecimiento el tejido óseo es formador de piezas debido a que el organismo solo da paso a la formación de tejido y no resorción Seeman, 2008. Posteriormente el hueso comenzará su remodelación que consta de 5 fases (Fernández-Tresguerres, Alobera, Canto & Jerez, 2006; Raisz, 2005)

- Fase quiescente.
- Fase de activación.
- Fase de resorción.
- Fase de formación.
- Fase de mineralización

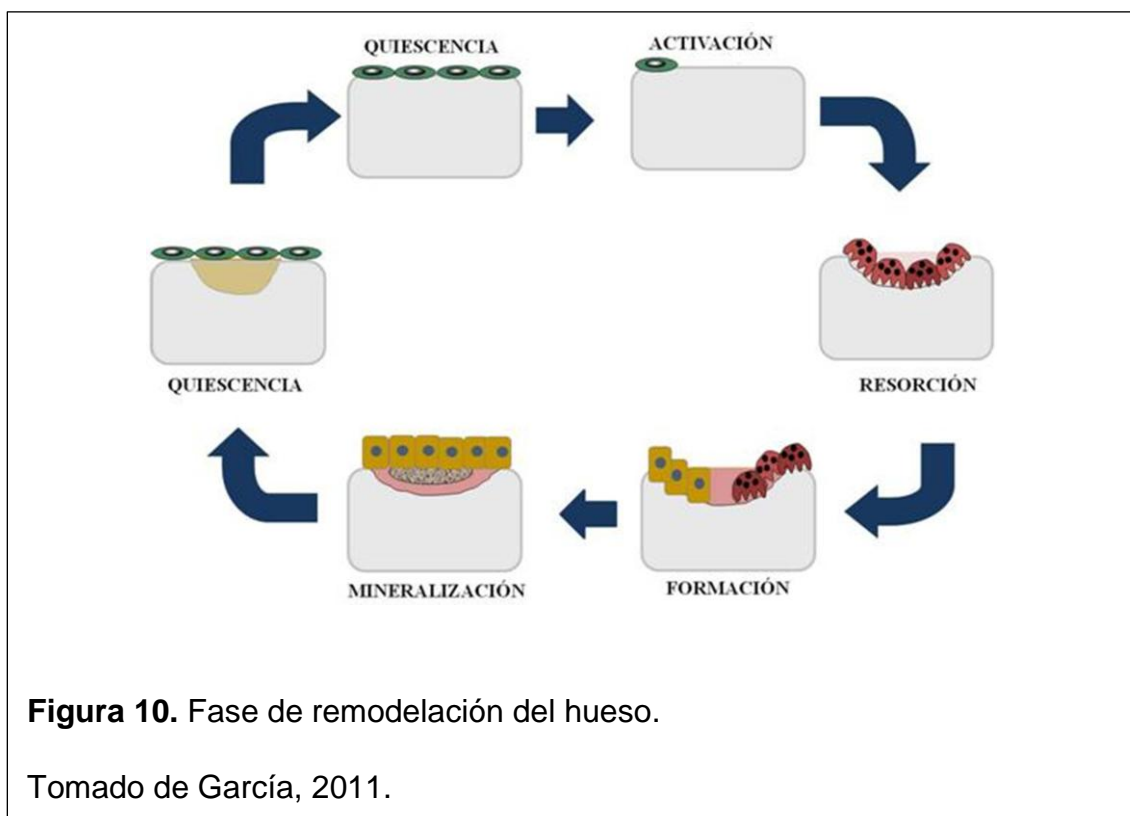
**Fase quiescente:** En esta fase la actividad ósea se encuentra en reposo (Mendoza, 2008).

**Fase de activación:** Esta fase está determinada por la presencia de microfracturas, los osteoblastos que recubren al hueso se retraen y ocurre una digestión de la membrana endóstica por acción del colágeno (Mendoza, 2008)

**Fase de resorción:** Para comenzar esta fase es necesario que los osteoclastos se adhieran al hueso para comenzar la absorción del mismo este proceso se da en dos etapas, primero la matriz mineral será disuelta para generar su descomposición para que lleguen los macrófagos y liberen los diferentes factores de crecimiento (Fernández-Tresguerres , Alobera, Canto & Jerez, 2006; Raisz, 2005).

**Fase de formación:** Gracias a la liberación de los factores de crecimiento se atraen preostoblastos que luego se formarán en osteoblastos, estas células sintetizarán una sustancia para que el tejido nuevo se adherido al hueso (Mendoza, 2008).

**Fase de mineralización:** La principal proteína que actúa en esta fase es la fosfatasa alcalina, para que el hueso cortical acabe su fase de mineralización es necesario alrededor de 130 días y el trabecular 90.

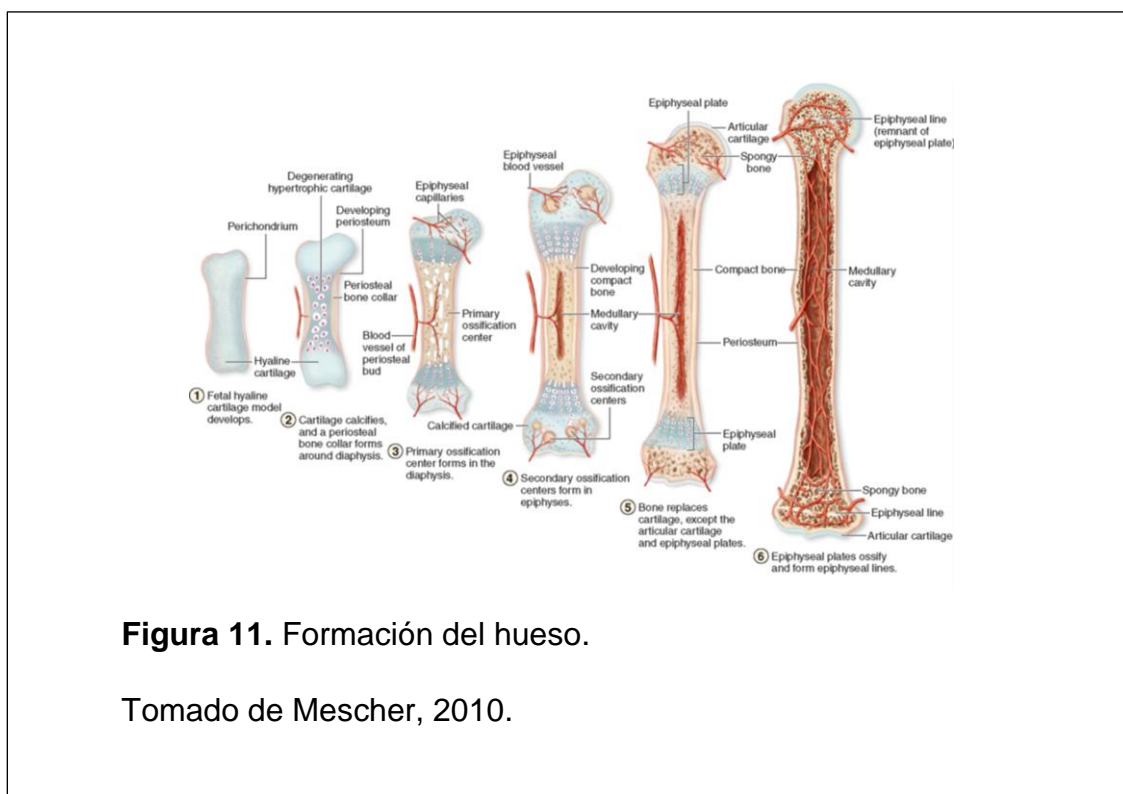


Las características individuales del hueso como el tamaño, la densidad, etc. se determinarán antes de la pubertad, al aumentar la edad del ser humano se aumentará la densidad ósea ya que habrá mayor cantidad de trabéculas, antes



de la pubertad no habrán diferencias en la densidad trabecular entre ambos sexos ni razas (López, 2014), al empezar la pubertad se podrán observar diferencias de densidad entre las diferentes razas pero no en la edad (Seeman, 2008, se ve cambios en la raza negra donde la densidad ósea es mayor que la raza blanca esto se debe gracias a que hay mayor grosor en sus trabéculas y ellos tendrán una mayor resistencia mecánica (Gilsanz et al., 1998; Hain et al., 1996).

Durante la pubertad la masa ósea aumentará el doble en la región lumbar (Bonjour, Theintz, Buchs, Slosman & Rizzoli, 1991) el proceso comienza primero en las mujeres y después de dos años en los hombres (López- Calbet, Dorado-García & Sanchís-Moyis , 2008), en la pubertad el desarrollo de la masa ósea es igual en ambos sexos, es decir no hay mayor producción en hombres que en mujeres, pero el hombre tiene cuerpos vertebrales más densos que las mujeres, esto se le atribuye que durante la pubertad el hombre aplica más carga de peso debido a su altura y hace que la masa ósea aumente, pero la densidad trabecular es la misma (López- Calbet, Dorado-García & Sanchís-Moyis , 2008).

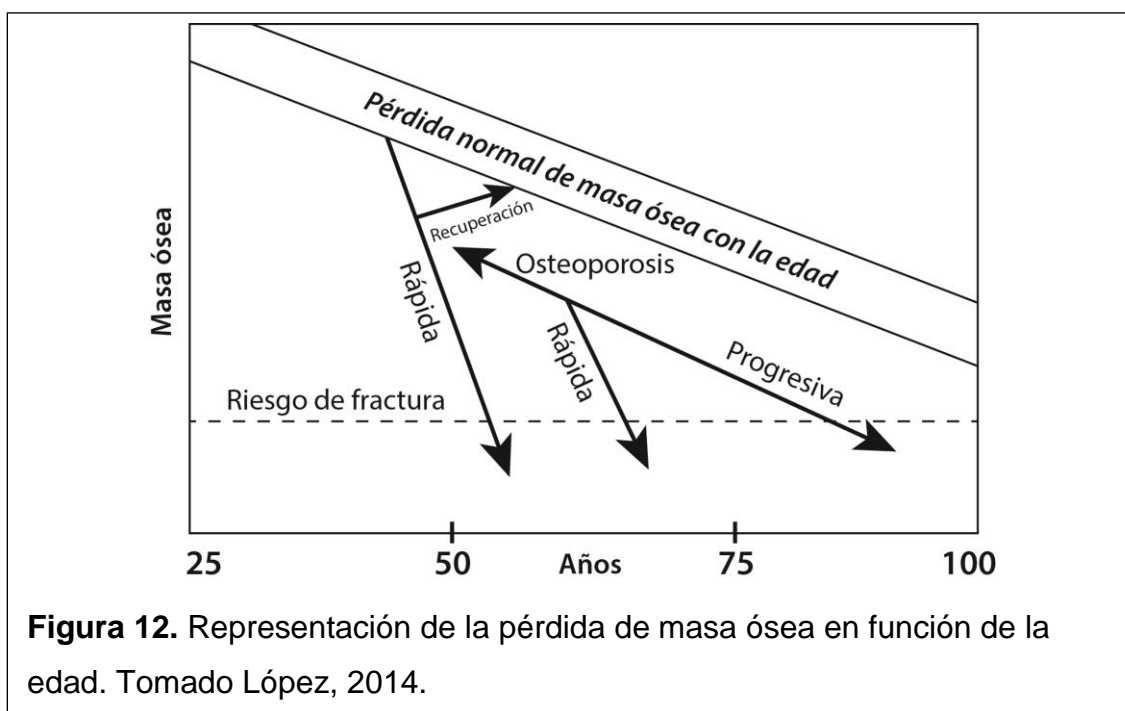


**Figura 11.** Formación del hueso.

Tomado de Mescher, 2010.

Las mujeres tendrán huesos más pequeños en relación a los hombres ya que existe una finalización temprana de crecimiento longitudinal del hueso, pero el grosor cortical es igual en hombres y mujeres (López, 2014).

Cuando ya se ha alcanzado el pico máximo de masa ósea, hasta los 35 años comienza a disminuir, la pérdida es mayor en las mujeres debido a la menopausia y sus problemas asociados como se había nombrado anteriormente (Riggs & Melton , 1986) , en la edad adulta el volumen del hueso que se ha formado es menor que el volumen del hueso que es absorbido, por lo que hay una pérdida de la densidad ósea y esto da como resultado una alteración en la estructura, y la fragilidad ósea (López, 2014).



### 1.4.3 Problemas asociados con la mala salud ósea

Debido a que el hueso está conformado por tejido conjuntivo rígido y proporciona soporte a tejidos blandos este se encuentra expuesto a varios factores de riesgo que pueden influir sobre su capacidad funcional y su estabilidad.

Los factores de riesgo ya existentes en el ser humano agregan un alto porcentaje para presentar una mala salud ósea ya que algunos desordenes metabólicos ponen en riesgo, la mayoría de estos desordenes producen un aumento de la actividad osteoclastica, entre estas alteraciones metabólicas encontramos dentro de las más importantes a la osteoporosis, artritis reumatoide y las más frecuentes fracturas ocasionadas por la osteoporosis (López, 2014).

#### **1.4.3.1 Osteopenia**

Se conoce como osteopenia a un estadio de la densidad mineral ósea en la que no es ni normal ni patológica (Guyton & Hall, 2006). López (2014) menciona que se refiere a contexto teórico y epidemiológico que es normal en mujeres de 40 años en adelante, se podría decir que la osteopenia supone un riesgo relativo a presentar fracturas (Hailey, Sampietro-Colom, Marshall, Rico, Granados & Asua, 1998)

#### **1.4.3.2 Osteoporosis**

##### **1.4.3.2.1 Definición y Epidemiología**

A la osteoporosis se la conoce como una enfermedad esquelética sistémica que se caracteriza por presentar densidad ósea baja y un deterioro de la microarquitectura del tejido óseo (Contreras et al., 2001), esta definición se encuentra basada según los valores de la DMO establecidos, por lo que osteoporosis se considera cuando la DMO está igual o menor a 2,5 de la desviación estándar inferior a la media en cadera, columna y en muñecas (Lafita, 2003), esto ocasiona aumento en la fragilidad ósea y por efecto de dominó aumento en el riesgo de presentar fracturas (D, Chapurlat, K & Genant, 2016) , la DMO dependerá de la cantidad de minerales que existen en un área y la calidad del hueso dependerá de la arquitectura, el recambio óseo, la composición de la matriz ósea, la acumulación de daños, y la mineralización.

La fragilidad ósea aumenta el riesgo de presentar fracturas por traumas moderados (Jameson et al., 2016) y estas fracturas llevarán a varios pacientes

a largos periodos de encamamientos lo que disminuirá la calidad de vida y algunas veces hasta ocasionarán pérdidas en los lugares de trabajo (Lafita, 2003).

Esta enfermedad tiene un alto impacto económico en la sociedad ya que necesita atención médica y asistencial, aproximadamente el 40% de mujeres de origen caucásico presentarán una fractura osteoporótica después de los 50 años lo que genera un gasto anual de 30.000 millones de euros en toda Europa (Poole & Compston, 2006), mientras que en Estados Unidos se calcula que hay alrededor de 12 millones de personas que tienen más de 50 años y presentan osteoporosis en este caso se genera un gasto entre 18.000 millones de dólares anuales y según las estadísticas se estima que en el 2040 este número se triplicara (Borer, 2005); 1 de cada 2 mujeres de origen caucásico presentarán fracturas osteoporóticas durante toda su vida (National Osteoporosis Foundation (NOF), 2011, un estudio realizado en población española menciona que la prevalencia de presentar fracturas vertebrales a partir de los 50 años es de 9,85 por cada 1.000 personas y de cadera es de 3,06 por cada 1.000 personas al año (Guañabens, 2007), la Sociedad Española de Reumatología (2007) describe en su artículo que las personas que han padecido algún tipo de fracturas por osteoporosis especialmente las que han tenido fractura en la cadera aumentan en un 30% su mortalidad en el primer año tras ocurrir el evento, es por esto que es muy importante detectar la enfermedad precozmente (López, 2014).

#### **1.4.3.2.2 Fisiopatología**

La osteoporosis es una enfermedad originada por múltiples factores que se los han agrupado en dos grupos:

- **Primarios:** Generalmente son de origen genético, estos factores interrumpen el metabolismo óseo normal ocasionando la osteoporosis juvenil, este tipo de osteoporosis ataca generalmente a todo el esqueleto humano (Ward, Mughal, K & Bachrach, 2013)
- **Secundarios:** Son los que se pueden modificar como la nutrición, inactividad física, deficiencia de estrógeno, uso de corticoides, exceso

de fármacos (Nordin, 2013; Ward et al., 2013) este tipo de osteoporosis ataca a zonas específicas como cuello de fémur, radio, cúbito, cuerpos vertebrales Ward et al., 2013).

Cuando la osteoporosis secundaria está involucrada no hay una correcta integración entre la densidad ósea y la calidad del hueso es decir la arquitectura, recambio óseo y la mineralización del tejido no se encuentran en óptimas condiciones, dicho desequilibrio dará como resultado aumento en la fragilidad ósea y el aumento de las posibilidades de presentar una fractura (Jameson et al., 2016) estos cambios se atribuyen a que no hay un buen control entre formación y resorción ósea.

Raisz y Rodan (2003) menciona que existen tres tipos de mecanismos que influyen en la fisiopatología de la osteoporosis estos son:

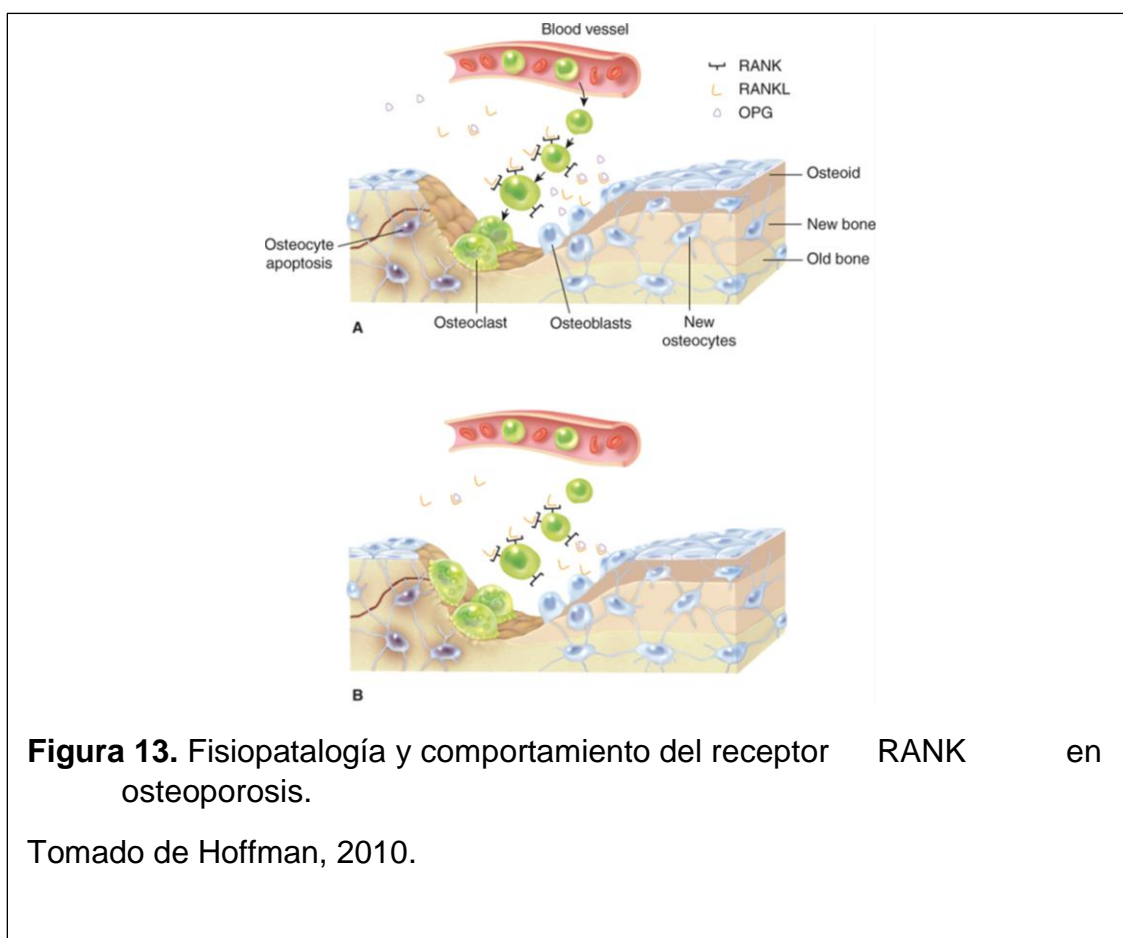
- Fallo en la adquisición de un pico de masa ósea óptima durante las 3 primeras décadas de vida, este mecanismo se ve influenciado directamente la genética pero también se puede verse afectados por los factores extrínsecos como son ambientales, estilo de vida, la nutrición, la actividad física.
- Aumento de la resorción ósea, debido a la alteración hormonal debido a la edad del individuo.
- Formación ósea incorrecta ya puede ser por una resorción ósea excesiva y no da paso a la formación de hueso nuevo

El fallido proceso de la resorción ósea se considera uno de las causas más importantes para que la osteoporosis se instale en el organismo, este proceso está controlado por los osteoblastos y los osteoclastos, que para que este proceso se cumpla los osteoclastos deben ser activados por su receptor RANKL, pero para que este receptor sea amigable con los osteoclastos debe unirse anteriormente a el receptor RANK, así se formará el complejo RANKL-RANK esta unión estimulará la actividad osteoclástica, aumentará la diferenciación celular, incrementará la actividad y disminuirá la apoptosis de los osteoclastos. La osteoprognerina (OPG) se une al RANKL e impide unirse con

su receptor (RANK) y así los osteoclastos no se podrán activarse y sus funciones estimuladoras fallarán (Fuller, Wong, Fox, Choi & Chambers, 1998).

Con el paso del tiempo los hormonas que activan a los osteoblastos disminuyen notablemente es por esto que la actividad osteoblástica que es la formadora de hueso disminuye y su función se ve afectada mientras que la actividad osteoclástica (destructora del hueso) aumenta y se genera un desbalance entre la actividad osteoclástica-osteoblástica (Langlois et al., 1998).

En las mujeres se puede encontrar la osteoporosis postmenopúsica, ya que existe la una alteración en los estrógenos y estos producirán un desbalance en el remodelado óseo y una prolongación en la resorción ósea con un periodo corto de la fase de formación (Riggs, Khosla & Melton, 2013).



#### **1.4.3.2.3 Síntomas y signos**

Lo osteoporosis se caracteriza por ser una enfermedad silente ya que mientras la enfermedad se produce, no hay producción de síntomas como el dolor, pero gracias a la baja densidad ósea se producen fracturas con mayor facilidad, las fracturas más comunes son en los cuerpos vertebrales, cadera con predominio en la cabeza del fémur, radio y cúbito (Rodríguez, Ortega & Alonso, 2003).

#### **1.4.4 Prevención de una mala salud ósea**

Argüelles y Polanco (2006) menciona que para tener una buena salud ósea influyen varios factores entre estos se encuentra una buena alimentación, ya que está provee elementos plásticos y aportan vitaminas que regulan la síntesis de la matriz ósea y también ayudan a la absorción intestinal del calcio y los otros minerales que ayudan a la formación del hueso; realizar ejercicio también ayuda a tener una mejor salud ósea sobre todo el ejercicio que soporta peso así como saltar y correr.

### **1.5 Actividad física y ejercicio**

#### **1.5.1 Importancia**

La actividad física y el ejercicio juegan un papel importante en desarrollo de la masa ósea ya que es un importante modulador en todas las fases de la vida (Turner, 2007). Vicente (2014) menciona que varios estudios han demostrado que el ejercicio físico conserva la masa ósea y que sí, el protocolo de entrenamiento es el adecuado podría hasta aumentarla notablemente, también señala que hay una relación directa entre hacer actividad física y la mineralización ósea, estableciendo mayor la DMO cuando hubo o hay mayor cantidad de ejercicio físico realizado.

#### **1.5.2 Tipos de ejercicios efectivos para mejorar la DMO**

No todos las modalidades de ejercicios ayudan a mejorar la DMO, varios autores mencionan que el ejercicio más efectivo es el ejercicio de impacto

como: correr, saltar ya que al realizar ejercicios de este tipo el efecto osteogénico se activa, hay mayor efecto trófico sobre el hueso, se incrementa la producción de colágeno y el depósito de las sales minerales lo que ayudan a la secreción de calcitonina y estos inhiben la resorción ósea (Arguelles & Polanco, 2006) (Dorado, Sanchis Moyis, Vicente, Serrano, Rodriguez & Calbet, 2002).



**Figura 14.** Ejemplo de ejercicios de impacto.

Tomado de Mena, 2013.

Chilibeck, Sale, y Webber (1995) anuncian en su artículo que el ejercicio físico que soporta peso corporal y que es acompañado con impactos no solo se asocia con el aumento de la DMO sino también con el aumento de la resistencia mecánica del hueso, esto se produce gracias a los cambios que hay en su microarquitectura. La actividad física relacionada con la rutina diaria tiene un pobre efecto sobre la masa ósea, en mujeres posmenopáusicas realizar ejercicio físico ayuda prevenir la pérdida de masa ósea en casi un 1% al anual (Bonjour, Theintz, Buchs, Slosman & Rizzoli, 1991).

Rantalainen, Weeks, Nogueira, y Beck (2015) mencionan que el período post-puberal en la mujer es probablemente el momento más favorable para



incrementar la geometría del área transversal del hueso mediante la práctica de actividad física adecuada, el ejercicio físico puede ofrecer varios beneficios por una acción directa en la DMO, lo cual se explica porque al ejercitar grupos musculares con mayor influencia de carga sobre el hueso, estos realizan un importante trabajo de fuerza que mejora la troficidad y estructura ósea. Las tensiones mecánicas que son aplicadas sobre el esqueleto humano influyen la remodelación del hueso (Martínez et al., 2005).

### **1.5.2.1 Características de los ejercicios**

Varios autores mencionan que las características que deben tener los ejercicios para aumentar la DMO (Borer, 2005; Calbet, Dorado, Moyis & Rodríguez, 1998; Pérez, 2006; Rubin et al., 2002) deben ser:

- La magnitud de la deformación ósea, al haber mayor deformación habrá mayor resistencia mecánica en el hueso.
- La magnitud de la carga, los huesos que soportan mayor carga se vuelven más resistentes.
- La velocidad en la que debe ser aplicada la carga debido a las deformaciones que tendrá el hueso, se recomienda aplicar una fuerza baja y emplearla rápidamente que, utilizar una fuerza alta y emplearla lenta y continuamente ya que la deformación puede ser irreversible.
- Las direcciones en que son aplicadas las fuerzas.
- La frecuencia de las torsiones, tensiones y presiones del hueso, al aplicar una tensión de manera rápida la deformación se hará en pocos ciclos y se podrán conseguir adaptaciones óseas.
- La vibración de baja magnitud ayuda a la formación de hueso (la vibración debe ser superiores a 30 Hz).

Es por eso que es recomendable realizar ejercicios de impacto y entrenamiento de fuerza (Borer, 2005). Vicente (2014) menciona que el efecto del ejercicio físico será más efectivo en niños de 12 -14 años que en los adultos; varios estudios mencionan que los niños que han realizado ejercicios durante su etapa puberal tienen mayor DMO en los cuerpos vertebrales y la cabeza del

fémur que los que no realizan ningún tipo de ejercicio (Cooper et al., 2009; Kannus et al., 1995).

En el periodo prepuberal el tejido óseo es más receptivo al ejercicio debido a la actividad de las hormonas del crecimiento y las hormonas sexuales como es la testosterona, estas hacen que haya aumento de la actividad osteoblástica (Vicente, 2014). Varios autores mencionan que la práctica del ejercicio físico tendría que comenzar antes del denominado fenómeno estirón puberal, también se ha demostrado que los niños que realizaron ejercicio físico en las edades de 11 – 14 habrá mayor aumento en la DMO (Bailey, Faulkner & McKay, 1996 ; Gustavsson, Thorsen & Nordstrom, 2003).

Es decir la cantidad de DMO que tengamos cuando seamos adultos dependerá de la acumulación que se tuvo durante el crecimiento menos la resorción que se produce con los años, es por esto que es importante la prevención que se puede realizar durante el crecimiento puberal y la adolescencia (López- Calbet, Dorado-García & Sanchís-Moyis , 2008).

Varios estudios mencionan que solo habría que incluir algunos saltos en las rutinas de ejercicio físico para promover el efecto osteogénico en mujeres jóvenes (Kato, Terashima, Yamashita, Hatanaka, Honda & Umemura, 2006)

Dos artículos revisados mencionan que estudios hechos en atletas demuestran que las deportistas que soportan mayor peso corporal como los que realizan ejercicios de salto (salto largo, triple y las jugadores de voleibol) presentan una mayor DMO con relación a las personas que son sedentarias (Petterson, Alfredson, Nordstrom, Henriksson-Larsen & Lorentzon, 2006; Taaffe , Robinson, Snow, & Marcus, 1997), también se han demostrado que las personas que realizan halterofilia, gimnastas tienen un aumento en la DMO, pero los deportistas que incluyen en su deporte cambios de dirección bruscos presentan valores más altos del DMO (López- Calbet, Dorado-García & Sanchís-Moyis , 2008).

#### **1.5.2.2 Efecto Osteogénico**

Es importante aclarar que el efecto osteogénico que tenga dependerá del tipo de actividad física y el área estimulada que se trabaje (Calbet, Dorado, Moyis &

Rodríguez, 1998), por ejemplo en un artículo se estudia este efecto en deportistas que realizan tenis, este estudio realizado por Calbet y otros (1998) tiene como resultados que en el brazo dominante existe un mayor porcentaje de grasa magra, DMO en un 20 % más que en el grupo control.

En los entrenamientos de fuerza el estrés mecánico conseguirá favorecer la osteogénesis ya que la contracción muscular aumentará la DMO al estimular al hueso (López, 2014). Para que el entrenamiento de fuerza tenga un efecto positivo en la DMO tienen requerimientos específicos como que la carga aplicada sea del 70-90% repetición máxima (1RM), que hayan de 8-12 repeticiones, que se realice de 2-3 días por cada semana y en un período mínimo de un año (Lirani-Galvão & Lazaretti-Castro, 2010).

Así se podría decir que el entrenamiento de fuerza es el principal para aumentar la DMO como los ejercicios de potencia muscular ya que para que sean posibles realizar se deben reclutar fibras rápidas y estas estimularán al hueso para su formación (Turner, 2007) se recomienda realizar los ejercicios de potencia para estimular la osteogénesis ya que son seguros y no se relación con la producción de lesiones y dolor, los ejercicios que produzcan contracciones excéntricas son más eficaces que los que tienen contracciones concéntricas (Nickols-Richardson, Miller, Wotten, Ramp & Herbert, 2007).

Martyn-St y Carroll (2010) menciona en su meta análisis realizado en mujeres pre menopáusicas los entrenamientos de alto impacto y con cargas altas como el salto vertical, aeróbicos, salto, salto con cuerda resultaron efectivos para aumentar la DMO en zonas específicas como columna vertebral y cuello femoral, que son las áreas más propensas para presentar fracturas por disminución de la DMO. Al parecer los ejercicios con impacto mejoran la formación de hueso ya que la sobrecarga que producen estos ejercicios da un impacto anabólico al tejido óseo y esto mantiene o incrementa al matriz ósea y como resultado la apoptosis de los osteocitos disminuye y aumenta la diferenciación de los osteoblastos (López, 2014).

## CAPITULO II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1 Justificación

El sistema músculo esquelético es el encargado de realizar movimientos y que estos sucedan de una forma armónica, por lo que, si las estructuras que lo conforman se vuelven frágiles y se deterioran, se corre el riesgo de padecer fracturas óseas que traen consigo posibles encamamientos y hospitalizaciones, causando un impacto considerablemente grave en la calidad de vida de las personas, afectando su estado físico, psicológico, económico y las relaciones sociales (Martínez et al., 2005).

La salud ósea es considerada como uno de los aspectos más importantes dentro de la atención primaria, esta dependerá de la mineralización que tenga el sistema esquelético durante las tres primeras décadas de vida.

El estado de mineralización del hueso está relacionado con la DMO la cual está afectada tanto por factores intrínsecos como extrínsecos. Los factores intrínsecos son de dos tipos: biológicos y genéticos. En los factores genéticos encontramos entre los más estudiados; los que controlan los receptores de la vitamina D, que son importantes en la absorción de calcio en el intestino (Arguelles & Allué, 2006). Con respecto a los factores extrínsecos podemos encontrar: ambientales, nutricionales y el estilo de vida (Desapaigne, 2008).

El ejercicio físico siendo uno de los factores extrínsecos más importantes juega un papel significativo en la remodelación de la masa ósea (Arguelles & Allué, 2006).

En las mujeres, la DMO puede verse afectada esencialmente por el embarazo y por el climaterio (Khan, 2004). En el climaterio existe un alto riesgo de afectación de la DMO por reducción de las concentraciones de estrógeno, lo que conduce a un aumento en la actividad osteoclástica, y una demora en la actividad osteoblástica, por lo tanto, existe un aumento en la resorción y una tardía remodelación ósea (Porth, 2011).

Una vez alcanzada la masa ósea máxima, la DMO está poco afectada antes del climaterio (Khan, 2004). Sin embargo, los hábitos alimenticios, el ritmo de vida y la inactividad física son factores de riesgo que podrían tener un rol determinante en la salud ósea de la mujer.

Alteraciones como la osteoporosis tienen una incidencia y un impacto socio-económico elevado. Por ejemplo, Clark (2013) menciona que ésta condición afecta a 200 millones de personas en el mundo y genera un alto gasto debido a los cuidados que se deben proporcionar, en los diferentes países, por ejemplo en Estados Unidos se estima que hay 12 millones de habitantes que presentan osteoporosis y genera un gasto de 18.000 millones de dólares anuales (Borer, 2005), mientras que en Europa existe un gasto anual de 30.000 millones de euros (Poole & Compston, 2006).

La osteoporosis es una enfermedad que no se anuncia ya que no presenta síntomas como dolor, es multifactorial relacionada generalmente con la edad, ya que a mayor edad habrá mayor probabilidad de padecer esta enfermedad (Roland, Chapurlat, Harry & Genant, 2016).

Estudios realizados y publicados en Ecuador mencionan que el 19% de los adultos mayores de 65 años que residen en áreas urbanas sufre de osteoporosis y el 35% de las mujeres mayores de 45 años también padece de esta patología siendo una posible causa los cambios en su calidad de vida, actividad física, hábitos alimenticios y hábitos tóxicos como el tabaquismo (Bracho, Arízaga & Arízaga, 2009; Calle, 2003).

Otros estudios en Ecuador han reportado que el 4,8% de las mujeres mayores de 65 años tienen fractura de fémur; esta cifra llega a ser del 8,1% cuando las personas cumplen edades entre 80-84 años, y 13,9% en mujeres mayores a 85 años (Bracho, Arízaga & Arízaga, 2009). Mientras que el riesgo de sufrir una segunda fractura de cadera se puede incrementar de 1,6 a 15% por cada 1.000 hombres, y de 3,6 a 22% por cada 1.000 mujeres (Bracho, Arízaga & Arízaga, 2009; Calle, 2003).

Estos estudios se han enfocado en conocer la relación de factores de riesgo con la presencia de osteoporosis en mujeres que se encontraban en la etapa postmenopáusica o en el climaterio (Betancourt, 2014).

Estos resultados sugieren que si la mujer reduce o trabaja sobre los factores de riesgo a edades tempranas, los determinantes de una buena salud ósea en la etapa del climaterio no se verían tan comprometidos.

En un reciente estudio Rantalainen, Weeks, Nogueira y Beck (2015) menciona que en el período post-puberal de la mujer es probablemente el momento más favorable para incrementar la geometría del área transversal del hueso mediante la práctica de actividad física, por ello, la importancia de realizar un ejercicio físico adecuado a edades tempranas. En relación a esto, varios autores han planteado la necesidad de combinar ejercicios diversos para potenciar la carga mecánica sobre el esqueleto (Chien et al., 2000; Kemmler et al., 2003).

Los programas de ejercicio físico de modalidad combinada con actividades de tipo aeróbica (trabajo de resistencia aeróbica) y actividades que implican fase aérea (p.ej. pliométricos) con rapidez de ejecución, han sido frecuentemente reportados en la literatura (Fuchs et al., 2001; Kelley & Kelley, 2004; Kontulainen et al., 2002; McKay et al., 2005; Palombaro, 2005; Wallace & Cumming, 2000). Sumado a esto, algunos autores (Vainionpää et al., 2006) han optado por emplear ejercicios físicos supervisados y un programa de entrenamiento en casa, para cumplir con las recomendaciones de dosificación para las actividades de resistencia con carga de peso (p, ej., 3-5 veces por semana) que ayudan a prevenir el deterioro óseo (Kohrt, Bloomfiel et a., 2004).

En un meta- análisis realizado por Martyn-St y Carroll (2010) se revisaron el efecto de diferentes programas para mejorar la DMO en mujeres premenopáusicas y climaterio, se revisaron 9 estudios en los cuales se reportó tres estudios en que la intervención fue con ejercicios de salto vertical; en otros dos estudios de ejercicios por grupos (p, ej., stamping, jumping, running y el uso de step), y en los cuatro restantes se utilizó ejercicios combinados en el cual estaba incluido ejercicios de impacto con resistencia.

La mayoría de estos estudios han utilizado programas de intervención a largo plazo (entre 6 a 24 meses con una frecuencia de 2 a 3 días a la semana) (Martyn-St & Carroll, 2010) sin embargo no se ha reportado en la literatura un estudio que reduzca el tiempo de intervención en mujeres de edad fértil con incrementos progresivos en la mecánica del salto, es por ello que nosotros planteamos un plan de ejercicios de ejecución dual y modalidad combinada en mujeres de edad fértil con el fin de incrementar la mecánica del salto con mayor días de intervención 4 veces a la semana (2 supervisadas y 2 en casa) reduciendo el tiempo (4 meses) para ver si el programa tiene efectos positivos en las determinantes de salud ósea.

Por tanto, La información obtenida de este estudio será de gran utilidad en el campo de la salud, para la prevención y cuidado de las mujeres antes de entrar en el climaterio, basándose principalmente en el conocimiento de los beneficios que podría ofrecer el ejercicio físico.

## **2.2 Pregunta de investigación**

¿Puede un programa de ejercicio físico de ejecución dual y de modalidad combinada modificar las determinantes óseas en mujeres de edad fértil?

## **2.3 Hipótesis del estudio**

Un programa de ejercicios físico de ejecución dual y de modalidad combinada tiene un efecto significativo en determinantes de la salud ósea en mujeres de edad fértil.

## **2.4 Objetivos del estudio**

### **2.4.1 Objetivo general**

Conocer el efecto de un programa de ejercicio físico de ejecución dual y de modalidad combinada en determinantes de salud ósea en estudiantes mujeres en edad fértil.

### **2.4.2 Objetivo específico**

- Evaluar las determinantes de composición corporal (índice de masa corporal, porcentaje de masa magra, masa magra en piernas, porcentaje

de masa grasa y masa grasa piernas) antes y después de la aplicación de un programa de ejercicios.

- Valorar las determinantes óseas (en cantidad mineral ósea, densidad mineral ósea, densidad mineral ósea L1-L4, cuello femoral, densidad mineral ósea en columna total, densidad mineral ósea en piernas y cantidad mineral ósea en piernas) antes y después de la aplicación de un programa de ejercicios.



## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1 Enfoque de la investigación**

Estudio cuasi-experimental con alcance explicativo que evaluó el efecto de un programa de ejercicio físico de ejecución dual y de modalidad combinada sobre determinantes de la salud ósea (DMO, cantidad mineral ósea, DMO L1-L4, DMO de cuello del fémur y columna, DMO en piernas, índice de masa corporal, porcentaje de masa magra, porcentaje de masa grasa, porcentaje de masa grasa en piernas, masa total en piernas) en mujeres de edad fértil.

#### **3.1.1 Sujetos**

Para la presente investigación, se tomó una muestra dirigida de 18 mujeres de un total de 965 estudiantes mujeres inscritas en el periodo 2015-2 de la UDLA. Para ser aceptadas en este estudio las participantes debieron cumplir con los criterios de inclusión que fueron tener entre 18 y 30 años, que no tengan riesgo de padecer enfermedades coronarias y brindar un consentimiento por escrito sobre su participación voluntaria en el estudio (Anexo 1). Las participantes fueron excluidas si presentaban algunos de los criterios que se muestran en la tabla 1.

La muestra se dividió en dos grupos, el primero llamado Grupo Experimental (conformado por 9 mujeres) fue sometido a un programa de entrenamiento físico de ejecución dual y modalidad combinada. El segundo llamado Grupo Control (conformado por 9 personas) no recibió ninguna intervención y mantuvo sus actividades habituales.

**Tabla 1. Criterios de Inclusión y exclusión:**

<b>CRITERIOS DE EXCLUSIÓN</b>
• Embarazos logrados
• En período de gestación
• Déficit de vitamina D
• Osteoporosis secundaria.
• Menstruaciones irregulares definidas como no tener períodos, tener períodos muy frecuentemente antes de los 23 días, muy tardíos después de 35 días y tener sangrados menstruales imprevisibles.
• Consumo de ácido Alendrónico (Fosamax)
• Participantes que presentaban enfermedades relacionadas con el metabolismo óseo (acromegalia, hiperprolactinemia, hiperparatiroidismo, hipo e hipertiroidismo, síndrome de Cushing, insuficiencia adrenal, diabetes mellitus, hipogonadismo).
• Participantes que presentaban gastrectomía, mala absorción, enfermedad hepática grave, enfermedad renal terminal, artritis reumatoide, inmobilizadas de forma permanente, y el uso prolongado por más de un año de heparina, glucocorticoides, hormona corticotropa, hormonas tiroideas y diuréticos que provocan calciuria.
• Participantes que presentaban enfermedades degenerativas del sistema nervioso central/ demencia o enfermedades psiquiátrica diagnosticadas y enfermedades cardíacas.
<b>CRITERIOS DE INCLUSIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pacientes que tengan una edad comprendida entre los 18 y 30 años.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personas que acepten participar voluntariamente en el estudio y que den su consentimiento firmado.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que sean mujeres</li> </ul>

### **3.1.2 Reclutamiento de los participantes**

En una primera parte de la investigación se optó por aprovechar los recursos que la UDLA nos proveía para conseguir la atención de la población femenina, por tanto se trabajó de la siguiente manera:

#### **a) Campaña de concientización para una buena salud ósea**

Se realizó una campaña educativa de concientización para ampliar y reforzar el conocimiento en las mujeres sobre la importancia de la actividad física diaria y la adecuada exposición solar, con el fin de aumentar y preservar los niveles de densidad mineral ósea en edades tempranas. Para ésta campaña se elaboró una hoja volante que fue repartida de manera ambulatoria dentro de los tres campus universitarios. Estos volantes también estaban disponibles en el departamento de Servicios Institucionales el cual ofrece una variedad de opciones extracurriculares para los estudiantes (Anexo 2)

#### **b) Técnicas para la captación de la muestra**

- Encuesta auto administrada vía internet.
- Pauta publicitaria en la radio de la UDLA.
- Campaña de prevención de la salud ósea por medio de charlas (Anexo 1).
- Gestión telefónica.

### 3.1.3 Materiales y métodos

#### 3.1.3.1. Definición operacionalización de las variables

Tabla2. Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR
Biodisponibilidad de calcio biológico (pCa)	Estimación de la ingesta de Ca biológico con un puntaje cuantitativo; diariamente, semanalmente, ocasionalmente o nunca. $pCa$ (nombre de alimento) = $Frecuencia$ de consumo $\times$ Constante de biodisponibilidad		Diariamente (3) Semanalmente (2) Ocasionalmente (1) Nunca (0)
Minutos caminando (min*semana)	Actividades como caminar hacia el trabajo, en casa, caminatas para ir de un sitio a otro, o cualquier otra caminata que usted hizo únicamente por recreación, deporte, ejercicio, o placer. Equivalen a 3,3 METS		<i>Minutos por semana</i>
Actividad física moderada (min*semana)	Son aquellas actividades que requieren un esfuerzo físico moderado como cargar objetos livianos, andar en bicicleta a un paso regular, o jugar tenis. Equivalen a 4 METS		<i>Minutos por semana</i>
Actividad física vigorosa (min*semana)	Actividad que requiera un esfuerzo físico fuerte por ejemplo levantar objetos pesados, excavar, aeróbicos, o pedalear rápido en bicicleta. Equivalen a 8 METS		<i>Minutos por semana</i>

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR
Densidad mineral ósea	Cantidad de minerales que contiene el volumen del hueso.	Cantidad mineral ósea	Gramos por centímetro al cuadrado. ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )
		Densidad mineral ósea L1L4	Gramo por centímetro al cuadrado. ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )
		Densidad mineral ósea cuello femoral	Gramo por centímetro al cuadrado. ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )
		Densidad mineral ósea columna total	Gramo por centímetro al cuadrado. ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )
		Densidad mineral ósea piernas	Gramo por centímetro al cuadrado. ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )
Índice de masa corporal	Relación entre la masa y la talla de una persona.		Kilogramos de peso por metro al cuadrado. ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ )
Porcentaje de masa magra	Componentes del organismo libre de grasa		Por ciento (%)
Porcentaje de masa grasa	Tejido adipocito libre de líquido y masa musculo- esquelética		Por ciento (%)
Porcentaje de masa grasa en piernas	Distribución del tejido adiposo en miembro inferior		Por ciento (%)
Masa total en piernas	Masa musculo- esquelética en miembro inferior		Kilogramo (kg)

### 3.1.3.2 Cuestionario de frecuencia de consumo de Ca

Este cuestionario brinda una estimación de la ingesta de Ca biológico con un puntaje cuantitativo, para obtener dicho valor en la encuesta se realiza una serie de preguntas sobre la frecuencia de consumo de varios alimentos ricos en Ca (ej., pescados, frutos secos, huevos, lácteos) existen opciones para responder diariamente, semanalmente, ocasionalmente o nunca, por medio de esta respuesta se puede estimar el consumo de Ca biológico que tiene la persona, para obtener este valor se utiliza la siguiente fórmula  $pCa$  (*nombre de alimento*) = *Frecuencia de consumo* x *Constante de biodisponibilidad* (Madrigal, 1996) (Anexo 4).

### 3.1.3.3 Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ)

Se empleará la versión corta del Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ por sus siglas en inglés) (anexo 3). Este cuestionario estima la actividad física total en la semana (i.e., MET-minutos/semanas) evaluando cuatro dominios principales (i.e., actividad física durante el tiempo libre, actividades domésticas o de jardín, actividades físicas relacionadas con el trabajo y actividades físicas relacionadas con el transporte). Se tendrá en cuenta que las actividades de caminar equivalen a 3,3 METS, actividades de intensidad moderada a 4,0 METS y actividades de intensidad vigorosa a 8,0 METs. Con el propósito de obtener el requerimiento metabólico basal, al instrumento se le agregará un apartado que evalúe el tiempo acostado (min.\*días).

El uso del IPAQ en jóvenes y adultos de edad media (i.e., 15 a 69 años) se ha recomendado en los últimos años con el propósito de proveer un instrumento común que pueda ser usado para obtener datos internacionalmente comparables relacionados con actividad física y la salud. En relación con la validez y confiabilidad del IPAQ, los resultados finales de varios estudios sugieren que este instrumento tiene aceptables propiedades de medición (Hagströmer, Oja, y Sjöström, 2006; Rutten y Abu-Omar, 2004), incluso para utilizarse manteniendo buena confiabilidad y validez, en diferentes lugares e idiomas como el castellano (Craig, Marshall, Sjöström, y cols., 2003) (Anexo 5).

Las encuestas fueron auto-administradas y aplicadas una sola vez vía internet.

### **3.1.3.3 Cuestionario de factores de riesgo de enfermedad coronaria**

En la primera semana se aplicó el cuestionario de factores de riesgo de enfermedad coronaria como pre-requisito para asegurar el bienestar físico de las participantes durante el entrenamiento para que este se realice de una forma segura y eficaz. (Colegio Americano de Medicina del Deporte, 2014) (Anexo 6).

### **3.1.3.4 Absorciómetro dual de rayos X (DEXA)**

Para este estudio se utilizó una técnica de medida de densidad de masa ósea el cual emite de una fuente de rayos X dos haces de luz, en lugar de una fuente de tipo radioactiva por lo que su emisión de radiación es menor, actualmente este es uno de los métodos más utilizados debido a su alta precisión de (0,5-2%) y la capacidad de medir tanto el esqueleto axial como el apendicular y componentes corporales. Este densitómetro mide los valores de densidad mineral ósea (DMO) en  $g/cm^2$ , contenido mineral óseo (CMO) g, además del área ( $cm^2$ ), altura (cm) y grosor (cm) del área que se desea explorar. En una tabla representa los valores de T-score y Z-score de las áreas deseadas. También proporciona los valores y porcentajes de referencia de DMO con respecto al adulto joven considerando el grupo de edad y sexo. Además tiene la capacidad de medir la tasa metabólica en reposo (TMR) cal/día, índice de masa corporal (IMC)  $Kg/m^2$ , masa magra y masa grasa en gramos (g) y en porcentajes (%) (Ibáñez, 2003). (Anexo 7)

Se utilizó este aparato gracias a la disponibilidad y el aporte institucional de la Clínica de Osteoporosis, Quito- Ecuador.

### **3.1.3 Procedimiento experimental**

Debido a las actividades estudiantiles e independientes a la investigación de los participantes que conformaron el grupo experimental, se optó por crear

el club de aeróbicos de la UDLA con el consentimiento y apoyo del Director del Departamento de Servicios Institucionales, para poder realizar las sesiones de ejercicio en un mismo horario en la sede Granados (Tabla 2).

**Tabla 3. Distribución horaria de la sesiones de entrenamiento.**

<b>HORA</b>	<b>DÍAS</b>	<b>GRUPO EXPERIMENTAL</b>
9:05 am a 10:05 pm	Lunes y miércoles	GE 1
9:05 am a 10:05 pm	Martes y jueves	GE 2

A continuación se describe el procedimiento aplicado al grupo experimental del estudio. EL programa de ejecución dual y modalidad combinada consistió en realizar un entrenamiento supervisado 2 veces por semana, durante 4 meses, para un total de 32 sesiones (Figura 22). Cada sesión de entrenamiento duró 60 minutos e incluyó una combinación de ejercicio aeróbico (i. e., 24 minutos de ejercicio aeróbico sin impacto a una intensidad de 75%-90% de su Frecuencia Cardíaca Máxima (FCM) y de salto progresivo (20 minutos de entrenamiento de impacto a un 60-75% de su (FCM) en este mismo orden.

El programa fue modificado progresivamente cada mes, convirtiéndose más demandante en cuanto a la magnitud (p, ej., desde a un nivel del piso progresando hasta pliométrico) y trayectoria del salto (p, ej., unidireccional y multidireccional).

La ejecución dual del programa, implicó que las participantes realizaran 2 sesiones de ejercicio en casa a la semana, este entrenamiento consistió únicamente en la ejecución de los saltos omitiendo el ejercicio aeróbico, por igual período de tiempo que el entrenamiento de supervisado.

Todas las sesiones de ejercicio del programa incluían 8 minutos iniciales de calentamiento y 8 minutos finales de enfriamiento o vuelta a la calma.



Durante el período que duró el estudio el grupo control no recibió ningún tipo de intervención.

### **3.1.3.1. Protocolo**

Primera semana.- Se aplicó el cuestionario de factores de riesgo de enfermedad coronaria como pre-requisito para asegurar el bienestar físico de las participantes durante el entrenamiento. También se aplicó la técnica de medida IDEXA.

- a) Primera y segunda semana.- Se realizó un acondicionamiento al ejercicio y se planteó como objetivos el adiestramiento de la auto-toma de la Frecuencia cardiaca. Así también se les enseñó a calcular la frecuencia cardiaca máxima y su frecuencia cardiaca de entrenamiento (Anexo 8).

Debido a la dificultad en cuantificar fácilmente la intensidad del ejercicio en términos de carga del hueso, particularmente para las actividades de resistencia y ejercicios pliométricos, y como se conoce que la magnitud de la carga del hueso incrementa en paralelo con la intensidad del ejercicio (Kohrt et al, 2004), se empleó el porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima de entrenamiento, como un indicador de la progresión y control de la magnitud del esfuerzo.

### **3.1.3.2 Parámetros y progresión de carga del entrenamiento supervisado**

- b) Tercera y cuarta semana.- en estas dos semanas el objetivo del entrenamiento de impacto consistió en saltos verticales a nivel del piso en ambas piernas.
- c) Quinta y sexta semana.- los saltos cambiaron a ser multidireccionales a nivel del piso con ambas piernas.
- d) Séptima y octava semana.- la variación de los saltos fue alternando ambas piernas a nivel del piso.

- e) Novena y décima semana.- el objetivo de estas dos semanas fue el cambio del ejercicio de impacto a saltos con ambas piernas desde cajón o grada de 40 cm (afuera del cajón) unidireccionales.
- f) Undécima y duodécima semana.- se cambió el ejercicio de impacto a saltos con ambas piernas desde cajón o grada de 40 cm (afuera del cajón) multidireccionales.
- g) Decimotercera y decimocuarta semana.- para esta estas dos semanas se planteó como objetivo el entrenamiento de saltos con ambas piernas hacia cajón de 40 cm con pliometría (drop jump) unidireccionales.
- h) En la semana decimoquinta hasta la decimoctava semana se estableció como objetivo final del entrenamiento de impacto saltos con ambas piernas hacia cajón de 40 cm, pliometría (drop jump) multidireccionales (Ver figura 15).

### **3.1.3.3. Parámetros y progresión de carga del entrenamiento no supervisado**

A las participantes se les proporcionó instrucciones específicas para la ejecución del entrenamiento en casa dos veces por semana, el cual incluyó ejercicios similares a los realizados durante las sesiones supervisadas, con la diferencia que debían cumplir con un número determinado de saltos por sesión.

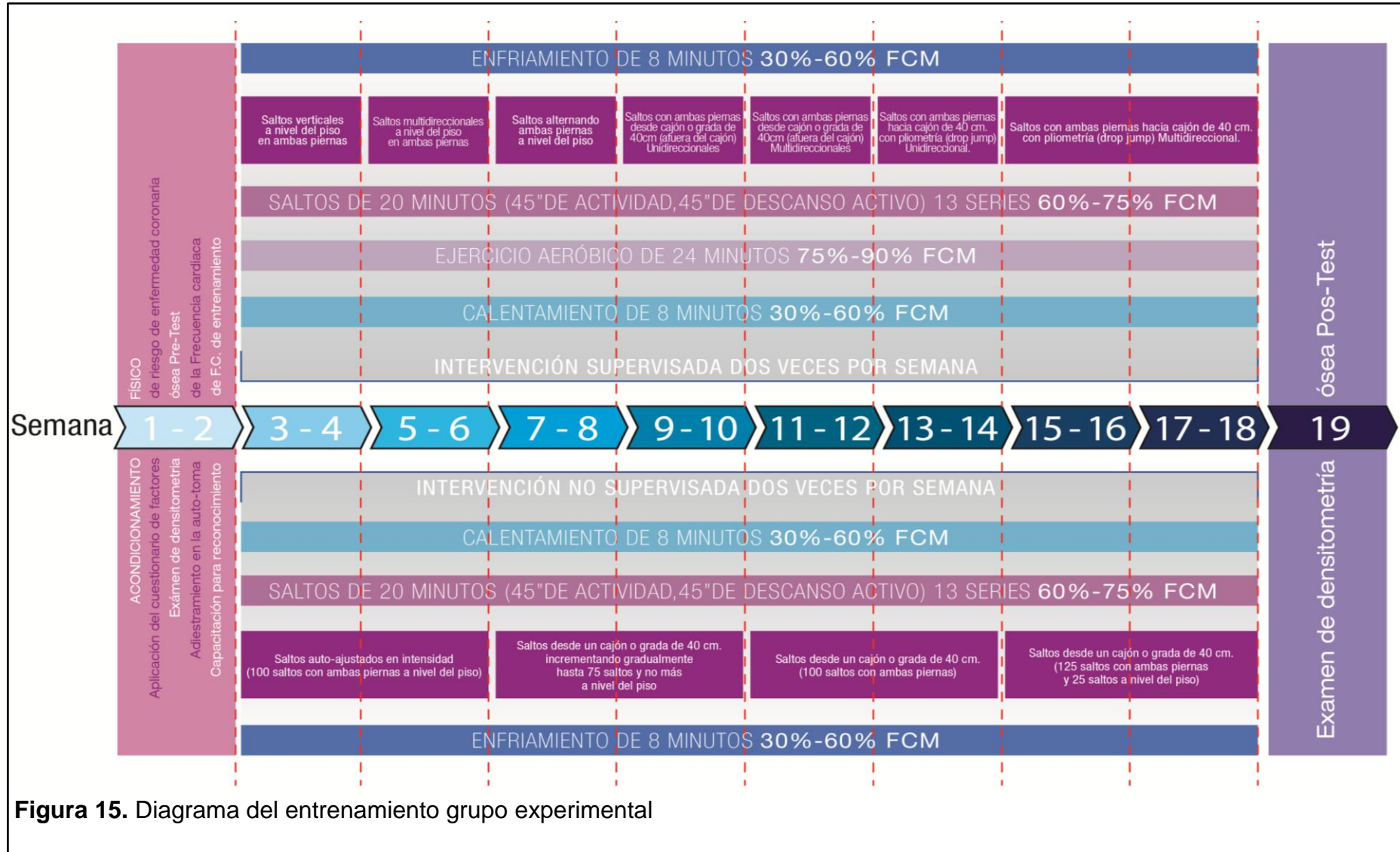
El cumplimiento del volumen de salto por sesión no supervisada fue monitoreado con un cronograma de seguimiento de actividades que le fue entregado a cada participante (Anexo 7).

A continuación se detalla los objetivos de progresión de los ejercicios planteados cada mes.

- a) Primer y segundo mes.- alcanzar 100 saltos con ambas piernas a nivel del piso.
- b) Tercer y cuarto mes.- saltos desde un cajón o grada de 40cm incrementando gradualmente hasta 75 saltos y no más a nivel del piso.

- c) Quinto y sexto mes.- saltos desde un cajón o grada de 40cm (hasta 100 saltos con ambas piernas).
- d) Séptimo y octavo mes.- saltos desde un cajón o grada de 40cm (125 saltos con ambas piernas y 25 saltos a nivel del piso) (Ver figura 15).

Como no existe un consenso sobre los parámetros de ejercicio, en términos magnitud y duración, que mejor condicionan el modelado óseo (Kohrt et al, 2004), este programa de ejercicio es una versión adaptada de previos estudios en los que se han reportado beneficios para el hueso (Bassey & Ramsdale, 1995; Bassey et al., 1998; Kemmler et al., 2003; Tucker et al., 2015)



### 3.2 Análisis de datos

Los datos descriptivos aparecen en forma de promedio con su respectiva desviación estándar ( $M \pm SD$ ).

Un análisis de varianza (ANOVA) factorial mixto de 2x2 (grupo x mediciones) fue aplicado en cada variable dependiente de interés para comprobar la efectividad del tratamiento.

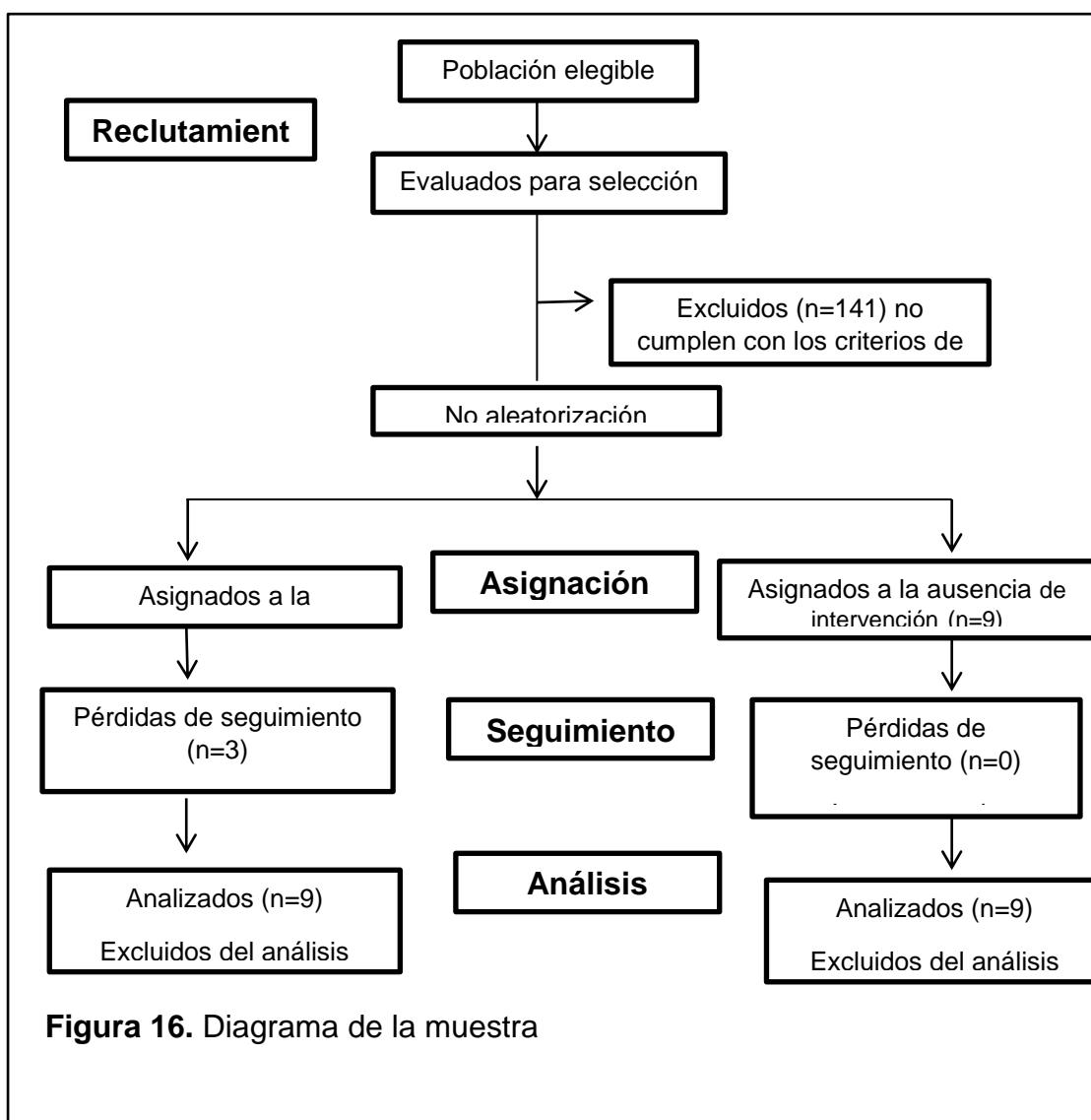
Para comparar el promedio de las variables relacionadas con la actividad física (minutos a la semana de actividad vigorosa, minutos a la semana de actividad vigorosa moderada, minutos a la semana de caminata), el tiempo sentado y la biodisponibilidad de calcio de la dieta, se realizó una prueba t-student para grupos independientes.

Una diferencia fue considerada significativa cuando  $p < 0,05$ . Para el análisis de los datos se utilizó el Paquete Estadístico SPSS para Windows (versión 20.0, Chicago, EE. UU.).

## CAPITULO IV RESULTADOS

### 4.1 Resultados

A continuación se describe el reclutamiento de los participantes de la población potencialmente elegible, se evaluaron a 311 participantes, de estas se excluyeron 141 que no cumplieron con los criterios de selección, posteriormente se asignaron por conveniencia a los grupos de intervención. Quedando los grupos de comparación de la siguiente manera: 12 en el grupo experimental y 9 en el grupo control. Durante la intervención hubo 3 pérdidas en el grupo experimental, finalmente se pudieron analizar 9 participantes en el grupo experimental y 9 en el grupo control.



Al evaluar el porcentaje de cumplimiento de las sesiones de ejercicio supervisados y en casa las participantes no cumplieron con el 17% del total de sesiones supervisadas y con 42% de sesiones en casa (Ver Anexo 9).

#### 4.1.2 Co- variables determinantes de composición corporal

En la tabla número 4 se presentan los resultados de las co-variables, para ambos grupos del estudio. Se puede observar que ambos grupos comenzaron el estudio con igual ingesta de calcio acumulado a la semana ( $t_{(16)} = 1.20$ ;  $p > 0.05$ ).

De igual forma, los minutos de actividad física vigorosa (minutos \* semana) ( $t_{(15)} = -1.22$ ;  $p > 0.05$ ), actividad física moderada (minutos\*semana) ( $t_{(8)} = -1.52$ ;  $p > 0.05$ ), y de caminata (minutos \*semana) ( $t_{(14)} = -1.306$ ;  $p > 0.05$ ) no fue significativamente diferente entre grupos al inicio de la intervención. El promedio de minutos sentados a la semana fue similar entre grupos ( $t_{(13)} = -0.96$ ;  $p > 0.05$ ) (tabla 3).

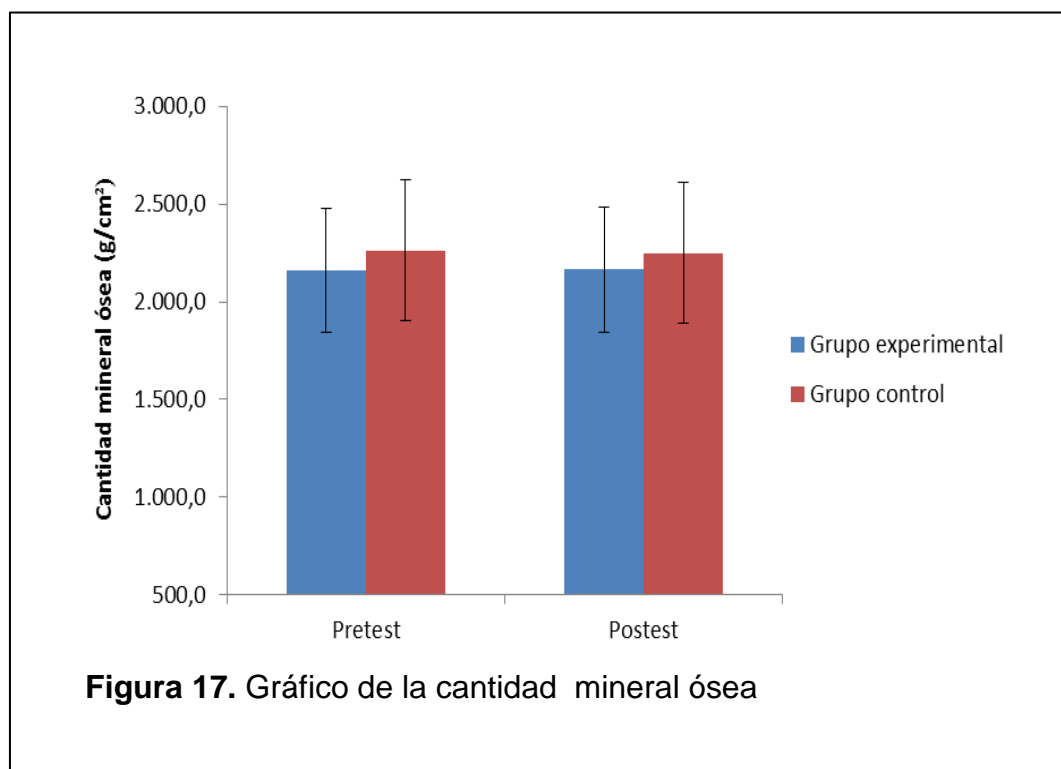
**Tabla 4. Co-variables**

Co-variables	Grupo experimental		Grupo control		T-student
	M	SD	M	SD	
Ingesta de calcio acumulado a la semana(g)	24.25	2.77	21.74	5.58	$t_{(16)} = 1.20$ ; $p > 0.05$
Actividad física vigorosa (minutos* semana)	165.55	126.10	257.50	181.79	$t_{(15)} = -1.22$ ; $p > 0.05$
Actividad física moderada (minutos*semana)	78.00	40.24	138.00	78.23	$t_{(8)} = -1.52$ ; $p > 0.05$
Caminar (min*sema)	249.37	263.09	451.25	348.97	$t_{(14)} = -1.306$ ; $p > 0.05$
Sentado (minutos*semana)	282.85	151.66	365.00	204.10	$t_{(13)} = -0.96$ ; $p > 0.05$

#### 4.1.3. Variables determinantes de composición ósea

La tabla número 5 muestra el resumen de la interacción para las variables determinantes de composición ósea. No se encontró diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo control para ninguna de las mediciones (ver figura 17).

Estos resultados indican que el programa de ejercicios físicos de ejecución dual y modalidad combinada no modificó la densidad mineral ósea total, entre L1 y L4, columna vertebral total, cuello femoral, y piernas, así tampoco la cantidad mineral ósea total, densidad mineral ósea en piernas y cantidad mineral ósea en piernas.



No se adjuntan los demás gráficos de los resultados ya que el comportamiento es similar al de la figura 17, no se encuentra una interacción significativa.



**Tabla 5. Resumen del ANOVA mixto de (2x2) para las variables determinantes de composición ósea:**

Variables determinantes de composición ósea	Grupo experimental				Grupo control				Interacción
	Pre-test		Pos-test		Pre-test		Pos-test		
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	
Densidad mineral ósea (g/cm <sup>2</sup> )	1.11	0.09	1.11	0.08	1.12	0.08	1.12	0.09	F <sub>(1;16)</sub> =0.250; p=0.624
Cantidad mineral ósea (g/cm <sup>2</sup> )	2160. 22	317. 24	216 4,83	319, 78	226 2,22	361, 10	224 8,11	361, 12	F <sub>(1,16)</sub> =2,617; p= 0,125
Densidad mineral ósea L1L4 (g/cm <sup>2</sup> )	1.11	0.09	1.12	0.10	1.21	0.10	1.22	0.09	F <sub>(1,16)</sub> =0,293; p=0,596
Densidad mineral ósea cuello femoral (g/cm <sup>2</sup> )	1.08	0.10	1.09	0.09	1.03	0,08	1.01	0.06	F <sub>(1,16)</sub> =1,99; p= 0,177
Densidad mineral ósea columna total (g/cm <sup>2</sup> )	1.02	0.09	1.02	0.10	1.10	0.11	1.08	0.09	F <sub>(1,16)</sub> =0,151; p= 0,702
Densidad mineral ósea piernas (g/cm <sup>2</sup> )	1.16	0.09	1.15	0.08	1.13	0.08	1.11	0.07	F <sub>(1,16)</sub> =0,073; p= 0,791
Cantidad mineral ósea en piernas (g)	769,5 5	121, 51	771, 70	120, 72	762, 66	116, 83	756, 55	124, 24	F <sub>(1,16)</sub> =1,320; p= 0,268

#### **4.1.4 Variables determinantes de composición corporal**

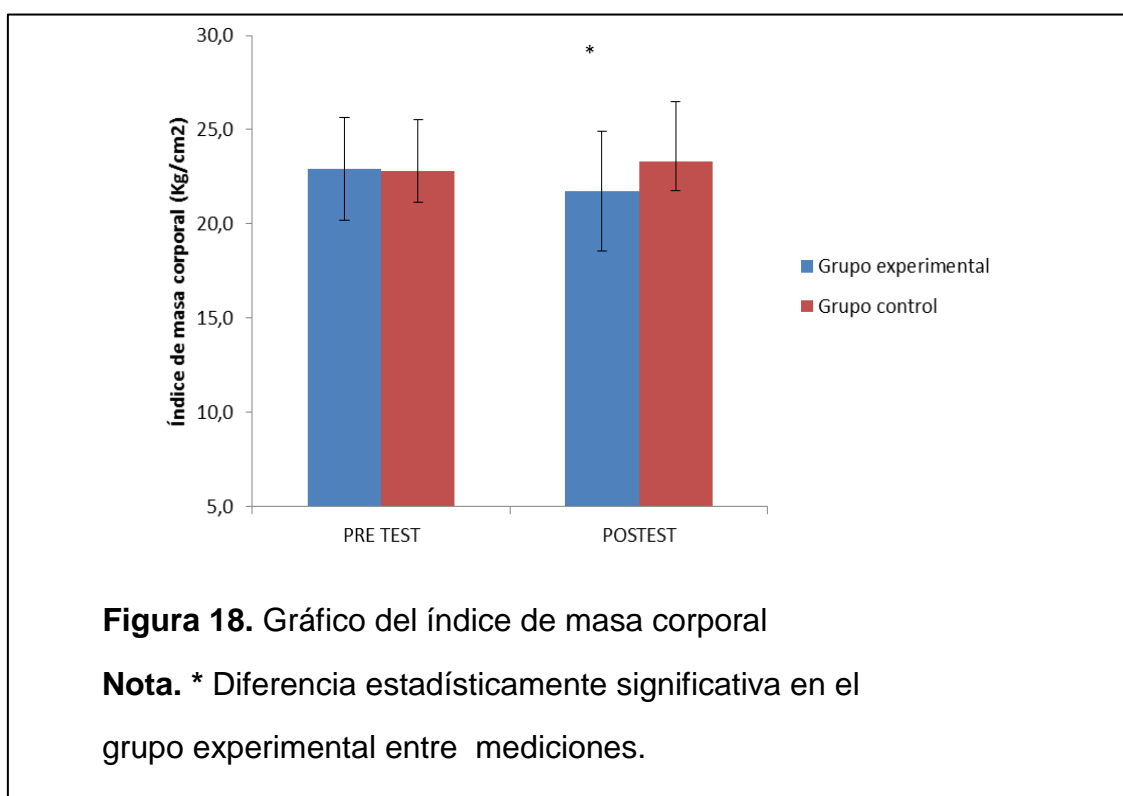
El ANOVA mixto de las variables relacionadas con la composición corporal no arrojó una interacción estadísticamente significativa (tabla 6), lo cual indica que no se encontró diferencias entre el grupo experimental y el grupo control para ninguna de las mediciones (ver figuras de la 28 a la 33). Estos resultados indican que el programa de ejercicios físicos de ejecución dual y modalidad combinada no afectó el porcentaje de masa magra total, porcentaje de masa grasa total y de piernas, así como la masa muscular en piernas.

**Tabla 6. Resumen del ANOVA mixto de (2x2) para las variables determinantes de composición corporal**

Variables determinantes de composición corporal	Grupo experimental				Grupo control				Interacción
	Pre-test		Pos-test		Pre-test		Pos-test		
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	
Índice de masa corporal (Kg/m <sup>2</sup> )	22.92	2.72	21.74	3.20	22.82	1.67	23.28	1.54	F <sub>(1,16)</sub> = 5,388; p= 0,034
Porcentaje de masa magra (%)	62.74	3.24	62.91	3.40	59.14	2.79	59.07	2.54	F <sub>(1,16)</sub> = 0,323; p=0,577
Porcentaje de masa grasa (%)	34.70	3.57	34.51	3.77	38.46	2.90	38.54	2.60	F <sub>(1,16)</sub> = 0,369; P= 0.552
Porcentaje de masa grasa en piernas (%)	35.57	2.94	35.65	2.95	40.25	4.44	40.10	4.43	F <sub>(1,16)</sub> = 0,378; p= 0,547
Masa total en piernas (Kg)	19.10	2.74	19.15	2.69	20.52	2.37	18.31	6.14	F <sub>(1,16)</sub> = 0,66; p= 0,80
Masa grasa en piernas (g)	6501,1	919,47	6546,1	987,71	8003,7	1440,1	8032,6	1726,41	F <sub>(1,16)</sub> = 0,004; p=0,952
Masa magra en piernas (g)	11824,22	1934,47	11844,44	1815,43	11770,66	1265,60	11859,00	1632,61	F <sub>(1,16)</sub> = 0,66; p=0,800

Por otro lado se puede observar en la tabla 6, que la variable de masa total en piernas en el grupo experimental tiene cierta tendencia a mantenerse durante la intervención mientras que la tendencia en el grupo control la tendencia fue a disminuir.

En la tabla 6 se observa una interacción significativa para los resultados del IMC ( $F_{(1;1.6)} = 5,388$ ;  $p = 0,034$ ). El *pos hoc* mostró que las diferencias se encontraron en grupo experimental entre el postest y pretest (puntaje de cambio=  $-1,184 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $p = 0,031$ ). En el grupo control no se encontró una diferencia significativa entre el pre y post test, tampoco se encontró diferencia entre grupo para ninguna de las mediciones (ver figura 18).



## CAPITULO V

### Discusión, limitaciones del estudio, conclusión

#### 5.1 Discusión

El objetivo de este estudio fue conocer el efecto de un programa de ejercicios físicos de ejecución dual (trabajo de tipo aeróbico y saltos de impacto) y modalidad combinada (práctica supervisada y no supervisada) en determinantes de salud ósea en mujeres en edad fértil. Se cumplió con 16 semanas que constaron de ejercicio aeróbico 2 veces a la semana y ejercicio de saltos 4 veces por semana, estos saltos comenzaron siendo verticales unidireccionales a nivel del piso sobre el mismo terreno con ambas piernas, la progresión y mecánica del salto tuvo una variación cada 2 semanas finalizando con saltos pliométricos desde y hacia un cajón de 40 cm utilizando el peso del cuerpo. Los resultados no mostraron diferencias significativas en las variables de composición ósea, ni en las variables de composición corporal excepto para la variable del IMC.

Sin embargo, la literatura reporta que, al haber un cambio de dirección y al realizar ejercicios de impacto se promueve el efecto osteogénico en el hueso (López, 2014), mientras que los ejercicios en los que predomina la contracción excéntrica como los pliométricos, son los responsables de una mayor activación osteogénica (Nickols-Richardson , Miller , Wootten, Ramp y Herbert,2006).

Un estudio realizado por Guadalupe-Grau y otros (2009) en 23 mujeres adultas jóvenes reportó que en 9 semanas de realizar ejercicios de saltos tipo polimétrico combinado con el ejercicio de fuerza, la producción de osteoclastina se correlacionó positivamente con el ejercicio, aumentando un 27% su concentración sérica, sin embargo este estudio no reportó resultados en DMO Parece ser que con intervenciones cortas como el estudio antes mencionado solo se puede observar cambios a nivel hormonal como mecanismo primario para la formación de nuevo hueso, mas no en la composición de este tejido.

Friedlander, Genant, Sadowsky, By y Glüer, (2009) realizó un estudio en mujeres pre menopáusicas en el cual combina entrenamiento aeróbico con levantamiento de pesas, su intervención se realizó durante 24 meses y reportaron cambios significativos en DMO en cuello de fémur y columna lumbar. Esta diferencia de resultados con nuestro estudio puede deberse específicamente al tiempo de intervención, por lo tanto esto indica que la duración del programa parece ser una variable de composición del ejercicio más determinante que la progresión de la mecánica del salto para lograr cambios significativos en las variables de salud ósea.

Se dio una similar respuesta en otro grupo de mujeres con mayor edad, por ejemplo, Basse, Rothwell, Littlewood y Pye, (1998) estudió a mujeres postmenopáusicas durante 12 meses realizando ejercicios de impacto (saltos verticales) con una frecuencia de 6 días a la semana incluyendo terapia hormonal, los resultados fueron positivos para DMO de cuello femoral.

Estos resultados negativos de nuestro estudio parecen ser la consecuencia del poco tiempo de intervención y de un deficiente estímulo mecánico necesario para formación de hueso nuevo provocado por el programa del ejercicio propuesto.

Al implementar intervenciones independientes, los resultados parecen ser similares que utilizando un protocolo de ejercicios combinados. Por ejemplo, un estudio en mujeres pre menopáusicas sanas realizado por Basse y Ramsdale (1994) con una intervención de ejercicio de bajo impacto demostró que mientras más tiempo exista de intervención serán mejores los resultados obtenidos, en dicho estudio en la primera toma (6 meses) se evidenció un aumento de 3,4% de DMO en trocanter y en la segunda toma (12 meses) se pudo observar un aumento del 4.1%.

En otro estudio publicado recientemente por Mosti y otros (2014) que tuvo por objetivo estudiar el efecto de un programa de entrenamiento de fuerza máxima para mejorar la DMO, encontraron que al realizar 4 series de 3-5 repeticiones de sentadillas con el 85-90% de 1RM durante 12 semanas, se obtienen valores significativos en el pico de masa ósea. Estos resultados sugieren que el

entrenamiento de fuerza por si solo es un estímulo adecuado para alcanzar una de masa ósea adecuada en menor tiempo respecto a lo reportado en la literatura anteriormente.

Estos hallazgos indican que para tener un efecto positivo en DMO en corto tiempo, el ejercicio debería tener las características mencionadas anteriormente. Cabe recordar que en nuestro estudio se combinaron durante 16 semanas dos modalidades de ejercicio, el aeróbico y ejercicio de impacto, con una intensidad de esfuerzo constante y modificando la progresión de la mecánica del salto cada dos semanas, el cual al parecer no garantiza un estímulo adecuado para producir mínimos cambios en la modelación del tejido óseo. En relación a las **variables de composición corporal** se encontró que el porcentaje de masa magra, el porcentaje de masa grasa, porcentaje de masa grasa en piernas, masa total en piernas, masa magra en piernas, masa grasa en piernas no tuvieron cambios significativos después de la intervención. Guadalupe-Grau y otros (2009) reportaron que después de 9 semanas de realizada su intervención que consistió en ejercicios pliométricos combinado con el ejercicio de fuerza en mujeres adultas jóvenes, no se encontró un cambio en la variable masa grasa total, pero si menciona la significativa disminución de la leptina en suero, una importante hormona que se encarga de la regulación del peso corporal, al disminuir la lipogénesis y estimular la lipólisis con cierta generación de energía. Parece ser que con intervenciones de corta duración que no involucren ejercicio de resistencia únicamente se puede observar cambios a nivel hormonal más no en la composición tisular del hueso.

De interés particular en nuestro estudio fueron los cambios observados en el IMC. A pesar de que no hubo diferencias entre grupos en el post-test para esta variable, el análisis estadístico mostró que en el grupo experimental hubo una diferencia significativa (puntaje de cambio=  $-1,184 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $p= 0,031$ ) entre el pre y post-test. Estos resultados están en concordancia con lo que demuestra la literatura, por ejemplo, una investigación que tuvo como objetivo evaluar los cambios de la composición corporal como el IMC, en 2 dos grupos de mujeres con edades entre 18-24 años que fueron sometidas a un entrenamiento aeróbico durante dos meses con una frecuencia de 3 veces por semana y con

una duración de 60 minutos, encontró una disminución significativa en el peso corporal, masa grasa y el IMC. Este último componente comenzó a disminuir desde la segunda semana de entrenamiento pero sus valores fueron significativos a la sexta y octava semana (Stasiulis, Mockiene, Vizbaraitė & Mockus, 2010).

## **5.2 Puntos fuertes y débiles del estudio**

### **Puntos fuertes**

A nuestro conocimiento este es el primer estudio que demuestra que un programa de ejercicios aeróbicos combinado con ejercicios de impacto progresivo (donde se comienza con saltos verticales unidireccionales sobre el mismo terreno seguidos de saltos multidireccionales y finaliza con saltos pliométricos desde una caja de 40 cm utilizando el peso del cuerpo), de ejecución dual (supervisado y no supervisado) y sin ingesta de calcio realizado en corto tiempo (16 semanas), no modifica las variables determinantes de salud ósea medibles en una densitometría ósea.

Otro punto fuerte en nuestro estudio fue incentivar la actividad física en mujeres adultas jóvenes menores a 30 años con el objetivo de mantener una vida saludable y promover la salud ósea como recomienda la Organización Mundial de la Salud (2007).

### **Puntos débiles**

La hipótesis presentada en este estudio no fue probada, y una de las razones a este hecho se relaciona con el pobre cumplimiento de las sesiones de ejercicio en casa, la intensidad seleccionada y el tamaño de muestra.

Se debe reconocer que la adherencia de las participantes al programa de ejercicios no fue la esperada, debido a la inasistencia del grupo experimental durante las sesiones presenciales siendo el 17% de un total de 16 sesiones, y en las sesiones auto-dirigidas en casa fue aún mayor con un porcentaje de inasistencia del 42% de las 16 semanas no supervisadas. Por otra parte, al no existir supervisión para corroborar la correcta ejecución de los ejercicios y el



número de repeticiones, las participantes pudieron alterar la mecánica del salto y no cumplir con el volumen de ejercicio prescrito para cada sesión de ejercicio. En relación a esto, varios autores mencionan que es posible emplear un protocolo de ejercicio en casa (Kohrt, 2004; Vainionpää et al., 2006), siempre y cuando se haya realizado una correcta capacitación de la ejecución del ejercicio (Sañudo et al, 2012), pese a que en nuestro estudio se realizó un adiestramiento del programa de ejercicio previo a la intervención, no se puede asegurar que la ejecución del salto en casa haya sido la correcta.

Por otro lado, se observó que en las sesiones de entrenamiento supervisadas las participantes manifestaron fatiga durante los ejercicios de salto, aun cuando las participantes recibieron 4 semanas de acondicionamiento físico previo a la intervención, y que la intensidad del ejercicio estuvo regulada por la frecuencia cardiaca de entrenamiento propuesto. Este hecho impidió la completa y correcta ejecución en algunas series de repeticiones y desmejoró la calidad y la explosividad del movimiento, posiblemente con un impacto negativo en las variables estudiadas.

Como último punto débil del estudio fue el reducido tamaño de la muestra. Por ejemplo Fernández, Baptista y Hernández (2014) mencionan que el tamaño mínimo de la muestra de un estudio cuasi-experimental debe ser de 15 sujetos por grupo de comparación y esto hace que el estudio sea menos confiable ya que no se cumplirá con el error máximo admisible para este tipo de estudio. En este estudio no se pudo reclutar la cantidad mínima que recomienda la literatura para este tipo de estudio, debido a que hubo un gran número de criterios de exclusión, además de poca disponibilidad y adherencia de las participantes para asistir a las sesiones del programa de ejercicio.

### **5.3 Conclusión**

En base a todo lo expuesto anteriormente se puede concluir que un programa de ejercicios físicos durante 16 semanas de ejecución dual (2 sesiones supervisadas y 2 sesiones en casa) y modalidad combinada (ejercicio de tipo aeróbico y saltos de impacto) no tiene un efecto significativo en las

determinantes de salud ósea en mujeres de edad fértil. Sin embargo, hubo cierta tendencia a la reducción del IMC.

Estos resultados fueron consecuencia de varios factores, entre los cuales está, la corta duración del programa de ejercicios propuesto e inadecuado estímulo producido por el ejercicio de impacto progresivo, elevada intensidad de trabajo en relación a la condición física de las participantes, incumplimiento de un 50% de las sesiones no supervisadas y un reducido tamaño de la muestra.

### **Recomendaciones**

Al aumentar la progresión en la mecánica del salto y disminuyendo el tiempo total de entrenamiento no se observan efectos positivos en las determinantes de salud ósea estudiadas, así como tampoco en la mayoría de las variables de composición corporal. No obstante, se necesitan más estudios para confirmar estos resultados. Se recomienda que futuros estudios en donde se replique este mismo esquema de progresión de la mecánica del salto (e. j. Volumen constante y mecánico invariable de salto) emplee un tiempo de intervención superior a las 16 semanas, y una mayor muestra.

Como una última recomendación se aconseja realizar la ejecución del programa de ejercicio en presencia de los investigadores con el fin de controlar el correcto cumplimiento del programa.

## REFERENCIAS

- Acosta Cedeño, A., Acosta, L., Díaz, C., Navarro, D., & Cabrera, M. (2015). Calidad ósea en adultos de edad mediana. *Revista Cubana de endocrinología*, 26(2), 147-157.
- Aguirre, J. L., Plotkin, L. I., Stewart, S. A., Weinstein, R. S., Partfitt, A. M., & Monolagas, S. C. (2006). Osteocyte apoptosis is induced by weightlessness in mice and precedes osteoclast recruitment and bone loss. *J Bone Miner Res*, 27(3), 605-615.
- Angulo, M. T., & Dobao, C. (2010). Biomecánica clínica biomecánica del hueso. *Reduca*, 2(3), 32-48.
- Argüelle,s, F., & Polanco , I. (2006). Prevención de la osteoporosis en la infancia. *Rev. Med Univ Navarra*, 50(4), 56-61.
- Arguelles, F. & Allué, P. (2006). Prevención de la osteoporosis en la infancia. *Revista de Medicina*, 50(4), 56-61.
- Bailey, D. A., Faulkner, R. A., & McKay, H. A. (1996). Growth, physical activity and bone mineral acquisition. *Exercise & Sport Sciences Reviews*, 24, 233-266.
- Bailey, D. A., Faulkner, R. A., & McKay, H. A. (1996). Growth, physical activity and bone mineral acquisition. *Exerc Sport Sci Rev*, 24(1), 233- 266.
- Bassey, E. J., & Rothwell, M. C. (1994). Increase in femoral bone density in young women following high-impact exercise. *Osteoporosis International*, 4(2) 72-75.
- Betancourt, S. (2014). Densidad mineral ósea, calcio dietético y factores presuntivos de riesgo de osteoporosis en mujeres ecuatorianas de la tercera edad. *Nutrición hospitalaria*, 30(2), 372- 384.
- Bonewald, L. F., & Johnson, M. L. (2008). Osteocytes, mechanosensing and Wnt signaling. *Bone*, 42(4), 606-615.
- Bonjour, J.-P., Theintz, G., Buchs, B., Slosman, D., & Rizzoli, R. (1991). Critical years and stages of puberty for spinal and femoral bone

- mass accumulation during adolescence. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 73(3), 555-563.
- Borer, K. T. (2005). Physical activity in the prevention and amelioration of osteoporosis in women: interaction of mechanical, hormonal and dietary factors. *Sports Medicine*, 35(9), 779-830.
- Bracho, C., Arízaga, F., & Arízaga, E. (2009). Consenso de manejo de fracturas osteoporóticas. *Comité Ecuatoriano de Manejo de fracturas osteoporóticas*, 2(1), 35-70.
- Burr, D., Turner, C., Naicka, P., Forwood, M., Ambrosiusa, W., Hasana, S., y otros. (1998). Does microdamage accumulation affect the mechanical properties of bone? *Journal of Biomechanics*, 31(4), 337-345.
- Calle, M. (2003). Epidemiología ecuatoriana de la menopausia, climaterio y osteoporosis. *Revista Ecuatoriana de Ginecología Obstetricia*, 10(3), 277-286.
- Chien, M.Y., Wu, Y. T., Hsu, A.T., Yang, R. S. & Lai, J.S. (2000). Efficacy of a 24-week aerobic exercise program for osteopenic postmenopausal women. *Calcified Tissue International*, 67, 443-448.
- Chilibeck, P. D., Sale, D. G., & Webber, C. E. (1995). Exercise and bone mineral density. *Sport Med*, 19(2), 103-122.
- Clark, P., Chico, F., Fernando, C., Zamudio, F., Pereira, R., Zanchetta, J., Castillo, J., (2013). Osteoporosis en América Latina: revisión de panel de expertos, *Medwave*, 13(8), 1-6.
- Contreras, F., Fouillioux, C., Bolívar, A., Jiménez, S., Rodríguez, S., García, M., y otros. (2001). Osteoporosis: Factores de riesgo, prevención y tratamiento. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 20(1), 27-37.
- Cooper, C., Cawley, M., Bhalla, A., Egger, P., Ring, F., Morton, L., y otros. (2009). Childhood growth, physical activity, and peak bone mass in women. *J Bone Miner Res*, 3(2), 940-947.

- D,R., Chapurlat, K & Genant (2016) Osteoporosis. En J.L Jameson, L, J de Groote, D. Kretser, L.C, Guidice, A, *Endocrinology: Adult and Pediatric* (pp. 1184-1213). Philadelphia: ELSEVIER.
- De la Fuente, C., Lomas, E. (2008). *Osteoporosis y fracturas en el anciano*. En: Guillén Llera F, Pérez del Molino J, Petidier. *Síndromes y cuidados en el paciente geriátrico* (pp. 854-913). Barcelona:ELSEVIER.
- Despaigne, D., Céspedes, I., & Diaz, C. (2008). Estilos de vida y salud ósea en mujeres de edad mediana. *Revista Cubana de endocrinología*, 19(3), 10-14
- Dofour , M., & Pillu, M. (2006). *Biomecánica funcional (bases anatómicas, estabilidad, movilidad tensiones)*. Barcelona: Masson.
- Dorado, C. J., Sanchis Moyis, Vicente, G., Serrano, J. A., Rodriguez, L. R., & Calbet, J. A. (2002). Bone mass, bone mineral density and muscle mass in professional golfers. *J Sports* , 20(8), 591-597.
- Fernandez, C., Baptista, P., & Hernandez , R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Fernández-Tresguerres , I., Alobera, M. A., Canto, M., & Jerez, L. B. (2006). Bases fisiológicas de la regeneración ósea II.Proceso remodelado. *Med Oral Patol Oral Cir*, 17(5), 151-157.
- Friedlander, A. L., Genant, H. K., Sadowsky, S., By, N. N., & Glüer, C.-C. (2009). A two-year program of aerobics and weight training enhances bone mineral density of young women. *Journal of Bone and Mineral Research*, 10(4), 574-585.
- Fuchs, R. K., Bauer, J. J., & Snow, C. M. (2001). Jumping improves hip and lumbar spine bone mass in prepubescent children: a randomized controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Research*, 16(1), 148-156.
- Fuller, K., Wong, B., Fox, S., Choi, Y., & Chambers, T. J. (1998). TRANCE Is Necessary and Sufficient for Osteoblast-mediated Activation of Bone Resorption in Osteoclasts. *JEM*, 188(5), 997- 1001.

- Galli, C., Passeri, G., & Macaluso, G. M. (2010). Osteocytes and WTN: the mechanical control of bone formation. *J Den Res*, 89(4), 331-343.
- Gilsanz, V., Skaggs, D. L., Kovanlikaya, A., Sayre, J., Loro, M. L., & Kaufman, F. (1998). Differential effect of race on the axial and appendicular skeletons of children. *J Clin Endocrinol Metab*, 83(5), 1420-1427
- Grossman, S. Melmed, y otros, (2016). *Endocrinology: Adult and Pediatric* Philadelphia: ELSEVIER
- Guadalupe-Grau, Perez-Gomez, J., Olmedillas, H., Chavarren, J., Dorado, C., Santana, A., y otros. (2009). Strength training combined with plyometric jumps in adults: sex differences in fat-bone axis adaptations. *J Appl Physiol*, 106(4).1100-1111.
- Gustavsson, A., Thorsen, K., & Nordstrom, P. (2003). A 3-Year longitudinal study of the effect of physical activity on the accrual of bone mineral density in healthy adolescent males. *Calcif Tissue Int*, 73, 108-114.
- Guyton, & Hall. (2006). *Tratado de fisiología médica*. Madrid: McGrawHill.
- Hailey, D., Sampietro-Colom, L., Marshall, D., Rico, R., Granados, A., & Asua, J. (1998). The effectiveness of bone density and associated for prevention of fractures an international collaborative review. *Int J Technol Asses Health Care*, 14(2), 237-254.
- Hain, Z. H., Palnitkat, S., Rao, D. S., Nelson, D., & Parfitt, A. M. (1996). Effect of ethnicity and age or menopause on the structure and geometry of iliac bone. *J Bone Miner Res*, 11(12), 1967- 1975.
- Isidro, F., Pinsach, P., Costa, M., Heredia, J. (2007) *Manual del entrenador personal*. Badona: Paidotribo,.
- Jameson, J. L., De Groot, L. J., Kretser, DR., Giudice, L. C., Grossman, A., Kanis, J., (2007) *behalf of the World Health Organization Scientific Group (2007). Assessment of osteoporosis at the primary health-care level. Technical Report.* (Project of University of Sheffield) UK: WHO Collaborating Centre.
- Kannus, P., Haapasalo, H., Sankelo, M., Sievanen, H., Pasanen, M., Heinonen, A., y otros. (1995). Effect of starting age of physical activity

- on bone mass in the dominant arm of tennis and squash players. *Ann Intern Med*, 123(1), 27-31.
- Kato, T., Terashima, T., Yamashita, T., Hatanaka, Y., Honda, A., & Umemura, Y. (2006). Effect of low-repetition jump training on bone mineral density in young women. *J Appl Physiol*, 100, 839-843.
- Kelley, G. A., & Kelley, K. S. (2004). Efficacy of resistance exercise on lumbar spine and femoral neck bone mineral density in premenopausal women: a meta-analysis of individual patient data. *Journal of Women's Health*, 13(3), 293-300.
- Kemmler, W., Engelke, K., Weineck, J., Hensen, J. & Kalender, W.A. (2003). The Erlangen Fitness Osteoporosis Prevention Study: a controlled exercise trial in early postmenopausal women with low bone density— first-year results. *Arch Phys Med Rehabil*, 84, 673-82.
- Khan, A., Syed, Z. (2004). Bone densitometry in premenopausal women: Synthesis and review. *Journal of Clinical Densitometry*. 7(1), 85-92.
- Kohrt, W. M., Bloomfield, S. A., Little, K. D., Nelson, M. E. & Yingling, V. R. (2004). Position Stand. Physical activity and bone health. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 195, 9131-9104.
- Ksiezopolska-Orlowska, K. (2010). Changes in bone mechanical strength in response to physical therapy. *Pol Arch Med Wewn*, 120(9), 368-373.
- Lafita, J. (2003). Fisiología y fisiopatología ósea. *Anales del sistema sanitario de Navarra*, 6, 7-17.
- Langlois, J. A., Rosen, C., Visser, M., Hannan, M. T., Harris, T., Wilson, P. W., y otros. (1998). Association between insulin-like growth factor I and bone mineral density in older women and men: The framingham heart study. *Endocrine Society (JCEM)*, 8(12), 4257-4262.
- Lirani-Galvão, A. P., & Lazaretti-Castro, M. (2010). Physical approach for prevention and treatment of osteoporosis. *Arq Bras Endocrinol Metabol*, 54(2), 171-178
- López- Calbet, J. A., Dorado-García, C., & Sanchís-Moysl, J. (2008). *Osteoporosis y ejercicio*. (pp. 367-387). Madrid: Panamericana.

- López, J. (2014). *Actividad física aplicada a la osteoporosis*. Barcelona: Elsevier
- Martínez, J., Martínez, L., García, M., Martínez, - Almagro (2005) Principios de fisioterapia en osteoporosis. *Revista de Fisioterapia*, 4(1) 25-35.
- Martyn-St, M. J., & Carroll, S. (2010). Effects of different impact exercise modalities on bone mineral density in premenopausal women: a meta-analysis. *J Bone Miner Metab*, 28, 251-267.
- Melmed, S., y otros. (2016). *Endocrinology : Adult and Pediatric*. Philadelphia: Elsevier.
- Mendoza, N. (2008). *Farmacología Medica*. Mexico DF: Panamericana.
- Morris, H. L., Reed, C. I., Haycock, J. W., & Reilly, G. C. (2010). Mechanisms of fluid-flow-induced matrix production in bone tissue engineering. *Proc Inst Mech Eng H*, 228(1), 1509-1521
- Mosti, M., Carlsen, T., Ass, E., Stunes, A., Syversen, U (2014) Maximal strength training improves bone mineral density and neuromuscular performance in young adult . *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(10), 2935-2945.
- Muzzo, S. (2002) Evolución de los problemas nutricionales en el mundo. El caso de Chile. *Revista Chilena de Nutrición*, 29(2), 78-85.
- National Institute of Health. (2001). Osteoporosis prevention, diagnosis and therapy. *JAMA*, 119, 785-795.
- Navarro M, Torres B, Masanés F, Sacanella E, López-Soto A. Osteoporosis en el anciano. *Revisit Multidisciplinary the Gerontology* 2010; 20(3): 104-113.
- Nickols-Richardson , S. M., Miller , L. E., Wootten, D. F., Ramp, W. K., & Herbert, W. G. (2007). Concentric and eccentric isokinetic resistance training similarly increases muscular strength, fat-free soft tissue mass, and specific bone mineral measurements in young women. *Osteoporosis Int*, 18 (6), 789-796.
- Nordi, M., & Frankel, V. (2013). *Bases biomecánicas del sistema musculoesquelético*. Barcelona : Wolters Kluwer.



- Nordin, C. B. (2013). Reflections on Osteoporosis. En R. Marcus, D. Feldman, D. W. Dempster, M. Luckey, & J. Cauley, *Osteoporosis* (pp, 31-50). California: Elsevier.
- Organización Mundial de la Salud. (2007). *Anticoncepción hormonal y salud ósea*. Departamento de salud reproductiva e investigaciones conexas. Disponible en [http://www.who.int/reproductivehealth/topics/family\\_planning/pbrief\\_bonehealth\\_es.pdf](http://www.who.int/reproductivehealth/topics/family_planning/pbrief_bonehealth_es.pdf)
- Palombaro, K. M. (2005). Effects of Walking-only Interventions on Bone Mineral Density at Various Skeletal Sites: A Meta-analysis. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 28(3),102-107.
- Pérez-Ruiz, M. (2006). *Osteoporosis y ejercicio. Fisiología del ejercicio*. Madrid: Medica Panamericana.
- Petterson, U., Alfredson, H., Nordstrom, P., Henriksson-Larsen, K., & Lorentzon, R. (2006). Bone mass in female cross-country skiers: relationship between muscle strength and different BMD sites. *Calcif Tissue Int*, 67,199-206
- Poole, K. E., & Compston, J. E. (2006). Osteoporosis and its management. *BMJ, Diciembre*, 1251-1256.
- Porth, C. M. (2011). *Fundamentos de Fisiopatología*. Barcelona: España.
- Quesada, J. M., Sosa, M. (2011). Nutrición y Osteoporosis. Calcio y vitamina D. *Revista de Osteoporos Metabolismo Mineral*, 3(4), 165.
- Raisz, L. G. (2005). Pathogenesis of osteoporosis: Concepts, conflicts, and prospects. *J. Clin Inves*, 115(12), 3318-3325.
- Rantalainen, T., Weeks, B., Nogueira, R. C., Beck, B. R. (2015). Effects of bone-specific physical activity, gender and maturity on tibial cross-sectional bone material distribution: a cross-sectional pQCT comparison of children and young adults aged 5–29 years. *The bone journal*. 72, 101- 108.
- Riggs, B. L., & Melton , L. J. (1986). Involutional osteoporosis. *N Engl J Med*, 314,1676-1686

- Rodríguez, Ortega , A., & Alonso. (2003). *Fracturas osteoporóticas prevención y tratamiento*. Madrid: Panamericana.
- Roland, Chapurlat, Harry, & Genant. (2016). Osteoporosis. En J. L. Jameson, L. J. De Groot, D. Kretser, L. C. Giudice, A. Grossman, S. Melmed, y otros, *Endocrinology: Adult and Pediatric* (pp. 1184-1213). Philadelphia: ELSEVIER.
- Rubin, C., Turner, A. S., Malleckrodt, C., Jerome, C., McLeanod, K., & Bain, S. (2002). Mechanical strain, induced noninvasively in the high-frequency domain, is anabolic to cancellous bone, but not cortical bone. *Bone*, 30 (3),445-452.
- Sañudo, B., Martínez, V., Muñoa, J., Feria, A., Carbonell, A., Del Pozo-Cruz, B., y otros. (2012). *Actividad física en poblaciones especiales. Salud y calidad de vida*. Sevilla: Wanceulen.
- Seeman, E. (2008). Structural basis of growth-related gain and age-related loss of bone strength. *Rheumatology*, 47(4), 2-8.
- Sociedad Española de Reumatología. (2007). Documento de consenso sobre la osteoporosis postmenopausicas . *Reumatol Clin*, Junio, 26-33.
- Stasiulis, A., Mockiene, A., Vizbaraitė, D., & Mockus, P. (2010). Aerobic exercise-induced changes in body composition and blood lipids in young women. *Medicina (Kaunas Lithuania)*, 46(2), 129-134.
- Stevens , A., & Lowe , J. (1998). *Histología Humana*. Madrid: Harcourt Brace.
- Taaffe , D. R., Robinson, T. L., Snow, C. M., & Marcus, R. (1997). High-impact exercise promotes bone gain in well-trained female athletes. *J Bone Miner Res*, 12 (2), 255-260.
- Torregrossa R. 2008 Síndromes y cuidados en el paciente geriátrico. 2ª ed. Barcelona: Masson.
- Turner, C. H. (2007). Aging and fragility of bone . *J Musculoskelet Neuronal Interact*, 7(4), 342-343.
- Vainionpää, A., Korpelainen, R., Vihriälä, E., Rinta-Paavola, A., Leppäluoto, J. & Jämsä, T. (2006). Intensity of exercise is associated with bone density change in premenopausal women. *Osteoporos Int*, 17, 455–463.

- Vicente, D. (2014). Efectos del ejercicio físico sobre la osteopenia y la osteoporosis. En J. López, *Actividad física aplicada a la osteoporosis* (pp. 65-72). Barcelona: Elsevier.
- Ward, L., Mughal, M. Z., K, L., & Bachrach. (2013). Osteoporosis in Childhood and Adolescence. En R. Marcus, D. Feldman, D. W. Dempster, M. Luckey, & J. A. Cauley , *Osteoporosis* (pp. 1037-1086). California: Elsevier.
- Weaver , C. M., Teegarden , D., Lyle, R. M., McCabe, G. P., Proulx , W., Kern , M., y otros. (2001). Impact of exercise on bone health and contraindication of oral contraceptive use in young women. *Medicine and Science in Sports and Exercise* , 33(6), 873-880.
- Wheater, P. R., Burkitt, H. G., & Daniels, V. G. (1987). *Functional Histology Churchill Livingstone.*
- Winters, K. M., Titus, M., & Snow, C. M. (1996). Progressive jump and lower body resistance training hip bone mass in premenopausal women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31, S83.

## **ANEXOS**

## **Anexo 1. Consentimiento informado**

### **Consentimiento Informado (Grupo Experimental)**

**PROPÓSITO DEL PROYECTO:** La investigación en la cual usted participará, será desarrollada por las estudiantes Marieta Estefanía Almeida Espinoza, Daniela Michelle Suquilanda Gallegos, como parte final del currículum académico para optar por el grado científico de Licenciada en Terapia Física que otorga la Universidad de las Américas. Por presentar un adecuado rigor científico y ético, dicha investigación fue aprobada por Lic. Marcelo Baldeón director de la carrera de Fisioterapia.

Con este estudio se espera evaluar el efecto de un programa de ejercicios físicos de ejecución dual y modalidad combinada en determinantes de salud ósea en estudiantes mujeres en edad fértil. La investigación se llevará a cabo por un período de 10 meses y en ella participarán sujetos con características similares a las de usted en cuanto a sexo, grupo de edad, raza y estructura física.

Debe conocer que al llenar la ficha de recolección de datos usted nos informará si usted es elegible para participar en las restantes etapas del estudio. De no ser elegible, se le informará esta condición y usted ya no será sujeto de estudio, apartando de toda responsabilidad legal a los encargados de la investigación una vez que usted sea informado de su exclusión. Los responsables de esta investigación se reservan el derecho de admisión en las etapas del estudio.

#### **RIESGOS:**

1. La participación en esta investigación puede significar ciertos riesgos o molestias para usted por lo siguiente: Durante las mediciones corporales es posible que sienta pérdida de privacidad y sienta incomodidad o ligera molestia cuando se le esté tomando la densitometría ósea, antropometría. Al tomar las medidas de presión es posible que sienta incomodidad o ligera molestia por la presión que le ejerce el brazalete en el brazo.

2. Si sufriera algún daño como consecuencia de los procedimientos a que usted será sometido durante la realización de este estudio, los investigadores participantes le brindarán una referencia del profesional apropiado, de modo tal que se le realice el tratamiento necesario para su total recuperación. Se hará todo lo posible para minimizar la incidencia de fenómenos dañinos para su salud. Habrá material de emergencia y personal entrenado disponibles para hacer frente a estas situaciones en el caso de que se produzcan.

#### BENEFICIOS:

1. Como resultado de su participación en este estudio, los beneficios que se obtendrán serán los siguientes: se le brindará una valoración documentada de los factores/marcadores que ponen en riesgo su salud ósea actual y durante la vida adulta. En caso de presentar factores/marcadores de riesgos identificables y modificables, a usted se le asesorará con todo el rigor científico-técnico disponible para que mejore su estado de salud. A estos beneficios se agrega que los investigadores conocerán más acerca de los procedimientos y técnicas desarrolladas en usted, y este conocimiento probablemente beneficiará a otras personas en el futuro.

2. Antes de dar su autorización para este estudio, usted debe haber hablado con Marieta Almeida o Daniela Suquilanda ellos deben haber contestado satisfactoriamente todas sus preguntas. Si quisiera información extra más adelante, puede obtenerla llamando 0984357398/ 0995227163 respectivamente.

3. Recibirá una copia de esta fórmula firmada para su uso personal.

4. Su participación en este estudio es voluntaria. Tiene el derecho de negarse a participar o a discontinuar su participación en cualquier momento, sin que esta decisión afecte la calidad de la atención médica (o de otra índole) que requiera.

5. Su participación en este estudio es confidencial, los resultados podrían aparecer en una publicación científica o ser divulgados en una reunión científica pero de una manera anónima.

6. No perderá ningún derecho legal por firmar este documento.

## **CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Para ser firmado por el participante

He leído o se me ha leído, toda la información descrita en esta fórmula, antes de firmarla. Se me ha brindado la oportunidad de hacer preguntas y éstas han sido contestadas en forma adecuada. Por lo tanto, accedo a participar como sujeto de investigación en este estudio

---

---

Nombre y firma del sujeto

Fecha.

### **Consentimiento Informado (Grupo Control)**

**PROPÓSITO DEL PROYECTO:** La investigación en la cual usted participará, será desarrollada por las estudiantes: Marieta Estefanía Almeida Espinoza, Daniela Michelle Suquilanda Gallegos, como parte final del currículum académico para optar por el grado académico de Licenciatura en Terapia Física que otorga la Universidad de las Américas. Por presentar un adecuado rigor científico y ético, dicha investigación fue aprobada para su implementación por la Dirección de la Escuela de Fisioterapia.

Con este estudio se espera evaluar el efecto de un programa de ejercicios físicos de ejecución dual y modalidad combinada en determinantes de salud ósea en estudiantes mujeres en edad fértil. La investigación se llevará a cabo por un período de 4 meses y en ella participarán sujetos con características

similares a las de usted en cuanto a sexo, grupo de edad, raza y estructura física.

Debe conocer que al llenar la ficha de recolección de datos, esta nos informará si usted es elegible para participar en las restantes etapas del estudio. De no ser elegible, se le informará esta condición y usted ya no será sujeto de estudio, apartando de toda responsabilidad legal a los encargados de la investigación una vez que usted sea informado de la exclusión. Los responsables de esta investigación se reservan el derecho de admisión en las etapas del estudio.

### **Fases del estudio**

El estudio constará de dos fases:

#### **Primera fase:**

En la fase inicial de la investigación se le solicitará a usted que realice una única encuesta vía electrónica, esta nos proporcionará la información sobre:

- Datos demográficos y personales.
- Hábitos nutricionales.
- Frecuencia de la actividad física.

#### **Segunda fase:**

Una vez que sean analizados los datos de la primera fase, usted será asignada a un grupo experimental y se le realizará un estudio de su salud ósea (densitometría), se completarán 32 sesiones de ejercicio físico dual y de modalidad combinada

Usted participara en el grupo control, es decir solo se le realizaran los estudios de imagenología (densitometría ósea) una al principio del estudio y otra al final de éste es decir 4 meses después de la primera toma, mediciones antropométricas que se realizarán de la misma manera.

### **RIESGOS:**

1. La participación en esta investigación puede significar cierto riesgos o molestias para usted por lo siguiente: Durante las



mediciones corporales es posible que sienta pérdida de privacidad por tener poca ropa y sienta incomodidad o ligera molestia cuando se le esté tomando la circunferencia de cintura.

2. Si sufriera algún daño como consecuencia de los procedimientos a que usted será sometido durante la realización de este estudio, los investigadores participantes le brindarán una referencia del profesional apropiado, de modo tal, que se le realice el tratamiento necesario para su total recuperación. Se hará todo lo posible para minimizar la incidencia de fenómenos dañinos para su salud.

### **BENEFICIOS:**

1. Como resultado de su participación en este estudio, los beneficios que usted obtendrá serán los siguientes: se le brindará una valoración documentada de los factores/marcadores que ponen en riesgo su salud cardiovascular y ósea, actual y durante la vida adulta. En caso de presentar factores/marcadores de riesgos identificables y modificables, a usted se le asesorará con todo el rigor científico-técnico disponible para que mejore su estado de salud. A estos beneficios se agrega que los investigadores conocerán más acerca de los procedimientos y técnicas desarrolladas en usted, y este conocimiento probablemente beneficiará a otras personas en el futuro.
2. Antes de dar su autorización para este estudio, usted debe haber hablado con Marieta Almeida o Daniela Suquilanda ellos deben haber contestado satisfactoriamente todas sus preguntas. Si quisiera información extra más adelante, puede obtenerla llamando 0984357398/ 0995227163 respectivamente.
3. Recibirá una copia de esta fórmula firmada para su uso personal.
4. Su participación en este estudio es voluntaria. Tiene el derecho de negarse a participar o a discontinuar su participación en cualquier

momento, sin que esta decisión afecte la calidad de la atención médica (o de otra índole) que requiera.

5. Su participación en este estudio es confidencial, los resultados podrían aparecer en una publicación científica o ser divulgados en una reunión científica pero de una manera anónima.
6. No perderá ningún derecho legal por firmar este documento.

## CONSENTIMIENTO INFORMADO

Para ser firmado por el participante

He leído o se me ha leído, toda la información descrita en esta fórmula, antes de firmarla. Se me ha brindado la oportunidad de hacer preguntas y éstas han sido contestadas en forma adecuada. Por lo tanto, accedo a participar como sujeto de investigación en este estudio

Nombre y firma del sujeto

Fecha.

## Anexo 2. Hoja volante para inscripción de club de aerobicos

COORDINACIÓN  
DE CLUBES | 

**TÚ PUEDES ELEGIR!**

CUIDAR TUS HUESOS, MANTENERTE ACTIVO Y SALUDABLE

LAS MUJERES TENEMOS MAYOR RIESGO DE ADQUIRIR ENFERMEDADES DE LOS HUESOS  
PERO ÉSTAS SE PUEDEN PREVENIR SI SE IDENTIFICAN EN EDADES TEMPRANAS

**INSCRÍBETE EN EL CLUB DE AERÓBICOS!**

**SERVICIOS ESTUDIANTILES**  
MAYOR INFORMACIÓN  
jaguinaga@udla.edu.ec / 3981000 ext. 453  
dflores@udla.edu.ec / 3981000 ext. 748  
Campus Granados: Av. Granados y Colimes, esq.  
[www.udla.edu.ec](http://www.udla.edu.ec)   UDLA Quito



**Anexo 3. Charla para la campaña de la prevención de salud ósea.**



**Anexo 4. Cuestionario de consumo de Ca en la Dieta Diaria.**

**Nombres y Apellidos:**

**Edad:**

**C.I:**

**Matrícula:**

**Carrera:**

**Antecedentes patológicos:**

**Antecedentes patológicos familiares:**

<b>1.- ¿Cuál fue la edad de su primera menstruación?</b>
(1) Menor de 10 años
(2) 10 a 12 años
(3) 13 a 15 años
(4) Mayor a 15 años

<b>2.- ¿Cuántos embarazos ha tenido?</b>
(1) Nulípara
(2) 1-2 embarazos
(3) 3-4 embarazos
(4) Más de 4 embarazos
<b>3.- ¿Usted toma estrógeno?</b>
(1) Sí
(2) No
<b>4.- ¿Usted toma ácido alendrónico (Fosamax)?</b>
(1) Sí
(2) No
<b>5.- ¿A su madre le han diagnosticado osteoporosis?</b>
(1) Sí
(2) No

<b>6.- ¿Usted fuma?</b>
(1) Nunca
(2) Al menos 3 veces por semana

**Escriba la frecuencia con la que usted consume estos alimentos**

Nunca (1); Ocasional (2); Semanal (3); Diario (4)

Vino	
Cerveza	
Alcohol	
Leche	
Yogurt	
Queso	
Pescados	
Mariscos	
Huevo	
Fréjol	
Soya	
Chocho	
Bebidas de soya	
Otros productos elaborados a base de soya	
Col	
Espinaca	
Brócoli	

Puerro	
Naranja	
Nueces	
Almendras	

### Anexo 5. Cuestionario internacional de actividad física

Estamos interesados en saber acerca de la clase de actividad física que usted hace como parte de su vida diaria. Las preguntas se referirán acerca del tiempo que usted utilizó siendo físicamente activo(a) en los **últimos 7 días**. Por favor responda cada pregunta aún si usted no se considera una persona activa. Por favor piense en aquellas actividades que usted hace como parte del trabajo, en el jardín y en la casa, para ir de un sitio a otro, y en su tiempo libre de descanso, ejercicio o deporte.

Piense acerca de todas aquellas actividades **Vigorosas** que usted realizó en los **últimos 7 días**. Actividades **muy duras** son las que requieren un esfuerzo físico fuerte y le hacen respirar mucho más fuerte que lo normal. Piense *solamente* en esas actividades que usted hizo por lo menos 10 minutos continuos.

1. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días realizó usted actividades físicas **muy duras** como levantar objetos pesados, excavar, aeróbicos, o pedalear rápido en bicicleta?

\_\_\_\_\_ **días por semana**

Ninguna actividad física muy dura



***Pase a la pregunta***

2. ¿Cuánto tiempo en total usualmente le tomó realizar actividades físicas **muy duras** en uno de esos días que las realizó?

\_\_\_\_\_ **horas por día**

\_\_\_\_\_ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

Piense acerca de todas aquellas actividades **moderadas** que usted realizó en los **últimos 7 días**. Actividades **moderadas** son aquellas que requieren un esfuerzo físico moderado y le hace respirar algo más fuerte que lo normal. Piense *solamente* en esas actividades que usted hizo por lo menos 10 minutos continuos.

3. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días hizo usted actividades físicas **moderadas** tal como cargar objetos livianos, pedalear en bicicleta a paso regular, o practicar campo y pista (ejemplo: salto alto, salto de longitud, lanzamiento de la jabalina o la bala)? No incluya caminatas.

\_\_\_\_\_ **días por semana**

Ninguna actividad física moderada → **Pase a la pregunta 5**

4. Usualmente, ¿Cuánto tiempo dedica usted en uno de esos días haciendo actividades físicas **moderadas**?

\_\_\_\_\_ **horas por día**

\_\_\_\_\_ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

Piense acerca del tiempo que usted dedicó a caminar en los **últimos 7 días**. Esto incluye trabajo en la casa, caminatas para ir de un sitio a otro, o cualquier

otra caminata que usted hizo únicamente por recreación, deporte, ejercicio, o placer.

5. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días caminó usted por al menos 10 minutos continuos?

\_\_\_\_\_ **días por semana**

No caminó → ***Pase a la pregunta 7***

6. Usualmente, ¿Cuánto tiempo gastó usted en uno de esos días **caminando**?

\_\_\_\_\_ **horas por día**

\_\_\_\_\_ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

La última pregunta se refiere al tiempo que usted permanenció **sentado(a)** en la semana en los **últimos 7 días**. Incluya el tiempo sentado(a) en el trabajo, la casa, estudiando, y en su tiempo libre. Esto puede incluir tiempo sentado(a) en un escritorio, visitando amigos(as), leyendo o permanecer sentado(a) o acostado(a) mirando televisión.

7. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuánto tiempo permaneció **sentado(a)** en un **día en la semana**?

\_\_\_\_\_ **horas por día**

\_\_\_\_\_ **minutos por día**

No sabe/No está seguro(a)

**Este es el final del cuestionario, gracias por su participación.**



## Anexo 6. Cuestionario de factores de riesgo de enfermedades coronarias.

**NOMBRES Y APELLIDOS:**

**EDAD:**

**C.I**

**MATRICULA:**

**CARRERA:**

### FACTORES DE RIESGO DE ENFERMEDAD CORONARIA

**Conteste SI o No las siguientes afirmaciones.**

1. **Usted tiene antecedentes familiares cómo:** infarto del miocardio, revascularización coronaria o muerte súbita antes de los 55 años del padre biológico o de un pariente varón de primer grado (hermano o hijo), o antes de los 65 años de la madre biológica u otro pariente femenino de primer grado (hermana o hija).

Si

No

2. **Tabaquismo.-** fumadores o personas que lo han dejado en los últimos 6 meses.

Si

No

3. **Usted tiene hipertensión.-** presión arterial sistólica  $\geq 140$  mmHg o diastólica  $\geq 90$  mmHg, confirmada por al menos en dos ocasiones distintas, o seguir con una medicación antihipertensiva.

Si

NO

Si conoce su tensión arterial regular anotela .....

4. **Usted tiene hipercolesterolemia.-** colesterol total sérico  $> 200$  mg/dL, LDL  $> 130$ mg/dL.

Si  
No

5. **Alteración del nivel de glucemia en ayunas.-** glucemia en ayunas > 110mg/dL, confirmada por al menos en dos ocasiones distintas.

Si  
No

6. **Obesidad.-** Índice de masa corporal > 30kg/m<sup>2</sup> o diámetro de cintura > 100cm.

Si  
No

7. **Estilo de vida sedentario.-**

Si  
No

8. **HDL > 60 mg/dL.**

Si  
No

#### **Anexo 7. Absorciómetro dual de rayos X (IDEXA)**

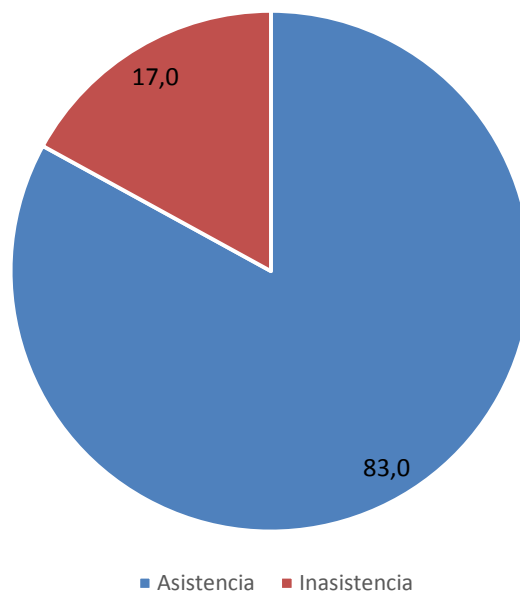


## Anexo 8. Indicaciones para el adiestramiento de la auto-toma de la frecuencia cardíaca.

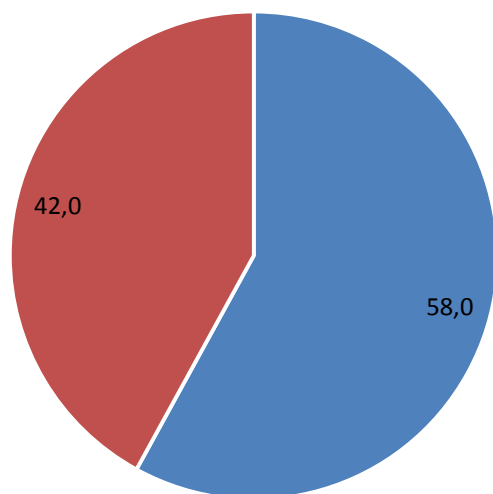
- **Frecuencia cardíaca máxima:** forma objetiva de cuantificar la intensidad del ejercicio, consiste en un porcentaje de la frecuencia cardíaca máxima (FCmáx) para la edad del individuo. Para obtener este porcentaje se calculará con la fórmula de Astrand ( $220 - \text{edad}$ ). Con este dato podremos sacar la frecuencia cardíaca de entrenamiento (FCE) multiplicando (el porcentaje deseado para el ejercicio (40-60%)\* FCmáx).
- Realizar una ligera presión con los dedos índice y medio a un lado del cuello sobre la arteria carótida, contar las pulsaciones por un minuto.

## Anexo 9. Gráfico de asistencia

Porcentaje de participación programa supervisado



## Porcentaje de participación programa no supervisado



■ Asistencia ■ Inasistencia

## Fotos

### Estiramientos



## Ejercicio Aeróbico



## Ejercicios de impacto





