

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN NUTRICIÓN**



**“BIOQUÍMICA SANGUÍNEA Y BIOMETRÍA EN RATAS OBESAS  
EJERCITADAS Y ALIMENTADAS CON EXTRACTO ACUOSO DE  
PAPA MORADA NATIVA AMACHI”**

**Presentada por:**

**SHEYLA STEFANY GUTIÉRREZ ASENCIOS**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO  
MAGISTER SCIENTIAE EN NUTRICIÓN**

**Lima – Perú**

**2022**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN NUTRICIÓN**

**“BIOQUÍMICA SANGUÍNEA Y BIOMETRÍA EN RATAS OBESAS  
EJERCITADAS Y ALIMENTADAS CON EXTRACTO ACUOSO DE  
PAPA MORADA NATIVA AMACHI”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO  
MAGISTER SCIENTIAE**

**Presentada por: SHEYLA  
STEFANY GUTIÉRREZ ASENCIOS**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

Ph.D. Víctor Guevara Carrasco

**PRESIDENTE**

Ph.D. Haydee Cárdenas de Jurado

**ASESOR**

Mg.Sc. Víctor Hidalgo Lozano

**MIEMBRO**

Ph.D. Nataly Bernuy Osorio

**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

A ti, por tu amor incomparable, guía y compañía en cada paso de mi vida.

A mis padres Herminia y Conrado, gracias por su amor, enseñanzas, increíbles esfuerzos y sacrificios realizados para brindarme lo mejor día a día. A mis hermanos Susan y Alexander, por sus gestos de cariño y por ser la motivación que me impulsa a seguir en la búsqueda constante de mi mejor versión.

## **AGRADECIMIENTOS**

- Al programa de becas CIENCIACTIVA CONCYTEC, Convenio de Gestión N° 183-2015 FONDECYT, por la oportunidad brindada, subvencionar los estudios de Maestría en Nutrición y por el financiamiento del presente trabajo de investigación.
- A mi asesora, la PhD. Haydee Cárdenas de Jurado, por la motivación brindada, acertados comentarios y orientación permanente en cada etapa del presente trabajo de investigación.
- A los miembros del jurado: Ing. Mg. Sc. Víctor Hidalgo, PhD. Víctor Guevara y PhD. Nataly Bernuy Osorio, por su orientación, sugerencias y disposiciones que beneficiaron la finalización y éxito de la presente investigación.
- Al Sr. Mauro Ayala Espinoza, responsable del bioterio de la Universidad Nacional Agraria la Molina, por su paciencia y apoyo constante durante todo el desarrollo de la investigación.
- A Christopher Arroyo Ramirez, por su cariño, palabras de motivación y soporte incondicional brindados durante todo el desarrollo del presente trabajo de investigación.
- A Julio Orosco, amigo y compañero, quien con su constante acompañamiento y apoyo contribuyó a que el presente trabajo de investigación culmine con éxito.
- A Carolina, Yanet y Diana, compañeras de investigación, por su amistad, compañía y comentarios de aliento brindados cada día.

## ÍNDICE GENERAL

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LA LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.</b>	<b>DETERMINANTES DE LAS ENFERMEDADES CRÓNICAS NO TRANSMISIBLES .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2.</b>	<b>EJERCICIO FÍSICO .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.1.</b>	<b>Natación .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3.</b>	<b>LA PAPA .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3.1.</b>	<b>Papa morada nativa variedad Amachi: aspectos del cultivo .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3.1.1.</b>	<b>Aspectos nutricionales de la papa morada nativa variedad Amachi.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3.1.2.</b>	<b>Contenido de polifenoles, flavonoides y antocianinas. ....</b>	<b>12</b>
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1.</b>	<b>LUGAR DE EJECUCIÓN Y DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2.</b>	<b>INSTALACIONES, MATERIALES Y EQUIPOS.....</b>	<b>14</b>
<b>3.3.</b>	<b>ANIMALES EXPERIMENTALES .....</b>	<b>15</b>
<b>3.4.</b>	<b>PROTOCOLO DE ALIMENTACIÓN DURANTE LOS DOS PERIODOS DEL ESTUDIO .....</b>	<b>15</b>
<b>3.4.1.</b>	<b>Periodo de inducción a la obesidad .....</b>	<b>15</b>
<b>3.4.2.</b>	<b>Periodo de administración de tratamientos.....</b>	<b>16</b>
<b>3.5.</b>	<b>TRATAMIENTOS.....</b>	<b>18</b>
<b>3.6.</b>	<b>OBTENCIÓN DEL EXTRACTO ACUOSO DE PAPA MORADA NATIVA AMACHI .....</b>	<b>18</b>
<b>3.6.1.</b>	<b>Obtención de la muestra.....</b>	<b>18</b>
<b>3.6.2.</b>	<b>Obtención de la harina. ....</b>	<b>19</b>
<b>3.6.3.</b>	<b>Preparación y obtención del extracto acuoso. ....</b>	<b>19</b>
<b>3.6.4.</b>	<b>Características cualitativas del extracto acuoso-.....</b>	<b>20</b>
<b>3.7.</b>	<b>MEDICIONES .....</b>	<b>22</b>

3.7.1. Peso vivo y ganancia de peso.....	22
3.7.2. Consumo de alimento. ....	22
3.7.3. Biometría. ....	22
3.7.4. Bioquímica sanguínea.....	24
3.7.5. Peso de hígado.....	25
3.7.5.1. Índice hepático (IH).....	25
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	26
3.9. ASPECTOS ÉTICOS .....	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	28
4.1. PARÁMETROS DE PESO, CONSUMO DE ALIMENTO, BIOQUÍMICA SANGUÍNEA Y BIOMETRÍA TRAS EL PERIODO DE INDUCCIÓN A LA OBESIDAD .....	28
4.2. PARÁMETROS DE PESO, CONSUMO DE ALIMENTO, BIOQUÍMICA SANGUÍNEA, BIOMETRÍA, PESO DE HÍGADO E ÍNDICE HEPÁTICO TRAS LA ADMINISTRACIÓN DEL EXTRACTO ACUOSO DE PAPA MORADA AMACHI (EAP) Y LA PRÁCTICA DE EJERCICIO FÍSICO (EF). ....	29
4.2.1. Ganancia de peso y consumo de alimento. ....	29
4.2.2. Perfil lipídico y nivel de glucosa en sangre .....	33
4.2.2.1. Triglicéridos.....	34
4.2.2.2. Lipoproteína de alta densidad (HDL-C) .....	36
4.2.2.3. Glucosa en sangre .....	38
4.2.3. Biometría. ....	39
4.2.4. Peso del hígado e índice hepático.....	42
V. CONCLUSIONES .....	44
VI. RECOMENDACIONES .....	45
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	46
VIII. ANEXOS .....	58

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro 1. Caracterización morfológica y cualitativa de la papa morada nativa Amachi.....	10
Cuadro 2. Composición nutricional de macronutrientes de la harina de papa morada nativa variedad Amachi. ....	11
Cuadro 3. Composición de micronutrientes y compuestos antioxidantes de papa morada nativa variedad Amachi en base seca.....	12
Cuadro 4. Composición y valor nutricional del alimento comercial o dieta estándar (DE) y dieta obesogénica (DO).....	16
Cuadro 5. Distribución de tratamientos experimentales.....	18
Cuadro 6. Características fitoquímicas del extracto acuoso de papa morada Amachi. ...	21
Cuadro 7. Ganancia de peso, consumo de alimento, perfil lipídico, nivel de glucosa y características biométricas de los animales antes de la administración de tratamientos.....	28
Cuadro 8. Peso vivo, ganancia de peso y consumo de alimento tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP) y práctica de ejercicio físico (EF). ....	29
Cuadro 9. Perfil lipídico y nivel de glucosa en sangre tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP) y práctica de ejercicio físico (EF). ....	33
Cuadro 10. Características biométricas e índices corporales tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP) y práctica de ejercicio físico (EF). ....	40
Cuadro 11. Peso del hígado e índice hepático tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP) y práctica de ejercicio físico (EF)...	42

# ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1. Mecanismos celulares y moleculares en el inicio y progresión de las lesiones ateroscleróticas. ....	6
Figura 2. Papa morada nativa variedad “Amachi”. ....	11
Figura 3. Ejercicio físico (natación) de los animales experimentales. ....	17
Figura 4. Diagrama de flujo de preparación del extracto acuoso de papa morada nativa Amachi. ....	20
Figura 5. Medida de la longitud naso - anal (LNA) .....	23
Figura 6. Medida de la circunferencia de cuello, tórax y abdomen.....	24
Figura 7. Ganancia de peso (g) tras la administración del extracto acuoso de papa Amachi (EAP) durante 30 días en ratas alimentadas con dieta obesogénica. ....	30
Figura 8. Consumo de alimento (g) tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP) durante 30 días en ratas alimentadas con dieta obesogénica.....	32
Figura 9. Concentración de Colesterol HDL-C (mg/dL) tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP) durante 30 días en ratas alimentadas con dieta obesogénica .....	36
Figura 10. Características biométricas tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP) durante 30 días en ratas alimentadas con dieta obesogénica.....	40



# ÍNDICE DE ANEXOS

Página

Anexo I. Dosis de extracto acuoso de papa morado administrado por semana.....	58
Anexo II. Anexo II. Preparación y obtención del extracto acuoso de papa morada nativa. ....	59
Anexo III. Kit comercial para la determinación del perfil lipídico. ....	60
Anexo IV. Kit comercial para la determinación de glucosa en sangre.....	61
Anexo V. Consumo de alimento por mes.....	62
Anexo VI. Peso vivo, ganancia de peso y consumo de alimento al finalizar el período de inducción a obesidad. ....	63
Anexo VII. Características biométricas e índices corporales al finalizar el periodo de inducción a la obesidad. ....	64
Anexo VIII. Perfil lipídico y nivel de glucosa en sangre al finalizar el periodo de inducción a la obesidad. ....	65
Anexo IX. Peso vivo, ganancia de peso y consumo de alimento tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP) y práctica de ejercicio físico (EF). ....	66
Anexo X. Perfil lipídico y nivel de glucosa en sangre tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP) y práctica de ejercicio físico (EF). ....	67
Anexo XI. Características biométricas e índices corporales tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP) y práctica de ejercicio físico (EF). ....	68
Anexo XII. Peso del hígado e índice hepático tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP) y práctica de ejercicio físico (EF)...	69

## ABREVIATURAS

ACV	: Accidente cerebrovascular
CIP	: Centro Internacional de la Papa
DM2	: Diabetes mellitus tipo 2
ECNT	: Enfermedades crónicas no transmisibles
ECV	: Enfermedad cardiovascular
ERC	: Enfermedad renal crónica
FHGNA	: Enfermedad por hígado graso no alcohólico
FRCV	: Factores de riesgo cardiovascular
GST	: Glutathión S transferasa
GSH	: Glutathión reducido
HDL-C	: Lipoproteína de alta densidad (por sus siglas en inglés)
HTA	: Hipertensión arterial
IDL	: Lipoproteína de densidad intermedia (por sus siglas en inglés)
IFN- $\gamma$	: Interferón inmunitario $\gamma$
IL	: Interleucina
IMC	: Índice de masa corporal
LDL-C	: Lipoproteína de baja densidad (por sus siglas en inglés)
MCP	: Proteína quimioatrayente de monocitos
MCSF	: Factor estimulante de colonias de macrófagos
MET	: Unidad de medida del índice metabólico
NPY	: Neuropeptido Y
PCR	: Proteína C Reactiva
RI	: Resistencia a la insulina
ROS	: Especies reactivas de oxígeno (por sus siglas en inglés)
SM	: Lipoproteína de baja densidad
SOP	: Síndrome de ovario poliquístico
TNF- $\alpha$	: Factor de necrosis tumoral $\alpha$
TG	: Triglicéridos
VLDL	: Lipoproteína de muy baja densidad

## RESUMEN

Las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) tienen un origen multicausal, por ende, el abordaje debe de ser integral, dentro de este marco existen reportes de que el consumo de ciertos compuestos bioactivos como los antioxidantes que se encuentran en la papa morada y la práctica de ejercicio físico promoverían una disminución del riesgo de padecer estas ECNT. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la administración del extracto acuoso de papa morada nativa “Amachi” y ejercicio físico sobre la bioquímica sanguínea y biometría. Para lo cual, se utilizaron 28 ratas macho *Holtzman*, previamente inducidas a obesidad, que fueron asignadas aleatoriamente a cuatro tratamientos (T1: Dieta obesogénica (DO)+Sedentario (S); T2: DO+665mg/Kg peso de extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP)+S; T3: DO+Natación (N); T4: DO+665mg/Kg peso de EAP+N. Al término del experimento, se midieron parámetros biométricos y se extrajeron muestras de sangre para determinar perfil lipídico, glucosa sérica, peso del hígado e índice hepático. Los datos fueron sometidos a ANOVA bajo un modelo DCA utilizando el programa MINITAB 18. Los resultados no mostraron interacción significativa entre los factores EAP y ejercicio físico (EF) en ninguna de las variables estudiadas. Al evaluar el desempeño individual de los factores, se observó una reducción en la ganancia de peso (GP), consumo de alimento (CA), circunferencia de cuello (CC), circunferencia de tórax (CT), circunferencia abdominal (CAb) y un incremento en niveles de HDL-C sérico significativos ( $p > 0.05$ ) producto de la administración del EAP. La práctica de natación no demostró tener efecto significativo sobre ninguna de las variables analizadas, sin embargo, se obtuvieron valores menores para ganancia de peso, glucosa sérica, perímetro de cuello y tórax, índice de Lee, índice de masa corporal e índice hepático. En conclusión, la administración del EAP demostró efecto reductor sobre la GP, CA, CC, CT, CAb e incrementó el HDL-C sérico.

**Palabras clave:** Papa morada nativa, extracto acuoso, ejercicio físico, biometría, perfil lipídico, enfermedades crónicas no transmisibles.

## ABSTRACT

Chronic noncommunicable diseases (NCDs) have a multicausal origin, therefore, the approach should be comprehensive, within this framework there are reports that the consumption of certain bioactive compounds such as antioxidants found in the purple potato and the practice of physical exercise would promote a decrease in the risk of suffering from these NCDs. The objective of the present study was to evaluate the effect of the administration of the aqueous extract of the native purple potato "Amachi" and physical exercise on blood biochemistry and biometry. For this purpose, 28 male Holtzman rats, previously induced to obesity, were randomly assigned to four treatments (T1: Obesogenic diet (DO)+Sedentary (S); T2: DO+665mg/Kg weight of aqueous extract of Amachi purple potato (EAP)+S; T3: DO+Swimming (N); T4: DO+665mg/Kg weight of EAP+N). At the end of the experiment, biometric parameters were measured and blood samples were drawn to determine lipid profile, serum glucose, liver weight and liver index. The data were subjected to ANOVA under a DCA model using the MINITAB 18 program. The results showed no significant interaction between the factors EAP and physical exercise (PE) in any of the variables studied. When evaluating the individual performance of the factors, a reduction in weight gain (WG), feed intake (FI), neck circumference (NC), chest circumference (TC), abdominal circumference (AbC) and an increase in serum HDL-C levels ( $p>0.05$ ) were observed as a result of the administration of the EAP. Swimming practice did not show a significant effect on any of the variables analyzed; however, lower values were obtained for weight gain, serum glucose, neck and chest circumference, Lee's index, body mass index and hepatic index. In conclusion, the administration of the EAP showed a reducing effect on WG, FI, NC, TC, AbC and increased serum HDL-C.

**Keywords:** Native purple potato, aqueous extract, physical exercise, biometry, lipid profile, chronic non-communicable diseases.

## I. INTRODUCCIÓN.

En los últimos años la creciente prevalencia de las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), ha acarreado la muerte de aproximadamente el 71% de la población mundial por año (OMS 2018a). Entre las ECNT, las enfermedades cardiovasculares (ECV) destacan como las de mayor envergadura y cada año cobran más vidas en la población (OMS 2017). El incremento en los ingresos económicos, un mayor grado de industrialización, cambios en los estilos de vida, la transición demográfica, epidemiológica y nutricional generan cambios en los patrones de consumo de alimentos y sedentarismo, los cuales exponen a la población a mayores factores de riesgo de ECNT (Pan *et al.* 2014).

Por otro lado, cambios favorables en los patrones de alimentación y en estilos de vida, han demostrado tener un impacto positivo en la reducción del riesgo de desarrollar ECNT. El consumo de alimentos saludables con altas cantidades de antioxidantes tiene múltiples beneficios antiinflamatorios, inhibitorios de la oxidación de los lípidos, protección vascular, eliminación de especies reactivas al oxígeno y otros (Páramo 2001). Diversos estudios clínicos y experimentales han demostrado los efectos benéficos del consumo de alimentos fuente de antocianinas en la reducción de factores de riesgo cardiovascular, disminución de la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL-C), reducción de marcadores inflamatorios, efecto benéfico para la salud vascular e hipotensor, prevención de la obesidad y efectos hipoglicemiantes (Bell y Gochenaur 2006, Prior y Wu 2006, Suda *et al.* 2008, Kaspar *et al.* 2011, Moser *et al.* 2018).

Uno de los cultivos andinos con un valor nutricional destacable debido a su contenido apreciable de vitaminas, minerales y antioxidantes, entre los que se pueden destacar a la vitamina C, zinc, hierro, antocianinas, ácidos fenólicos, carotenoides y otros nutrientes es la papa morada nativa, alimento con amplio potencial terapéutico natural (Andre *et al.* 2007).

En el tratamiento y prevención de las ECNT, la incorporación del ejercicio físico ha sido resaltada ampliamente, debido a su impacto en el metabolismo de nutrientes, reducción de la resistencia a la insulina, disminución de estrés oxidativo y radicales libres (Celis *et al.* 2015). Sin embargo, no existe información del efecto de la administración del extracto acuoso de la variedad nativa de papa morada Amachi (EAP) y la práctica simultánea de ejercicio físico sobre parámetros bioquímicos, biometría, peso de hígado e índice hepático en ratas que previamente fueron inducidas a obesidad mediante el suministro de una dieta alta en grasas.

Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo general evaluar el efecto de la administración de extracto acuoso de papa morada nativa “Amachi” y la incorporación de ejercicio físico, sobre el perfil lipídico, glucosa en sangre, parámetros biométricos, consumo de alimento, peso de hígado e índice hepático. Los objetivos específicos son cuantificar y comparar los marcadores del perfil lipídico, parámetros biométricos, glucosa en sangre, consumo de alimento y peso de hígado tras la administración de la dieta experimental y dichos marcadores tras finalizar el periodo de administración de tratamientos.

## II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

### 2.1.DETERMINANTES DE LAS ENFERMEDADES CRÓNICAS NO TRANSMISIBLES

La Organización Mundial de la Salud, refiere que las enfermedades no transmisibles o también conocidas como enfermedades crónicas, son un grupo heterogéneo de patologías caracterizadas por ser el resultado de la combinación de múltiples factores; genéticos, ambientales, alimentarios, conductuales, fisiológicos y otros. Las ECNT tienen una duración considerablemente larga en el tiempo y una evolución generalmente lenta (OMS 2018a). La población adulta mayor es la más afectada y con una mayor proporción de víctimas mortales, sin embargo, hay alta incidencia en los individuos de edades entre 45 y 65 años, los cuales generan gastos en el sistema de salud, disminución en su productividad y consecuentemente impactan negativamente en el sistema laboral (Rubio *et al.* 2004).

Las cuatro enfermedades no transmisibles más frecuentes son: las enfermedades cardiovasculares, el cáncer, las enfermedades respiratorias y la diabetes. Las ECV destacan como las de mayor envergadura, cobran más vidas que cualquier otra enfermedad y son responsables del 60% de defunciones a nivel mundial, sobre todo en países de ingresos bajos y medianos (Alwan *et al.* 2010, Alegría *et al.* 2012, OMS 2017).

Los factores de riesgo clave para el desarrollo de las ECNT se dividen en factores conductuales (sedentarismo, inactividad física, tabaquismo), dietéticos (incremento de alimentos ultraprocesados, con alto contenido de grasas saturadas y trans, azúcares simples y altas cantidades de sodio, consumo de alcohol, insuficiente ingesta de fibra), fisiológicos y metabólicos (sobrepeso, obesidad, dislipidemias, hipertensión arterial (HTA), hiperglicemia, resistencia a la insulina (RI), síndrome metabólico (SM) y otros) (Alwan *et al.* 2010, Miguel *et al.* 2017).

Los factores de riesgo que serán abordados en esta sección son aquellos que han sido considerados para el desarrollo de este trabajo experimental

#### **a. Obesidad.**

La obesidad es un factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades y tiene causa multifactorial, involucra variables referentes a hábitos alimentarios, conducta, genética y entorno ambiental. Se caracteriza por el incremento excesivo de peso y la acumulación desmesurada de grasa corporal. Sus implicancias en la salud son significativamente negativas a nivel multiorgánico y se asocian con el desarrollo de múltiples morbilidades como diabetes mellitus tipo 2 (DM2), cáncer y enfermedades cardiovasculares (Moreno 2012; García 2014).

Se ha estudiado en modelos animales, el efecto de las dietas con alto contenido de grasa o mezcla de azúcares, con el objetivo de inducir a obesidad (Hariri y Thibault 2010). Se ha reportado que el consumo de dietas altas en grasa saturada en ratas está asociado al desarrollo de intolerancia a la glucosa y resistencia a la insulina, incremento del peso del hígado y regulación positiva en genes relacionados a la lipogénesis (Buettner *et al.* 2006; Hariri y Thibault 2010).

El tejido adiposo no es solo un tejido de reserva, sino que desempeña importantes funciones endocrinas. Un acúmulo excesivo de lípidos en las células conduce a un proceso inflamatorio crónico constante que conlleva al desequilibrio del sistema inmunológico, activación e infiltración de un conjunto de células y moléculas del sistema inmunitario, desencadenando la producción de citoquinas proinflamatorias (IL-6, TNF- $\alpha$ , resistina, IL-1 $\beta$ , IL-12, IFN- $\gamma$ ), inactivación de genes antiinflamatorios y generación de respuestas metabólicas que se expresan en manifestaciones clínicas y aparición de comorbilidades (Blancas-Flores *et al.* 2010, Arteaga 2012, Chapman y Chi 2017, McCafferty *et al.* 2020).

Por otro lado, la obesidad acrecentaría la probabilidad de mortalidad en la población, ya que cada aumento de 5 kg/m<sup>2</sup> por encima de 25 kg/m<sup>2</sup> aumenta la mortalidad general en 30% (Whitlock *et al.* 2009), y cada aumento de 5 cm en la circunferencia de la cintura por encima



de lo normal, 80 cm y 94cm en mujeres y varones respectivamente, aumenta la mortalidad en un 17% y 13% en hombres y mujeres respectivamente (Pischon *et al.* 2008).

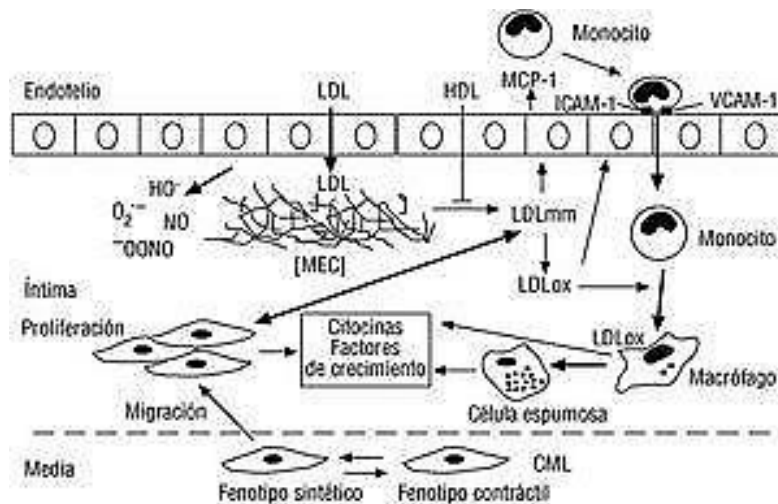
## **b. Dislipidemia.**

La dislipidemia aterogénica involucra un trastorno lipídico y lipoprotéico con curso crónico, asintomático, diagnóstico tardío y con pronóstico poco favorable a largo plazo (Baynes y Dominiczak 2011, Miguel 2009). La dislipidemia consiste en el incremento del nivel de colesterol total, colesterol LDL-C, triglicéridos y disminución de los niveles de colesterol HDL-C en sangre (Miguel 2009, Foro Dislipidemia Aterogénica 2013).

De acuerdo con la etiopatogenia, las dislipidemias se dividen en primarias y secundarias, esta última tiene causas externas ligadas a factores ambientales, como el consumo de ciertos medicamentos, dietas con una alta ingesta de grasas saturadas, cambios en el estilo de vida (tabaquismo, alcoholismo, estrés, sedentarismo), o producto de enfermedades metabólicas como la enfermedad renal crónica (ERC), DM2, HTA, SM, hipotiroidismo u obesidad (Xavier *et al.* 2013 y Candás *et al.* 2019).

El incremento de partículas de colesterol LDL-C en sangre conlleva a una mayor capacidad de acumulación de estas partículas en la capa íntima de los conductos arteriales, lo que facilita su oxidación. El LDL-C oxidado, promueve la expresión de moléculas como la proteína quimioatrayente de monocitos 1 (MCP-1) y el factor estimulante de colonias macrófagos (MCSF), el primero encargado del reclutamiento de monocitos en la capa arterial y el segundo de la activación, proliferación y supervivencia de los macrófagos y otros fagocitos en las lesiones ateroscleróticas mediante la formación de células espumosas y consecuentemente la formación de placas ateromatosas (Echeverri *et al.* 2004), las cuales en estadios avanzados pueden incluso tener infiltraciones de células musculares lisas que migran de la capa media del endotelio (Llorente y Badimon 1998). Así mismo, existen reportes de que el LDL-C oxidado ya de por sí tiene capacidad citotóxica para las células endoteliales, inhibe la capacidad de motilidad y migración de los macrófagos, estimula la acumulación y proliferación de monocitos y macrófagos ya que sobreactiva la respuesta inmune en el organismo, reduce la capacidad vasodilatadora de mediadores como el óxido

nítrico y todo lo mencionado promueve el inicio y la aceleración del proceso aterosclerótico (Steinberg 1997). La capacidad de oclusión y ruptura de una placa aterosclerótica constituye un riesgo evidente para el desarrollo de alguna ECV, ya sea por una completa oclusión arterial o taponamiento de esta por una placa rota (Holvoet 2008). En la **Figura 1**, se puede observar el esquema de los mecanismos celulares y moleculares que dan origen al inicio y progresión de las lesiones ateroscleróticas (Martínez *et al.* 2001).



**Figura 1. Mecanismos celulares y moleculares en el inicio y progresión de las lesiones ateroscleróticas.**

### c. Hiperglicemia.

La hiperglicemia hace referencia a niveles elevados de glucosa circulante en sangre como producto de la alteración en el metabolismo asociado al sobrepeso y la obesidad (McCafferty *et al.* 2020), ya que estos estados de malnutrición afectan la sensibilidad de los receptores de insulina y tienen un impacto negativo en el metabolismo de los nutrientes (Gómez *et al.* 2010). Existen reportes que refieren que parámetros relacionados al diagnóstico de la obesidad presentan valores significativamente mayores en personas con hiperglicemia y RI y pueden funcionar como predictores de la misma (Molist *et al.* 2006, Gómez *et al.* 2010, Simarro *et al.* 2011).

La hiperglicemia y RI en el individuo están asociadas al desarrollo no solo de patologías como la DM2 y el SM, sino también está involucrada en la fisiopatología de condiciones

como la enfermedad por hígado graso no alcohólico (EHGNA), dislipidemia aterogénica e HTA, estas 2 últimas altamente ligadas al desarrollo de ECV, el grupo de ECNT con mayor mortalidad a nivel mundial (Bloomgarden 2011).

#### **d. Sedentarismo e inactividad física.**

El sedentarismo es la conducta donde se reduce la oportunidad de realizar gasto calórico mediante una actividad diferente a la generada por la tasa metabólica basal (Romero 2009). Según la OMS, alrededor de un 60% de la población mundial no realiza la actividad física necesaria para prevenir patologías y obtener beneficios en la salud. El sedentarismo y la inactividad física tiene alta prevalencia en la población y están asociadas al desarrollo de ECNT y otras comorbilidades, como las enfermedades cardiovasculares, que generan mayor probabilidad de muerte prematura (Arocha 2019) y gasto de recursos porque constituyen un problema de salud pública (OMS 2017, OMS 2018b).

A pesar de que comúnmente el sedentarismo y la inactividad son entendidas como análogos abordan conceptos diferentes, el sedentarismo implica el desarrollo de actividades en las horas de vigilia, con bajo coste energético (1.0 a 1.5 MET's) como estar sentado, acostado, leyendo, conduciendo o realizando otras actividades ligadas al ocio (Tremblay *et al.* 2010). Por otro lado, la inactividad física surge del incumplimiento de las recomendaciones de actividad física establecidas para cada etapa de vida (OMS 2010).

Según el reporte de la OMS, la inactividad física constituye el cuarto factor más importante de muerte a nivel mundial (6% de defunciones a nivel mundial), superándola la presión arterial elevada (13%) y el consumo de tabaco (9%) (OMS 2009). Según lo referido en el estudio de León-Latre *et al.* (2014), personas con un estilo de vida más sedentario, presentan un perfil metabólico más desfavorable, biomarcadores de resistencia a la insulina e inflamación (PCR) más elevados. Del mismo modo, también se ha reportado que pacientes con mayores niveles de sedentarismo presentan valores superiores en IMC, porcentaje de grasa elevados, mayor perímetro de cintura, elevada presión arterial, hiperglicemia, niveles altos de insulina, concentraciones altas de triglicéridos, colesterol total y LDL-C, y bajos niveles de colesterol HDL-C, por lo cual el sedentarismo podría constituir un predictor de la presencia de factores de riesgo asociados a ECV y ECNT que predisponen a una menor

calidad de vida y mayor morbimortalidad en la población (Ramírez y Agredo 2012, Leiva *et al.* 2017).

## **2.2. EJERCICIO FÍSICO**

Existe amplia evidencia científica del rol preventivo y terapéutico que desempeña la incorporación de actividad física en el abordaje de las ECNT, ya que la práctica del mismo está relacionada con la reducción de la morbilidad, mortalidad, desarrollo de complicaciones y por consiguiente con la mejora en la calidad de vida (Pedersen y Saltin 2015, Anderson y Durstine 2019).

Es importante enmarcar la diferencia entre actividad y ejercicio físico pues a pesar de que son usados indistintamente, existe una marcada diferencia. El ejercicio físico es el desarrollo de una actividad programada, planificada, repetitiva y realizada para la mejora o mantenimiento de uno o más componentes de la aptitud física, tal como lo menciona la OMS (2004). Por otro lado, la actividad física es menos estructurada y planificada, y se recomienda con el propósito de mejorar las funciones cardiorrespiratorias, musculares, salud ósea y de reducir el riesgo de ECNT (OMS 2010). En este marco, la Organización mundial de la Salud (2010) recomienda a los niños y adolescentes acumular al menos 60 min de actividad física aeróbica de moderada a vigorosa intensidad cada día, en el caso de la población adulta se recomienda al menos 150 minutos a la semana de actividad física de intensidad moderada o 75 minutos de actividad vigorosa semanales, y del mismo modo, en el caso de los adultos mayores se recomienda realizar actividad física de 30 a 60 min de intensidad moderada al día (Chodzko-Zajko *et al.* 2009).

Se encuentran bien documentados los beneficios del ejercicio físico en el organismo y en la disminución del riesgo cardiovascular como producto de cambios favorables a nivel de la hemodinámica, función hormonal, metabólica, neurológica y respiratoria (Patel *et al.* 2017, Scher- Nemirovsky *et al.* 2019), reducción de peso (Pollak 2016), reducción de la presión arterial, incremento de la sensibilidad a la insulina, niveles de glucosa dentro del rango adecuado y un perfil lipídico más saludable, reducción en los valores de lipoproteína de densidad intermedia (IDL), LDL-C, VLDL y triglicéridos e incremento en las concentraciones de HDL-C (Nystoriak y Bhatnagar 2018).

### **2.2.1. Natación.**

La natación es un ejercicio físico de tipo aeróbico que involucra el movimiento de grandes masas musculares, incrementa el consumo de oxígeno y por ende constituye una estrategia efectiva para el tratamiento y prevención de los efectos nocivos y desordenes metabólicos inducidos por una dieta alta en grasas (Song *et al.* 2014) por lo cual constituye una estrategia para la prevención de ECNT.

Estudios de investigación en animales experimentales han puesto en evidencia el rol de la natación en la mejora del perfil metabólico de ratas inducidas a obesidad con dietas altas en grasa, ya que la práctica de este ejercicio promueve la reducción de peso y de factores relacionados al desarrollo de ECV, como la disminución de los niveles de colesterol total, colesterol LDL-C, disminución de la resistencia a la insulina y normalización de los niveles de glucosa en sangre (Cox *et al.* 2010). Se ha reportado que la práctica de natación se asocia con la reducción de obesidad y una secreción más eficiente de insulina en ratas obesas (Fischer *et al.* 2015). En esta misma línea, Song *et al.* (2014) encontraron que ratas que fueron sometidas a natación evidenciaron reducción en los niveles séricos y musculares de triglicéridos, mejores niveles de insulina sérica y glucosa en ayunas, y reducción de la acumulación de lípidos en el tejido hepático.

### **2.3. LA PAPA**

Es el tercer cultivo alimenticio más importante del mundo en términos de consumo humano después del arroz y del trigo. Aproximadamente 1.4 mil millones de personas alrededor del mundo consumen papa como alimento básico (CIP 2018).

De acuerdo con el IV Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO) realizado por el INEI en el 2012, la papa en el Perú constituye uno de los principales cultivos agrícolas (INEI 2021), es así que nuestro país cuenta con la mayor diversidad de cultivos de papa, ya que de las 5000 existentes en todo el mundo, Perú posee alrededor de 3000 variedades originarias (MINAGRI; OEEE 2011).

Las zonas altoandinas del Perú, Bolivia y Ecuador son las responsables del cultivo de más de 4000 variedades de papas nativas, las cuales son seleccionadas a través de los siglos por características particulares como; texturas, formas, sabores y colores. Las papas nativas se cultivan a pesar de las extremas condiciones climáticas a alturas que van desde los 3,500 a los 4,200 m.s.n.m., así mismo, su cultivo se realiza sin uso de pesticidas o fertilizantes artificiales (CIP 2014, 2018).

### 2.3.1. Papa morada nativa variedad Amachi: aspectos del cultivo

La papa Amachi, *Solanum tuberosum* subsp. *andigena*, es una variedad de papa nativa que se cultiva en la región de Apurímac, a una altura aproximada de 3400 m.s.n.m. En el **Cuadro 1** se puede observar una descripción más detallada de las características morfológicas y cualitativas de esta variedad.

**Cuadro 1. Caracterización morfológica y cualitativa de la papa morada nativa Amachi.**

Característica	Descripción
Hábito de crecimiento	Erecto
Color de flor	Morado intermedio y bandas blancas
Forma de tubérculo	Oblongo
Profundidad de ojos	Medio
Color de piel	Negruzco
Color de pulpa	Morado

Fuente: CIP (Centro Internacional de la Papa)(2014).

### 2.3.1.1. Aspectos nutricionales de la papa morada nativa variedad Amachi.

La papa morada nativa Amachi (**Figura 2**), es un tubérculo en cuya composición nutricional destaca el contenido de hidratos de carbono, sobre la cantidad de proteína y grasa. Debido a este contenido significativo en hidratos de carbono el aporte energético de la harina de papa es de aproximadamente 323.98 Kcal por cada 100 gramos (**Cuadro 2**).



**Figura 2. Papa morada nativa variedad “Amachi”.**

*Fuente: Propia.*

**Cuadro 2. Composición nutricional de macronutrientes de la harina de papa morada nativa variedad Amachi.**

Compuesto	Contenido
Energía, Kcal por 100g	323.98
Humedad, %	13.85
Extracto libre de nitrógeno (ELN), %	70.68
Proteína total (Nx6.25), %	9.87
Grasa, %	0.45
Fibra cruda, %	1.99
Ceniza, %	3.16

*Fuente: LENA (Laboratorio de evaluación nutricional de alimentos), UNALM.*

Por otro lado, esta variedad de papa se caracteriza por poseer una elevada concentración de compuestos fenólicos; flavonoides y antocianinas (**Cuadro 3**), y son estas últimas las

responsables de otorgarles a las papas este color morado o violeta (Lewis *et al.* 1998), al margen de poseer un buen contenido de hierro.

**Cuadro 3. Composición de micronutrientes y compuestos antioxidantes de papa morada nativa variedad Amachi en base seca.**

Compuesto (mg/100g)	Contenido
Vitamina C	40.93
Hierro	2.05
Zinc	1.00
Compuestos fenólicos totales	2 639
Antocianinas totales	1 440

*Fuente: CIP (Centro Internacional de la Papa)(2014).*

Cabe mencionar que la papa Amachi es la variedad que reporta el mayor contenido de estos compuestos bioactivos y de actividad antioxidante en comparación al resto de variedades nativas (CIP 2014).

### **2.3.1.2. Contenido de polifenoles, flavonoides y antocianinas.**

La coloración de la pulpa de la papa Amachi es morado intenso y la piel (cáscara) es negruzca, y según lo reportado por Valiñas *et al.* (2017), la coloración de la piel y la pulpa de la papa guarda estrecha relación con el contenido fenólico de la misma. Aquellas variedades de papa cuyas pulpas presentan una coloración roja o morada presentan mayores cantidades de compuestos fenólicos antioxidantes tales como la peonidina, petunidina y malvidina (Brown 2005), así mismo, la cianidina ha sido identificada principalmente en la piel de diferentes variedades de papas con pulpas rojas y moradas (Furrer *et al.* 2017).

Se ha reportado que, en la mayoría de las variedades de papa con color, la cantidad de estos metabolitos; ácidos fenólicos, antocianinas y flavonoides, es mayor en la piel que en la pulpa (Andreu *et al.* 2012, Rojas-Padilla y Vásquez-Villalobos 2016), es así como el ácido



clorogénico y ácido cafeico son los principales ácidos fenólicos que aparecen en mayor concentración en la piel y en menor proporción en la pulpa (Lewis *et al.* 1998).

Las papas moradas tienen mayor contenido de ácido clorogénico en comparación con la papa blanca. El ácido clorogénico es un compuesto químico que posee una importante capacidad antioxidante ya que pertenece al grupo de polifenoles. La concentración encontrada de este compuesto en el estudio realizado por C. Stushnoff *et al.* (2008), puso en evidencia que el contenido de este compuesto en las papas moradas era hasta 10 veces más en comparación con una variedad de papa blanca, así también el contenido total de fenoles en las papas con piel roja o morada era mayor en comparación con otras variedades blancas. Muchas investigaciones han ligado al ácido clorogénico a efectos benéficos en la salud debido a su capacidad antioxidante y a que en su paso por el sistema gastrointestinal es catabolizado en una serie de metabolitos con propiedades bioactivas las cuales van a predominar en el sistema circulatorio y desempeñar funciones en el organismo cumpliendo rol hipoglicemiante, antihipertensiva, antiinflamatoria, antiviral, hepatoprotector, nutraceutico, entre otras (Mussatto 2015, Ballesteros *et al.* 2017, Chaves-Ulate y Esquivel-Rodríguez 2019).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN Y DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Evaluación Biológica de Alimentos (LEBA) del Departamento Académico de Nutrición de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). La investigación tuvo una duración de 90 días, distribuidos en dos periodos, inducción a la obesidad y administración de tratamientos.

#### **3.2. INSTALACIONES, MATERIALES Y EQUIPOS**

Los animales experimentales fueron distribuidos en jaulas individuales, equipadas con su respectivo comedero y bebedero, además de una bandeja individual para la disposición de las excretas, las cuales eran eliminadas de manera diaria. Las ratas estuvieron expuestas a un fotoperiodo de 12 horas luz y 12 horas oscuridad durante todo el desarrollo de la investigación; el agua suministrada fue agua de mesa tratada, brindada *ad libitum*, la temperatura del ambiente estuvo monitoreada con un termómetro digital Hakusa®, en un rango de 24 - 26°C y humedad relativa de 70 a 75%. Se instalaron extractores de aire y calefactores para regular la temperatura.

El peso de los animales, alimento y órganos extraídos se obtuvo empleando balanzas electrónicas de alta precisión (marcas JBC® y HENKEL®, respectivamente). La preparación de la dieta obesogénica (DO) se realizó empleando una mezcladora marca HOBART®. El suministro del extracto acuoso a las ratas se realizó con ayuda de una cánula

y jeringa de 1 mL. El control de la temperatura del agua para la práctica de ejercicio físico fue con un termómetro marca Ace®. Las muestras de sangre fueron colectadas en tubos de suero REF 367815, para la evaluación del perfil lipídico (triglicéridos y lipoproteínas de alta densidad, HDL). La toma de medidas biométricas y longitudes fueron evaluadas con los animales previamente anestesiados con Ketamina al 10% (Halatal® KT), con una cinta métrica inextensible marca Seca® y un vernier Stanley®. Para la necropsia de las ratas se emplearon equipos de disección, hojas de bisturí, tijeras, guantes y bolsas descartables. Una estufa Raypa®, tamiz n°35 (500 µm) y un molino IKA® fueron empleados para la elaboración de la harina de papa, la cual se utilizó para la elaboración del extracto acuoso de papa morada nativa Amachi.

### **3.3. ANIMALES EXPERIMENTALES**

Se utilizaron 28 ratas albinas macho de la raza *Holtzman* de tres meses de edad y con un peso promedio de 328.25 g; las cuales fueron adquiridas del Laboratorio de Análisis Biológico de la Facultad de Zootecnia de la UNALM (Lima, Perú). Las ratas fueron distribuidas al azar en cuatro (4) tratamientos con siete (7) repeticiones por tratamiento. Dichos animales fueron usados en los dos periodos del estudio: periodo de inducción a la obesidad (60 días) y administración de tratamientos (30 días).

### **3.4. PROTOCOLO DE ALIMENTACIÓN DURANTE LOS DOS PERIODOS DEL ESTUDIO**

#### **3.4.1. Periodo de inducción a la obesidad.**

En este periodo se proveyó a los animales de una Dieta Obesogénica (DO) y agua de mesa *ad libitum*, por un periodo de 60 días con el objetivo de inducir a la obesidad a los animales en evaluación debido al elevado contenido de energía y grasas saturadas.

**Preparación de la dieta obesogénica (DO):** La elaboración se realizó en el Laboratorio de Evaluación Biológica de Alimentos (LEBA), del Departamento Académico de Nutrición perteneciente al Bioterio de la Facultad de Zootecnia – UNALM y estuvo constituida de 74% de alimento comercial o dieta estándar (DE) y 26% de manteca vegetal de la marca

Tropical®, estos adquiridos del Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos de la UNALM y un supermercado local respectivamente. El porcentaje de aporte lipídico en la dieta obesogénica final fue de 30%.

Los resultados de composición y valor nutricional de las dietas estándar y obesogénica se presentan en el **Cuadro 4**.

**Cuadro 4. Composición y valor nutricional del alimento comercial o dieta estándar (DE) y dieta obesogénica (DO).**

<b>Tipo de nutriente</b>	<b>DE</b>	<b>DO</b>
Energía metabolizable (Kcal/g)	2.90	4.49
Proteína (%)	17.00	12.58
Lisina (%)	0.92	0.68
Met-cys (%)	0.98	0.73
Grasa (%)	6.00	30.31
Calcio (%)	0.63	0.47
Fósforo disponible (%)	0.37	0.27
Fibra (%)	4.00	2.96
Humedad (%)	12.00	8.91

*Fuente: Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos – UNALM.*

La dieta estándar estuvo compuesta de harina de maíz, torta de soya, harina integral extruida de soya, subproductos de trigo, aceite de palma, carbonato de calcio, fosfato dicálcico, cloruro de colina 60%, cloruro de sodio, aminoácidos sintéticos, premezcla vitaminas y minerales, antioxidantes y antifúngicos.

### **3.4.2. Periodo de administración de tratamientos.**

Este periodo consistió en la asignación aleatoria los 28 animales experimentales en los cuatro tratamientos para la administración de los tratamientos de manera controlada por un periodo de 30 días en los cuales se continuó con la provisión de agua de mesa *ad libitum* y DO.

**Protocolo de administración de extracto acuoso:** La administración del extracto acuoso de papa morada nativa a los grupos seleccionados se realizó de manera diaria y controlada por vía orogástrica con la ayuda de una cánula.

La dosis de extracto acuoso de papa morada nativa Amachi administrada fue 665mg por kilogramo de peso vivo de cada unidad experimental (Ramírez y Suárez 2014). La dosis administrada fue calculada cada inicio de semana, ya que esta se encontraba en función del peso vivo que era evaluado de manera semanal.

En el **Anexo I** se detallan las dosis suministradas a cada animal en función de su peso por cada semana.

**Protocolo de la práctica de ejercicio físico:** Las unidades experimentales destinadas a los tratamientos con práctica de ejercicio físico fueron sometidas a natación en una piscina de dimensiones 1.50 m de largo x 1.50 m de ancho x 0.60 m de alto, provista diariamente de agua limpia a una temperatura templada entre  $32 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ), verificada con un termómetro flotante, con un nivel de profundidad de 40 cm y supervisión constante para evitar la aglomeración o que las ratas se suspendieran asentando la cola en el fondo de la piscina. Las sesiones de natación fueron realizadas de lunes a viernes, con una duración de 10 y 20 minutos el primer y segundo día respectivamente, del día 3 al 30 la duración fue de 45 minutos (Ali *et al.* 2017) (**Figura 3**).

Después de finalizada cada práctica de natación los animales fueron secados con toallas y secador de aire caliente con el objetivo de prevenir enfermedades respiratorias que puedan afectar el desarrollo y resultados de la investigación.



**Figura 3. Ejercicio físico (natación) de los animales experimentales.**

### 3.5. TRATAMIENTOS

Después de haber culminado los 60 días de inducción a la obesidad, los animales fueron seleccionados al azar y asignados aleatoriamente a uno de los siguientes 4 tratamientos, con 7 repeticiones (unidades experimentales) cada uno, que se detallan en el **Cuadro 5**:

**Cuadro 5. Distribución de tratamientos experimentales.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Dieta obesogénica (DO)</b>	<b>Extracto acuoso de papa morada nativa Amachi (EAP)</b>	<b>Ejercicio físico</b>
<b>T1</b>	DO	0 mg/kg (Sin EAP)	Sedentario (S)
<b>T2</b>	DO	665 mg/kg de EAP	Sedentario (S)
<b>T3</b>	DO	0 mg/kg (Sin EAP)	Natación (N) (45 min/día)
<b>T4</b>	DO	665 mg/kg de EAP	Natación (N) (45 min/día)

T1: Tratamiento 1, T2: Tratamiento 2, T3: Tratamiento 3, T4: Tratamiento 4.

### 3.6. OBTENCIÓN DEL EXTRACTO ACUOSO DE PAPA MORADA NATIVA AMACHI

La obtención del extracto acuoso contempló diferentes etapas, desde la recolección de la muestra, procesamiento para la obtención de harina y finalmente la obtención del extracto acuoso (CYTED 1995).

#### 3.6.1. Obtención de la muestra.

Los tubérculos de papa morada nativa (*Solanum tuberosum* subsp. *andigena* - Amachi) fueron adquiridos de un agricultor de papas nativas de la localidad de San Jerónimo ubicada

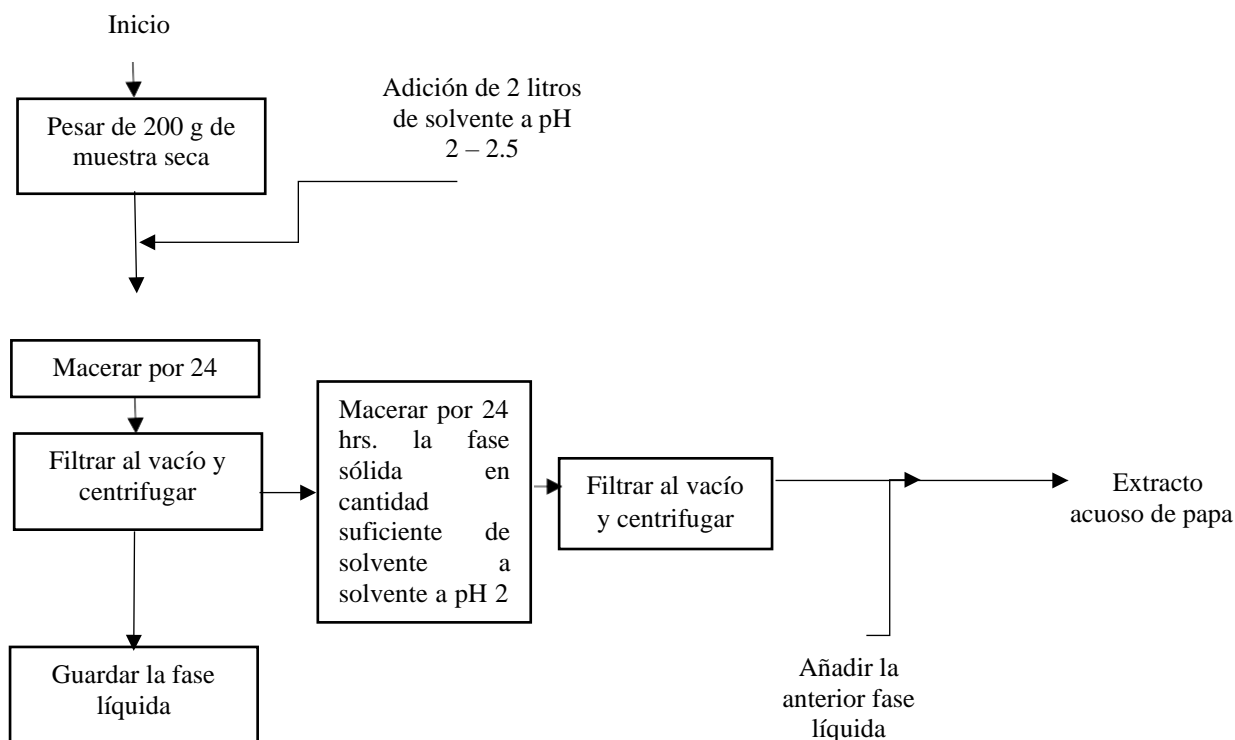
a una altitud de 3400 m.s.n.m., en la ciudad de Andahuaylas perteneciente al departamento de Apurímac – Perú.

### **3.6.2. Obtención de la harina.**

Los tubérculos fueron lavados con agua potable a presión, y secados con papel toalla. Luego fueron cortados en rodajas finas, incluyendo la cáscara, y fueron expuestas a calor en la estufa a  $38 \pm 0.2$  °C por aproximadamente cuatro días hasta que se alcanzó un peso constante. Posteriormente, la muestra seca fue sometida a molienda y tamizado, con el fin de obtener partículas homogéneas. La harina de papa fue almacenada en frascos de polietileno, herméticamente sellados a temperatura ambiente.

### **3.6.3. Preparación y obtención del extracto acuoso.**

La elaboración del extracto acuoso se realizó según la metodología descrita por CYTED (1995) y fue realizado en el Laboratorio de Química de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). La obtención del extracto acuoso se presenta en la **Figura 4** y en el **Anexo II**.



**Figura 4. Diagrama de flujo de preparación del extracto acuoso de papa morada nativa Amachi.**

El extracto acuoso era preparado cada 4 días y fue conservado en un envase de vidrio oscuro que impedía el paso de la luz, a una temperatura menor de 5°C.

#### **3.6.4. Características cualitativas del extracto acuoso-**

Se aplicó el método cualitativo denominado, marcha fitoquímica, que permite determinar la presencia de metabolitos secundarios de acuerdo con la aparición de alguna coloración, turbidez o precipitado (Melo 2019). La metodología aplicada fue la siguiente:

- a. Compuestos fenólicos:** Para evaluar la presencia de estos metabolitos se colocó 1 mL de extracto acuoso en un tubo de ensayo y se añadió 1 gota de Cloruro Férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) al 1%, la aparición del color azul indica la presencia de compuestos fenólicos.
- b. Flavonoides:** Se hizo uso de la Reacción de Shinoda, para la cual en un tubo que contenía 1 mL de extracto acuoso, se adicionó 0,2 ml de HCl concentrado y granallas de magnesio metálico, la coloración rojo intenso indica la presencia de flavonoides en la muestra.



- c. **Aminoácidos libres (Ninhidrina):** Se colocó 1 mL de extracto acuoso en un tubo de ensayo y se agregó gotas de Ninhidrina al 0.1%, la aparición de un color violáceo indica positivo para aminoácidos libres y grupos amino.
  
- d. **Triterpenos y/o esteroides (Liebermann-Burchard):** Para evaluar la presencia de estos metabolitos se colocó menos de 1 mL de extracto acuoso en un tubo de ensayo que contenía 10 gotas de cloroformo más anhídrido acético y sulfídrico, la aparición de coloración naranja indica positivo.
  
- e. **Saponinas (Dragendorff):** Se colocó 2 mL de extracto acuoso en un tubo de ensayo, se agregó 8 mL de agua destilada, se agitó vigorosamente, la producción de espuma indica presencia de saponinas.

En el **Cuadro 6**, se observa la descripción cualitativa de los resultados de las características fitoquímicas del extracto.

**Cuadro 6. Características fitoquímicas del extracto acuoso de papa morada Amachi.**

Metabolitos	Resultados
Compuestos fenólicos	Presencia muy abundante
Flavonoides	Presencia muy abundante
Aminoácidos libres	No se evidencia presencia
Triterpenos y/o esteroides	Presencia de trazas
Saponinas	Presencia moderada

El análisis realizado al extracto acuoso de papa morada nativa Amachi evidenció la presencia elevada de metabólicos secundarios con características bioactivas, como es el caso de los compuestos fenólicos y flavonoides.

### **3.7. MEDICIONES**

La toma de medidas fue realizada en momentos pertinentes del estudio. Al finalizar el periodo de inducción a la obesidad, los animales fueron divididos en 4 grupos para la evaluación de las variables que se detallan en este segmento. Del mismo modo, se realizaron las mismas evaluaciones al finalizar el periodo de administración de los tratamientos

#### **3.7.1. Peso vivo y ganancia de peso.**

El peso de las ratas fue tomado semanalmente desde el día de su recepción. Para evitar errores en la toma del peso a causa del movimiento de los animales, estos fueron colocados dentro de un contenedor de plástico, cuyo peso fue previamente tarado en la balanza digital. Las ganancias de peso se obtuvieron calculando la diferencia entre el peso al finalizar cada fase con el periodo precedente.

#### **3.7.2. Consumo de alimento.**

El consumo de alimento se calculó diariamente en gramos de manera indirecta mediante la diferencia entre el peso del alimento suministrado al inicio y el peso de los residuos del comedero luego de 24 horas. Cabe precisar que la cantidad de alimento brindado tanto para la inducción a obesidad y administración de tratamientos fue una ración diaria de 25 gramos, que en términos de energía representó un aporte diario de 112.25 Kcal.

#### **3.7.3. Biometría.**

Al inicio y final de la fase de administración de tratamientos, se estableció un protocolo para realizar la biometría y colección de muestras sanguíneas. De manera previa a la administración de la anestesia vía peritoneal, Ketamina al 10% (Halatal® KT), los animales se encontraban en un estado de ayuno de 12 horas. Después de 40 minutos de tiempo de acción de la anestesia se pudo asegurar una toma más precisa de las medidas corporales (Cano *et al.* 2000). Cabe mencionar que la sedación fue realizada bajo los protocolos correspondientes por un personal capacitado en el tema para asegurar el menor dolor y estrés para los animales.

**a. Longitud naso - anal (LNA).**

Según lo referido por Novelli *et al.* (2007), la toma de medida de la longitud naso-anal fue considerada desde la fosa nasal hasta la base de la cola (unión pélvico-caudal) con el uso de un vernier, esta medida brindó información necesaria para el cálculo del índice de Lee. La técnica de medición puede observarse en la **Figura 5**.



**Figura 5. Medida de la longitud naso - anal (LNA).**

**b. Índice de masa corporal (IMC).**

El IMC o índice de Quetelet se determinó al dividir el peso del animal (g) entre el cuadrado de su longitud (cm).

$$\text{IMC} = \frac{\text{Peso del animal(g)}}{(\text{Longitud (cm)})^2}$$

**c. Índice de Lee.**

El índice Lee se determinó dividiendo la raíz cúbica del peso corporal (g) entre la longitud naso - anal (cm) (Bernardis y Patterson 1968).

$$\text{Índice de Lee} = \frac{\sqrt[3]{\text{Peso del animal (g)}}}{\text{Longitud (cm)}}$$

Índice de Lee > 0.300 se consideró como obesidad.

#### d. Circunferencia de cuello, tórax y abdomen.

Se colocó a los animales en posición ventral y se prosiguió a la medida de circunferencia de cuello (CC), circunferencia abdominal (CAb) a nivel del área más prominente del abdomen y la circunferencia torácica (CT) fue tomada colocando la cinta métrica inextensible en la zona posterior de la pata delantera, como lo referido por Novelli *et al.* (2007). La técnica de medición puede observarse en la **Figura 6**.



**Figura 6. Medida de la circunferencia de cuello, tórax y abdomen.**

#### 3.7.4. Bioquímica sanguínea.

Para la determinación de bioquímica sanguínea, la sangre se extrajo de la vena de la cola tras hacer una pequeña incisión tal como lo descrito por Parasuraman *et al.* (2010) y Fluttert *et al.* (2000). Posteriormente, la sangre fue depositada en un capilar para la determinación respectiva del perfil lipídico y glucosa.

#### **a. Perfil lipídico en sangre.**

La determinación de triglicéridos (TG) y lipoproteínas de alta densidad (colesterol HDL-C) se realizó empleando el equipo Mission® Cholesterol Monitoring System y el kit comercial de diagnóstico Test Devices - 3-1 Lipid Panel (ACON®), el cual sigue la metodología de fotometría de reflexión Ma *et al.* (2016). Los valores hallados se expresaron en miligramos por decilitro (mg/dL). La información relacionada a este kit comercial se presenta en el **Anexo III**.

#### **b. Glucosa en sangre.**

La determinación de los niveles de glucosa en sangre se realizó empleando el kit de diagnóstico On Call® Advanced Blood Glucose Monitoring System (ACON®) y un glucómetro de la misma marca, metodología igual a la realizada por Bagul *et al.* (2012). Los valores se expresaron en miligramos por decilitro (mg/dL). La información de este kit comercial se presenta en el **Anexo IV**.

### **3.7.5. Peso de hígado.**

Después del sacrificio y disección de las ratas, se identificó, extrajo el órgano completo, y se lavó con una solución salina, se secó con una gasa estéril y se prosiguió al peso de este en la balanza digital. La valoración de esta variable se consideró útil por su relevancia clínica debido a su relación con el metabolismo de nutrientes (Yuan *et al.* 2016, Wang *et al.* 2017).

#### **3.7.5.1. Índice hepático (IH).**

Después de haberse pesado el hígado, se prosiguió a estimar el índice hepático mediante la siguiente fórmula:

$$\mathbf{IH} = \frac{\text{Peso del hígado}}{\text{Peso del animal}} \times 100$$

### 3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En el presente trabajo de investigación se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con arreglo factorial 2 x 2, con 4 tratamientos y 7 repeticiones. Los datos obtenidos fueron procesados mediante el análisis de varianza (ANVA) usando el programa MINITAB versión 18. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de LSD de Fisher. El nivel de significancia para las diferencias significativas entre tratamientos fue de 0.05 en todos los casos.

#### Modelo estadístico

El Modelo Aditivo Lineal fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  : Valor estadístico de cada observación en cada unidad experimental.

$\mu$  : Media general.

$A_i$  : Efecto del factor A (dosis de extracto acuoso de papa (EAP)).

$B_j$  : Efecto del factor B (presencia o ausencia de ejercicio físico).

$(AB)_{ij}$  : Efecto de la interacción de los tratamientos (en el i-ésimo nivel de A y el j-ésimo nivel B).

$\varepsilon_{ijk}$  : Efecto aleatorio o error en la obtención de  $Y_{ijk}$ .

### **3.9.ASPECTOS ÉTICOS**

En el presente trabajo de investigación, se tuvo en consideración el título IV: de la Experimentación e Investigación y la Docencia; de la Ley Peruana N° 27265, Ley de protección a los animales domésticos y a los animales silvestres mantenidos en cautiverio, para el uso de los animales de experimentación (Ratas raza *Holtzman*).

Cabe mencionar que la recolección de muestra sanguínea, extracción de órganos y sacrificio fueron realizados por personal técnico especialista en el tema, quien cumplió los requisitos de manejo de técnicas y experiencia en este campo, de manera que se aseguró el no sufrimiento de los animales experimentales usados en el presente estudio.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. PARÁMETROS DE PESO, CONSUMO DE ALIMENTO, BIOQUÍMICA SANGUÍNEA Y BIOMETRÍA TRAS EL PERIODO DE INDUCCIÓN A LA OBESIDAD

En el **Cuadro 7** y **Anexos V, VI, VII, VIII** se observa los resultados de los parámetros evaluados tras finalizar el periodo inducción de la obesidad.

**Cuadro 7. Ganancia de peso, consumo de alimento, perfil lipídico, nivel de glucosa y características biométricas de los animales antes de la administración de tratamientos.**

Variables	Valor
Ganancia de peso y consumo de alimento	
Peso vivo (g)	448.82
Ganancia de peso (g)	129.64
Consumo de alimento (g)	13.09
Perfil lipídico y nivel de glucosa en sangre	
Triglicéridos (mg/dL)	95.15
HDL-C (mg/dL)	24.71
Glucosa (mg/dL)	98.64
Características biométricas e índices corporales	
Circunferencia de cuello (cm)	11.05
Circunferencia de tórax (cm)	15.90
Circunferencia abdominal (cm)	18.79
Índice de Lee	0.34
IMC (g/cm <sup>2</sup> )	0.86

Al finalizar la etapa de inducción a la obesidad, los animales experimentales mostraron una ganancia de peso progresiva y evidenciaron un índice de Lee correspondiente a obesidad (>0.300).



## 4.2. PARÁMETROS DE PESO, CONSUMO DE ALIMENTO, BIOQUÍMICA SANGUÍNEA, BIOMETRÍA, PESO DE HÍGADO E ÍNDICE HEPÁTICO TRAS LA ADMINISTRACIÓN DEL EXTRACTO ACUOSO DE PAPA MORADA AMACHI (EAP) Y LA PRÁCTICA DE EJERCICIO FÍSICO (EF)

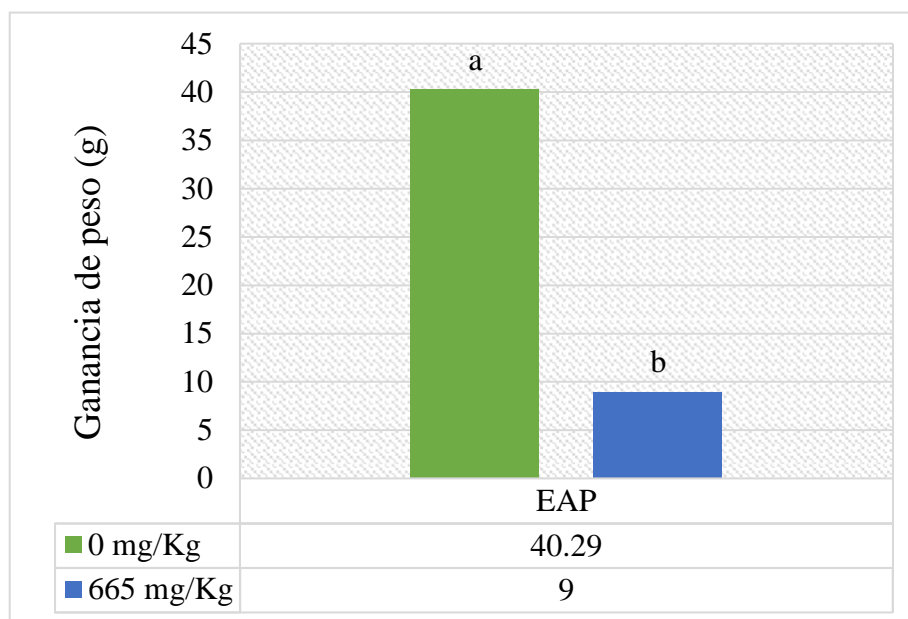
### 4.2.1. Ganancia de peso y consumo de alimento.

Los resultados de peso vivo (PV), ganancia de peso (GP) y consumo de alimento (CA) obtenidos al finalizar la administración de tratamientos se detallan en el **Cuadro 8, Figura 7** y en el **Anexo IX**.

**Cuadro 8. Peso vivo, ganancia de peso y consumo de alimento tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP) y práctica de ejercicio físico (EF).**

Tratamiento (T)	EAP	EF	PV (g)	GP (g)	CA (g)
<b>T1</b>	0 mg/Kg	S	472.86 <sup>a</sup>	44.29 <sup>a</sup>	17.57 <sup>a</sup>
<b>T2</b>	665 mg/Kg	S	445.29 <sup>a</sup>	<b>7.43<sup>b</sup></b>	<b>14.07<sup>b</sup></b>
<b>T3</b>	0 mg/Kg	N	494.57 <sup>a</sup>	36.29 <sup>a</sup>	17.56 <sup>a</sup>
<b>T4</b>	665 mg/Kg	N	481.14 <sup>a</sup>	<b>10.57<sup>b</sup></b>	<b>15.56<sup>b</sup></b>
<b>Efecto del EAP</b>		0 mg/Kg	483.71 <sup>a</sup>	40.29 <sup>a</sup>	17.56 <sup>a</sup>
		665 mg/Kg	463.21 <sup>a</sup>	<b>9.00<sup>b</sup></b>	<b>14.81<sup>b</sup></b>
<b>Efecto del EF</b>		S	459.07 <sup>a</sup>	25.86 <sup>a</sup>	15.82 <sup>a</sup>
		N	487.86 <sup>a</sup>	23.43 <sup>a</sup>	16.56 <sup>a</sup>
<b>Probabilidad</b>					
<b>EAP</b>			0.16	<b>0.0001</b>	<b>0.002</b>
<b>EF</b>			0.05	0.61	0.25
<b>EAP * EF</b>			0.62	0.07	0.24

<sup>ab</sup> Letras distintas como superíndices dentro de una columna indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). \*T1: Dieta obesogénica (DO) + 0 mg/Kg Extracto acuoso de papa (EAP)+ Sedentario (S); T2: DO + 665 mg/Kg EAP+ S; T3: DO + 0 mg/Kg EAP+ Natación (N); T4: DO + 665 mg/Kg EAP + N. Extracto acuoso de papa (EAP); Ejercicio físico (EF). Peso vivo (PV); Ganancia de peso (GP); Consumo de alimento (CA).



(a, b): Letras diferentes representan diferencias significativas.

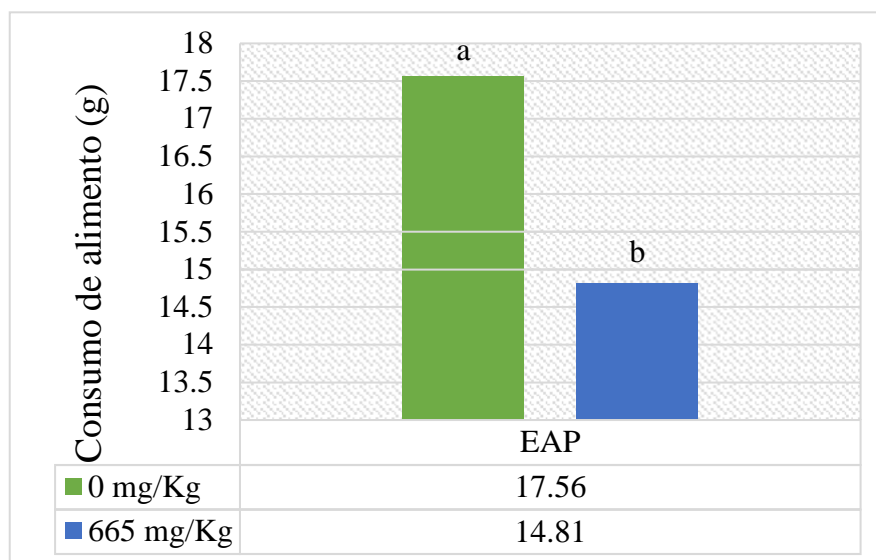
**Figura 7. Ganancia de peso (g) tras la administración del extracto acuoso de papa Amachi (EAP) durante 30 días en ratas alimentadas con dieta obesogénica.**

Al evaluar el efecto individual de cada factor sobre la variable ganancia de peso, se observó que la natación, determinó un menor incremento de peso con respecto al grupo sedentario, sin embargo, esta diferencia no fue significativa ( $p > 0.05$ ), similar a lo reportado por Nakhaei *et al.* (2019), quienes no encontraron diferencia significativa en la ganancia de peso entre ratas sedentarias con síndrome metabólico y ratas con síndrome metabólico que desarrollaban ejercicio en un entrenamiento continuo (natación) después de 8 semanas de entrenamiento. Por otro lado, nuestro estudio muestra diferencia con lo hallado por Gao *et al.* (2014), quienes reportaron un peso final significativamente menor en ratas que realizaron natación en comparación con aquellas que eran sedentarias, teniendo en cuenta que ambos grupos recibían una dieta alta en grasas. El motivo de la diferencia con el presente estudio podría residir en la metodología, puesto que la composición de la dieta, tiempo de entrenamiento y duración de la fase experimental fueron diferentes; un aporte de grasas en la dieta del 22%, 60 minutos de natación, 5 veces/semana durante 6 semanas versus un aporte de grasas en la dieta del 30%, 45 minutos de natación, 5 veces/semana por alrededor de 4 semanas, en el estudio realizado por Gao *et al.* (2014) y este estudio, respectivamente.

Por otro lado, la administración del extracto acuoso de papa morada nativa Amachi (EAP), demostró ser efectivo en la reducción de la ganancia de peso (**Figura 7**), con diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), lo que mostraría su posible potencial para el control del peso, este resultado guarda relación con lo reportado por Han *et al.* (2006), quienes incorporaron hojuelas de 2 variedades de papa morada, variedad Hokkai no. 92 (H92) y Kitamurasaki (KM), en la dieta de ratas para examinar los efectos antioxidantes de estos tubérculos sobre el potencial antioxidante sérico, la peroxidación lipídica hepática y ARNm hepático, encontrando que las ratas que consumieron la variedad H92, evidenciaron una menor ganancia de peso en comparación a la variedad KM, hecho que podría sustentarse en que la variedad H92 presentó mayor contenido de polifenoles, flavonoides y antocianinas, entre ellas la petunidina, una antocianina característica de las papas con coloración morado oscuro. Por otro lado, otro estudio realizado por Han *et al.* (2007), no encontraron diferencias significativas en la ganancia de peso entre ratas alimentadas con papa morada de la variedad Shadow-Queen (SQ) y ratas con dieta alta en colesterol, la diferencia con el estudio realizado por el mismo autor en el 2006 podría deberse a que la variedad SQ reportó valores inferiores de polifenoles y antocianinas, en 18% y 59% menos respectivamente, en comparación a la variedad H92.

Por otro lado, la práctica de ejercicio no demostró tener efecto sobre el consumo de alimento, ya que a pesar de que los animales que fueron sometidos a rutinas de entrenamiento registraron un consumo relativamente mayor, esta diferencia no fue significativa ( $p > 0.05$ ), hecho similar a lo observado en el estudio de Pellizzon *et al.* (2002), donde las ratas que realizaban natación 2 horas al día, 5 veces a la semana por 6 semanas, registraron un consumo menor al grupo control pero esta diferencia no fue significativa. Del mismo modo, los estudios de Bravo (2016) y Caqui (2019) encontraron que los animales que fueron sometidos a rutinas de natación de 40 minutos por 7 semanas y 45 minutos por 30 días respectivamente mostraron un consumo de alimento ligeramente superior en comparación al grupo sedentario, pero sin diferencia significativa ( $p > 0.05$ ).

El extracto acuoso de papa demostró tener impacto en la cantidad de alimento ingerido, ya que los animales experimentales de los tratamientos que recibieron el extracto registraron una ingesta significativamente menor ( $p=0.002$ ) en comparación a los que no recibieron, tal como se evidencia en la **Figura 8**.



(a, b): Letras diferentes representan diferencias significativas.

**Figura 8. Consumo de alimento (g) tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP) durante 30 días en ratas alimentadas con dieta obesogénica.**

El resultado con respecto a la cantidad de alimento consumido difiere de lo reportado por Han *et al.* (2006), quienes no encontraron diferencia significativa en el consumo de alimento entre los grupos que recibieron las hojuelas de papa y el grupo control. Otro estudio llevado a cabo un año después por el mismo autor, Han *et al.* (2007), tampoco reveló diferencia significativa en el consumo de alimento entre el grupo control y el tratamiento que consumió las hojuelas de papa morada (30% de hojuelas + 70% alimento estándar). La diferencia entre el presente estudio y los otros estudios en mención podría residir en la presentación (EAP vs hojuelas) y método de administración del alimento en investigación, papa morada, ya que la administración del EAP por vía orogástrica, con una dosificación de acuerdo al peso de cada unidad experimental, asegura una ingesta total de los componentes bioactivos lo que podría repercutir de manera significativa en reducir la ingesta y maximizar la eficacia del EAP en comparación al efecto de las hojuelas de papa.

No se encontró interacción significativa ( $p>0.05$ ) entre los factores EAP y ejercicio físico para peso vivo, ganancia de peso y consumo de alimento.

#### 4.2.2. Perfil lipídico y nivel de glucosa en sangre.

Los resultados acerca de los niveles de Triglicéridos (TG), lipoproteína de alta densidad (HDL-C) y glucosa en sangre se detallan en el **Cuadro 9, Figura 9 y Anexo X.**

**Cuadro 9. Perfil lipídico y nivel de glucosa en sangre tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP) y práctica de ejercicio físico (EF).**

Tratamiento (T)	EAP	EF	TG (mg/dL)	HDL-C (mg/dL)	Glucosa (mg/dL)
T1	0 mg/Kg	S	114.43 <sup>a</sup>	24.00 <sup>a</sup>	99.57 <sup>a</sup>
T2	665 mg/Kg	S	116.00 <sup>a</sup>	<b>49.00<sup>b</sup></b>	89.86 <sup>a</sup>
T3	0 mg/Kg	N	118.86 <sup>a</sup>	33.14 <sup>a</sup>	90.29 <sup>a</sup>
T4	665 mg/Kg	N	119.43 <sup>a</sup>	41.00 <sup>a</sup>	92.43 <sup>a</sup>
<b>Efecto del EAP</b>		0 mg/Kg	116.64 <sup>a</sup>	28.57 <sup>a</sup>	94.93 <sup>a</sup>
		665 mg/Kg	117.71 <sup>a</sup>	<b>45.00<sup>b</sup></b>	91.14 <sup>a</sup>
<b>Efecto del EF</b>		S	115.22 <sup>a</sup>	36.50 <sup>a</sup>	94.71 <sup>a</sup>
		N	119.15 <sup>a</sup>	41.07 <sup>a</sup>	90.08 <sup>a</sup>
<b>Probabilidad</b>					
<b>EAP</b>			0.92	<b>0.01</b>	0.54
<b>EF</b>			0.73	0.82	0.58
<b>EAP * EF</b>			0.96	0.19	0.34

<sup>ab</sup> Letras distintas como superíndices dentro de una columna indican diferencias significativas ( $P<0.05$ ). \*T1: Dieta obesogénica (DO) + 0 mg/Kg Extracto acuoso de papa (EAP)+ Sedentario (S); T2: DO + 665 mg/Kg EAP+ S; T3: DO + 0 mg/Kg EAP+ Natación (N); T4: DO + 665 mg/Kg EAP + N. Extracto acuoso de papa (EAP); Ejercicio físico (EF). Triglicéridos (TG).

No se encontró interacción significativa ( $P>0.05$ ) entre los factores EAP y ejercicio físico para ninguna de las variables pertenecientes a la bioquímica sanguínea.

Se ha demostrado que una dieta alta en grasas promueve cambios negativos en el organismo, incrementa la adiposidad visceral y modifica el perfil lipídico: incrementa los niveles de triglicéridos, colesterol y reduce los niveles de colesterol HDL-C, alteración ligada al

síndrome metabólico (Marques *et al.* 2010), resistencia a la insulina e hígado graso (Touati *et al.* 2011), efectos que se evidencian en el tratamiento 1 (**Cuadro 9**), que recibió la dieta obesogénica y era sedentario.

#### **4.2.2.1. Triglicéridos.**

No se encontró diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) al evaluar el desempeño individual del ejercicio físico y la administración del EAP sobre el nivel de triglicéridos en sangre.

En cuanto al factor individual ejercicio físico, se observó que los tratamientos sometidos a natación reportaron niveles de triglicéridos similares a los tratamientos que eran sedentarios, lo cual es congruente con lo reportado por Speretta *et al.* (2012), quienes no encontraron diferencia significativa en los niveles de triglicéridos entre los dos tratamientos cuyas unidades experimentales recibían dieta alta en grasa pero uno era sedentario y el otro realizaba natación, 60 minutos por día / 5 veces a la semana / 8 semanas. Así también, el estudio llevado a cabo por Touati *et al.* (2011), halló que aquellos animales que consumieron dieta alta en grasa y eran sedentarios a la vez, tuvieron niveles de TG relativamente similares y sin diferencia significativa en comparación al tratamiento que incorporó un entrenamiento de 60 minutos por día, 5 veces a la semana por 12 semanas, lo que podría sugerir que el nivel de triglicéridos en sangre estaría ligado a la composición de la dieta y no al ejercicio (Roberts *et al.* 2001). Así mismo, cabe recordar que los tratamientos que fueron sometidos a ejercicio físico registraron a la vez un consumo de alimento ligeramente superior, lo que podría reflejarse en la reducción no significativa de los niveles de TG.

Casi la totalidad de estudios, dentro de ellos el de Gao *et al.* (2014), Bachi *et al.* (2015) y Nakhaei *et al.* (2019), han reportado y expresado unanimidad en la capacidad del ejercicio físico en la reducción significativa de los niveles de TG en comparación a grupos sedentarios. El mecanismo por el cual el ejercicio físico contribuiría a la reducción de este componente en sangre radicaría en su capacidad para incrementar la actividad de la enzima lipoproteín lipasa (LPL) del músculo esquelético y el tejido adiposo, lo que conlleva a un mayor catabolismo y uso por parte del músculo esquelético de las moléculas de TG, contenidas en las lipoproteínas como es el caso de las VLDL y quilomicrones. Así mismo, se induce a una reducción de la lipasa hepática, mayor actividad de la Lecitin Colesterol Acil

Transferasa (LCAT) y por consiguiente el incremento de lipoproteínas de alta densidad (HDL-C) en sangre. Sin embargo, debe de considerarse la frecuencia, duración y tipo de ejercicio físico realizado ya que eso determina las posibles modificaciones en el perfil lipídico (Aspiroz y Nuviala 2002).

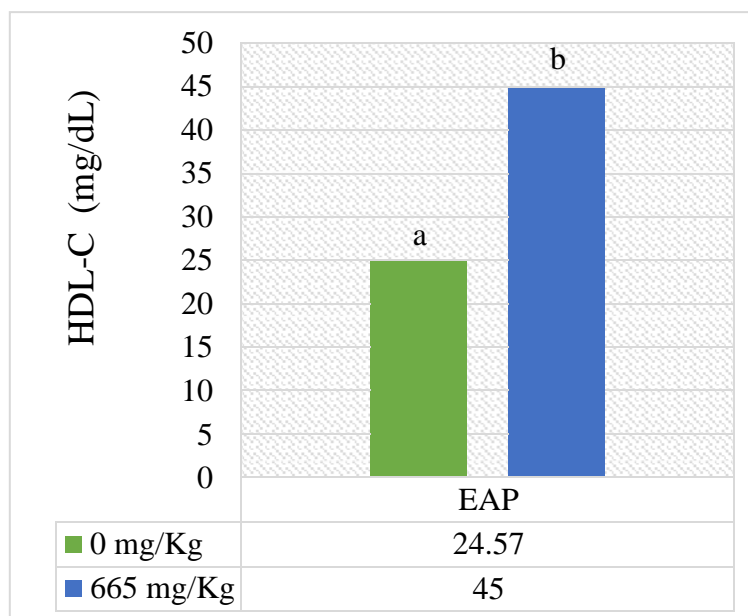
En relación con el extracto acuoso, su administración por 30 días no demostró tener efecto en la reducción significativa de los niveles de triglicéridos, similar a lo encontrado en el estudio de Han *et al.* (2007), donde después de 4 semanas de consumo de hojuelas de 2 variedades de papa morada no se encontraron diferencias significativas en los niveles de TG en comparación al tratamiento control. Cabe mencionar que en nuestro estudio los niveles de TG registrados son significativamente mayores, alrededor del doble, en comparación con el estudio citado, esto podría deberse a la duración del periodo de consumo de la dieta obesogénica ya que en el estudio de Han *et al.* (2007), el periodo experimental tuvo una duración de 4 semanas, tiempo en el cual se brindó una dieta alta en colesterol a las ratas, y en el presente estudio los animales experimentales consumieron una dieta alta en grasas (30%) alrededor de 3 meses, lo que indicaría que un consumo crónico de lípidos en la dieta se reflejaría en un perfil metabólico más desfavorable. Del mismo modo, el estudio realizado por Chen *et al.* (2020), no halló diferencias significativas en los niveles de triglicéridos entre el tratamiento que adicionalmente de la dieta alta en grasa recibió extracto de antocianina de papa morada (Synkeä Sakari, 50mg/Kg) y el tratamiento control.

Se ha sugerido que el efecto reductor que tiene el consumo de estos tubérculos de color sobre el perfil lipídico se explicaría en que el almidón proveniente de la papa morada se fermenta en el intestino e incrementa la cantidad de ácidos grasos de cadena corta (Han *et al.* 2008, 2013), dentro de los cuales la producción de propionato cecal fue mayor y se relacionó negativamente con las concentraciones plasmáticas de colesterol LDL-C (Han *et al.* 2013). Así también, se ha sugerido que con el consumo de este tipo de alimentos se incrementaría la excreción fecal de esteroides neutros ya que los polifenoles, contenidos en la papa en este caso, perturban la absorción del colesterol de la dieta que se encuentra en sobrecarga en el tracto intestinal puesto que necesitan de este espacio para la síntesis de otros metabolitos (Stahl *et al.* 2002).

Se sabe que en situaciones de inflamación crónica y enfermedades crónicas no transmisibles como la obesidad y diabetes hay una alteración en la barrera intestinal, y Sun *et al.* (2018) demostraron que el extracto de papa morada contribuye a la diferenciación epitelial intestinal

y mejora la función de barrera, por ende, sugirieron que este alimento debería usarse como una de las estrategias de soporte para mejorar la salud intestinal. Cabe mencionar que el consumo de papa morada es una buena alternativa para reemplazar carbohidratos convencionales en la dieta con el objetivo de poseer una mejor salud (Ayoub *et al.* 2018).

#### 4.2.2.2. Lipoproteína de alta densidad (HDL-C).



(a, b): Letras diferentes representan diferencias significativas.

**Figura 9. Concentración de Colesterol HDL-C (mg/dL) tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP) durante 30 días en ratas alimentadas con dieta obesogénica.**

En cuanto a los niveles de HDL-C, se encontró que los tratamientos 1 (DO y sedentario), 3 (DO y ejercicio físico) y 4 (DO, administración de extracto acuoso y ejercicio físico) registraron valores significativamente inferiores ( $p > 0.05$ ) en comparación al tratamiento 2 (DO y administración de extracto acuoso). El tratamiento 1 (DO y sedentario) registró valores de HDL-C más inferiores que el resto de los tratamientos, similar a lo encontrado en los estudios de Joerin *et al.* (2014) y Amor *et al.* (2019), donde los grupos de animales experimentales que consumieron dietas altas en grasas y sacarosa respectivamente, registraron valores significativamente inferiores ( $p < 0.05$ ) de HDL-C en comparación a otros tratamientos.



Al evaluar el desempeño individual de los factores, la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi demostró tener la capacidad de incrementar significativamente los niveles de colesterol HDL-C, estos resultados no concuerdan con lo hallado por Yoon *et al.* (2008), quienes encontraron que los niveles de HDL-C de los grupos que recibieron 100 y 500 mg/Kg de extracto alcohólico de una variedad de papa morada (Bora Valley) fueron ligeramente superiores pero sin diferencia significativa con respecto al grupo control, esto podría deberse a la baja dosis de administración en comparación con nuestro estudio y a la diferencia en el contenido de metabolitos secundarios de las variedades en estudio.

El posible mecanismo de acción por el cual estos alimentos con contenido de polifenoles, antocianinas y/o flavonoides podrían incrementar el contenido de HDL-C en sangre residiría en que las antocianinas están ligadas a la reducción de la oxidación de colesterol LDL-C, debido a sus funciones antioxidantes y funciones antiinflamatorias, logrando en consecuencia un posible incremento del colesterol antagónico, en este caso el colesterol HDL-C y consecuentemente una disminución en la probabilidad de sufrir enfermedades cardiovasculares (Han *et al.* 2006).

En cuanto al desempeño individual del factor ejercicio físico, se encontró que la práctica de natación demostró incrementar los niveles de HDL-C en comparación al grupo sedentario, sin embargo, esta diferencia no fue significativa ( $p > 0.05$ ), estos resultados son congruentes con lo encontrado en los estudios de Bravo (2016), Caqui (2019) y Nakhaei *et al.* (2019), quienes no encontraron diferencias significativas en los niveles séricos de la HDL-C de animales experimentales alimentados con una dieta alta en grasas y sometidas a la práctica de natación en comparación a grupos sedentarios. A pesar de que en algunos estudios las concentraciones de HDL-C, no llegan a incrementarse de manera significativa en respuesta al ejercicio, debe de considerarse que pequeñas modificaciones en la concentración de esta lipoproteína pueden ser valiosamente relevantes entre sujetos sedentarios, ya que por cada incremento de 1 mg/dl de HDL-C puede producirse un descenso de hasta un 3% en la incidencia de riesgo cardiovascular (Aspiroz y Nuviala 2002).

Se sugiere que la práctica de ejercicio físico sería una medida efectiva para revertir los desórdenes en el metabolismo de los lípidos generados por una dieta alta en grasas, ya que se ha reportado una mayor actividad de la enzima Lipoproteín Lipasa, a consecuencia del

desarrollo de una actividad física de larga duración, que a su vez guarda relación directa con la concentración sérica de HDL-C y un incremento de la actividad de la Lecitin Colesterol Acil Transferasa lo que se traduce en un aumento del HDL<sub>2</sub>, subfracción del HDL-C con verdadera acción protectora de la aterosclerosis y enfermedades metabólicas (Aspiroz y Nuviala 2002).

Por otro lado, lo hallado en el presente estudio difiere de lo encontrado en los estudios de Yang *et al.* (2016) y Speretta *et al.* (2012), donde los tratamientos que recibieron dietas altas en grasas y realizaron entrenamientos de natación por 90 minutos diarios, 5 veces a la semana por 8 semanas y natación 60 minutos por día, 5 veces a la semana por 8 semanas, respectivamente en cada estudio, obtuvieron mejores y mayores niveles de HDL-C en sangre en comparación a los tratamientos que recibieron la misma dieta alta en grasas pero eran sedentarios. La diferencia en los resultados podría radicar, una vez más, en la frecuencia y duración del entrenamiento ya que en los estudios en mención las ratas fueron sometidas a entrenamientos más vigorosos, 90 minutos y 60 minutos por 8 semanas vs 45 minutos por 30 días en el presente estudio.

#### **4.2.2.3. Glucosa en sangre.**

Al evaluar el efecto individual de la administración del extracto acuoso papa morada Amachi sobre el nivel de glucosa sérica en ayunas, los grupos que recibieron los 665mg/dL de EAP registraron niveles ligeramente inferiores en comparación a los que no recibieron ninguna dosis, mas no se encontró significancia estadística ( $p>0.05$ ), hecho que concuerda con lo hallado en el estudio realizado por Chen *et al.* (2020), quienes observaron que el grupo que recibió extracto de papa morada presentó valores inferiores de glucosa sérica con respecto al grupo control, pero sin diferencia significativa. Del mismo modo, la investigación llevada a cabo por Strugała *et al.* (2019) encontró que los animales experimentales que fueron inducidos a sufrir de diabetes y recibieron extracto de una variedad de papa morada, denominada Blue Congo, por 14 días registraron valores inferiores de glucosa en ayunas, pero sin diferencia significativa en comparación a aquellas que pertenecían al grupo control. Si bien aún no se conoce el mecanismo exacto por el cual los metabolitos secundarios, polifenoles, antocianinas y flavonoides, contenidos en las papas moradas pueden mejorar el metabolismo y la tolerancia a la glucosa, el mecanismo podría residir en un incremento en

la sensibilidad a la insulina, mayor secreción de insulina o una combinación de ambos (Takikawa *et al.* 2010).

Por otro lado, al analizar el efecto individual del ejercicio físico, si bien los grupos que fueron sometidos a entrenamientos de natación registraron valores de glucosa en ayunas ligeramente inferiores con respecto al grupo control, esta disminución no fue estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ), este resultado guarda relación con lo reportado por Da Rocha *et al.* (2016) quienes no encontraron diferencias significativas en los niveles de glucosa entre el tratamiento que realizó sesiones de natación por 8 semanas, después de haber tenido un periodo de inducción a la obesidad con una dieta alta en grasas, 57.20%, por 4 semanas en comparación con el grupo que recibió el mismo tipo de dieta pero era sedentario. Otro estudio realizado en humanos por Cox *et al.* (2010) reportó que el grupo que practicó natación, no mostró reducción significativa en sus niveles de glucosa en ayunas ni en la tolerancia a la glucosa con referencia a los niveles iniciales, antes de iniciar el entrenamiento.

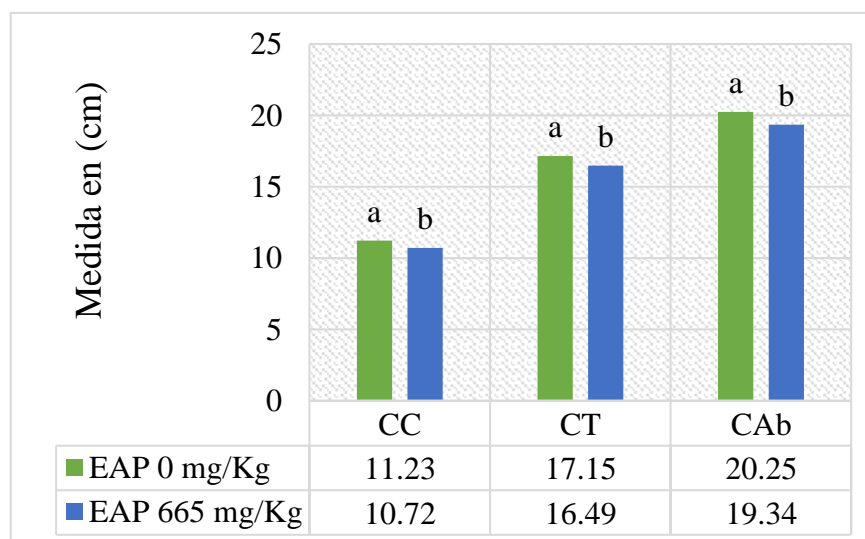
#### **4.2.3. Biometría.**

Los resultados acerca de las características biométricas e índices corporales tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi y práctica de ejercicio físico se detallan en el **Cuadro 10, Figura 10 y Anexo XI.**

**Cuadro 10. Características biométricas e índices corporales tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP) y práctica de ejercicio físico (EF).**

Tratamiento (T)	EAP	EF	CC (cm)	CT (cm)	CAb (cm)	Índice Lee	IMC (g/cm <sup>2</sup> )
T1	0 mg/Kg	S	11.49 <sup>a</sup>	17.20 <sup>a</sup>	20.11 <sup>a</sup>	0.33 <sup>a</sup>	0.87 <sup>a</sup>
T2	665 mg/Kg	S	10.74 <sup>a</sup>	16.52 <sup>a</sup>	19.14 <sup>a</sup>	0.32 <sup>a</sup>	0.80 <sup>a</sup>
T3	0 mg/Kg	N	10.97 <sup>a</sup>	17.10 <sup>a</sup>	20.39 <sup>a</sup>	0.32 <sup>a</sup>	0.82 <sup>a</sup>
T4	665 mg/Kg	N	10.70 <sup>a</sup>	16.47 <sup>a</sup>	19.53 <sup>a</sup>	0.32 <sup>a</sup>	0.82 <sup>a</sup>
<b>Efecto del EAP</b>		0 mg/Kg	11.23 <sup>a</sup>	17.15 <sup>a</sup>	20.25 <sup>a</sup>	0.33 <sup>a</sup>	0.85 <sup>a</sup>
		665 mg/Kg	<b>10.72<sup>b</sup></b>	<b>16.49<sup>b</sup></b>	<b>19.34<sup>b</sup></b>	0.32 <sup>a</sup>	0.81 <sup>a</sup>
<b>Efecto del EF</b>		S	11.12 <sup>a</sup>	16.86 <sup>a</sup>	19.63 <sup>a</sup>	0.33 <sup>a</sup>	0.84 <sup>a</sup>
		N	10.84 <sup>a</sup>	16.79 <sup>a</sup>	19.96 <sup>a</sup>	0.32 <sup>a</sup>	0.82 <sup>a</sup>
<b>Probabilidad</b>							
<b>EAP</b>			<b>0.004</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	0.50	0.15
<b>EF</b>			0.09	0.77	0.41	0.06	0.40
<b>EAP * EF</b>			0.15	0.90	0.88	0.06	0.10

<sup>ab</sup> Letras distintas como superíndices dentro de una columna indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). \*T1: Dieta obesogénica (DO) + 0 mg/Kg Extracto acuoso de papa (EAP) + Sedentario (S); T2: DO + 665 mg/Kg EAP + S; T3: DO + 0 mg/Kg EAP + Natación (N); T4: DO + 665 mg/Kg EAP + N. Extracto acuoso de papa (EAP); Ejercicio físico (EF). Circunferencia de cuello (CC), circunferencia abdominal (CAb), circunferencia torácica (CT), índice de masa corporal (IMC).



(a, b): Letras diferentes representan diferencias significativas.

**Figura 10. Características biométricas tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP) durante 30 días en ratas alimentadas con dieta obesogénica.**

Al analizar el desempeño individual de cada factor, se observó que la administración del EAP mostró un efecto ligeramente reductor pero significativo ( $p < 0.05$ ) para las variables circunferencia de cuello, circunferencia de tórax y circunferencia abdominal. Este efecto reductor sobre los parámetros corporales podría guardar relación al efecto reductor que tuvo la administración EAP sobre el consumo de alimento y ganancia de peso.

Se ha demostrado que los polifenoles modulan las vías fisiológicas y moleculares que regulan la adiposidad, se ha reportado su papel en la disminución de la ganancia de peso e IMC, reducción de tejido adiposo abdominal y blanco en respuesta a la ingesta de flavonoides, y algunos de los posibles mecanismos para estos efectos serían la capacidad antioxidante que contribuye a la reducción de la inflamación, una reducción en la absorción intestinal de lípidos, activación de lipólisis en tejido adiposo, muscular y hepático, incremento de la excreción fecal de almidones y una mayor reserva cecal de ácidos grasos de cadena corta los cuales regulan el equilibrio entre la síntesis de ácidos grasos y la oxidación de ácidos grasos (Meydani y Hasan 2010, Unno *et al.* 2015, Jack *et al.* 2019).

No se observaron diferencias significativas al evaluar el desempeño individual del EF, sin embargo, los valores hallados para el perímetro de cuello y tórax, Índice de Lee e IMC para los grupos sometidos a natación fueron ligeramente inferiores en comparación al grupo sedentario. Si bien se ha reportado que la práctica de este ejercicio aeróbico, natación, se asocia a un incremento de la masa muscular (Moraes *et al.* 2017) y a menores cantidades de tejido adiposo en animales experimentales entrenados bajo una rutina de natación, cabe mencionar que la actividad lipolítica varía de acuerdo a la disposición del tejido adiposo en el cuerpo (Da Rocha *et al.* 2016) por lo cual, debe de considerarse el tipo, frecuencia y duración del entrenamiento si se busca obtener resultados significativos.

En el presente estudio, los animales experimentales fueron sometidos a 60 días para la inducción a la obesidad en contraste a las 3 y 4 semanas en el estudio de Speretta *et al.* (2012) y Da Rocha *et al.* (2016) respectivamente, lo que podría sugerir que el ejercicio físico por un periodo de 30 días no es suficiente para contrarrestar los efectos metabólicos causados por el consumo crónico de una dieta alta en grasas. En los estudios llevados a cabo por Goularte *et al.* (2012), Gao *et al.* (2014), Da Rocha *et al.* (2016) y Nakhaei *et al.* (2019) se destinaron a la práctica de natación un máximo de 75 minutos por 8 semanas, 60 minutos

por 6 semanas, un máximo de 60 minutos por 8 semanas más una sobrecarga de 5% del peso del animal, un máximo de 50 minutos por 8 semanas más una sobrecarga de hasta 3% del peso del animal respectivamente, lo que evidencia que el tiempo destinado a dicha actividad en nuestro estudio es inferior y podría justificar su ineficiencia en la reducción significativa de estos parámetros corporales. Del mismo modo, la no evaluación del tejido adiposo en el presente estudio dificulta conocer si la ligera disminución de los parámetros corporales evaluados obedece a una disminución insuficiente de tejido adiposo o a un incremento de masa muscular como lo reportado en el estudio de Moraes *et al.* (2017).

En el **Cuadro 10**, Se puede observar que ninguna de las variables analizadas reflejó interacción estadísticamente significativa entre los factores EAP y EF ( $p > 0.05$ ).

#### 4.2.4. Peso del hígado e índice hepático.

Escriba el texto aquí

El peso del hígado e índice hepático se detallan en el **Cuadro 11** y **Anexo XII**.

**Cuadro 11. Peso del hígado e índice hepático tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP) y práctica de ejercicio físico (EF).**

*T	EAP	EF	PH (g)	IH
1	0 mg/Kg	S	17.15 <sup>a</sup>	3.64 <sup>a</sup>
2	665 mg/Kg	S	14.20 <sup>a</sup>	3.19 <sup>a</sup>
3	0 mg/Kg	N	16.02 <sup>a</sup>	3.24 <sup>a</sup>
4	665 mg/Kg	N	16.88 <sup>a</sup>	3.52 <sup>a</sup>
<b>Efecto del EAP</b>		0 mg/Kg	16.58 <sup>a</sup>	3.44 <sup>a</sup>
		665 mg/Kg	15.54 <sup>a</sup>	3.35 <sup>a</sup>
<b>Efecto del EF</b>		S	15.67 <sup>a</sup>	3.41 <sup>a</sup>
		N	16.45 <sup>a</sup>	3.38 <sup>a</sup>
<b>Probabilidad</b>				
<b>EAP</b>			0.27	0.63
<b>EF</b>			0.41	0.84
<b>EAP * EF</b>			0.05	0.06

<sup>ab</sup> Letras distintas como superíndices dentro de una columna indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). \*T1: Dieta obesogénica (DO) + 0 mg/Kg Extracto acuoso de papa (EAP)+ Sedentario (S); T2: DO + 665 mg/Kg EAP+ S; T3: DO + 0 mg/Kg EAP+ Natación (N); T4: DO + 665 mg/Kg EAP + N. Extracto acuoso de papa (EAP); Ejercicio físico (EF). Peso del hígado (PH), Índice hepático (IH).

Al evaluar el efecto individual del EAP sobre el peso del hígado no se hallaron diferencias significativas entre los animales que recibieron la dosis de 665mg/Kg de peso corporal y los que no, coherente con lo reportado por Han *et al.* (2006) quienes no encontraron diferencias significativas en el peso del hígado en ratas que consumieron hojuelas de dos variedades de papa morada con alto contenido de polifenoles, flavonoides y antocianinas por 4 semanas con respecto al grupo control. Así también otro estudio de Han *et al.* (2007), tampoco reportó diferencias significativas en el peso del hígado de animales que consumieron hojuelas de papa morada en comparación al grupo que consumió la dieta control, papa blanca o camote.

Por otro lado, al evaluar el desempeño individual del EF sobre el peso del hígado no se hallaron diferencias significativas entre los grupos que fueron sometidos a natación y los grupos sedentarios, congruente con lo referido por Pellizzon *et al.* (2002) quienes encontraron que el peso promedio de los hígados de las ratas que fueron sometidas a rutinas de natación de 2 horas, 5 veces a la semana por 6 semanas y que consumieron una dieta alta en grasas (40%) a base de aceite de palma o de soya no tuvo diferencia significativa con respecto a los grupos que recibieron el mismo tipo de dieta pero eran sedentarios, esto podría indicar que debe de integrarse cambios en los patrones de alimentación además del ejercicio para contrarrestar la acumulación de tejido adiposo a nivel hepático como causa de un consumo prolongado de una dieta obesogénica. El estudio realizado por Zacarias *et al.* (2017) tampoco encontró diferencia ( $p > 0.05$ ) en el índice hepático de ratas que fueron sometidas a natación en comparación al grupo sedentario, sin embargo al igual que el estudio llevado a cabo por Song *et al.* (2014), se encontró que los grupos de animales experimentales que recibieron una dieta alta en grasas, 59.8% de grasa, y fueron sometidos a un entrenamiento de natación por 45 minutos, 5 veces a la semana por 4 semanas y el otro por 8 semanas, mostraron una deposición lipídica notablemente reducida en las células hepáticas en comparación al grupo que recibió el mismo tipo de dieta alta en grasas pero era sedentario donde la deposición de lípidos fue significativa, hubo disminución en el número de mitocondrias y daño ultraestructural pronunciado.

## V. CONCLUSIONES.

Bajo las condiciones experimentales en las que se realizó esta investigación se concluye que:

1. No se encontró interacción significativa entre los factores EAP y EF sobre las variables peso corporal, ganancia de peso, consumo de alimento, biometría e índices corporales, bioquímica sanguínea, peso de hígado e índice hepático.
2. La administración de EAP en su nivel de inclusión de 665mg/dL, demostró tener la capacidad de reducir significativamente la ganancia de peso, consumo de alimento, circunferencia de cuello, circunferencia de tórax, circunferencia abdominal y de incrementar significativamente los niveles de HDL-C sérico.
3. La administración de 665mg/dL de EAP no redujo de manera significativa el peso corporal, niveles séricos de triglicéridos y glucosa, índice de Lee e índice de masa corporal.
4. El programa de ejercicio físico no fue suficiente para mejorar de manera estadísticamente significativa las variables evaluadas en el presente estudio, sin embargo, se registró menor ganancia de peso, glucosa sérica, perímetro de cuello y tórax, índice de Lee, índice de masa corporal e índice hepático en animales ejercitados.



## **VI. RECOMENDACIONES.**

En base a los resultados y conclusiones obtenidos en esta investigación se brinda las siguientes sugerencias:

- Determinar el perfil de metabolitos secundarios; polifenoles, flavonoides y antocianinas contenidos en la variedad de papa Amachi con el objetivo de conocer los componentes implicados en la bioactividad antioxidante de este tubérculo.
- Continuar con el estudio del efecto de la incorporación del extracto acuoso de papa morada variedad Amachi y una rutina de entrenamiento con un periodo más prolongado sobre el estrés oxidativo y marcadores inflamatorios.
- Realizar estudios que involucren el ejercicio físico, natación, no solo como estrategia para contrarrestar los daños metabólicos ya establecidos a causa de la obesidad, sino evaluar sus efectos como factor preventivo desde el inicio de la inducción a la obesidad.
- Estudiar el tejido hepático a nivel histopatológico para conocer los efectos de la administración conjunta de una dieta alta en grasas y el extracto acuoso de papa morada variedad Amachi para evaluar el papel de metabolitos secundarios contenidos en este tubérculo sobre la deposición de lípidos a este nivel.
- Determinar el efecto y bioactividad de la administración extracto acuoso de papa morada variedad Amachi sobre animales experimentales sanos y con dieta estándar.
- Realizar estudios para evaluar el potencial terapéutico nutricional de otras variedades de papa nativa.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Agati, G.; Azzarello, E.; Pollastri, S.; Tattini, M. 2012. Flavonoids as antioxidants in plants: location and functional significance. *Plant Science* 196: 67-76.
- Alegría, E.; Alegría, A.; Alegría Barrero, E. 2012. Estratificación del riesgo cardiovascular: importancia y aplicaciones. *Revista Española de Cardiología* 12: 8-11.
- Ali, B.; Karaca, T.; Suleimani, Y.; Abi, M.; Kalbani, J.; Ashique, M.; Nemmar, A. 2017. The effect of swimming exercise on adenine-induced kidney disease in rats, and the influence of curcumin or lisinopril thereon. *PLoS ONE* 12(4): 1-20
- Alwan, A.; Maclean, DR.; Riley, LM.; d'Espaignet, ET.; Mathers, CD.; Stevens, GA.; Bettcher, D. 2010. Monitoring and surveillance of chronic non-communicable diseases: progress and capacity in high-burden countries. *Lancet* 376 (9755):1861-1868.
- Amor, S.; González-Hedström, D.; Martín-Carro, B.; Inarejos-García, AM.; Almodóvar, P.; Prodanov, M.; García-Villalón, AL.; Granada, M. 2019. Beneficial effects of an aged black garlic extract in the metabolic and vascular alterations induced by a high fat/sucrose diet in male rats. *Nutrients* 11(1):153.
- Anderson, E.; Durstine J.L. 2019. Physical activity, exercise, and chronic diseases: A brief review. *Sports Medicine and Health Science* 1(1): 3-10.
- Andre, CM.; Ghislain, M; Bertin, P; Oufir, M; Herrera, MR; Hoffmann, L; Hausman, JF; Larondelle, Y; Evers, D. 2007. Andean potato cultivars (*Solanum tuberosum L.*) as a source of antioxidant and mineral micronutrients. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55: 366-378.
- Andreu, A.; Clausen, A.; Lanteri, M.; Valiñas, M.; Silvera, M.; Martínez, M.; Gómez, D.; Barbini, L.; Castaño, E. 2012. Polifenoles saludables en papa: Su posible uso como agentes terapéuticos. Instituto de Investigaciones Biológicas- IIB. Primer Congreso Nacional de agregado de valor en origen. Córdoba. Argentina.
- Arocha, J. 2019. Sedentarismo, la enfermedad del siglo XXI. *Clínica e Investigación en Arteriosclerosis* 31(5): 233-240.
- Arteaga, A. 2012. El sobrepeso y la obesidad como un problema de salud. *Revista Médica Clínica Las Condes* 23(2): 145-153.

- Aspiroz, S.; Nuviala, M. 2002. Lípidos y ejercicio físico. *Archivos de medicina del deporte* 19(90): 317-329.
- Auberval, N.; Dal, S.; Bietiger, W.; Pinget, M.; Jeandidier, N.; Maillard-Pedracini, E.; Schini-Kerth, V.; Sigrist, S. 2014. Metabolic and oxidative stress markers in Wistar rats after 2 months on a high-fat diet. *Diabetology & Metabolic Syndrome* 6: 130.
- Ayoub, HM.; McDonald, MR.; Sullivan, JA.; Tsao, R.; Meckling, KA. 2018. Proteomic profiles of adipose and liver tissues from an animal model of metabolic syndrome fed purple vegetables. *Nutrients* 10(4):456.
- Bachi, AL.; Rocha, GA.; Sprandel, MC.; Ramos, LR.; Gravina, CF.; Pithon-Curi, TC.; Vaisberg, M.; Maranhão, RC. 2015. Exercise training improves plasma lipid and inflammatory profiles and increases cholesterol transfer to high-density lipoprotein in elderly women. *Journal of the American Geriatrics Society* 63(6):1247-1249.
- Bagul, P. K.; Middela, H.; Matapally, S.; Padiya, R.; Bastia, T.; Madhusudana, K.; Reddy, R.; Chakravarty, S.; Banerjee, S. K. 2012. Attenuation of insulin resistance, metabolic syndrome and hepatic oxidative stress by resveratrol in fructose-fed rats. *Pharmacological Research*, 66(3), 260–268.
- Ballesteros, LF.; Ramirez, MJ.; Orrego, CE.; Teixeira, JA.; Mussato, SI. 2017. Optimization of autohydrolysis conditions to extract antioxidant phenolic compounds from spent coffee grounds. *Journal of Food Engineering* 199: 1-8.
- Baynes, JW y Dominiczak, MH. 2011. *Bioquímica médica (3ª edición)* [recurso electrónico]. Madrid. España. Elsevier.
- Bell, D.; Gochenaur, K. 2006. Direct vasoactive and vasoprotective properties of anthocyanin-rich extracts. *Journal of Applied Physiology* 100(4): 1164–70.
- Bernardis, LL.; Patterson, BD. 1968. Correlation between ‘Lee index’ and carcass fat content in weanling and adult female rats with hypothalamic lesions. *Journal of Endocrinology* 40(4): 527-528.
- Blancas-Flores, G.; Almanza-Pérez, JC.; López-Roa, RI.; Alarcón-Aguilar, FJ.; García-Macedo, R.; Cruz, M. 2010. La obesidad como un proceso inflamatorio. *Boletín médico del Hospital Infantil de México* 67(2): 88-97.
- Bloomgarden, ZT. 2011. World congress on insulin resistance, diabetes, and cardiovascular disease: Part 1. *Diabetes Care* 34 (7):115-120.
- Bravo, G. 2016. Modificación del perfil lipídico sanguíneo en respuesta al ejercicio físico en ratas alimentadas con dietas conteniendo ácidos grasos trans (AGT). Tesis para optar

el grado de Magister Scientiae en Nutrición. Lima. Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 84 pp.

- Brown, CR. 2005. Antioxidants in potato. *American Journal of Potato Research* 82(2): 163-172.
- Buettner, R.; Parhofer, KG.; Woenckhaus, M.; Wrede, CE.; Kunz-Schughart, LA.; Schölmerich, J.; Bollheimer, LC. 2006. Defining high-fat-diet rat models: metabolic and molecular effects of different fat types in *Journal of Molecular Endocrinology* 36(3): 485-501.
- Candás B.; Pocoví, M.; Romero, C.; Vella, JC.; Esteban, M.; Castro, J.; Rodríguez E.; Arrobas, T.; Calmarza, P.; Puzo, J. 2019. Estrategia para el diagnóstico de las dislipidemias. Recomendación 2018. *Revista del Laboratorio Clínico* 12(4): 21-33.
- Cano, C.; Bermúdez, V.; Souki, A.; Amell, A.; Restrepo, H.; Leal, E.; Santiago, E.; Hamid, S.; Arria, M.; Rojas, J.; Medina, M.; Núñez, M.; Bermúdez. La Trimetazidina Disminuye la Glicemia Basal en Ratas con Hiperglicemia de Ayuno. 2000. 19(1): 58-61.
- Caqui, F. 2019. Aceite de coco virgen y ejercicio físico sobre la capacidad antioxidante, somatometría, grasa corporal y bioquímica sanguínea en ratas obesas. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Nutrición. Lima. Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 99 pp.
- Celis, C.; Salas, C.; Álvarez, C.; Aguilar, N.; Ramírez, R.; Leppe, J.; Cristi, C.; Díaz, X.; Duran, E.; Labraña, A.; Martínez, M.; Leiva, A.; Willis, N. 2015. Un mayor nivel de actividad física se asocia a una menor prevalencia de factores de riesgo cardiovascular en Chile: resultados de la Encuesta Nacional de Salud 2009-2010. *Revista médica de Chile* 143 (11): 1435-1443.
- Chapman, NM.; Chi, H. 2017. Dietary Fat Inflames CD4+ T Cell Memory in Obesity. *Cell Metabolism* 25(3): 490-492.
- Chaves-Ulate, EC.; Esquivel-Rodríguez, P. 2019. Ácidos clorogénicos presentes en el café: capacidad antimicrobiana y antioxidante. *Agronomía Mesoamericana* 30(1): 299-311.
- Chen, K.; Wei, X.; Zhang, J.; Pariyani, R.; Jokioja, J.; Kortensniemi, M.; Linderborg, KM.; Heinonen, J.; Sainio, T.; Zhang, Y.; Yang, B. 2020. Effects of anthocyanin extracts from bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and purple potato (*Solanum tuberosum* L. var.

- 'Synkeä Sakari') on the plasma metabolomic profile of Zucker diabetic fatty rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 68(35):9436-9450.
- Chodzko-Zajko, WJ., Proctor, DN.; Fiatarone, Singh MA.; Minson, CT.; Nigg, CR.; Salem, GJ.; Skinner, JS. 2009. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 41(7): 1510-1530
  - CIP (Centro Internacional de la Papa). 2014. Catálogo de variedades de papa nativa con potencial para la seguridad alimentaria y nutricional de Apurímac y Huancavelica.
  - CIP (Centro Internacional de la Papa). 2018. Lima. Consultado 06 jun. 2020. Disponible en: <https://cipotato.org/es/potato/>
  - Cox, KL.; Burke, V.; Beilin, LJ.; Puddey, IA. A comparison of the effects of swimming and walking on body weight, fat distribution, lipids, glucose, and insulin in older women- the Sedentary Women Exercise Adherence Trial 2. *Metabolism* 59(11): 1562-1573.
  - CYTED. 1995. Programa Iberoamericano de Ciencia y tecnología para el Desarrollo. 270 Plantas medicinales iberoamericanas. Convenio Andrés Bello. Editor Mohabir P. Gupta Ph. D. Programa Iberoamericano de Ciencias y Tecnología para el desarrollo - Subprograma de Química fina Farmacéutica. 87-93 pp.
  - Da Rocha, GL.; Crisp, AH.; de Oliveira, MR.; da Silva, CA.; Silva, JO.; Duarte, AC.; Sene-Fiorese, M.; Verlengia, R. 2016. Effect of high intensity interval and continuous swimming training on body mass adiposity level and serum parameters in high-fat diet fed rats. *The Scientific World Journal* 19 jan. 2016.
  - Echeverri, D.; Fontanilla, M.; Buitrago, L. 2004. El macrófago en enfermedad vascular ¿El enemigo oculto? *Revista Colombiana de Cardiología* 11(3): 164 -173.
  - Engel, F. 1970. Explorations of the Chilca Canyon, Perú. *Current Anthropology* 11 (1): 55-58.
  - Fischer, SV.; Capriglioni, CR.; Gueiber, E.; de Carvalho, N.; Grassioli, S. 2015. MSwimming training prevents metabolic imprinting induced by hypernutrition during lactation. *Clinical Nutrition ESPEN* 10(1): 13-20.
  - Fluttert, M.; Dalm, S.; Oitzl, M.S. 2000. A refined method for sequential blood sampling by tail incision in rats. *Laboratory Animals*; 34: 372-378.
  - Foro Dislipidemia Aterogénica. 2013. Consenso multidisciplinar sobre dislipidemia aterogénica. *Clínica e Investigación en Arteriosclerosis* 25(2): 83-91.

- Furrer, A.; Cladis, DP.; Kurilich, A.; Manoharan, R.; Ferruzzi, MG. 2017. Changes in phenolic content of commercial potato varieties through industrial processing and fresh preparation. *Food Chemistry* 218:47-55.
- Gao, Y.; Wang, C.; Pan, T.; Li, L. 2014. Impact of metformin treatment and swimming exercise on visfatin levels in high-fat-induced obesity rats. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, 58(1): 42-47.
- García, E. 2014. ¿Qué es la obesidad? *Revista de Endocrinología y Nutrición* 12(3): 88-90.
- Gómez, A.; Nieto, E.; Gómez, C.; Figueroa, B.; Álvarez, C. 2010. Parámetros antropométricos como predictores de resistencia a la insulina en adultos con sobrepeso y obesidad, *Atención Primaria* 42(7): 364-371.
- Goularte, J.; Ferreira, M.; Sanvitto, G. 2012. Effects of food pattern change and physical exercise on cafeteria diet-induced obesity in female rats. *British Journal of Nutrition* 108(8): 1511-1518.
- Han, KH.; Hayashi, N.; Hashimoto, N.; Shimada, K.; Sekikawa, M.; Noda, T.; Fukushima, M. 2008. Feeding potato flakes affects cecal short-chain fatty acids, microflora and fecal bile acids in rats. *Annals of Nutrition and Metabolism* 52(1):1-7.
- Han, KH.; Kim, SJ.; Shimada, K.; Hashimoto, N.; Yamauchi, H.; Fukushima, M. 2013. Purple potato flake reduces serum lipid profile in rats fed a cholesterol-rich diet. *Journal of Functional Foods* 5(2): 974-980.
- Han, KH.; Matsumoto, A.; Shimada, K.; Sekikawa, M.; Fukushima M. 2007. Effects of anthocyanin-rich purple potato flakes on antioxidant status in F344 rats fed a cholesterol-rich diet. *British Journal of Nutrition* 98(5): 914-921.
- Han, KH.; Sekikawa, M.; Shimada, K.; Hashimoto, M.; Hashimoto, N.; Noda, T.; Tanaka, H.; Fukushima, M. 2006. Anthocyanin-rich purple potato flake extract has antioxidant capacity and improves antioxidant potential in rats. *British Journal of Nutrition* 96(6): 1125-1134.
- Hariri, N.; Thibault, L. 2010. High-fat diet-induced obesity in animal models. *Nutrition Research Reviews* 23(2): 270-299.
- Holvoet P. 2008. Relations between metabolic syndrome, oxidative stress and inflammation and cardiovascular disease. *Verhandelingen - Koninklijke Academie voor Geneeskunde van België* 70(3):193-219.

- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2012. IV CENSO NACIONAL AGROPECUARIO - 2012. Perú. Sistema de consulta de datos. Disponible en: <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/#>
- Jack, BU.; Malherbe, CJ.; Mamushi, M.; Muller, CJF.; Joubert, E.; Louw, J.; Pheiffer, C. 2019. Adipose tissue as a possible therapeutic target for polyphenols: A case for Cyclopia extracts as anti-obesity nutraceuticals. *Biomedicine and Pharmacotherapy* 120.
- Joerin, L.; Kauschka, M.; Bonnländer, B.; Pischel, I.; Benedek, B.; Butterweck, V. 2014. Ficus carica leaf extract modulates the lipid profile of rats fed with a high-fat diet through an increase of HDL-C. *Phytotherapy Research* 28(2):261-267.
- Kaspar, KL.; Park, JS.; Brown, CR.; Mathison, BD.; Navarre, DA.; Chew, BP. 2011. Pigmented potato consumption alters oxidative stress and inflammatory damage in men. *The Journal of Nutrition* 141(1): 108-11.
- Lee, MO. 1929. Determination of the surface area of the white rat with its application to the expression of metabolic results. *American Journal of Physiology* 89: 24-33.
- Leiva, AM.; Martínez, MA.; Cristi-Montero, C.; Salas, C.; Ramírez-Campillo, R.; Díaz, X.; Aguilar-Farías, N.; Celis-Morales, C. 2017. Sedentary lifestyle is associated with metabolic and cardiovascular risk factors independent of physical activity. *Revista Médica de Chile* 145(4): 458-467.
- León-Latre, M.; Moreno-Franco, B.; Andrés-Esteban, EM.; Ledesma, M.; Laclaustra, M.; Alcalde, V.; Peñalvo, JL.; Ordovás, JM.; Casasnovas, JA. 2014. Sedentarismo y su relación con el perfil de riesgo cardiovascular, la resistencia a la insulina y la inflamación, *Revista Española de Cardiología* 67(6): 449-455.
- Lewis, CE.; Walker, JRL.; Lancaster, JE.; Sutton, KH. 1998. Determination of anthocyanins, flavonoids and phenolic acids in potatoes. I: Coloured cultivars of *Solanum tuberosum* L. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 77(1), 45–57.
- Llorente, V.; Badimon, L. 1998. Bases celulares y moleculares de la acumulación de colesterol en la pared vascular y su contribución a la progresión de la lesión aterosclerótica. *Revista Española de Cardiología* 51(8): 633-641.
- Ma, S.; Ge, Y.; Gai, X.; Xue, M.; Li, N.; Kang, J.; Wan, J.; Zhang, J. 2016. Transgenic n-3 PUFAs enrichment leads to weight loss via modulating neuropeptides in hypothalamus. *Neuroscience Letters* 611: 28-32.
- Martínez, J.; Llorente, V.; Badimon, L. 2001. Biología celular y molecular de las lesiones ateroscleróticas. *Revista Española de Cardiología* 54(2): 218-231.

- Marques, CMM.; Motta, VF.; Torres, TS.; Aguila, MB.; & Mandarim-de-Lacerda, CA. 2010. Beneficial effects of exercise training (treadmill) on insulin resistance and nonalcoholic fatty liver disease in high-fat fed C57BL/6 mice. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 43(5): 467-475.
- McCafferty, BJ.; Llorente Hill, JO.; Gunn, AJ. 2020. Obesity: Scope, Lifestyle Interventions, and Medical Management. *Techniques in Vascular and Interventional Radiology* 23(1).
- Melo M. 2019. Marcha fitoquímica, contenido de fenoles totales y propiedades antioxidante, anti-elastasa y anti-colagenasa de extractos etanólicos de macroalgas del litoral peruano. Tesis para optar título de bióloga. Lima. Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 86p.
- Meydani, M.; Hasan, ST. 2010. Dietary polyphenols and obesity. *Nutrients* 2(7):737-751.
- Miguel, P. 2009. Dislipidemias. *ACIMED* 20(6): 265-273.
- Miguel, P.; Sarmiento, Y.; Mariño, A.; Llorente, Y.; Rodríguez, T.; Peña, M. 2017. Prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles y factores de riesgo en adultos mayores de Holguín. *Revista Finlay* 7(3): 155-167.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego); OEEE (Oficina de estudios económicos y estadísticos). 2011. La papa nuestra de cada día. Disponible en: <http://siea.minag.gob.pe/siea/sites/default/files/LA-PAPA-NUESTRA-DE-CADA-DIA.pdf>
- Molist, N.; Mollet, J.; Franch, J. 2006. Correlación entre las diferentes medidas de obesidad y el grado de resistencia a la insulina, *Atención Primaria* 37(1): 30-36.
- Moraes, RCM.; Portari, GV.; Ferraz, ASM.; da Silva, TEO.; Marocolo, M. 2017. Effects of intermittent fasting and chronic swimming exercise on body composition and lipid metabolism. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 42(12):1341-1346.
- Moreno, M. 2012. Definición y clasificación de la obesidad. *Revista Médica Clínica Las Condes* 23(2): 124 -128.
- Moser, S.; Aragon, I.; Furrer, A.; Van, JW.; Kaczmarczyk, M.; Lee, BH.; George, J.; Hamaker, BR.; Mattes, R.; Ferruzzi, MG. 2018. Potato phenolics impact starch digestion and glucose transport in model systems but translation to phenolic rich potato chips results in only modest modification of glycemic response in humans. *Nutrition Research* 52: 57-70.



- Mussatto, SI. 2015. Chapter 11 - Generating Biomedical Polyphenolic Compounds from Spent Coffee or Silverskin. *Coffee in Health and Disease Prevention*: 93-106.
- Nakhaei, H.; Mogharnasi, M.; Fanaei, H. 2019. Effect of swimming training on levels of asprosin, lipid profile, glucose and insulin resistance in rats with metabolic syndrome. *Obesity Medicine* 15:1-7.
- Novelli, EL.; Diniz, YS.; Galhardi, CM.; Ebaid, GMX.; Rodrigues, HG.; Mani, F.; Fernandes, AAH.; Cicogna, AC.; Novelli Filho, JLVB. 2007. Anthropometrical parameters and markers of obesity in rats. *Laboratory Animals* 41(1):111-119.
- Nystoriak, MA.; Bhatnagar, A. 2018. Efectos y beneficios cardiovasculares del ejercicio. *Fronteras en medicina cardiovascular* 28(5):135.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2004. Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. Consultado 20 jul. 2020. Disponible en: [https://www.who.int/dietphysicalactivity/strategy/eb11344/strategy\\_spanish\\_web.pdf](https://www.who.int/dietphysicalactivity/strategy/eb11344/strategy_spanish_web.pdf)
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2009. Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks. Consultado 18 jun. 2020. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44203>
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2010. Global Recommendations on Physical Activity for Health. Consultado 18 jun. 2020. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241599979>
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2017. Enfermedades cardiovasculares (en línea, sitio web). Consultado 24 may. 2019. Disponible en: [http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2018a. Enfermedades no transmisibles (en línea, sitio web). Consultado 24 may. 2019. Disponible en: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2018b. Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. Inactividad física: un problema de salud pública mundial. Consultado 18 jun. 2020. Disponible en: [http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet\\_inactivity/es/](http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_inactivity/es/)
- Palomer, X.; Pérez, A.; Blanco-Vaca, F. 2005. Adiponectina: un nuevo nexo entre obesidad, resistencia a la insulina y enfermedad cardiovascular. *Medicina Clínica* 124(10):388-395.

- Pan, B.; Chen, X.; Wu, X.; Li, Jinxiang; Li, Jipeng; Li, Y.; Hao, X.; Liu, H. 2014. Prevalence of Noncommunicable Diseases and Their Risk Factors in Guangzhou, China. *Preventing Chronic Disease* 11.
- Páramo, J.; Orbe, J.; Rodríguez, J. 2001. Papel de los antioxidantes en la prevención de la enfermedad cardiovascular. *Medicina Clínica* 116(16): 629-35.
- Parasuraman, S.; Raveendran, R.; Kesavan, R. 2010. Blood sample collection in small laboratory animals. *J Pharmacol Pharmacother.*; 1 (2): 87-93.
- Park, S.; Shin, WH.; Seo, JW.; Kim, EJ. 2007. Anthocyanins inhibit airway inflammation and hyperresponsiveness in a murine asthma model. *Food and Chemical Toxicology* 45(8): 1459 – 1467.
- Patel, H.; Alkhawam, H.; Madanieh, R.; Shah, N.; Kosmas, CE.; Vittorio, T J. 2017. Aerobic vs anaerobic exercise training effects on the cardiovascular system. *World Journal of Cardiology* 9(2):134-138.
- Pedersen, BK; Saltin, B. 2015. Exercise as medicine - evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 25(3): 1-72.
- Pellizzon, M.; Buison, A.; Ordiz Jr, F., Santa Ana, L.; Jen, KLC. 2002. Effects of dietary fatty acids and exercise on body-weight regulation and metabolism in rats. *Obesity Research* 10(9): 947-955.
- Pischon, T.; Boeing, H.; Hoffmann, K.; Bergmann, M.; Schulze, MB.; Overvad, K.; van der Schouw YT.; Spencer, E.; Moons, KG.; Tjønneland, A.; Halkjaer, J.; Jensen, MK.; Stegger, J.; Clavel-Chapelon, F.; Boutron-Ruault, MC.; Chajes, V.; Linseisen, J.; Kaaks, R.; Trichopoulou, A.; Trichopoulos, D.; Bamia, C.; Sieri, S.; Palli, D.; Tumino, R.; Vineis, P.; Panico, S.; Peeters, PH.; May, AM.; Bueno-de-Mesquita HB.; van Duijnhoven, FJ.; Hallmans, G.; Weinehall, L.; Manjer, J.; Hedblad, B.; Lund, E.; Agudo, A.; Arriola, L.; Barricarte, A.; Navarro, C.; Martinez, C.; Quirós, JR.; Key, T.; Bingham, S.; Khaw, KT, Boffetta, P.; Jenab, M.; Ferrari, P.; Riboli, E. 2008. General and abdominal adiposity and risk of death in Europe. *The New England Journal of Medicine* 359 (20): 2105-2120.
- Pollak, F. 2016. Resistencia a la insulina: verdades y controversias. *Revista Médica Clínica Las Condes* 27(2): 171-178.
- Prior, R.; Wu, X. 2006. Anthocyanins: structural characteristics that result in unique metabolic patterns and biological activities. *Free Radical Research* 40(10): 1014-1028.

- Ramírez, R.; Agredo, RA. 2012. El sedentarismo es un factor predictor de hipertrigliceridemia, obesidad central y sobrepeso, *Revista Colombiana de Cardiología* 19(2): 75-79.
- Roberts, CK.; Vaziri, ND.; Liang, KH.; Barnard, RJ. 2001. Reversibility of chronic experimental syndrome X by diet modification. *Hypertension* 37(5):1323-1328.
- Rojas-Padilla, C.; Vásquez-Villalobos, V. 2016. Phenolic compounds with antioxidant capacity of the native Andean potato (*Solanum tuberosum L.*) Huagalina variety in La Libertad - Peru. *Scientia Agropecuaria* 7(3): 333-340.
- Romero, M. 2009. Hacia una definición de Sedentarismo. *Revista chilena de cardiología* 28(4): 409-413.
- Rubio, MA.; Moreno, C.; Cabrerizo, L. 2004. Guías para el tratamiento de las dislipemias en el adulto: Adult Treatment Panel III (ATP-III). *Endocrinología y Nutrición* 51(5): 254-265.
- Scher-Nemirovsky, EA.; Ruiz-Manco, D.; Mendivil, CO. 2019. Impacto del ejercicio sobre el metabolismo de los lípidos y la dislipidemia. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo* 2(2): 26-36.
- Simarro, M.; Carbayo, J.; Javier Massó, J.; Artigao, LM.; Carrión, L.; División, JA.; Torres, P.; López, J.; Herrero, A.; Molina, F. 2011. Relación de la resistencia a la insulina con diferentes medidas antropométricas y factores de riesgo cardiovascular en una población no diabética. *Endocrinología y Nutrición* 58(9): 464-471.
- Song, A.; Chao Wang, C.; Ren, L.; Zhao, J. 2014. Swimming improves high-fat induced insulin resistance by regulating lipid and energy metabolism and the insulin pathway in rats. *International Journal of Molecular Medicine* 33(6):1671-1679.
- Speretta, GF.; Rosante, MC.; Duarte, FO.; Leite, RD.; Lino, AD.; Andre, RA.; Silvestre, JG.; Araujo, HS.; Duarte, AC. 2012. The effects of exercise modalities on adiposity in obese rats. *Clinics* 67(12):1469-1477.
- Stahl, W.; van den Berg, H.; Arthur, J.; Bast, A.; Dainty, J.; Faulks, RM.; Gärtner, C.; Haenen, G.; Hollman, P.; Holst, B.; Kelly, FJ.; Polidori, MC.; Rice-Evans, C.; Southon, S.; van Vliet, T.; Viña-Ribes, J.; Williamson, G.; Astley, SB. 2002. Bioavailability and metabolism. *Molecular Aspects of Medicine* 23(1-3):39-100.
- Steinberg D. 1997. Low Density Lipoprotein Oxidation and its Pathobiological Significance. *The Journal of Biological Chemistry* 272 (34): 20963–20966.

- Strugała, P.; Dzydzan, O.; Brodyak, I.; Kucharska, AZ.; Kuroпка, P.; Liuta, M.; Kaleta-Kuratewicz, K.; Przewodowska, A.; Michałowska, D.; Gabrielska, J.; Sybirna, N. 2019. Antidiabetic and antioxidative potential of the Blue Congo variety of purple potato extract in Streptozotocin-induced diabetic rats. *Molecules* 24(17): 3126.
- Suda, I.; Ishikawa, F.; Hatakeyama, M.; Miyawaki, M.; Kudo, T.; Hirano, K.; Ito, A.; Yamakawa, O.; Horiuchi, S. 2008. Intake of purple sweet potato beverage affects on serum hepatic biomarker levels of healthy adult men with borderline hepatitis. *European Journal of Clinical Nutrition* 62: 60-67.
- Sun, X.; Du, M.; Navarre, DA.; Zhu, MJ. 2018. Purple potato extract promotes intestinal epithelial differentiation and barrier function by activating AMP-Activated Protein Kinase. *Molecular Nutrition and Food Research* 62(4):10.
- Takikawa, M.; Inoue, S.; Horio, F.; Tsuda, T. 2010. Dietary anthocyaninrich bilberry extract ameliorates hyperglycemia and insulin sensitivity via activation of AMP-activated protein kinase in diabetic mice. *Journal of Nutrition* 140(3): 527–533.
- Touati, S.; Meziri, F.; Devaux, S.; Berthelot, A.; Touyz, R. M.; Laurant, P. 2011. Exercise reverses metabolic syndrome in high-fat diet-induced obese rats. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 43(3): 398-407.
- Tremblay, MS.; Colley, RC.; Saunders, TJ.; Healy, GN.; Owen, N. 2010. Physiological and health implications of a sedentary lifestyle. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 35(6): 725-740.
- Unno, T.; Hisada, T.; Takahashi, S. 2015. Hesperetin modifies the composition of fecal microbiota and increases cecal levels of short-chain fatty acids in rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63(36):7952-7957.
- Valiñas, MA.; Lanteri, ML.; ten Have, A.; Andreu, AB. 2017. Chlorogenic acid, anthocyanin and flavan-3-ol biosynthesis in flesh and skin of Andean potato tubers (*Solanum tuberosum* subsp. *andigena*). *Food Chemistry* 229: 837-846.
- Wang, H.; Shao, Y.; Yuan, F.; Feng, H.; Li, N.; Zhang, H.; Wu, C.; Liu, Z. 2017. Fish Oil Feeding Modulates the Expression of Hepatic MicroRNAs in a Western-Style Diet-Induced Nonalcoholic Fatty Liver Disease Rat Model. *BioMed Research International* 12 jun. 2017.
- Whitlock, G.; Lewington, S.; Sherliker, P.; Clarke.; Emberson, J.; Halsey, J.; Qizilbash, N.; Collins, R.; Peto, R. 2009. Body-mass index and cause-specific mortality in 900 000 adults: collaborative analyses of 57 prospective studies. *Lancet* 373 (9669):1083-1096.

- Xavier, HT.; Izar, MC.; Faria Neto, JR.; Assad, MH.; Rocha, VZ.; Sposito, AC.; Fonseca, FA.; dos Santos, JE.; Santos, RD.; Bertolami, MC.; Faludi, AA.; Martinez, TLR.; Diamant, J.; Guimarães, A.; Forti, NA.; Moriguchi, E.; Chagas, ACP.; Coelho, OR.; Ramires, JAF. 2013. V Diretriz Brasileira de Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose. In: Arquivos Brasileiros de Cardiologia. Sociedade Brasileira de Cardiologia 101(4): 01-20.
- Yang, XQ.; Yuan, H.; Li, J.; Fan, JJ.; Jia, SH.; Kou, XJ.; Chen, N. 2016. Swimming intervention mitigates HFD-induced obesity of rats through PGC-1 $\alpha$ -irisin pathway. European Review for Medical and Pharmacological Sciences 20(10):2123-2130.
- Yoon, SS.; Rhee, YH.; Lee, HJ.; Lee, EO.; Lee, MH.; Ahn, KS.; Lim, HT.; Kim SH. 2008. Uncoupled protein 3 and p38 signal pathways are involved in anti-obesity activity of *Solanum tuberosum* L. cv. Bora Valley. Journal of Ethnopharmacology 118(3):396-404.
- Yuan, F.; Wang, H.; Tian, Y.; Li, Q.; He, L.; Li, N.; Liu, Z. 2016. Fish oil alleviated high-fat diet-induced non-alcoholic fatty liver disease via regulating hepatic lipids metabolism and metaflammation: a transcriptomic study. Lipids in Health and Disease 15(1):20.
- Zacarias, AC.; Barbosa, MA.; Guerra-SÁ, R.; De Castro, UM.; Bezerra, FS.; De Lima, WG.; Alzamora, AC. 2017. Swimming training induces liver adaptations to oxidative stress and insulin sensitivity in rats submitted to high-fat diet. Redox Report 22(6): 515-523.

## VIII. ANEXOS.

### Anexo I. Dosis de extracto acuoso de papa morado administrado por semana.

Tratamiento	Repetición	Dosis (mL)				
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
<b>12</b> <b>DO + EAP + S</b>	1	1.30	1.40	1.40	1.40	1.40
	2	1.30	1.30	1.30	1.30	1.40
	3	1.50	1.50	1.50	1.60	1.60
	4	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
	5	1.30	1.30	1.20	1.20	1.20
	6	1.20	1.20	0.60	1.20	1.20
	7	1.20	1.30	1.30	1.30	1.30
<b>14</b> <b>DO + EAP + N</b>	1	1.40	1.40	1.40	1.40	1.50
	2	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
	3	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
	4	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
	5	1.50	1.40	1.40	1.40	1.40
	6	1.30	1.30	1.30	1.30	1.40
	7	1.30	1.30	1.40	1.40	1.40

\*T: tratamiento, \* R: repetición, DO: dieta obesogénica, EAP: extracto acuoso de papa morada, S: sedentario, N: natación.

## **Anexo II. Preparación y obtención del extracto acuoso de papa morada nativa.**

Se pesaron 200 gramos de muestra seca en una balanza digital marca Soehnle ® con precisión de 0.1 gr. Luego se preparó 2000 mL de solución de HCl 0.01M para obtener un pH de 2 a 2.5, se colocó la muestra seca a macerar en la solución de HCl por 24 horas bajo agitación constante, pasado el tiempo se filtró en vacío y se centrifugó a 7000 rpm por 20 minutos, finalmente se obtuvo un volumen de 1150 mL. El sedimento obtenido en la filtración se pesó (120 g) y volvió a macerar en 1200 mL de solvente de la maceración inicial. Se maceró por 24 horas bajo agitación constante, se procedió de la misma manera que el macerado anterior, obteniéndose un volumen final de 730 mL. Ambas fases líquidas del macerado se juntaron y se obtuvo un volumen final de 1980 mL. Se tomó 1 ml de esta solución y se determinó la cantidad de sólidos suspendidos. Este análisis se realizó por triplicado obteniéndose una concentración final de 220mg/mL (CYTED 1995).

### **Anexo III. Kit comercial para la determinación del perfil lipídico.**

#### **1. Características:**

Análisis completo de Perfil Lipídico en tan solo 45 segundos (45 - 120 seg.), Colesterol Total (COL), Lipoproteínas de Alta Densidad (HDL-C), Triglicéridos (TRIG), Lipoproteínas de Baja Densidad (LDL-C), Relación entre Colesterol y HDL-C (COL / HDL-C) y Evaluación de Riesgo coronario (CHD).

#### **2. Eficiente:**

Análisis del Perfil Lipídico completo, 6 parámetros con una sola gota de sangre, en tan solo 45 segundos: 3 pruebas medidas directamente (COL, TRI, HDL-C) y 3 por cálculo de software (LDL-C, COL/HDL-C y Riesgo Coronario), todo esto con la tira Panel de Lípidos 3 en 1.

#### **3. Seguro y fácil de usar**

- Se pueden utilizar muestras de sangre total, suero o plasma.
- Amplio rango aceptable de Hematocrito, sin interferencias desde 0 - 55%.
- Resultados rápidos, ideal para consultorios médicos, laboratorios y hogares.
- Gran pantalla LCD de fácil lectura.



## **Anexo IV. Kit comercial para la determinación de glucosa en sangre.**

### **1. Características:**

Dispositivo de medición que se utiliza para obtener la concentración de glucosa en la sangre de manera instantánea, sin necesidad de tener que ir a un centro especializado.

### **2. Seguro y conveniente:**

- Eyector de la tira que permite la eliminación de la tira fácil y suave para evitar la contaminación
- Disponible para sangre capilar, venosa, y los análisis de sangre neonatales
- Lancet eyector diseñado para la liberación de la lanceta
- Prueba simple y rápida con una pequeña muestra de sangre
- Pruebas múltiples, incluyendo la yema del dedo, la palma y el antebrazo
- Los resultados exactos disponibles en tan sólo 5 segundos
- Sólo 0.8 ml muestra de sangre necesaria

**Anexo V. Consumo de alimento por mes.**

<b>*T</b>	<b>*R</b>	<b>Mes 1</b>	<b>Mes 2</b>	<b>Mes 3</b>
<b>DO + S</b>	1	16.10	16.50	16.40
	2	18.60	18.00	18.20
	3	16.80	16.60	16.50
	4	17.00	16.50	16.70
	5	18.00	16.90	17.00
	6	18.70	18.30	18.00
	7	20.10	19.80	20.20
<b>DO + EAP + S</b>	1	18.30	18.20	15.10
	2	17.70	18.10	14.00
	3	18.90	19.60	14.30
	4	17.80	19.90	15.60
	5	16.50	15.10	13.60
	6	15.90	13.40	11.10
	7	16.30	17.10	14.80
<b>DO + N</b>	1	17.70	18.80	17.70
	2	17.00	17.70	16.00
	3	18.70	19.50	20.00
	4	16.90	16.70	15.90
	5	16.30	14.50	13.90
	6	19.10	19.80	19.40
	7	18.10	18.60	20.00
<b>DO + EAP + N</b>	1	18.00	18.20	16.50
	2	18.40	17.60	14.80
	3	19.10	18.30	15.90
	4	19.30	19.30	17.60
	5	16.60	15.40	13.90
	6	16.70	17.60	15.80
	7	16.20	16.00	14.40

\*T: tratamiento, \* R: repetición, DO: dieta obesogénica, EAP: extracto acuoso de papa morada, S: sedentario, N: natación.

**Anexo VI. Peso vivo, ganancia de peso y consumo de alimento al finalizar el período de inducción a obesidad.**

<b>*T</b>	<b>*R</b>	<b>PV (g)</b>	<b>GP (g)</b>	<b>CA (g)</b>
<b>DO + S</b>	1	398	110	16.3
	2	424	121	18.3
	3	440	149	16.7
	4	372	61	16.8
	5	422	97	17.4
	6	459	137	18.5
	7	485	166	20.0
<b>DO + EAP + S</b>	1	446	157	18.3
	2	429	90	17.9
	3	506	164	19.2
	4	455	144	18.8
	5	417	108	15.8
	6	399	135	14.6
	7	413	134	16.7
<b>DO + N</b>	1	467	136	18.3
	2	445	119	17.4
	3	502	115	19.1
	4	453	124	16.8
	5	403	84	15.4
	6	490	173	19.5
	7	448	145	18.4
<b>DO + EAP + N</b>	1	448	103	18.1
	2	464	138	18.0
	3	505	160	18.7
	4	532	145	19.3
	5	487	159	16.0
	6	428	121	17.1
	7	430	135	16.1

\*T: tratamiento, \* R: repetición, DO: dieta obesogénica, EAP: extracto acuoso de papa morada, S: sedentario, N: natación, PV: peso vivo, GP: ganancia de peso, CA: consumo de alimento.

**Anexo VII. Características biométricas e índices corporales al finalizar el periodo de inducción a la obesidad.**

*T	*R	LNA (cm)	Circ. C (cm)	Circ. T (cm)	Circ. A (cm)	Índice de Lee	IMC
<b>DO + S</b>	1	22.40	10.70	15.30	18.40	0.33	0.74
	2	23.50	10.80	15.70	17.50	0.32	0.77
	3	22.50	11.30	15.50	19.90	0.34	0.87
	4	22.40	11.00	15.50	16.80	0.32	0.74
	5	22.00	11.00	15.80	17.90	0.34	0.87
	6	22.40	11.00	15.50	16.20	0.34	0.92
	7	23.00	11.20	15.90	19.70	0.34	0.92
<b>DO + EAP + S</b>	1	23.20	10.80	16.10	19.90	0.33	0.83
	2	22.60	11.20	16.00	18.90	0.33	0.84
	3	22.70	11.10	16.90	20.30	0.35	0.98
	4	22.80	11.10	15.70	20.00	0.34	0.88
	5	23.10	10.90	15.30	17.20	0.32	0.78
	6	22.30	11.10	15.70	18.40	0.33	0.80
	7	22.30	10.90	15.20	17.80	0.33	0.83
<b>DO + N</b>	1	24.30	11.00	16.30	20.00	0.32	0.79
	2	22.00	10.50	15.80	18.00	0.35	0.92
	3	23.40	11.10	16.10	19.20	0.34	0.92
	4	22.10	11.40	16.60	19.00	0.35	0.93
	5	22.40	10.80	14.90	17.70	0.33	0.80
	6	23.50	11.50	16.60	19.60	0.34	0.89
	7	22.40	11.10	16.50	19.10	0.34	0.89
<b>DO + EAP + N</b>	1	23.40	11.00	15.50	19.00	0.33	0.82
	2	22.70	11.50	16.00	18.20	0.34	0.90
	3	23.30	11.20	16.40	19.50	0.34	0.93
	4	23.50	11.50	17.20	22.60	0.35	0.96
	5	23.10	10.90	15.30	17.20	0.34	0.91
	6	22.90	10.80	16.10	19.10	0.33	0.82
	7	22.60	11.10	15.90	18.60	0.33	0.84

\*T: tratamiento, \* R: repetición, DO: dieta obesogénica, EAP: extracto acuoso de papa morada, S: sedentario, N: natación, LNA: longitud naso-anal, Circ. C: circunferencia de cintura, Circ. T: circunferencia de tórax, Circ. A: circunferencia de abdomen, IMC: índice de masa corporal.

**Anexo VIII. Perfil lipídico y nivel de glucosa en sangre al finalizar el periodo de inducción a la obesidad.**

<b>*T</b>	<b>*R</b>	<b>Triglicéridos (mg/dL)</b>	<b>HDL-C (mg/dL)</b>	<b>Glucosa (mg/dL)</b>
<b>DO + S</b>	1	97	22	90
	2	90	20	94
	3	88	30	87
	4	76	21	94
	5	71	25	95
	6	89	28	113
	7	94	28	113
<b>DO + EAP + S</b>	1	91	21	101
	2	86	35	99
	3	105	34	90
	4	97	31	115
	5	82	29	102
	6	127	21	87
	7	72	22	96
<b>DO + N</b>	1	122	31	108
	2	81	26	85
	3	94	18	106
	4	100	40	115
	5	67	18	115
	6	182	24	92
	7	99	16	86
<b>DO + EAP + N</b>	1	63	19	124
	2	116	15	105
	3	115	37	104
	4	113	15	87
	5	104	25	86
	6	63	26	78
	7	80	15	95

\*T: tratamiento, \* R: repetición, DO: dieta obesogénica, EAP: extracto acuoso de papa morada, S: sedentario, N: natación, HDL-C: colesterol HDL.

**Anexo IX. Peso vivo, ganancia de peso y consumo de alimento tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP) y práctica de ejercicio físico (EF).**

<b>*T</b>	<b>*R</b>	<b>PV (g)</b>	<b>GP (g)</b>	<b>CA (g)</b>
	1	450	52	16.4
	2	471	47	18.2
	3	468	28	16.5
<b>DO + S</b>	4	416	44	16.7
	5	470	48	17.0
	6	511	52	18.0
	7	524	39	20.2
	1	458	12	15.1
	2	449	20	14.0
	3	517	11	14.3
<b>DO + EAP + S</b>	4	471	16	15.6
	5	404	-13	13.6
	6	388	-11	11.1
	7	430	17	14.8
	1	502	35	17.7
	2	487	42	16.0
	3	524	22	20.0
<b>DO + N</b>	4	479	26	15.9
	5	424	21	13.9
	6	538	48	19.4
	7	508	60	20.0
	1	483	35	16.5
	2	473	9	14.8
	3	502	-3	15.9
<b>DO + EAP + N</b>	4	544	12	17.6
	5	448	-39	13.9
	6	450	22	15.8
	7	468	38	14.4

\*T: tratamiento, \* R: repetición, DO: dieta obesogénica, EAP: extracto acuoso de papa morada, S: sedentario, N: natación, PV: peso vivo, GP: ganancia de peso, CA: consumo de alimento.

**Anexo X. Perfil lipídico y nivel de glucosa en sangre tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP) y práctica de ejercicio físico (EF).**

<b>*T</b>	<b>*R</b>	<b>Triglicéridos (mg/dL)</b>	<b>HDL-C (mg/dL)</b>	<b>Glucosa (mg/dL)</b>
<b>DO + S</b>	1	109	23	89
	2	102	22	93
	3	134	26	84
	4	110	22	91
	5	101	22	96
	6	121	32	118
	7	124	21	126
<b>DO + EAP + S</b>	1	156	36	80
	2	77	76	79
	3	92	44	101
	4	115	96	94
	5	91	39	121
	6	190	22	84
	7	91	30	70
<b>DO + N</b>	1	184	62	112
	2	88	34	83
	3	105	16	84
	4	110	26	109
	5	72	25	83
	6	146	30	83
	7	127	39	78
<b>DO + EAP + N</b>	1	80	52	126
	2	118	46	108
	3	148	30	82
	4	125	59	84
	5	119	19	83
	6	122	45	78
	7	124	36	86

\*T: tratamiento, \* R: repetición, DO: dieta obesogénica, EAP: extracto acuoso de papa morada, S: sedentario, N: natación, HDL-C: colesterol HDL.

**Anexo XI. Características biométricas e índices corporales tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP) y práctica de ejercicio físico (EF).**

<b>*T</b>	<b>*R</b>	<b>LNA (cm)</b>	<b>Circ. C (cm)</b>	<b>Circ. T (cm)</b>	<b>Circ. A (cm)</b>	<b>Índice de Lee</b>	<b>IMC</b>
<b>DO + S</b>	1	23.20	10.60	16.70	19.80	0.33	0.84
	2	23.20	11.80	17.80	21.00	0.34	0.88
	3	23.40	11.50	17.10	20.00	0.33	0.86
	4	23.10	11.30	16.40	19.60	0.32	0.78
	5	23.40	11.50	17.50	20.50	0.33	0.86
	6	23.30	11.80	17.40	19.90	0.34	0.94
	7	23.40	11.90	17.50	20.00	0.35	0.96
<b>DO + EAP + S</b>	1	23.80	10.60	16.30	20.00	0.32	0.81
	2	24.00	10.40	17.10	19.00	0.32	0.78
	3	23.90	10.70	17.30	21.10	0.34	0.91
	4	23.10	11.20	16.20	19.40	0.34	0.88
	5	23.10	10.50	16.00	17.50	0.32	0.76
	6	23.30	10.80	15.70	18.00	0.31	0.72
	7	23.80	11.00	17.00	19.00	0.33	0.76
<b>DO + N</b>	1	25.30	10.90	17.00	20.80	0.31	0.78
	2	23.90	11.00	16.60	20.10	0.33	0.85
	3	25.80	12.00	18.50	21.80	0.31	0.79
	4	24.70	11.20	16.30	19.70	0.32	0.79
	5	24.30	10.00	16.10	19.00	0.31	0.72
	6	24.30	10.80	17.50	21.30	0.34	0.91
	7	24.20	10.90	17.70	20.00	0.33	0.87
<b>DO + EAP + EF</b>	1	23.70	10.50	16.00	19.20	0.33	0.86
	2	23.90	10.90	16.50	19.40	0.33	0.83
	3	24.10	10.80	16.80	20.10	0.33	0.86
	4	25.30	11.20	17.40	22.00	0.32	0.85
	5	23.90	10.30	15.70	18.00	0.32	0.78
	6	24.20	10.40	16.50	18.40	0.32	0.77
	7	24.30	10.80	16.40	19.60	0.32	0.79

\*T: tratamiento, \* R: repetición, DO: dieta obesogénica, EAP: extracto acuoso de papa morada, S: sedentario, N: natación, LNA: longitud naso-anal, Circ. C: circunferencia de cintura, Circ. T: circunferencia de tórax, Circ. A: circunferencia de abdomen, IMC: índice de masa corporal.



**Anexo XII. Peso del hígado e índice hepático tras la administración del extracto acuoso de papa morada Amachi (EAP) y práctica de ejercicio físico (EF).**

<b>*T</b>	<b>*R</b>	<b>Peso del hígado (g)</b>	<b>Índice hepático (IH)</b>
<b>DO + S</b>	1	18.85	4.19
	2	16.30	3.46
	3	16.04	3.43
	4	15.31	3.68
	5	19.52	4.15
	6	17.21	3.37
	7	16.82	3.21
<b>DO + EAP + S</b>	1	15.93	3.48
	2	12.81	2.85
	3	16.30	3.15
	4	16.56	3.52
	5	12.57	3.11
	6	12.91	3.33
	7	12.30	2.86
<b>DO + N</b>	1	14.65	2.92
	2	22.00	4.52
	3	15.77	3.01
	4	15.19	3.17
	5	12.12	2.86
	6	17.57	3.27
	7	14.81	2.92
<b>DO + EAP + N</b>	1	13.73	2.84
	2	20.01	4.23
	3	16.40	3.27
	4	18.48	3.40
	5	20.04	4.47
	6	12.71	2.82
	7	16.79	3.59

\*T: tratamiento, \* R: repetición, DO: dieta obesogénica, EAP: extracto acuoso de papa morada, S: sedentario, N: natación.