

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA DE NUTRICIÓN**



**“INFLUENCIA DEL CONSUMO DE ÁCIDOS GRASOS DE TRES  
FUENTES DIETARIAS SOBRE EL TEJIDO ADIPOSO EN EDAD  
TEMPRANA EN POLLOS”**

**Presentada por:**

**IVONNE MELANIE GUTIERREZ ZORRILLA**

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

**Lima - Perú**

**2023**

# Tesis MNUT

INFORME DE ORIGINALIDAD

Dra. Nataly Bernuy Osorio

5%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://dspace.unitru.edu.pe">dspace.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
2	Submitted to Universidad Catolica De Cuenca Trabajo del estudiante	<1 %
3	<a href="http://www.scielosp.org">www.scielosp.org</a> Fuente de Internet	<1 %
4	Submitted to tec Trabajo del estudiante	<1 %
5	<a href="http://www.tdx.cat">www.tdx.cat</a> Fuente de Internet	<1 %
6	<a href="http://vsip.info">vsip.info</a> Fuente de Internet	<1 %
7	Submitted to Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios Trabajo del estudiante	<1 %
8	<a href="http://worldwidescience.org">worldwidescience.org</a> Fuente de Internet	<1 %
9	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN NUTRICION**

**“INFLUENCIA DEL CONSUMO DE ÁCIDOS GRASOS DE TRES  
FUENTES DIETARIAS SOBRE EL TEJIDO ADIPOSEO EN EDAD  
TEMPRANA EN POLLOS”**

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

**Presentada por:**

**IVONNE MELANIE GUTIERREZ ZORRILLA**

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

Mg.Sc. Víctor Hidalgo Lozano  
**PRESIDENTE**

Ph.D. Nataly Bernuy Osorio  
**ASESOR**

Ph.D. Carlos Vilchez Perales  
**MIEMBRO**

Ph.D. Mariano Echevarria Rojas  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser mi Salvador, mi pronto refugio, por darme fortaleza y ánimo para seguir adelante.

A mis padres, Davis Gutierrez Orgeda, Lucy Zorrilla Padilla por amarme, entenderme y darme todo su apoyo incondicional para cumplir mis sueños. Gracias por su sacrificio ustedes forjaron lo que soy hoy en día.

A mis hermanos Jefferson y Valeria por sus consejos para lograr mis objetivos

A mis abuelitas Juana Padilla y Rosa Orgeda por ser un ejemplo a seguir de esfuerzo y superación.

A mi familia por compartir buenos y malos momentos, apoyándonos sin esperar nada a cambio; alentándome siempre en mi vida universitaria.

A Javi por estar apoyándome en todo momento a cumplir mis metas ser de ayuda incondicional.

A mis amigos por el ánimo y cariño.

**Ivonne Melanie Gutierrez Zorrilla**

## **AGRADECIMIENTO**

A la UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA y a la Facultad de ZOOTECNIA, por la formación brindada durante la Maestría.

Al Programa Nacional de Investigación Científica y Estudios Avanzados por financiar la investigación a través del Contrato N° 407-2019-PROCIENCIA.

Un agradecimiento a mi asesora de investigación, Ph.D. Nataly Bernuy Osorio, por su apoyo incondicional, su sabiduría y guía en el desarrollo del trabajo de investigación.

Al Dr. Carlos Vílchez Perales y Dr. Otto Zea Mendoza, por compartir sus conocimientos y experiencias durante la investigación.

A todos los catedráticos de la Maestría en Nutrición, que durante nuestros estudios de Maestría compartieron sus conocimientos y experiencias profesionales.

A los miembros del jurado examinador y calificador por los aportes que brindaron para culminar este trabajo de investigación.

A mis compañeros de investigación, por sus palabras de ánimo y consejos que contribuyeron al desarrollo y culminación de este trabajo de Investigación, gracias.

## ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	2
2.1. TEJIDO ADIPOSO.....	2
2.1.1. Clasificación del tejido adiposo .....	2
2.1.2. Según su coloración, vascularización y estructura.....	2
a. Tejido Adiposo Blanco.....	3
b. Tejido Adiposo Marrón.....	3
c. Tejido Adiposo Beige.....	3
d. Tejido Adiposo Rosado.....	3
2.1.3. Según su tamaño .....	4
2.1.4. Desarrollo del tejido adiposo .....	5
a. Hipertrofia .....	6
b. Hiperplasia .....	6
2.1.5. Tejido adiposo e inflamación .....	7
2.2. EL TEJIDO ADIPOSO BLANCO Y SU INFLUENCIA EN SALUD Y ENFERMEDAD .....	8
2.3. EFECTO DE LOS ÁCIDOS GRASOS SOBRE EL TEJIDO ADIPOSO .....	10
2.3.1. Fuentes de ácidos grasos .....	12
a. Aceite de Quinua .....	12
Efecto del consumo de aceite de quinua .....	13
b. Aceite de Pescado .....	14
Efecto de consumo del aceite de pescado .....	15
c. Manteca Vegetal.....	16
Efecto del consumo de manteca vegetal .....	16
2.4. USO DE ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN PARA ESTUDIO DEL TEJIDO ADIPOSO .....	17
2.5. HISTOMORFOMETRÍA INTESTINAL.....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	20

3.1. LUGAR.....	20
3.2. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS.....	20
3.2.1. Materiales.....	20
3.2.2. Equipos.....	20
3.2.3. Reactivos.....	21
3.2.4. Material biológico.....	21
3.2.5. Productos a evaluar.....	21
3.3. METODOLOGÍA.....	21
3.3.1. Obtención de fuentes a evaluar.....	22
a. Manteca vegetal.....	22
b. Aceite de quinua.....	22
c. Aceite de pescado.....	23
3.3.2. Determinación del perfil de ácidos grasos de manteca vegetal, aceite de quinua y aceite de pescado.....	23
3.3.3. Formulación y elaboración de dietas experimentales con diferentes ácidos grasos.....	23
3.3.4. Ensayo biológico.....	24
3.3.4.1. Indicadores productivos en pollos de engorde.....	25
a. Peso vivo:.....	25
b. Consumo de alimento:.....	25
c. Conversión alimenticia:.....	25
3.3.4.2. Determinación de glucosa, colesterol y triglicéridos.....	25
3.3.4.3. Peso de hígado.....	26
3.3.4.4. Caracterización macroscópica y microscópica del hígado.....	26
a. Caracterización macroscópica.....	26
b. Caracterización microscópica.....	26
3.3.4.5. Evaluación de la histomorfometría intestinal.....	27
3.3.4.6. Evaluación histológica del tejido adiposo.....	28
3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30

4.1. DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LAS FUENTES A EVALUAR.....	30
4.1.1. De la Manteca vegetal parcialmente hidrogenada.....	30
4.1.2. Del Aceite de quinua.....	30
4.1.3. Del Aceite de pescado.....	30
4.2. ENSAYO BIOLÓGICO.....	33
4.2.1. Indicadores productivos en pollos de engorde.....	33
a. Peso vivo.....	33
b. Consumo de alimento.....	33
c. Conversión alimenticia.....	34
4.2.2. Niveles de glucosa, colesterol y triglicéridos.....	34
4.2.3. Peso de hígado.....	36
4.2.4. Caracterización macroscópica y microscópica del hígado.....	37
a. Análisis macroscópico del hígado.....	37
b. Análisis microscópico del hígado.....	40
4.2.5. Análisis de la histomorfometría intestinal.....	41
4.2.6. Evaluación histológica del tejido adiposo.....	43
a. Tejido Adiposo subcutáneo.....	43
b. Tejido Adiposo visceral.....	47
V. CONCLUSIONES.....	51
VI. RECOMENDACIONES.....	52
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
VIII. ANEXOS.....	66



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Contenido de ácidos grasos del aceite de quinua de la variedad Pasankalla....	13
Tabla 2: Perfil de ácidos grasos del aceite de pescado (g/100g ácidos grasos).....	15
Tabla 3: Contenido de DHA y EPA de diferentes especies marinas.....	15
Tabla 4: Composición porcentual y valor nutricional calculado de la dieta basal experimental de pollitos Cobb 500.....	24
Tabla 5: Clasificación de los adipocitos según tamaño.....	28
Tabla 6: Perfil de ácidos grasos de la manteca vegetal, aceite de quinua y aceite de pescado .....	32
Tabla 7: Ganancia de peso, Consumo de alimento y Conversión alimenticia de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas que contenían diferentes fuentes de ácidos grasos. ...	35
Tabla 8: Niveles de glucosa, colesterol y triglicéridos en pollitos Cobb 500 alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos.....	36
Tabla 9: Peso promedio del hígado de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos. ....	37
Tabla 10: Caracterización macroscópica del hígado y grado de afectación de pollitos alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos.....	38
Tabla 11: Histomorfometría intestinal de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos. ....	42
Tabla 12: Clasificación según tamaño de adipocitos del depósito subcutáneo de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos.....	44
Tabla 13: Clasificación según tamaño de adipocitos del depósito visceral de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas que contenían diferentes fuentes de ácidos grasos.....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Clasificación del Tejido Adiposo.....	4
Figura 2: Histología del tejido adiposo pardo y del tejido adiposo blanco. ....	5
Figura 3: Características de la expansión del tejido adiposo.....	5
Figura 4: Alteraciones funcionales del adipocito hipertrófico. ....	7
Figura 5: Fisiopatología del síndrome metabólico. ....	9
Figura 6: Proceso de extracción de aceite de quinua mediante fluidos supercríticos.....	22
Figura 7: Análisis macroscópico del hígado de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos. ....	39
Figura 8: Análisis microscópico del hígado de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos. ....	40
Figura 9: Análisis microscópico del tejido adiposo subcutáneo de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos.....	45
Figura 10: Análisis microscópico con el software Leica Application Suite del tejido adiposo subcutáneo de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos. ....	46
Figura 11: Análisis microscópico del tejido adiposo visceral de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos.....	49
Figura 12: Análisis microscópico con el software Leica Application Suite del tejido adiposo visceral de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos. ....	50

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Ficha técnica de la manteca vegetal parcialmente hidrogenada de uso comercial .....	67
Anexo 2: Ficha técnica de aceite de pescado proveniente de Salmón.....	68
Anexo 3: Tiempo de retención en cromatografía de gases para la determinación de perfil de ácidos grasos de las fuentes evaluadas .....	69
Anexo 4: Requerimiento nutricional de Pollitos BB Cobb 500 en la etapa de Inicio, Crecimiento y Finalización.....	70
Anexo 5: Datos de los niveles de glucosa en pollitos alimentados con diferentes fuentes de ácidos grasos .....	71
Anexo 6: Datos de los niveles de colesterol en pollitos alimentados con diferentes fuentes de ácidos grasos .....	72
Anexo 7: Datos de los niveles de triglicéridos en pollitos alimentados con diferentes fuentes de ácidos grasos .....	73
Anexo 8: Datos de los niveles de peso de hígado en pollitos alimentados con diferentes fuentes de ácidos grasos .....	74
Anexo 9: Datos del análisis de histomorfometría del intestino en pollitos Cobb 500 alimentados con diferentes fuentes de ácidos grasos .....	76
Anexo 10: Datos tejido adiposo subcutáneo en pollitos Cobb 500 alimentados con diferentes fuentes de ácidos grasos.....	82
Anexo 11: Datos tejido adiposo visceral en pollitos Cobb 500 alimentados con diferentes fuentes de ácidos grasos .....	86
Anexo 12: Tejido adiposo subcutáneo de pollitos Cobb 500 alimentados con manteca vegetal que contienen diferentes fuentes de ácidos grasos.....	90
Anexo 13: Tejido adiposo mesentérico de pollitos Cobb 500 alimentados con manteca vegetal que contienen diferentes fuentes de ácidos grasos.....	91

## ABREVIATURAS

AGL	Ácidos Grasos Libres
AGS	Ácidos Grasos Saturados
AGT	Ácidos Grasos Trans
BAT	Tejido adiposo marrón
DHA	Acido docosahexaenoico
EPA	Acido eicosapentaenoico
FA	Ácidos Grasos
HDL	Lipoproteínas de alta densidad
IL - 10	Interleucina 10
IL - 6	Interleucina 6
LPL	Lipoproteína lipasa
LDL	Lipoproteínas de baja densidad
MUFA	Ácidos grasos Monoinsaturados
MCP1	Proteína quimiotáctica monocítica
PPAR $\gamma$	Receptor de peroxisoma-proliferador-activado gamma
PAI- I	Inhibidor del activador del plasminógeno-1
PUFA	Ácidos grasos Poliinsaturados
SFA	Ácidos grasos Saturados
SFE	Extracción de Fluidos Supercríticos
SOCS	Supresor de citoquina
TG	Triglicéridos

TGI	Tracto gastrointestinal
TNF- $\alpha$	Factor de necrosis tumoral alfa
UCP	Proteína desacoplante
WAT	Tejido adiposo Blanco

## RESUMEN

Estudios demuestran la importancia de la formación saludable del tejido adiposo en los primeros años de vida, ya que repercute en la cantidad de adipocitos presentes en la adultez. Por ello, el objetivo fue evaluar la suplementación de manteca vegetal parcialmente hidrogenada (MV), aceite de quinua (AQ) y aceite de pescado (AP), sobre parámetros bioquímicos, morfometría del hígado e intestino delgado y la instauración del tejido adiposo en un modelo animal a temprana edad. Para ello, se utilizó 76 pollitos *Cobb 500* distribuidos al azar en cuatro tratamientos, que recibieron durante siete días una de las dietas experimentales: T1: 97 por ciento de Dieta basal (DB) + 3 por ciento de material inerte; T2, DB +3 por ciento de MV; T3, DB + 3 por ciento de AQ y T4, DB+3 por ciento de AP), al finalizar se extrajo las muestras para determinar parámetros bioquímicos, caracterización del hígado, histomorfometría intestinal y clasificación del tejido adiposo. Para el análisis estadístico, se utilizó el Diseño Completamente Aleatorizado con ANOVA para datos paramétricos, y Kruskal-Wallis en datos no paramétricos; a través del programa R-Studio vs.4.0. Los resultados indican que, animales que recibieron las dietas T3 y T4 tuvieron perfil bioquímico adecuado, conservaron características adecuadas del hígado, incrementó la absorción de nutrientes en el intestino delgado y promovieron la formación de adipocitos de tamaño pequeño; en comparación a T2. En conclusión, se evidenció un efecto positivo sobre parámetros bioquímicos, caracterización del hígado, histomorfometría intestinal y tamaño de adipocitos en pollitos suplementados con aceite de quinua y aceite de pescado.

**Palabras clave:** Aceite de quinua, aceite de pescado, manteca vegetal parcialmente hidrogenada, adipocitos, ácidos grasos.

## **ABSTRACT**

Studies show the importance of the healthy formation of adipose tissue in the first years of life, since it affects the number of adipocytes present in adulthood. Therefore, the objective was to evaluate the supplementation of vegetable shortening partially hydrogenated (VS), quinoa oil (AQ) and fish oil (AP), on biochemical parameters, morphometry of the liver and small intestine and the establishment of adipose tissue in an animal model at an early age. For this, 76 Cobb 500 chicks were randomly distributed in four treatments, which received one of the experimental diets for seven days: T1: 97 percent of basal diet (DB) + 3 percent of inert materials; T2, DB + 3 percent of MV; T3, DB +3 percent of AQ; T4, DB+3 percent of AP), at the end the samples were extracted to determine biochemical parameters, liver characterization, intestinal histomorphometry and adipose tissue classification. For the statistical analysis, the Completely Randomized Design with ANOVA was used for parametric data, and Kruskal-Wallis in non-parametric data; through the R-Studio vs.4.0 program. The results indicate that animals that received T3 and T4 diets had adequate biochemical profile, conserved adequate characteristics of the liver, increased the absorption of nutrients in the small intestine and promoted the formation of adipocytes of small size; compared to T2. In conclusion, a positive effect on biochemical parameters, liver characterization, intestinal histomorphometry and adipocyte size in chicks supplemented with quinoa oil and fish oil was evidenced.

Key words: Quinoa oil, fish oil, vegetable shortening partially hydrogenated, adipocytes, fatty acids.

## I. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades no transmisibles representaron el 71 por ciento de las muertes que se produjeron en el mundo durante el año 2018; siendo el sobrepeso y obesidad, los principales factores de riesgo metabólico (OMS 2018), asimismo, investigaciones han determinado que estos factores afectan a más del 50 por ciento de la población, ocupando los niños y adolescentes el 20 por ciento, siendo la principal causa la alimentación poco saludable además de la falta de actividad física (García & Creus 2016).

Siendo vital, la cantidad de adipocitos a formar en los primeros años de edad para tener una cantidad saludable en la edad adulta (Torchon *et al.* 2017). Por ello, buena parte del desarrollo de nuevos alimentos está encaminado al descubrimiento o aplicación de componentes que favorezca la instauración de un perfil lipídico saludable en el organismo; por lo que, se busca sustituir los lípidos saturados por insaturados sobre todo en la etapa temprana, siendo fundamental la ingesta de un adecuado perfil de ácidos grasos para prevenir enfermedades crónicas y mejorar la calidad de vida de los individuos (Conchillo *et al.* 2006). Es así, que los aceites pueden constituir una gran opción debido a su composición; por ejemplo, aceites como el de quinua y pescado por su alto contenido de omega 6 (Uauy & Valenzuela 2000) y omega 3 (Nowak *et al.* 2016), respectivamente; en comparación a la manteca vegetal, en la que predomina los ácidos grasos saturados (AGS).

Ante lo expuesto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la influencia del consumo de tres fuentes de ácidos grasos (aceite de quinua, aceite de pescado y manteca vegetal) sobre parámetros sanguíneos, peso del hígado, así como su caracterización macroscópica y microscópica, histomorfometría intestinal y formación del tejido adiposo a temprana edad en un modelo animal.



## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. TEJIDO ADIPOSEO**

Es el principal reservorio de energía del organismo cuya función principal es la captación de lípidos circulantes al existir momentos de exceso de energía (etapa postprandial) y de liberar ácidos grasos cuando se requiere energía (Yore *et al.* 2014). El tejido adiposo es un órgano endocrino con una variedad de funciones: mantener el balance energético a largo plazo, la termorregulación, metabolismo de lípidos y glucosa, además de modular la función hormonal y la reproducción; que se ejercen a través de hormonas o adipoquinas, esta última son las mediadoras entre el tejido adiposo y los órganos adyacentes. Sin embargo, no se conoció hasta la década de 1990 que el tejido adiposo secretaba las adipoquinas incluyendo las citoquinas proinflamatorias y las quimiocinas (Rosen & Spiegelman 2014).

El tejido adiposo está compuesto un 50 por ciento por adipocitos y el resto por células del sistema inmune, preadipocitos, células endoteliales, células inmunitarias, fibroblastos, células nerviosas, matriz extracelular y vasos sanguíneos; la actividad de estos componentes debe mantenerse en equilibrio, ya que al existir un desbalance energético dado por la sobrealimentación y el sedentarismo se incrementa la acumulación de grasa (Eissing *et al.* 2013 & Richard *et al.* 2000).

#### **2.1.1. Clasificación del tejido adiposo**

#### **2.1.2. Según su coloración, vascularización y estructura**

El tejido adiposo según su coloración, vascularización y estructura se clasifica en los siguientes (Richard *et al.* 2000):

### **a. Tejido Adiposo Blanco**

El tejido adiposo blanco (WAT) es fundamental para el almacenamiento de energía, la comunicación endocrina y la sensibilidad a la insulina; este tejido comprende el mayor volumen en la mayoría de los mamíferos, incluyendo los humanos (Figura 1a).

### **b. Tejido Adiposo Marrón**

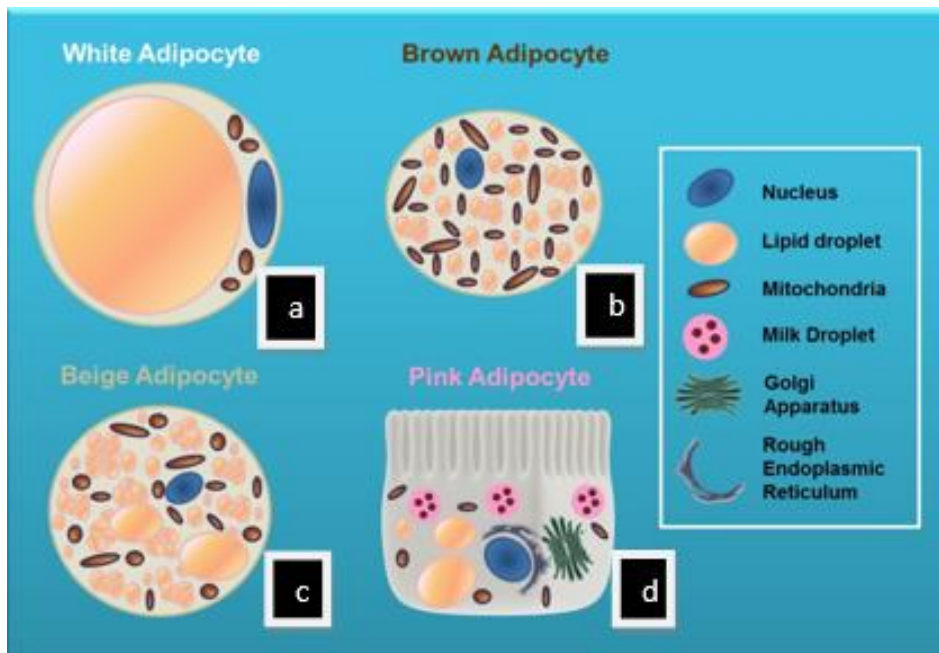
El tejido adiposo marrón (BAT) está presente en gran medida en mamíferos después del nacimiento y durante la hibernación, este tejido utiliza energía para la producción de calor siendo fundamental para el mantenimiento de la temperatura corporal (Figura 1b). En humanos sanos, la actividad de BAT contribuye a la oxidación de las grasas de todo el cuerpo y a la termogénesis inducida por la dieta, lo que respalda un papel fisiológico de este depósito de tejido adiposo en adultos.

### **c. Tejido Adiposo Beige**

Los adipocitos beige muestran características de adipocitos tanto marrones como blancos y típicamente se desarrollan dentro del WAT subcutáneo a partir de un subconjunto distinto de preadipocitos o mediante la transdiferenciación de adipocitos blancos existentes (Figura 1c). Cabe señalar que originalmente se observó que los adipocitos beige surgían en respuesta a la exposición de roedores al frío; no obstante, muchos estudios de expresión génica han identificado que la dieta, el ejercicio, pre y post-bióticos, agentes farmacéuticos, numerosos bioactivos de origen vegetal e incluso adipoquinas, también pueden inducir el "inicio" o "pardeamiento" del WAT. Constituyendo una alternativa de protección contra la obesidad y la disfunción metabólica asociada; sin embargo, su expresión ha sido principalmente observado más en ratones que en humanos.

### **d. Tejido Adiposo Rosado**

Los adipocitos rosados se describieron por primera vez en el 2014 (Figura 1d), surgieron en el WAT subcutáneo de ratones hembra durante los días 17-18 de gestación y persistieron durante la lactancia. Estas células grasas parecen derivar de los adipocitos blancos que forman similares características epiteliales para dar paso a alveolos secretores, lo que origina el tono rosado.

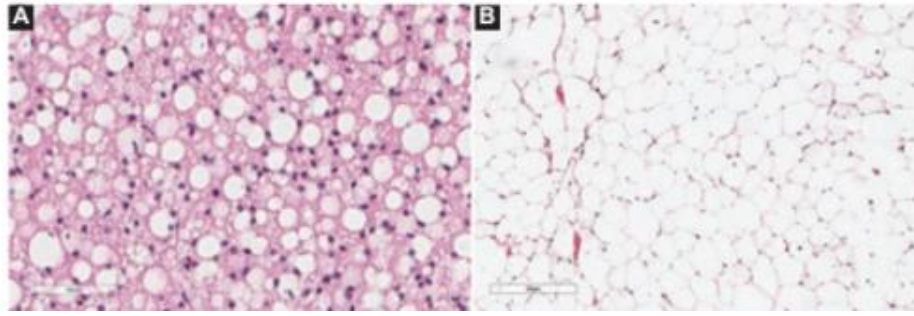


**Figura 1: Clasificación del Tejido Adiposo.** (a) adipocito blanco, (b) adipocito marrón, (c) adipocito beige, (d) adipocito rosado.  
Fuente: Richard *et al.* (2000)

### 2.1.3. Según su tamaño

Según Boque (2012), la distribución de tamaño de células de adipocitos se considera en micrómetros ( $\mu\text{m}$ ): muy pequeños  $<25 \mu\text{m}$ , pequeños,  $25-50 \mu\text{m}$ , normales  $51-90 \mu\text{m}$ , grandes,  $91-130 \mu\text{m}$  y muy grandes  $>130 \mu\text{m}$ .

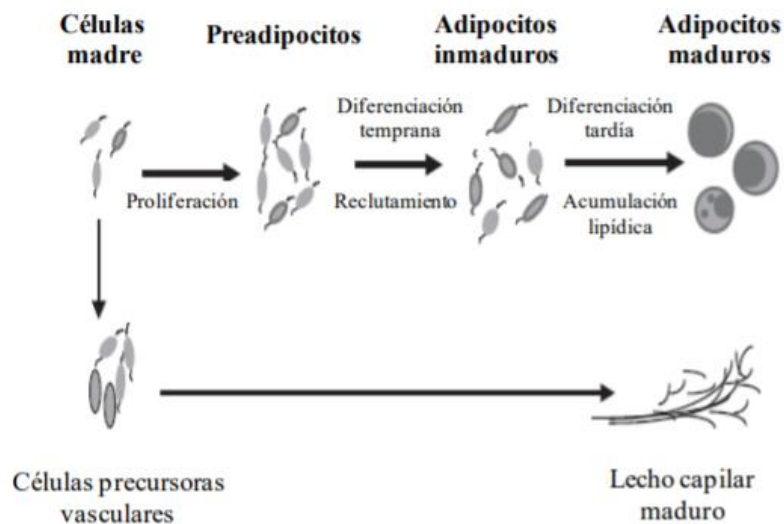
El WAT tiene un tamaño promedio de 20 a  $200 \mu\text{m}$  (Frigolet & Gutierrez 2020) y se caracterizan por ser uniloculares ubicándose principalmente en regiones subcutáneas (Figura 2A); mientras que, los adipocitos pardos, son multiloculares y tienen un diámetro aproximado de 15 a  $50 \mu\text{m}$ , se pueden ubicar en sitios profundos (perirenales, peroaorticos e inguinales) o superficiales (interescapulares, cervicales y axilares) (Figura 2B, Cinti 2009). En cambio, los adipocitos beige están inmersos en las regiones subcutáneas junto a los adipocitos blancos (Frigolet & Gutierrez 2020).



**Figura 2: Histología del tejiado adiposo pardo (A) y del tejiado adiposo blanco (B),** obtenidos mediante tinción con hematoxilina y eosina, 40x, escala de 50  $\mu$ m.  
Fuente: Cinti (2009)

#### 2.1.4. Desarrollo del tejiado adiposo

La formación del tejiado adiposo comienza por un pre-nacimiento siguiendo con una mayor expansión como se muestra en la Figura 3 dándose ello durante la niñez hasta la adolescencia; sin embargo, puede ser modificado a lo largo de la vida (Orso *et al.* 2020). Es así como, el tejiado adiposo blanco es el único que puede experimentar variación en el tamaño aun en la edad adulta mediante dos vías: Hipertrofia e Hiperplasia (Holtrup *et al.* 2017).



**Figura 3: Características de la expansión del tejiado adiposo**

Fuente: Jackman & MacLean (2010).

### **a. Hipertrofia**

La hipertrofia induce factores que promueven la deformación y expansión del adipocito incrementando el tamaño de la célula grasa (Suárez *et al.* 2017), esto sucede en condiciones de un desbalance energético como el exceso nutricional (sobrepeso u obesidad), donde los ácidos grasos se depositan dentro del tejido adiposo central o visceral. Por lo tanto, la acumulación de tejido adiposo incrementa la síntesis de procesos inflamatorios y promueve una alta capacidad adipogénica que genera la expansión de la masa grasa hasta 20 veces su tamaño.

Una hipertrofia en exceso dificulta la difusión de oxígeno generando hipoxia e incrementando la síntesis de procesos inflamatorios (Figura 4), de esta manera los monocitos y su maduración a macrófagos estará aumentada, y en consecuencia, las citoquinas afectaran su perfil secretor aterogénico disminuyendo la lipólisis (Marcela 2012); además, los metabolitos de los macrófagos tendrán capacidad de inhibir la adipogénesis (Yvan & Quignard 2011).

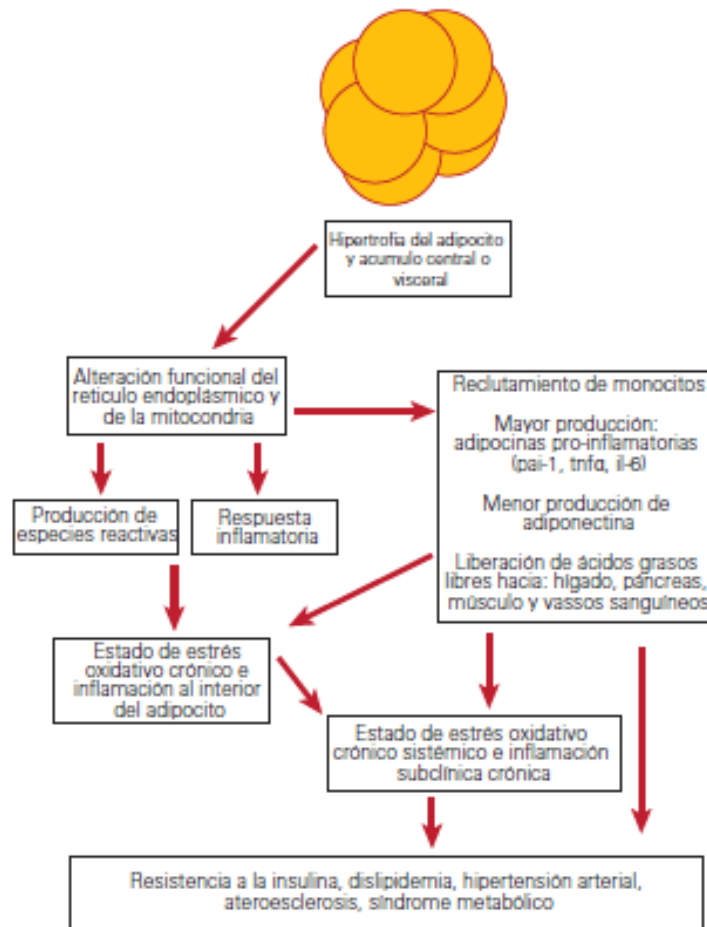
En general, las células hipertróficas grandes son metabólicamente menos favorables y están asociadas a fisiopatologías. Incluso, investigaciones en adipocitos humanos han demostrado que el aumento de tamaño de las células grasas se correlaciona directamente con toda la regulación metabólica y la resistencia a la insulina (Stenkula & Erlanson 2018).

### **b. Hiperplasia**

Es el aumento del número de células grasas a partir de una célula precursora, que se genera a través de un desbalance energético (Suárez *et al.* 2017) y se acumula principalmente en la periferia o en el tejido adiposo subcutáneo (Flores *et al.* 2011). La hiperplasia se genera en individuos que son obesos desde niñez y/o adolescencia, ya que durante estas etapas las células grasas incrementan más rápidamente en comparación a las demás etapas de la vida; sin embargo, pueden también aumentar durante la vida adulta, inclusive puede llegar a ser de 3 a 5 veces más de lo normal en individuos con obesidad (Marcano *et al.* 2006).

Ambas condiciones, generan alteraciones funcionales en el organismo como deficiencia de producción energética, síntesis de proteína, sobreproducción de especies reactivas; generando estrés oxidativo e inflamación (Figura 4) (Flores *et al.* 2011) .

Asimismo, es necesario señalar que los adipocitos viscerales hipertróficos o hiperplásicos tienen menor densidad de receptores para insulina además de una mayor producción de adipocinas inflamatorias (Manzur *et al.* 2010).



**Figura 4: Alteraciones funcionales del adipocito hipertrófico.**

Fuente: Suárez *et al.* (2017).

### 2.1.5. Tejido adiposo e inflamación

La obesidad es un estado de inflamación crónica cuyo exceso de adipocitos blancos contribuye a mantener el estado proinflamatorio generando mayor secreción de adipocinas, mayor producción de proteína C-reactiva y consecuentemente habrá mayor

formación de macrófagos generando un círculo vicioso que conduce a un estrés oxidativo (Vincent & Taylor 2006).

Investigaciones han demostrado la relación entre la obesidad y la producción de citoquinas tales como: el factor de necrosis tumoral alfa ( $TNF\alpha$ ), la interleucina-6 (IL-6), el fibrinógeno, la proteína quimiotáctica monocítica 1 (MCP1), el inhibidor del activador del plasminógeno-1 (PAI-I) y la resistina. Es así que se sabe que la IL-6 interfiere en la señalización de la insulina y del supresor de citoquina-3 (SOCS-3) (Ouchi *et al.* 2010).

Además, se ha sugerido que, la inflamación crónica sería responsable del síndrome metabólico en pacientes obesos y como consecuencia se genera diversos daños (Figura 5), entre ellos: la resistencia a la insulina, dislipidemia, coagulación, diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares e incluso cáncer (Reill & Rader 2003). Por otro lado, estudios sostienen la relación del síndrome metabólico con el tejido adiposo visceral es debido al contacto con la circulación portal y en consecuencia con el hígado (Shoelson *et al.* 2007).

## **2.2. EL TEJIDO ADIPOSO BLANCO Y SU INFLUENCIA EN SALUD Y ENFERMEDAD**

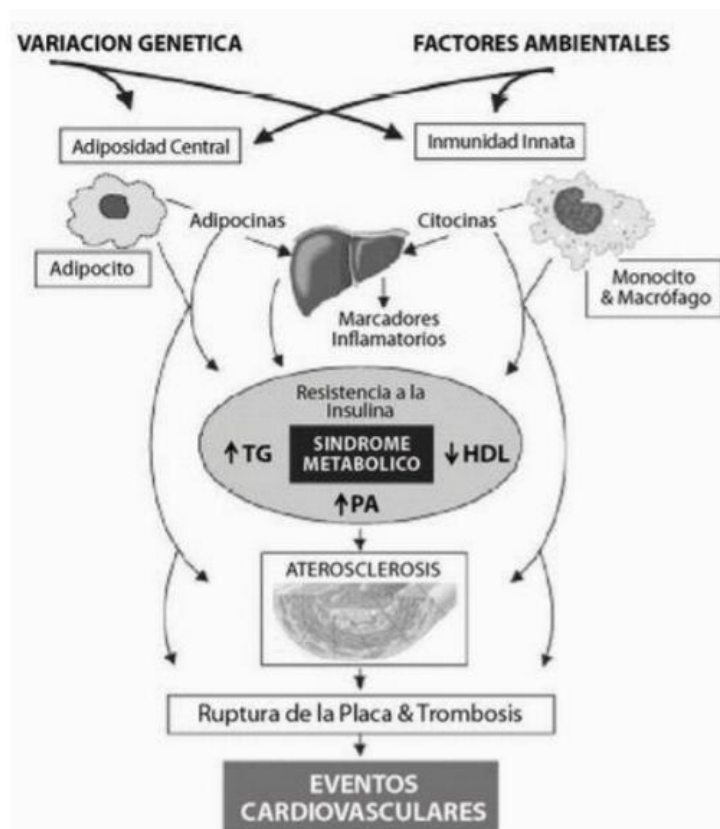
El tejido adiposo es considerado el órgano más plástico del cuerpo humano y puede expandirse enormemente en respuesta a la ingesta de energía (Rosen & Spiegelman 2014); siendo este exceso de energía almacenado como triglicérido (TAG) dentro de una gota de lípido monocular en la célula adiposa, que es la célula especializada específica en WAT. Estas células pueden incrementar más del doble de su tamaño en personas obesas en comparación con las delgadas; sin embargo, durante condiciones hipo energéticas o durante el rendimiento físico, los TAG se hidrolizan en un proceso denominado lipólisis que da como resultado una liberación de ácidos grasos libre (AGL) y glicerol en la circulación.

En tanto, la lipólisis es un proceso continuo que se produce a un ritmo bajo no estimulado (basal), cuyos valores en humanos es de  $0.31 \mu\text{mol}$  de glicerol/h/gramo de tejido graso y está regulado por: estimuladores (sistemas hormonales, catecolaminas y péptidos nutriuréticos) e inhibidores como la insulina (Lafontan & Langin 2009). Por ejemplo, la

disminución de respuesta a las catecolaminas favorece la obesidad; mientras que, un incremento de la lipólisis basal se asocia con enfermedades metabólicas generando resistencia a la insulina por tener mayor flujo de ácidos grasos hacia el musculo esquelético e hígado generando inflamación de los adipocitos y aumento del TNF $\alpha$  (Arner & Langin 2014).

Asimismo, la salud metabólica está estrechamente relacionada con la inflamación crónica de bajo grado en WAT, donde todos estos procesos están sincronizados e involucrados en el mantenimiento de la homeostasis; por lo que, la perturbación de estos interrumpirá la sincronía y también afectará a otros, resultando en una enfermedad metabólica.

Actualmente, los defectos en estos procesos se han relacionado individualmente con un mayor riesgo cardiovascular (Figura 5) (Rydén & Arner 2017).



**Figura 5: Fisiopatología del síndrome metabólico.**

Fuente: Reilly & Rader (2007).



Por otro lado, el WAT es heterogéneo con varios depósitos que difieren notablemente entre hombres y mujeres, pero que puede subdividirse en dos principales: el subcutáneo y el visceral. Los depósitos subcutáneos se encuentran principalmente en la región femoral y abdominal, siendo considerado el más grande mientras que los depósitos viscerales existen dentro de la cavidad abdominal y está estrechamente asociado con un fenotipo metabólico perjudicial. En relación a su presencia en humanos, las mujeres presentan un depósito subcutáneo más grande y en particular femoral, que se caracteriza por una figura en forma de pera; mientras que, los hombres tienen una figura en forma de manzana debido a un depósito visceral más grande (Gesta *et al.* 2007).

El tejido adiposo subcutáneo se expande principalmente a través del aumento del tamaño de las células grasas en comparación con el visceral, que se caracteriza por una expansión hiperplásica (aumento del número de células grasas). La identificación de intervenciones que controlen la distribución de la grasa corporal ayudaría a prevenir enfermedades metabólicas ya que la composición de AG en WAT está influenciada por la composición en la dieta (Hodson *et al.* 2008).

### **2.3. EFECTO DE LOS ÁCIDOS GRASOS SOBRE EL TEJIDO ADIPOSEO**

Los ácidos grasos son moléculas alifáticas mono carboxílicas que existen en una variedad de longitudes de carbono y grados de saturación. En los seres humanos, la grasa se compone principalmente de TAG acumulado por FA con longitudes de cadena de 12 a 22 átomos de carbono y grados de saturación de 0 a 6 dobles enlaces (Seidelin 1995). Los FA por lo general se nombran *numéricamente* por el número de átomos de carbono, seguido de dos puntos y a continuación va el número de dobles enlaces; además, la posición del doble enlace influye en las propiedades del FA y, por lo tanto, se proporciona información sobre el posicionamiento cuando es relevante, como en el caso de las familias omega 3 “n-3” y omega 6 “n-6” (IC 1968).

La prevalencia de enfermedades cardiovasculares (ECV) ha aumentado en paralelo con la sociedad de rápida evolución, generando cambios en sus hábitos alimentarios. Principalmente, se han realizado intervenciones nutricionales como la alteración de la composición dietética de ácidos grasos (FA) para prevenir y tratar las ECV. Estos estudios

sugieren que, reemplazar ácidos grasos saturados (SFA) por los PUFA (Ácidos grasos poliinsaturados) reduce el riesgo de eventos cardiovasculares (Mozaffarian *et al.* 2010).

El grado de saturación del FA regula la fluidez de la membrana celular y la actividad de varios factores de transcripción, así como la traducción de señales a través de los receptores de la membrana celular. Estos hallazgos podrían explicarse por varios factores, tales como: niveles de FA consumidos en la dieta, duración de la intervención, efectos específicos del depósito de WAT, efectos específicos de la especie o una combinación de las anteriores (Matualatupauw *et al.* 2017).

En condiciones isoenergéticas, una dieta rica en PUFA en lugar de SFA reduce el área de WAT subcutánea total y también mejora la sensibilidad a la insulina y lípidos en sangre (Summers *et al.* 2002). Sin embargo, otros investigadores demostraron efectos protectores de los PUFA sobre la salud cardiometabólica; mientras que, no se tuvo efecto sobre la expresión del gen WAT (Bjermo & Iggman 2012). Por otro lado, se comparó la ingesta de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) versus los PUFA en condiciones isoenergéticas, donde el consumo de MUFA redujo la adiposidad visceral (Liu *et al.* 2016).

La mayoría de los estudios que investigan los efectos de AGS se han centrado en el ácido palmítico, un FA de cadena larga. Sin embargo, se ha demostrado que los FA de cadena media tienen efectos beneficiosos sobre la composición corporal, la distribución de la grasa en el organismo (Mumme & Stonehouse 2015) y de favorecer la fosforilación oxidativa y antiinflamatoria mediante expresión génica (Matualatupauw *et al.* 2017). También se ha evidenciado que, estos efectos benéficos serían atribuibles a su forma única de ser transportados y metabolizados (Babayán 1987).

Por tanto, la composición de ácidos grasos en la dieta impacta en la distribución de los depósitos de grasa, donde los PUFA y MUFA al parecer tienen efecto benéfico sobre el depósito visceral y subcutáneo, estos efectos pueden ser causados, al menos en parte, por cambios específicos en la expresión génica entre los depósitos de grasa.

### 2.3.1. Fuentes de ácidos grasos

#### a. Aceite de Quinoa

La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) se cultiva principalmente en América del Sur, este grano ha sido señalada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como un alimento con "alto valor nutritivo", una impresionante biodiversidad y un papel importante que desempeñar en el logro de la seguridad alimentaria en todo el mundo (Bojanic 2011).

La quinoa es un pseudocereal que ha recibido considerable atención por sus destacadas características nutricionales, representadas principalmente por el contenido y valor biológico de sus proteínas, estructura del almidón, funciones de las saponinas y mayor contenido de grasa en comparación con otros cereales (Nowak *et al.* 2016). La composición proximal de la quinoa varía de 10 a 18 por ciento de proteína, 54.1 a 64.2 por ciento de carbohidratos, 2.4 a 3.65 por ciento de ceniza, de 2.1 a 4.9 por ciento de fibra cruda (Hirose *et al.* 2010), y también contiene una cantidad importante de grasa (6-9 por ciento), que incluso es superior a otras fuentes de cereales como el maíz (3-4 por ciento) (Valencia & Chamorro 2015).

Especialmente el aceite de quinoa tiene una alta estabilidad frente a la oxidación debido a la presencia de componentes interesantes (Tabla 1) como un alto contenido de  $\alpha$ -tocoferol (Matsuo 2005); una composición de ácidos grasos que corresponden en su gran mayoría a los ácidos grasos insaturados con un 90 por ciento aproximadamente, de los cuales 50-56 por ciento corresponde al ácido linoleico (omega 6), 22-25 por ciento a ácido oleico (omega 9) y 5-7 por ciento al ácido  $\alpha$ -linolénico (omega 3) (Nowak *et al.* 2016).

La metodología para la extracción de aceite de semillas convencional se basa al uso de disolventes orgánicos a altas temperaturas, seguidas de una laboriosa purificación que generan pérdidas de las características bioactivas que poseen los aceites, es por ello que, es necesario la búsqueda de otras técnicas de extracción capaces de mantener/conservar estos componentes de interés, siendo los fluidos supercríticos un gran método alternativo.

**Tabla 1: Contenido de ácidos grasos del aceite de quinua de la variedad Pasankalla**

Ácidos Grasos	Cantidad
$\alpha$ -tocoferol	137.10
$\beta$ -tocoferol	1.30
$\gamma$ -tocoferol	564.00
$\delta$ -tocoferol	25.80
Ácido Palmítico	11.85
Ácido Esteárico	1.03
Ácido Oleico	27.64
Ácido Linoleico	52.48
Ácido Linolénico	5.38
Ácido Araquidónico	0.43

Los datos que se muestran en la tabla están expresados en mg/Kg aceite.

Fuente: Mufari *et al.* (2020)

La extracción de fluidos supercríticos (SFE) es utilizado para recuperar y separar extractos de plantas y semillas, proporcionando un extracto de mayor calidad en comparación a los métodos convencionales (Dogenski, Ferreira & Oliveira 2016). El proceso se realiza con CO<sub>2</sub> (SC-CO<sub>2</sub>), que es uno de los disolventes supercríticos más comunes debido a sus propiedades de punto crítico suave y bajas temperaturas (Rai, Mohanty & Bhargava 2016); además, se separa fácilmente del extracto sin dejar rastros una vez liberada la presión.

### **Efecto del consumo de aceite de quinua**

Diferentes estudios avalan la idea de que una dieta rica en aceite vegetal con un alto contenido en ácido linoleico (omega 6) puede ayudar a producir un efecto hipocolesterolémico. Los aceites vegetales comunes ricos en omega 6, tales como: maíz (52,68 por ciento), girasol (56,5 por ciento) y soja (53,7 por ceinto), han evidenciado dicho efecto ya reportado en animales y humanos (Altuna *et al.* 2018).

El perfil de aceite de quinua es similar al perfil reportado para los aceites de maíz, girasol y soja; con alto contenido de PUFA, pero con un porcentaje de omega 6 superior a los valores reportados en estos tres aceites vegetales. Por ello, el consumo regular de semillas

de quinua en la dieta resulta saludable y puede contribuir a reducir el riesgo cardiovascular (Altuna *et al.* 2018). Sin embargo, no hay estudios científicos relacionados al consumo de aceite de quinua y su efecto sobre la salud, especialmente en la deposición de grasa a nivel abdominal.

## **b. Aceite de Pescado**

El aceite de pescado es un producto industrial de gran valor nutricional, debido a su contenido de PUFA, especialmente de ácido  $\alpha$ -linolénico de cadena larga, como el docosahexaenoico (DHA), el docosapentaenoico (DPA) y el eicosapentaenoico (EPA) (Tabla 2); los cuales son altamente valorados por sus propiedades profilácticas y terapéuticas en el campo nutricional y de la salud. El aceite de pescado, que antes era considerado un producto secundario de la obtención de harina de pescado utilizado para alimentación animal, es ahora reconocido como fuente primaria de estos ácidos grasos (Uauy & Valenzuela 2000).

El ácido  $\alpha$ -linolénico puede obtenerse de la dieta, y de él derivan los ácidos EPA y DHA que se encuentran en los pescados de aguas profundas llamados pescados de carne azul. Las especies más ricas en ácido  $\alpha$ -linolénico (EPA/DHA) en orden descendente son: sardina 3,3 g; macarela 2,5 g ; arenque 1,7 g ; anchoa 1,4 g ; salmón 1,4 g y sable 1,4 g; cuyo valores son expresados como g omega 3/100 g de pescado crudo (Nasiff & Meriño 2003).

El aceite de pescado es la fuente primaria, y quizás la más abundante, de estos ácidos grasos poliinsaturados (ácido  $\alpha$ -linolénico), habiéndose generado actualmente una gran demanda de este insumo. En la Tabla 3, se muestra el contenido promedio de EPA y DHA del aceite de pescado obtenido de diferentes especies, cuya captura o producción es común principalmente en Chile y Perú (Valenzuela *et al.* 2012).

**Tabla 2: Perfil de ácidos grasos del aceite de pescado (g/100g ácidos grasos)**

Ácidos Grasos	Cantidad
Docosahexaenoico C22:6( $\omega$ -3)	13.44 – 0.58
Docosapentaenoico C22:5( $\omega$ -3)	0.00 – 2.23
Eicosapentaenoico C20:5( $\omega$ -3)	16.92 – 2.03
Araquidónico C20:4( $\omega$ -6)	1.14 – 0.10
$\alpha$ -linolénico C18:3( $\omega$ -3)	1.16 – 0.07
$\gamma$ -linolénico C18:3( $\omega$ -6)	0.22 – 0.02
Linoleico C18:2( $\omega$ -6)	1.26 – 0.05
Vaccénico C18:1( $\omega$ -7)	3.11 – 0.11
Oleico C18:1( $\omega$ -9)	8.69 – 0.29
Elaídico C18:1t	1.17 – 0.11

Los datos que se muestran en la tabla están expresados en g/100 g ácidos grasos.

Fuente: Conchillo *et al.* (2006)

### Efecto de consumo del aceite de pescado

Estos ácidos grasos poliinsaturados, particularmente el EPA y el DHA, contribuyen a oscurecer los adipocitos blancos, tornándolo pardo o beige, además de activar la respiración desacoplante ayudando a reducir la circunferencia de la cintura (Lund *et al.* 2018). Además disminuyen los niveles de LDL-c (Lipoproteína de baja densidad) y colesterol en sangre, siendo especialmente recomendados estos PUFA  $\omega$ -3 de alto peso molecular, ya que reducen los niveles de triglicéridos, la agregación plaquetaria y favorecen la respuesta inmunológica (Conchillo *et al.* 2006).

**Tabla 3: Contenido de DHA y EPA de diferentes especies marinas**

Fuente	EPA	DHA
Jurel	14.0	10.0
Salmon	7.0	10.8
Trucha	4.5	8.6
Sardina	16.0	10.0
Anchoveta	11.0	10.0
Atún	13.0	10.0
Bacalao	11.0	12.0

Los datos que se muestran en la tabla están expresados en g/100 g de pescado.

Fuente: Valenzuela *et al.* (2012)

La incorporación de PUFA  $\omega$ -3 a la dieta logra reducir el nivel de triglicéridos plasmáticos, probablemente por incremento de la  $\beta$ -oxidación y disminución consecuente de la lipogénesis de *novo*; coincidiendo con los estudios realizados en animales de experimentación y en humanos, como lo demuestra Valenzuela *et al.* (2014), quienes mediante el consumo de PUFA  $\omega$ -3 disminuyeron la triacilglicerolemia llevándola a niveles normales. Asimismo, la evidencia sugiere que el consumo de aceite de pescado mejora las funciones de almacenamiento y reducen la inflamación del tejido adiposo, cuyo efecto se atribuye en parte a la activación del receptor PPAR  $\gamma$  o la inhibición del receptor tipo Toll 4 (Puglisi *et al.* 2010).

### **c. Manteca Vegetal**

La manteca vegetal es una sustancia grasienta y cremosa de color blanco, es muy utilizada en industrias lácteas especialmente en heladería (López 2003), panadería y uso doméstico. Su composición es 98 por ciento de triglicéridos, 1 por ciento de ácidos grasos libres, 0.3-0.5 por ciento de diglicéridos y 0,1 por ciento de monoglicéridos; también contiene alrededor de 0.2 por ciento de esteroides, 150 a 350 ppm de tocoferoles (principalmente  $\alpha$ -tocoferol), 0,05 a 0.13 por ciento de fosfolípidos (Codini *et al.* 2004).

#### **Efecto del consumo de manteca vegetal**

Los ácidos grasos saturados, excepto el ácido esteárico, aumentan el colesterol LDL-c plasmático, al igual que los ácidos grasos trans; además, incrementan el colesterol transportado en las HDL (Lipoproteína de alta densidad) y los niveles de colesterol total, este cambio en el perfil lipídico indica un riesgo de infarto de miocardio o de muerte por enfermedad coronaria del 24 por ciento al 32 por ciento por cada 2 por ciento de la energía aportada proveniente de ácidos grasos trans cuando reemplazan de forma isocalórica a los carbohidratos y otros ácidos grasos.

La ingesta de ácidos grasos saturados también se asocia con el incremento del índice de masa corporal, desarrollo de obesidad, esteatosis hepática y resistencia a la insulina. La ingesta elevada de grasas en la dieta se asocia con enfermedades neurodegenerativas, inclusive las personas con una dieta rica en AGS y AGT (Ácidos grasos trans) presentan una tasa mucho más rápida de declive cognitivo: como el desarrollo de la enfermedad de

Alzheimer que también se ha asociado con un alto consumo de este tipo de grasas; la obesidad y diabetes están relacionadas con hiperglucemia e hiperinsulinemia, que se asocian como factores de riesgo para padecer demencia (Cabezas & Zábala 2016).

#### **2.4. USO DE ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN PARA ESTUDIO DEL TEJIDO ADIPOSEO**

Algunos estudios en este tejido han sido realizados en roedores, sin embargo, la deposición de grasa en estos animales no es similar a los humanos; mientras que, los pollos depositan el exceso de grasa a nivel abdominal y además tienen la habilidad de alimentarse de forma independiente al nacer, lo que permite realizar un manejo directo de la dieta en edad temprana (Torchon *et al.* 2017).

Los pollos de engorde poseen una tasa de crecimiento rápida que resulta en un aumento en la ingesta voluntaria de alimentos y una mayor deposición de tejido adiposo, donde el depósito abdominal se acumula con gran velocidad después de la eclosión. El desarrollo del tejido adiposo se produce como consecuencia tanto de la hiperplasia como de la hipertrofia de los adipocitos y, por lo tanto, la expansión de la masa del tejido adiposo puede resultar de la multiplicación de nuevas células grasas a través de la adipogénesis y/o del aumento del depósito de triglicéridos citoplasmáticos en gotitas de lípidos (Symonds 2011).

En las aves, la actividad lipogénica es mayor en el hígado que en el tejido adiposo, y el hígado sintetiza lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL-c) a partir de ácidos grasos producidos endógenamente y derivados de la dieta (es decir, quilomicrones), liberando estos al torrente sanguíneo (Buyse & Decuypere 2015), siendo los pollos similares a los humanos en que la lipogénesis ocurre exclusivamente en el hígado y se exporta a través del sistema circulatorio al tejido adiposo (Mellouk *et al.* 2018). Por tanto, los ácidos grasos que se acumulan en el tejido adiposo se derivan en su mayoría a partir de triglicéridos en lipoproteínas y luego se incorporan como triglicéridos en gotitas de lípidos en el adipocito. No obstante, la lipoproteína lipasa (LPL) cataliza la hidrólisis de los triglicéridos de las lipoproteínas, siendo esta enzima capaz de limitar la velocidad en la acumulación de lípidos en el tejido adiposo en pollos (Sato *et al.* 1999).



La selección genética para la eficiencia de producción (tasa de crecimiento rápido y eficiencia alimenticia) requiere restricción de alimento en pollos de engorde. Se ha estimado que, los pollos de engorde consumen de forma voraz aproximadamente 4,1 kg de alimento para lograr un aumento de hasta 40 veces su peso corporal después de la eclosión que es concomitante con un incremento en el desarrollo muscular, así como en la grasa abdominal durante un período de 42 días (Piekarski *et al.* 2015).

## **2.5. HISTOMORFOMETRÍA INTESTINAL**

El intestino delgado es donde se da los procesos finales de la digestión y principalmente se realiza la absorción de nutrientes. Es un órgano muy largo, permitiendo una acción más extensa de las enzimas digestivas y está formado por tres secciones denominadas: duodeno, yeyuno e íleon (Junqueira & Carneiro 1987).

El tracto gastrointestinal del pollo alberga diversas poblaciones de microorganismos presentes en relaciones simbióticas que, en última instancia, afectan la nutrición, el metabolismo y la inmunidad en el huésped (Sohail *et al.* 2012 ). Asimismo, el proceso de digestión, asimilación y absorción de nutrientes en los pollos de engorde depende de la maduración del intestino delgado.

Las vellosidades intestinales se consideran una protección/barrera natural que evita la entrada de cualquier material tóxico y bacterias patógenas en la luz intestinal (Cheled *et al.* 2011), lo que puede provocar la desestabilización de la microflora y una barrera intestinal alterada. Además, la producción de moco, el equilibrio ecológico entre bacterias patógenas y no patógenas y la integridad del epitelio intestinal afectan principalmente a la eficacia de las vellosidades intestinales.

Por ello, su adecuado funcionamiento es crucial en la absorción de nutrientes; incluso se están utilizando ciertos aditivos alimentarios para mejorar la eficacia de absorción intestinal (Song *et al.* 2019a & Pelicano *et al.* 2005 ). Los parámetros morfológicos, es decir, longitud de vellosidades y profundidad de criptas, son responsables del funcionamiento vigoroso del intestino al facilitar una superficie más grande para una mejor absorción de nutrientes (Awad *et al.* 2009). Una alta relación entre la longitud de vellosidades y la profundidad de las criptas evidencia la rotación de las células epiteliales,

mientras que, una relación disminuida se asocia con una población bacteriana intestinal reducida junto con una superficie reducida para la absorción de nutrientes (Laudadio *et al.* 2012, Van 2004 & Xu 2003 ).

El intestino delgado, especialmente el duodeno y el yeyuno, es el sitio de digestión y absorción de lípidos en las aves de corral. En tanto, para maximizar la efectividad de la estrategia de alimentación y mejorar el contenido de ácidos grasos omega-3 en carne, se deben considerar las características morfológicas del intestino delgado en pollos. Por lo que, la capacidad de absorber nutrientes del intestino depende de la superficie mucosa del tracto gastrointestinal (TGI), las propiedades de permeabilidad pasiva del epitelio y sus propiedades funcionales (Aziza *et al.* 2014).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. LUGAR**

El estudio se realizó en los Laboratorios de Evaluación Nutricional de Alimentos, Laboratorio de Histomorfometría Aviar y Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Aves del Departamento Académico de Nutrición, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina.

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

##### **3.2.1. Materiales**

Entre los materiales de laboratorio utilizados fueron Jaulas grupales, Comederos, Tonguitos, Guardapolvo, Guantes de nitrilo, Mascarilla, Lentes de seguridad, Detergente, Desinfectantes, Paños, Papel toalla, Bisturí, Vasos de precipitación, Pipetas (1.0, 5.0 y 10.0 ml), Pinzas, Pipetas pasteur, Probetas matraz de Erlenmeyer, Gradillas de metal, Láminas portaobjeto.

##### **3.2.2. Equipos**

Los equipos empleados fueron Balanza digital marca Digital precisión modelo BS-3000A (capacidad de 200 g  $\pm$ 0.1), balanza analítica marca Digital precisión modelo 2204 (capacidad de 220 g  $\pm$ 0.001), Mission® Cholesterol (HDL-c, LDL-c, colesterol total, triglicéridos; unidad de medida: mg/dL)  $\lambda$ =635 nm, Centrifuga marca Kert Lab modelo 0412-1 (capacidad de 12 tubos, rotor fijo 45°, velocidad 500-4000 rpm), Estufa marca Memmert modelo UF55 (2000 W, temperatura 20–300°C), Microscopio óptico marca Leica modelo DM750 (objetivo utilizado 4x10) con cámara incorporada modelo ICC50W, Software para medición de adipocitos: Leica Application Suite, Software para

medición de histomorfometría intestinal: Analizador de Imágenes Leica Modelo ICC50W.

### **3.2.3. Reactivos**

Los reactivos necesarios para desarrollar el ensayo fueron: Agua destilada, Formaldehído, Alcohol al 10, 20, 30, 70 y 100 por ciento, Parafina, Colorante hematoxilina-eosina, Ácido tiobarbitúrico, Ácido tricloroacético, Ácido clorhídrico, Buffer fosfato (pH=7.4), 2,6-di-terc-butil-4-metylphenol, Etanol, Dodecil sulfato de sodio, Ácido acético, n-butanol, 1,1,3,3-tetraetoxipropano.

### **3.2.4. Material biológico**

Se utilizaron 76 pollitos machos de la Línea Cobb 500 como animales de experimentación, de 0 días de edad, los mismos que fueron distribuidos al azar en la jaula para pollos, estos animales fueron mantenidos a 38 °C y 75 por ciento HR durante el experimento.

### **3.2.5. Productos a evaluar**

- Manteca Vegetal parcialmente hidrogenada comercial
- Aceite de quinua extraída de la variedad Pasankalla
- Aceite de pescado comercial

## **3.3. METODOLOGÍA**

La metodología empleada en el experimento se detalla en los siguientes acápite, iniciando con la obtención, extracción y análisis de las fuentes de ácidos grasos, seguido de la formulación y elaboración de dietas experimentales suplementadas con las fuentes de diferentes ácidos grasos para el ensayo biológico en un modelo animal con la finalidad de evaluar parámetros de interés que permitan denotar la influencia del consumo.

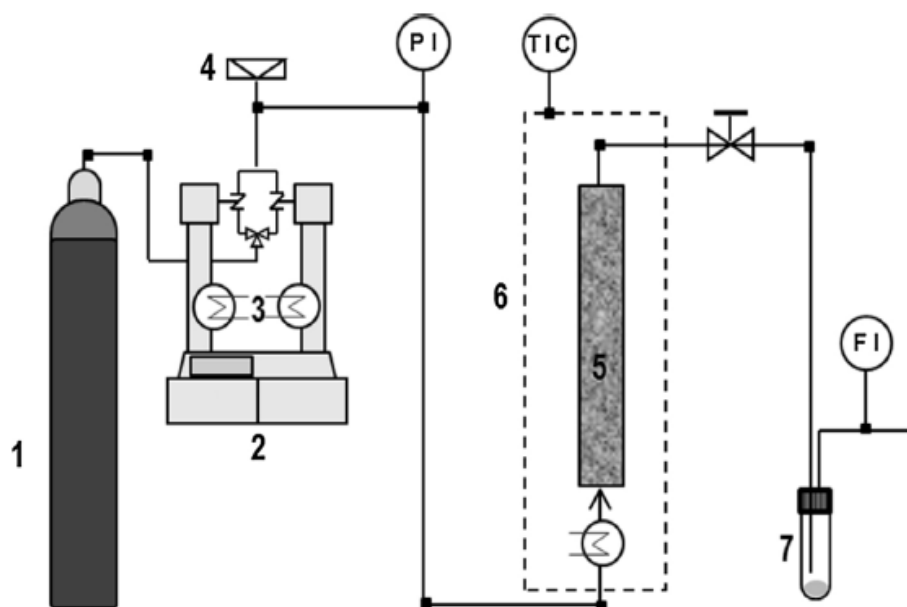
### 3.3.1. Obtención de fuentes a evaluar

#### a. Manteca vegetal

La manteca vegetal parcialmente hidrogenada proveniente de la palma aceitera fue adquirida del mercado local, la ficha técnica del producto se muestra en el Anexo 1.

#### b. Aceite de quinua

En la investigación, la extracción de aceite se realizó utilizando dióxido de carbono como disolvente, para ello se utilizó 350 g de Quinua de la variedad Pasankalla, que fue molida y tamizada (Malla N° 5), obteniéndose partículas medianas por corrida. Asimismo, se utilizó una presión de extracción por CO<sub>2</sub> supercrítico de 250 bar, con una temperatura de extracción de 35°C durante 60 minutos a una velocidad de flujo de 8g/min. El total de aceite de quinua extraída mediante fluidos supercríticos fue de 800 mL, dicho aceite tuvo características adecuadas para su consumo, tales como: olor característico a quinua, ausencia de suspensiones, color amarillo oscuro, etc. En la Figura 6, se muestra el proceso general de extracción de aceite de quinua mediante fluidos supercríticos para mejor entendimiento.



**Figura 6: Proceso de extracción de aceite de quinua mediante fluidos supercríticos.** (1) Tanque de CO<sub>2</sub>, (2)(3)(4) Sistema de presión y temperatura, (5)(6) Extracción de aceite, (7) Recepción de aceite.

Fuente: Benito *et al.* (2018).

### **c. Aceite de pescado**

El aceite de pescado fue proveniente del salmón y fue adquirido del mercado local, la ficha técnica del producto se muestra en el Anexo 2.

#### **3.3.2. Determinación del perfil de ácidos grasos de manteca vegetal, aceite de quinua y aceite de pescado**

La evaluación de perfil de ácidos grasos de cadena larga de manteca vegetal, aceite de quinua y aceite de pescado; se realizó mediante cromatografía de gases utilizando una columna SP2560 100m x 250 $\mu$ m x 0.2 $\mu$ m con un flujo de 2.4 mL/min, con detector FID a una temperatura de 200 °C, con un flujo de hidrogeno de 40 mL/min y un flujo de aire de 450 mL/min, con el estándar PUFA 37 mix con diferentes tiempos de retención que podemos ver en el Anexo 3 (Michotte *et al.* 2011).

#### **3.3.3. Formulación y elaboración de dietas experimentales con diferentes ácidos grasos**

La formulación de las dietas experimentales se realizó en base a los requerimientos de pollitos BB de la Linea Cobb 500 (2018), considerando los valores recomendados hasta la primera semana de edad (Anexo 4), mediante el programa *Space Animal Nutrition*.

Una vez obtenida la formulación se procedió a elaborar la dieta disponiendo de ingredientes tales como: maíz en grano, torta de soya, aceite de soya, L-lisina, DL-metionina, L-Treonina, L-Triptófano, carbonato de calcio, fosfato dicalcico, sal, cloruro de colina 60 por ciento, premezcla vitaminas y minerales, secuestrante de micotoxinas, antioxidante y antibiótico; esta elaboración se llevó a cabo mediante la combinación de los ingredientes en una mezcladora durante 15 minutos y así obtener la formulación basal.

Las dietas experimentales fueron elaboradas suplementando las fuentes de ácidos grasos (manteca vegetal, aceite de quinua y aceite de pescado), siendo preparadas de forma diaria para reducir la oxidación y deterioro de los ácidos grasos en estudio (Tabla 4); cabe señalar que, el tratamiento control tuvo la inclusión de arenilla para no afectar el contenido de nutrientes respecto a los demás tratamientos.

**Tabla 4: Composición porcentual y valor nutricional calculado de la dieta basal experimental de pollitos Cobb 500.**

<b>Ingredientes (%)</b>	<b>Dieta basal</b>
Maíz	59,29
Torta de soya	35,49
Aceite de soya	1,14
L-Lisina	0,24
DL-Metionina	0,33
L-Treonina	0,10
Carbonato de calcio	0,65
Fosfato dicálcico	1,99
Sal	0,46
Cloruro de colina 60%	0,10
Premezcla de Vitaminas y Minerales	0,10
Secuestrante de Micotoxinas	0,05
Antioxidante	0,01
Antibiótico BMD	0,05
<b>Total</b>	<b>100,0</b>
<b>Valor nutricional calculado, %</b>	
Energía Metabolizable Kcal/Kg	2 975,0
Proteína cruda	21,65
Extracto etéreo	6,46
Fibra cruda	2,54
Ceniza	2,70
Extracto libre de nitrógeno	66,65
T1: 97 por ciento de Dieta basal (DB) +3 por ciento material inerte; T2: 97 por ciento de DB +3 por ciento de manteca vegetal parcialmente hidrogenado; T3: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de quinua; T4: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de pescado. BMD: Bacitracina Metileno Disalicilato.	

### 3.3.4. Ensayo biológico

Los animales fueron distribuidos aleatoriamente en cuatro tratamientos considerando diecinueve repeticiones, siendo alimentados de forma *ad libitum* desde el día 0 hasta el día siete de edad, con una de las cuatro dietas descritas a continuación:

T1: 97 por ciento Dieta basal (DB) + 3 por ciento material inerte (control)

T2: 97 por ciento DB +3 por ciento manteca vegetal parcialmente hidrogenado

T3: 97 por ciento DB +3 por ciento aceite de quinua

T4: 97 por ciento DB +3 por ciento aceite de pescado.

Durante el experimento se recolectó los datos para la determinación de parámetros productivos, al finalizar todos los animales fueron sometidos a aturdimiento para obtener muestras de sangre para la medición de parámetros sanguíneos; luego, los animales fueron sacrificados mediante dislocación cervical y habiéndose constatado la muerte del animal, se procedió a la extracción de órganos y tejido adiposo. Es necesario mencionar que, los animales no sufrieron ya que se siguió todos los lineamientos establecidos por la Comisión Nacional para el cuidado y uso de animales de laboratorio (CONICYT 2009).

#### 3.3.4.1. Indicadores productivos en pollos de engorde

- a. **Peso vivo:** Los pesos de las aves fueron tomados el primer día, posteriormente el control de los pesos se llevó a la semana, anotándose en un cuaderno control. Para obtener la ganancia de peso se realizó la diferencia del peso al final del experimento y el peso inicial.

$$\text{Ganancia de peso} = \text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}$$

- b. **Consumo de alimento:** El control de consumo de alimento se llevó a cabo sumando los repartos en la semana menos el residuo al final de esta, obteniendo el promedio del lote.

$$\text{Consumo de alimento} = \text{Alimento proporcionado (g)} - \text{Residuo (g)}$$

- c. **Conversión alimenticia:** La conversión alimenticia se obtuvo de la relación del consumo de alimento a los 7 días entre la ganancia de peso.

$$\text{Conversion Alimenticia} = \frac{\text{Consumo de alimento total}}{\text{Ganancia de peso}}$$

#### 3.3.4.2. Determinación de glucosa, colesterol y triglicéridos

Durante el aturdimiento, cada uno de los animales fueron punzados en el cuello para así obtener gotas de sangre para los análisis de glucosa y perfil lipídico. La sangre fue recogida mediante capilares, y se colocó en las tiras reactivas y estas a su vez fueron colocadas en el dispositivo para la lectura y registro correspondiente. Las muestras



experimentales fueron analizadas mediante On Call® Advanced para glucosa y Mission® Cholesterol Meter para determinar los niveles de triglicéridos (TG) (Vieira *et al.* 2016).

#### **3.3.4.3. Peso de hígado**

El órgano extraído fue lavado con suero fisiológico y secado con papel toalla para su pesado en una balanza analítica y posterior registro.

#### **3.3.4.4. Caracterización macroscópica y microscópica del hígado**

##### **a. Caracterización macroscópica**

Esta caracterización se realizó mediante tomas fotográficas al momento del sacrificio donde se valoró el color, rugosidad de la superficie y tamaño (Martín *et al.* 2009); lo que nos permite diferenciar cuatro grados de afectación a nivel macroscópico:

- Grado 0 (normal): Hígado pequeño con superficie lisa, brillante y color rojo vino intenso.
- Grado I (leve): Hígado más pálido, superficie más granular y menos brillante.
- Grado II (moderado): Hígado de color marrón oscuro mate, de tamaño aumentado, superficie rugosa.
- Grado III (grave): Hígado de color ocre mate, sin brillo, con estrías amarillentas.

##### **b. Caracterización microscópica**

Para analizar su estructura, se extrajo segmentos del lóbulo mayor del hígado para la preparación de láminas histológicas según la metodología propuesta por Caruso & Demonte (2005), con algunas modificaciones. A partir de las láminas histológicas se analizaron los cortes correspondientes a cada animal de experimentación de cada tratamiento en el microscopio óptico.

### 3.3.4.5. Evaluación de la histomorfometría intestinal

Para el análisis de la histomorfometría intestinal se extrajeron segmentos del yeyuno de 1 cm aproximadamente para la preparación de láminas histológicas con modificaciones a la metodología propuesta por Caruso & Demonte (2005). Para ello, se sumergió estas porciones del intestino en formol (10 por ciento), que actúa como solución líquida fijadora para mantener la misma estructura que en el organismo vivo, luego la muestra fue deshidratada mediante soluciones de alcohol de menor a mayor concentración. Se procedió a la preparación de resina como sustancia polimerizadora y parafina como sustancia consistente para tratar los tejidos, luego cada muestra fue embebida en los medios de inclusión, resinas y ceras, hasta su endurecimiento mediante congelación; posteriormente se procedió a realizar cortes con un micrótopo en secciones de 4 a 5  $\mu\text{m}$  de grosor, las cuales fueron teñidas con colorantes hematoxilina-eosina. Seguidamente, se procedió al montaje de la preparación para una mejor apreciación del tejido seccionado ante el microscopio siendo cada muestra fijada en láminas portaobjetos para su evaluación. A partir de las láminas histológicas se analizaron los cortes correspondientes a cada animal de experimentación para realizar las mediciones de:

- Longitud de vellosidad: Se realiza desde la región basal, trazando una recta entre la base y la cima del vello.
- Ancho de vellosidad: Se realiza desde la parte media del vello de un extremo hacia otro.
- Área de vellosidad: Se realizó desde la base hasta la punta del otro extremo, es expresada en  $\mu\text{m}^2$ .
- Profundidad de cripta: Se realizó desde la base hasta la región de cripta-vello

Para cada indicador se realizó la medición de un total de 15 vellosidades que se presentaban sin rupturas para cada animal de cada tratamiento, la unidad de medición es en micrómetros,  $\mu\text{m}$ , y fueron determinadas mediante el microscopio óptico (Leica, modelo DM750) y el analizador de imágenes (Leica, modelo ICC50W).

### 3.3.4.6. Evaluación histológica del tejido adiposo

Se analizó la histología de los depósitos subcutáneo y visceral del tejido adiposo. Donde la grasa subcutánea abdominal está ubicada debajo de la piel y se extiende hasta las caderas; mientras que la grasa visceral se obtuvo considerando la suma de grasa gonadal, mesentérica y retroperitoneal, siendo estos removidos de los órganos en la cual se encuentran adheridos. En tanto, ambas muestras fueron embebidas en formaldehído al 10 por ciento durante al menos 24 horas para realizar el análisis histológico. Ambos tejidos fueron fijados y teñidos con hematoxilina/eosina según Batista de Olivera *et al.* (2000). Obtenidas las láminas de dichos tejidos adiposos estos fueron analizados a través del software Leica Application Suite mediante el microscopio Leica modelo DM750 con cámara incorporada modelo ICC50W, para determinar la celularidad del tejido adiposo subcutáneo y visceral, expresados en forma, tamaño y número de adipocitos de dichos depósitos mediante el objetivo de 40x para el depósito visceral y 20x para subcutáneo; además las imágenes adquiridas fueron almacenados en formato TIFF a color de 24 bits sin comprimir. Los tamaños que se consideraron fueron agrupados según su diámetro del adipocito (Tabla 5):

**Tabla 5: Clasificación de los adipocitos según tamaño**

<b>Tamaño</b>	<b>Clasificación</b>
Menor a 25 $\mu\text{m}$	Muy pequeños adipocitos o escombros
25-50 $\mu\text{m}$	Adipocitos pequeños
50-90 $\mu\text{m}$	Adipocitos normales
90-130 $\mu\text{m}$	Adipocitos grandes
> 130 $\mu\text{m}$	Adipocitos muy grandes

Fuente: Boque (2012).

### 3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos experimentales fueron sometidos a pruebas de normalización, donde aquellos datos que resultaron paramétricos, tales como: peso de hígado, colesterol, triglicéridos, así como el ancho y largo del intestino, fueron analizados mediante Diseño Completamente Aleatorizado; mientras que, los no paramétricos como glucosa, área del intestino, profundidad de cripta, tejido adiposo subcutáneo y visceral fueron analizados

mediante Kruskal-Wallis, en ambos se consideró el nivel de probabilidad de  $p < 0,05$  como estadísticamente significativo, utilizando para ello el programa estadístico R Studio 4.1.1 (2021).

$$Y_{ij} = \mu + T_j + E_{ij}$$

con  $i=1, \dots, r_j, j=1, 2, \dots, t$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta (Efecto de las fuentes dietarias sobre el perfil lipídico y celularidad del tejido adiposo animal).

$\mu$  = Media general

$T_j$  = Efecto de los Tratamientos (1,2,3,4)

$R_j$ =Numero de repeticiones de los tratamientos (1,2,3,4,5)

$E_{ij}$  = Error experimental

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LAS FUENTES A EVALUAR**

#### **4.1.1. De la Manteca vegetal parcialmente hidrogenada**

Los datos obtenidos del perfil de AG de la manteca vegetal parcialmente hidrogenada demuestran el predominio de ácidos grasos saturados con un 49.91 por ciento, teniendo al ácido palmítico como predominante con un 42.74 por ciento (Tabla 6). Este AGS promueve el aumento de peso corporal y la acumulación de lípidos hepáticos, produciendo obesidad y consecuentemente posibles trastornos metabólicos (Saraswathi *et al.* 2020), resultando en dislipidemia, hiperglucemia, aumento de grasa ectópica y finalmente en citoquinas proinflamatorias (Carta *et al.* 2017).

#### **4.1.2. Del Aceite de quinua**

El perfil del aceite de quinua evidencia el predominio de ácidos grasos poliinsaturados con un 58.72 por ciento en total (Tabla 6). La presencia de estos influenciaría directamente sobre el colesterol generando un efecto hipocolesterolémico (Altuna *et al.* 2018), principalmente por su efecto sobre el LDL-c, además de mejorar la sensibilidad a la insulina y la presión arterial (Farvid *et al.* 2014).

#### **4.1.3. Del Aceite de pescado**

Respecto al aceite de pescado, el contenido de ácidos grasos poliinsaturados fue de 39.76 por ciento donde predominan los ácidos oleicos y linoleicos (Tabla 6) respectivamente; siendo este último relacionado con la reducción de triglicéridos (Conchillo *et al.* 2006), así como su influencia para reducir la masa grasa total y el diámetro de adipocitos subcutáneos (Kabir *et al.* 2007), esto se debería a la activación de la  $\beta$ -oxidación y

disminución consecuente de la lipogénesis de novo Valenzuela *et al.* (2014). Los ácidos grasos poliinsaturados particularmente el EPA y el DHA, contribuyen a oscurecer los adipocitos blancos, tornándolos pardo o beige, activando las proteínas desacoplantes (UCPs) (Lund *et al.* 2018). Además, disminuyen los niveles de colesterol y LDL-c en sangre, siendo especialmente recomendados los PUFA  $\omega$ -3 de alto peso molecular, ya que, aumenta los niveles plasmáticos de adiponectina un antiinflamatorio que reduce los triglicéridos mejorando el metabolismo de glucosa, estimulando la oxidación de los ácidos grasos (Puglisi *et al.* 2010).

Además, se obtuvo la relación de los PUFA respecto a los AGS de cada una de las fuentes, siendo los valores de 0.22 ,3.42, 2.0, para manteca vegetal el aceite de quinua y aceite de pescado; respectivamente. Según Chen y Liu (2020), esta relación es esencial ya que evalúa el impacto de la dieta en la salud, directamente sobre la reducción del colesterol; por tanto, cuanto mayor sea esta relación más positiva será el efecto.

**Tabla 6: Perfil de ácidos grasos de la manteca vegetal, aceite de quinua y aceite de pescado**

<b>Composición (%)</b>		<b>Manteca vegetal p.h</b>	<b>Aceite de quinua</b>	<b>Aceite de pescado</b>
C8.0	Ácido octanoico	-	-	0.19 ± 0.01
C10.0	Ácido decanoico	-	-	0.22 ± 0.01
C12.0	Ácido láurico	0.66 ± 0.05	-	0.34 ± 0.02
C14.0	Ácido mirístico	0.91 ± 0.02	0.33 ± 0.02	3.24 ± 0.22
C15.0	Ácido pentadecanoico	0.06 ± 0.00	0.11 ± 0.00	0.24 ± 0.01
C16.0	Ácido palmítico	42.73 ± 0.20	14.77 ± 0.10	11.23 ± 0.86
C16.1	Ácido palmitoleico	0.11 ± 0.20	0.15 ± 0.00	2.71 ± 0.15
C17.0	Ácido heptadecanoico	0.10 ± 0.00	0.11 ± 0.00	0.19 ± 0.01
C17.1	Ácido cis -10 heptadecanoico	-	0.07 ± 0.00	0.13 ± 0.02
C18.0	Ácido esteárico	5.54 ± 0.06	0.99 ± 0.04	3.38 ± 0.31
C18.1	Ácido elaídico	-	0.13 ± 0.00	-
C18.1	Ácido oleico	38.37 ± 0.10	21.55 ± 0.17	33.64 ± 0.04
C18.2	Ácido linolelaídico	0.10 ± 0.00	0.24 ± 0.00	3.25 ± 0.06
C18.2	Ácido linoleico	10.38 ± 0.22	51.52 ± 0.30	14.21 ± 0.42
C18.3	Ácido gamma-linolénico	0.04 ± 0.00	0.08 ± 0.00	0.17 ± 0.00
C18.3	Ácido linolénico	0.28 ± 0.02	6.47 ± 0.05	7.85 ± 0.34
C20.0	Ácido araquídico	0.39 ± 0.01	0.31 ± 0.00	0.27 ± 0.00
C20.1	Ácido cis-11-eicosanoico	0.17 ± 0.00	1.02 ± 0.02	3.26 ± 0.07
C20.2	Ácido cis-11,14- eicosadienoico	-	0.11 ± 0.00	1.13 ± 0.01
C20.3	Ácido cis-11,14,17- eicosatrienoico	-	-	0.66 ± 0.02
C20.3	Ácido cis-8,11,14- eicosatrienoico	-	-	0.20 ± 0.00
C20.4	Ácido cis-5,8,11,14- eicosatetraenoico	-	0.11 ± 0.00	1.06 ± 0.03
C20.5	Ácido cis-5,8,11,14,17- eicosapentaenoico-EPA	-	-	4.09 ± 0.10
C22.0	Ácido behénico	0.07 ± 0.00	0.53 ± 0.00	0.12 ± 0.00
C22.1	Ácido erucico	-	0.93 ± 0.01	0.38 ± 0.02
C22.2	Ácido cis-13,16- docosadienoico	-	0.16 ± 0.00	-
C22.6	Ácido cis-4,7,10,13,16,19- docosahexaenoico DHA	-	-	7.10 ± 0.2
C23.0	Ácido tricosaenoico	-	-	0.41 ± 0.01
C24.1	Ácido nervónico	-	0.21 ± 0.00	0.20 ± 0.01
	AGS	49.91	17.19	19.89
	PUFA	10.82	58.73	39.76
	PUFA/AGS	0.22	3.42	2.00

## **4.2. ENSAYO BIOLÓGICO**

### **4.2.1. Indicadores productivos en pollos de engorde**

#### **a. Peso vivo**

En la Tabla 7 se muestra la ganancia de peso sin diferencias significativas entre los tratamientos; sin embargo, se observa superioridad para los grupos alimentados con manteca vegetal parcialmente hidrogenada (T2), aceite de quinua (T3) y aceite de pescado (T4) en comparación al control. Siendo el tratamiento 2, que posee mayor valor, esto se debería a los ácidos grasos saturados adicionados a la dieta que producen y acumulan grasa interna principalmente a nivel abdominal (Silva *et al.* 2017, Hosseinpour *et al.* 2015). Mientras que, los ácidos grasos insaturados presentes en el aceite de quinua (T3) y aceite de pescado (T4), proveen beneficios funcionales sobre el endotelio, el cual está directamente relacionado con la absorción de nutrientes favoreciendo así la ganancia de peso (Lunn & Theobald 2006). En general, el aumento del consumo de ácidos grasos insaturados favorece el paso lento de los alimentos a través del tracto gastrointestinal, lo que permite una mayor absorción de nutrientes y una ganancia de peso igual al resto de tratamientos (Rahimi 2011).

#### **b. Consumo de alimento**

El consumo de alimentos durante los 7 días de experimentación no evidenció diferencias estadísticas entre los tratamientos (Tabla 7); por tanto, no afectó la ingesta ni el crecimiento de los animales; similares hallazgos fueron reportados por Morales *et al.* (2013), quienes suplementaron aceite de atún al 1.25 por ciento, incluso se ha reportado que la suplementación de aceite de pescado al 8 por ciento sería bien tolerada (González & Leeson 2000, Lopez *et al.* 1999). Sin embargo, los investigadores sugieren que el consumo de aceite de pescado sólo es aceptable en periodos cortos, ya que de lo contrario podría ocasionar un menor consumo de alimento al afectar la palatabilidad de pollos de engorde (Leeson & Summers 2001).



### **c. Conversión alimenticia**

La conversión alimenticia determinada no arrojó diferencias estadísticas entre tratamientos, evidenciando así un desarrollo productivo normal de los animales de experimentación (Tabla 7).

#### **4.2.2. Niveles de glucosa, colesterol y triglicéridos**

La determinación de glucosa tuvo diferencias significativas entre tratamientos suplementados con ácidos grasos, pero no sobre el control, siendo el grupo suplementado con manteca vegetal parcialmente hidrogenada (T2) que reportaron mayor valor; similar respuesta fue obtenida por Torchon *et al.* (2017). Esto se debería principalmente a la acción de AGS, que impiden la captación de glucosa inducida por la insulina inhibiendo la fosforilación, generando así resistencia a la insulina según sostienen Ali *et al.* (2020), Velasco *et al.* (2010) & Santa *et al.* (2009). Además, se sugiere que el consumo prolongado de AGS puede frenar la síntesis de glucógeno y la oxidación de la glucosa, ambas estimuladas por la insulina afectando la salud (Velasco *et al.* 2010).

Los niveles de colesterol en sangre de animales suplementados con aceite de quinua (T3) y aceite de pescado (T4) tuvieron los valores más bajos seguidos del grupo control (T1) y manteca vegetal parcialmente hidrogenada (T2), respectivamente; véase mayor detalle en la Tabla 8. Esta disminución de colesterol en sangre se debería al contenido PUFA y MUFA presente en los ácidos grasos poliinsaturados por su capacidad de un incremento de los niveles de HDL y una disminución del LDL (Velasco *et al.* 2010, Özdoğan & Akşit 2003).

**Tabla 7: Ganancia de peso, Consumo de alimento y Conversión alimenticia de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas que contenían diferentes fuentes de ácidos grasos.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Peso vivo (0 días)</b>	<b>Peso vivo (7 días)</b>	<b>Ganancia de peso</b>	<b>Alimento consumido/animal</b>	<b>Conversión alimenticia</b>
T1	39.48 <sup>a</sup> ±1.25	162.95 <sup>a</sup> ±2.02	123.47 <sup>a</sup> ±1.58	174.21 <sup>a</sup> ± 0.21	1.07 <sup>a</sup> ± 0.11
T2	39.59 <sup>a</sup> ±1.24	173.26 <sup>a</sup> ±1.97	133.67 <sup>a</sup> ±1.62	174.53 <sup>a</sup> ± 0.15	1.00 <sup>a</sup> ± 0.09
T3	39.68 <sup>a</sup> ±1.68	170.77 <sup>a</sup> ±2.12	131.09 <sup>a</sup> ±1.51	174.10 <sup>a</sup> ± 0.18	1.02 <sup>a</sup> ± 0.07
T4	39.85 <sup>a</sup> ±1.43	171.26 <sup>a</sup> ±1.58	131.41 <sup>a</sup> ±1.48	174.10 <sup>a</sup> ± 0.13	1.02 <sup>a</sup> ± 0.10

T1: 97 por ciento de Dieta Basal (DB) + 3 por ciento de material inerte, T2: 97 por ciento de DB +3 por ciento de manteca vegetal parcialmente hidrogenada, T3: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de quinua, T4: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de pescado, P > 0.05.<sup>a</sup>: Letras iguales dentro de una misma columna evidencia que no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

Los valores indicados corresponden a la media ± desviación estándar.

Referente a los niveles de triglicéridos, se tuvo mayores valores para animales suplementados con manteca vegetal parcialmente hidrogenada (T2), seguidos de aceite de quinua (T3) y aceite de pescado (T4) y control (T1). Denotándose valores superiores de aceite de quinua (T3) y aceite de pescado (T4) respecto al control (T1), esto se debería a la composición de AG de los aceites que promueven una mayor liberación de AGL en el torrente sanguíneo incrementándose así los valores de este en sangre (Attia *et al.* 2020).

**Tabla 8: Niveles de glucosa, colesterol y triglicéridos en pollitos Cobb 500 alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Glucosa (mg/dL)</b>	<b>Colesterol (mg/dL)</b>	<b>Triglicéridos (mg/dL)</b>
T1	127.33 <sup>b</sup> ± 15.84	177.00 <sup>ab</sup> ± 5.91	46.20 <sup>b</sup> ± 1.64
T2	142.67 <sup>a</sup> ± 14.73	190.60 <sup>a</sup> ± 18.88	67.6 <sup>a</sup> ± 1.52
T3	134.33 <sup>b</sup> ± 8.12	150.40 <sup>b</sup> ± 21.24	51.40 <sup>c</sup> ± 1.34
T4	133.67 <sup>b</sup> ± 11.78	158.60 <sup>b</sup> ± 18.16	50.40 <sup>c</sup> ± 2.51
Valor de P	0.00014	0.0079	< 0.0001

T1: 97 por ciento de Dieta Basal (DB) + 3 por ciento de material inerte, T2: 97 por ciento de DB +3 por ciento de manteca vegetal parcialmente hidrogenada, T3: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de quinua, T4: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de pescado. P < 0.05 <sup>a-c</sup>: Letras diferentes dentro de una misma columna evidencia que hubo diferencias significativas entre tratamientos.

Los valores indicados corresponden a la media ± desviación estándar.

#### **4.2.3. Peso de hígado**

En la Tabla 9, se muestra el peso promedio del hígado de pollitos, donde se evidencia diferencias significativas (P<0.05) entre los tratamientos, con un mayor promedio para manteca vegetal (T2) que fueron suplementados con manteca vegetal parcialmente hidrogenada; este incremento revelador se debería a una mayor acumulación de grasa en el hígado por una mayor expansión de los adipocitos (Hassan *et al.* 2018). Incluso, algunos investigadores refieren la influencia del consumo elevado de ácidos grasos saturados sobre

el desarrollo de inflamación en el hígado, la cual se agrava si se torna continuo el consumo de estos promoviendo con el tiempo un hígado graso (Kotronen & Yki 2007).

**Tabla 9: Peso promedio del hígado de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos.**

Tratamientos	Peso del Hígado(g)
T1	5.19 <sup>bc</sup> ± 0.30
T2	5.66 <sup>a</sup> ± 0.53
T3	4.85 <sup>c</sup> ± 0.39
T4	4.93 <sup>c</sup> ± 0.44

T1: 97 por ciento de Dieta Basal (DB) + 3 por ciento de material inerte, T2: 97 por ciento de DB +3 por ciento de manteca vegetal parcialmente hidrogenada, T3: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de quinua, T4: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de pescado. P < 0.05. <sup>a-c</sup>: Letras diferentes dentro de una misma columna evidencia diferencias significativas entre tratamientos.

Los valores indicados corresponden a la media ± desviación estándar.

#### 4.2.4. Caracterización macroscópica y microscópica del hígado

Los resultados del análisis macroscópico y microscópico se detallan a continuación:

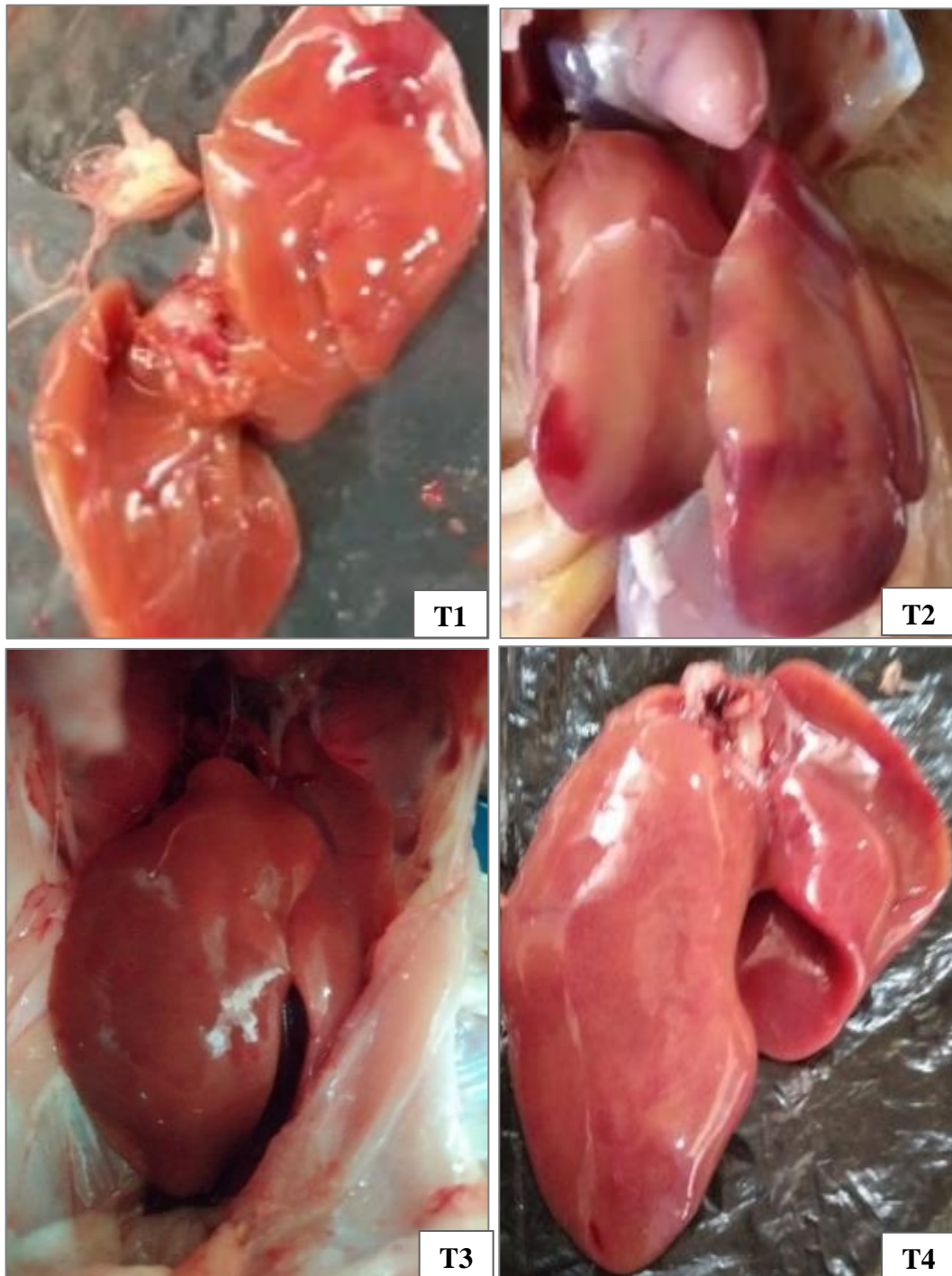
##### a. Análisis macroscópico del hígado

En la Figura 7, se evidencia que el hígado de los animales que recibieron el tratamiento 2 (manteca vegetal) muestra una coloración pálida, no brillante en casi la totalidad del órgano; lo que sugiere el inicio de un posible hígado graso, esto se debería al aumento de tejido adiposo o a la dilución de enzimas en grandes cantidades de grasa dentro de la célula, por invasión de células malignas o por severa infiltración inflamatoria o por que contienen pocas enzimas oxidativas (Roger 2002). Mientras que, los animales suplementados con aceite de quinua o aceite de pescado presentaron características normales del hígado, siendo incluso similares al control (Tabla 10), que fueron color rojo vino, brillo característico, ausencia de manchas.

**Tabla 10: Caracterización macroscópica del hígado y grado de afectación de pollitos alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Caracterización Macroscópica</b>	<b>Grado de Afectación</b>
T1	0 <sup>b</sup>	Normal
T2	1 <sup>a</sup>	Leve
T3	0 <sup>b</sup>	Normal
T4	0 <sup>b</sup>	Normal

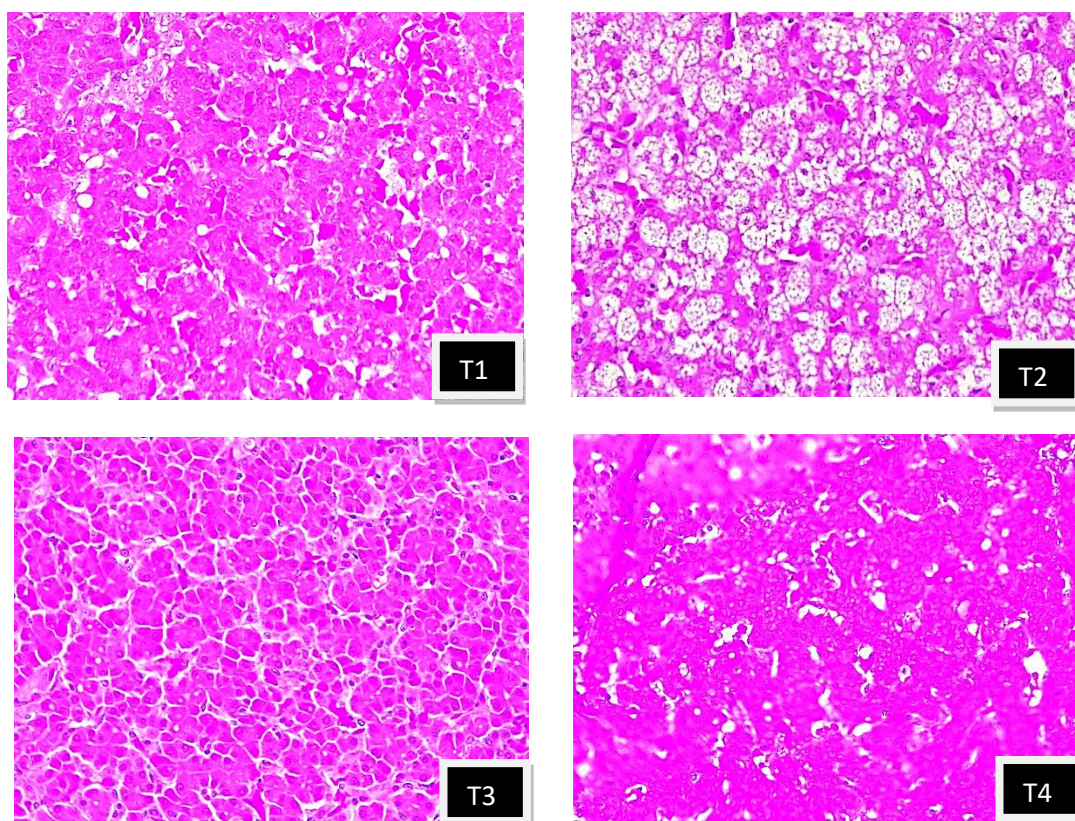
T1: 97 por ciento de Dieta Basal (DB) + 3 por ciento de material inerte, T2: 97 por ciento de DB +3 por ciento de manteca vegetal parcialmente hidrogenada, T3: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de quinua, T4: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de pescado.  $P < 0.05$ .<sup>a-c</sup>: Letras diferentes dentro de una misma columna evidencia diferencias significativas entre tratamientos. Los valores indicados corresponden a la media  $\pm$  desviación estándar.



**Figura 7: Análisis macroscópico del hígado de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos. T1: 97 por ciento de Dieta Basal (DB) + 3 por ciento de material inerte, T2: 97 por ciento de DB +3 por ciento de manteca vegetal parcialmente hidrogenada, T3: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de quinua, T4: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de pescado.**

## b. Análisis microscópico del hígado

Al analizar las muestras de hígado al microscopio (Figura 8), se pueden visualizar que T2 (manteca vegetal parcialmente hidrogenada) tuvo una alta acumulación de gotas de grasa por efecto del consumo de la manteca vegetal, siendo los ácidos grasos saturados los causantes de este cambio mencionado. Mientras que, en el grupo de animales que consumieron aceite de quinua, aceite de pescado o la dieta control, la acumulación de gotas de grasa es menor, debido al efecto de los ácidos grasos poliinsaturados sobre la  $\beta$ -oxidación, así también influyen sobre el aumento de adipocinas antiinflamatorias como la Interleucina-10 (IL-10) que es un factor que inhibe la síntesis de citocinas inflamatorias que están ampliamente relacionados con el síndrome metabólico (Sudheera 2020).



**Figura 8: Análisis microscópico del hígado de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos.** T1: 97 por ciento de Dieta Basal (DB) + 3 por ciento de material inerte, T2: 97 por ciento de DB +3 por ciento de manteca vegetal parcialmente hidrogenada, T3: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de quinua, T4: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de pescado.

#### **4.2.5. Análisis de la histomorfometría intestinal**

La Tabla 11 muestra diferencias significativas entre tratamientos respecto a la altura intestinal y la profundidad de cripta que son, indicadores de la capacidad digestiva del intestino delgado, en el experimento los tratamientos suplementados con aceite de quinua o aceite de pescado tuvieron valores superiores para estos indicadores en comparación a aquellos que consumieron manteca vegetal y dieta basal; lo que reafirmaría que los tratamientos que consumieron ácidos grasos poliinsaturados mejora la digestión y absorción de nutrientes (Van 2004, Xu 2003) .

Otros autores sostienen incluso que, a mayor altura de vellosidad mejor sería el funcionamiento del intestino, además de favorecer una renovación correcta de células epiteliales (Laudadio *et al.* 2012 Awad *et al.* 2009).

Respecto al ancho y área de las vellosidades se obtuvo mayores medidas para T3 (aceite de quinua), en comparación a los demás tratamientos; similar respuesta fue reportada por Attia *et al.* (2020) a partir de ácidos grasos insaturados y saturados.



**Tabla 11: Histomorfometría intestinal de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos.**

Variables	Tratamiento				P value
	T1	T2	T3	T4	
<b>Altura</b>	399.46 <sup>c</sup> ± 91.8	487.49 <sup>b</sup> ± 105.02	663.71 <sup>a</sup> ± 84.38	630.87 <sup>a</sup> ± 71.92	< 0.0001
<b>Ancho</b>	83.58 <sup>ca</sup> ± 14.01	77.91 <sup>cb</sup> ± 18.01	86.77 <sup>a</sup> ± 16.64	74.21 <sup>b</sup> ± 18.92	0.0001
<b>Profundidad de Cripta</b>	165.83 <sup>a</sup> ± 177.90	131.45 <sup>a</sup> ± 40.56	109.94 <sup>b</sup> ± 28.99	106.59 <sup>b</sup> ± 25.00	< 0.0001
<b>Área</b>	28227.48 <sup>d</sup> ± 9629.08	33895.77 <sup>c</sup> ± 11706.89	52620.88 <sup>a</sup> ± 14134.25	43046.48 <sup>b</sup> ± 12593.92	0
<b>Altura. /Profundidad de Cripta</b>	2.41	3.71	6.04	5.92	

T1: 97 por ciento de Dieta Basal (DB) + 3 por ciento de material inerte, T2: 97 por ciento de DB +3 por ciento de manteca vegetal parcialmente hidrogenada, T3: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de quinua, T4: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de pescado, P < 0.05. <sup>a-d</sup>: Letras diferentes dentro de una misma fila evidencia diferencias significativas entre tratamientos.

Los valores indicados corresponden a la media ± desviación estándar.

#### **4.2.6. Evaluación histológica del tejido adiposo**

##### **a. Tejido Adiposo subcutáneo**

Al analizar cada tratamiento con las diferentes dietas (control (T1), manteca vegetal parcialmente hidrogenada (T2), aceite de quinua (T3), aceite de pescado (T4)) y clasificar los adipocitos en el programa Leica según su tamaño en muy pequeños, pequeños, normales, grandes y muy grandes) dentro del tejido adiposo subcutáneo podemos observar en la Tabla 12 la cuantificación de estos adipocitos donde tanto el aceite de quinua como el aceite de pescado promovieron un cambio en el tamaño de los adipocitos significativamente, favoreciendo así la abundancia de adipocitos pequeños y normales en comparación con la dieta de manteca vegetal. Además, los animales suplementados con ácidos grasos saturados desarrollaron la formación de adipocitos grandes y muy grandes por lo que, el consumo de la dieta T2 (manteca vegetal parcialmente hidrogenada) favoreció a una mayor deposición de grasa subcutánea como lo sostiene Crespo y García (2002<sup>a</sup>, 2002<sup>b</sup> & 2001) en comparación a los demás tratamientos; lo que sugiere la acumulación de mayor cantidad de lípidos y mayor hipertrofia en consecuencia.

La Figura 9 muestra un análisis preliminar de que tamaño de adipocitos mayormente podemos encontrar en cada tratamiento mientras que la Figura 10 expresa el análisis final coloreando cada adipocito según el tamaño al que corresponda.

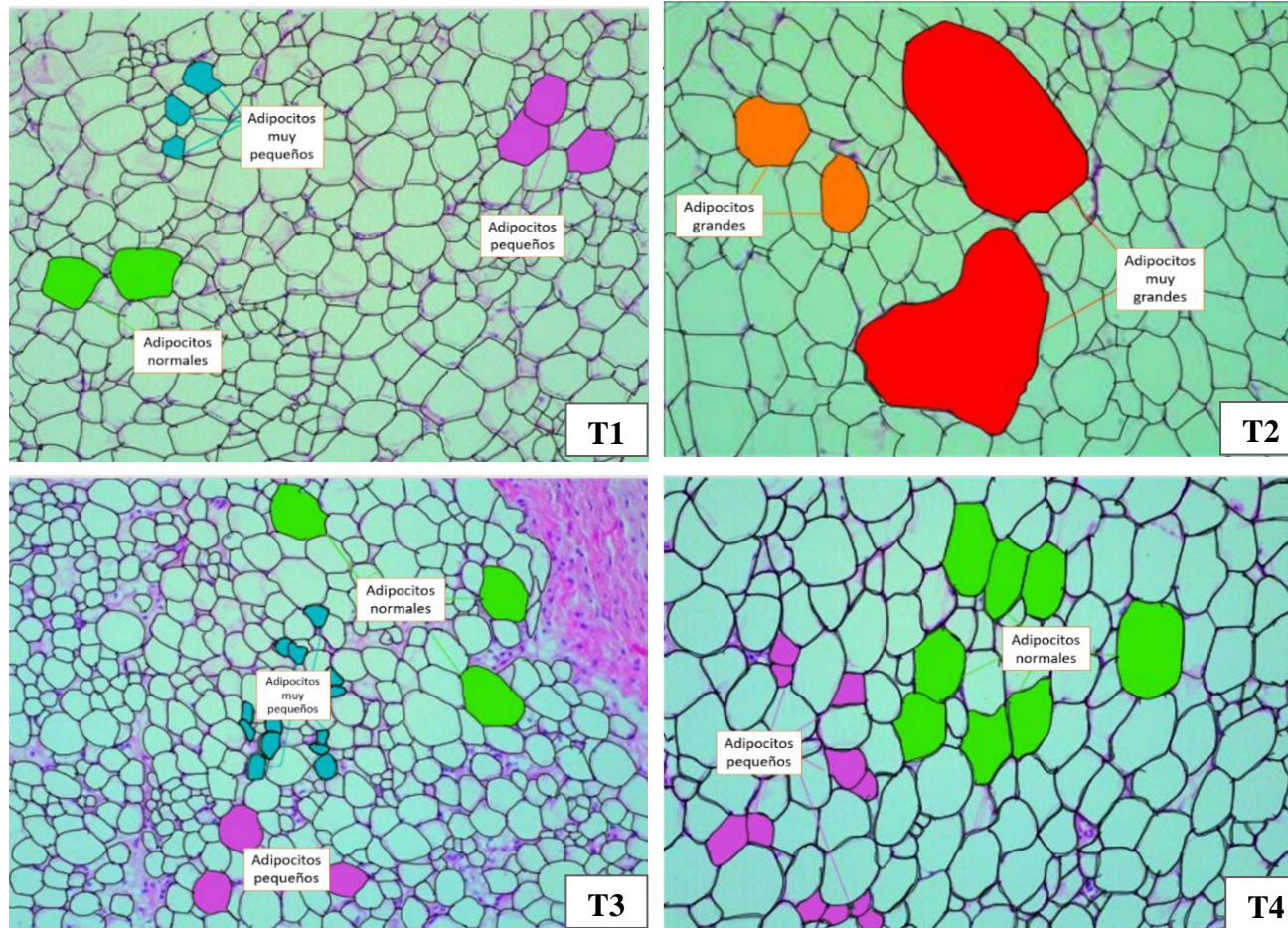
Esta diferencia respecto al tamaño de adipocitos muy pequeños, pequeños y normales alimentados con ácidos grasos poliinsaturados se debería según Fernández (2019), principalmente a la influencia directa de la omega 3 sobre el tejido adiposo, aumentando el gasto de energía a través del aumento mitocondrial UCP1, el consumo de oxígeno y la infiltración de macrófagos polarizados y eosinófilos, promoviendo así el pardeamiento del adipocito blanco.

**Tabla 12: Clasificación según tamaño de adipocitos del depósito subcutáneo de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos.**

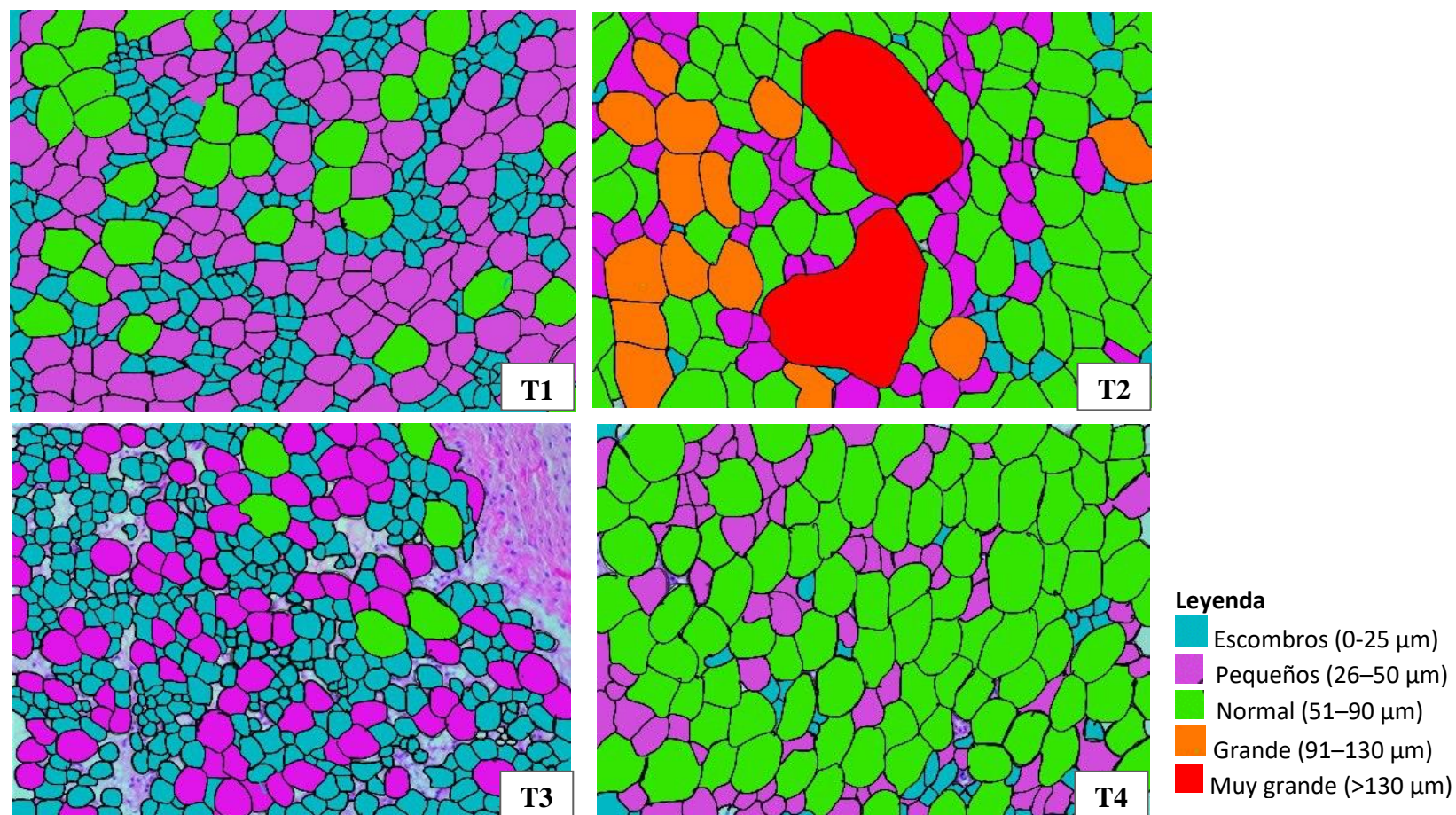
<b>Tamaño de Adipocitos (µm)</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>Valor de P</b>
0-25	439.52 <sup>a</sup> ± 151.39	393.65 <sup>a</sup> ± 181.38	458.61 <sup>a</sup> ± 368.66	428.00 <sup>b</sup> ± 420.17	0.0012
25-50	72.21 <sup>a</sup> ± 21.97	41.39 <sup>b</sup> ± 19.80	73.07 <sup>a</sup> ± 13.65	82.89 <sup>a</sup> ± 9.91	< 0.0001
50-90	13.24 <sup>b</sup> ± 10.14	12.76 <sup>ab</sup> ± 5.19	15.04 <sup>a</sup> ± 6.20	16.72 <sup>a</sup> ± 5.06	0.041
90-130	0.00 <sup>b</sup> ± 0.0	0.57 <sup>a</sup> ± 0.63	0.00 <sup>b</sup> ± 0.00	0.00 <sup>b</sup> ± 0.00	< 0.0001
130 a mas	0.00 <sup>b</sup> ± 0.0	0.10 <sup>a</sup> ± 0.40	0.00 <sup>b</sup> ± 0.0	0.00 <sup>b</sup> ± 0.0	0.027

T1: 97 por ciento de Dieta Basal (DB) + 3 por ciento de material inerte, T2: 97 por ciento de DB +3 por ciento de manteca vegetal parcialmente hidrogenada, T3: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de quinua, T4: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de pescado P < 0.05. <sup>a-c</sup>: Letras diferentes dentro de una misma fila evidencia diferencias significativas entre tratamientos.

Los valores indicados corresponden a la media ± desviación estándar.



**Figura 9: Análisis microscópico del tejido adiposo subcutáneo de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos. T1: 97 por ciento de Dieta Basal (DB) + 3 por ciento de material inerte, T2: 97 por ciento de DB +3 por ciento de manteca vegetal parcialmente hidrogenada, T3: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de quinua, T4: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de pescado.**



**Figura 10:** Análisis microscópico con el software Leica Application Suite del tejido adiposo subcutáneo de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos. T1: 97 por ciento de Dieta Basal (DB) + 3 por ciento de material inerte, T2: 97 por ciento de DB +3 por ciento de manteca vegetal parcialmente hidrogenada, T3: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de quinua, T4: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de pescado.

## **b. Tejido Adiposo visceral**

En la Tabla 13, el tejido adiposo visceral obtuvo similar respuesta al depósito subcutáneo donde los grupos alimentados con ácidos grasos poliinsaturados generaron adipocitos pequeños y normales dentro de la clasificación en comparación a los grupos suplementados con ácidos grasos saturados. Donde la Figura 12 arroja resultados primarios y la Figura 13 complementa esta clasificación. Por lo que, el consumo de la dieta T2 (manteca vegetal parcialmente hidrogenada) favoreció a un mayor depósito de adipocitos grandes y muy grandes estos resultados son muy similares a los obtenidos por Torchon *et al.* (2017); esto se debería a que los PUFAS influyen sobre la  $\beta$ -oxidación de ácidos grasos (Newman *et al.* 2002), al aumentar la actividad de la enzima L-3-hidroxiacil-CoA deshidrogenasa (L3HOAD) (Ferrini *et al.* 2010), y la carnitina palmitoiltransferasa-I (CPT-I) (Sanz *et al.* 2000).

Los PUFAS ayudan a activar los PPAR  $\gamma$  que juegan un papel esencial en el metabolismo intermediario, específicamente en el hígado en la oxidación de ácidos grasos. Su influencia disminuye la salida de partículas VLDL reduciendo así el suministro de triacilglicerol al tejido adiposo. Mitigando los niveles de ARNm de SREBP-1 y en consecuencia los genes lipogénicos en el TA (Madsen 2005).

Además, los ácidos grasos poliinsaturados también tendrían efecto reduciendo la inflamación de WAT, mejorando el metabolismo de los lípidos, así como la adipogénesis promoviendo la expansión saludable del tejido adiposo blanco mediante un fenotipo de adipocitos saludables (Sudheera 2020).

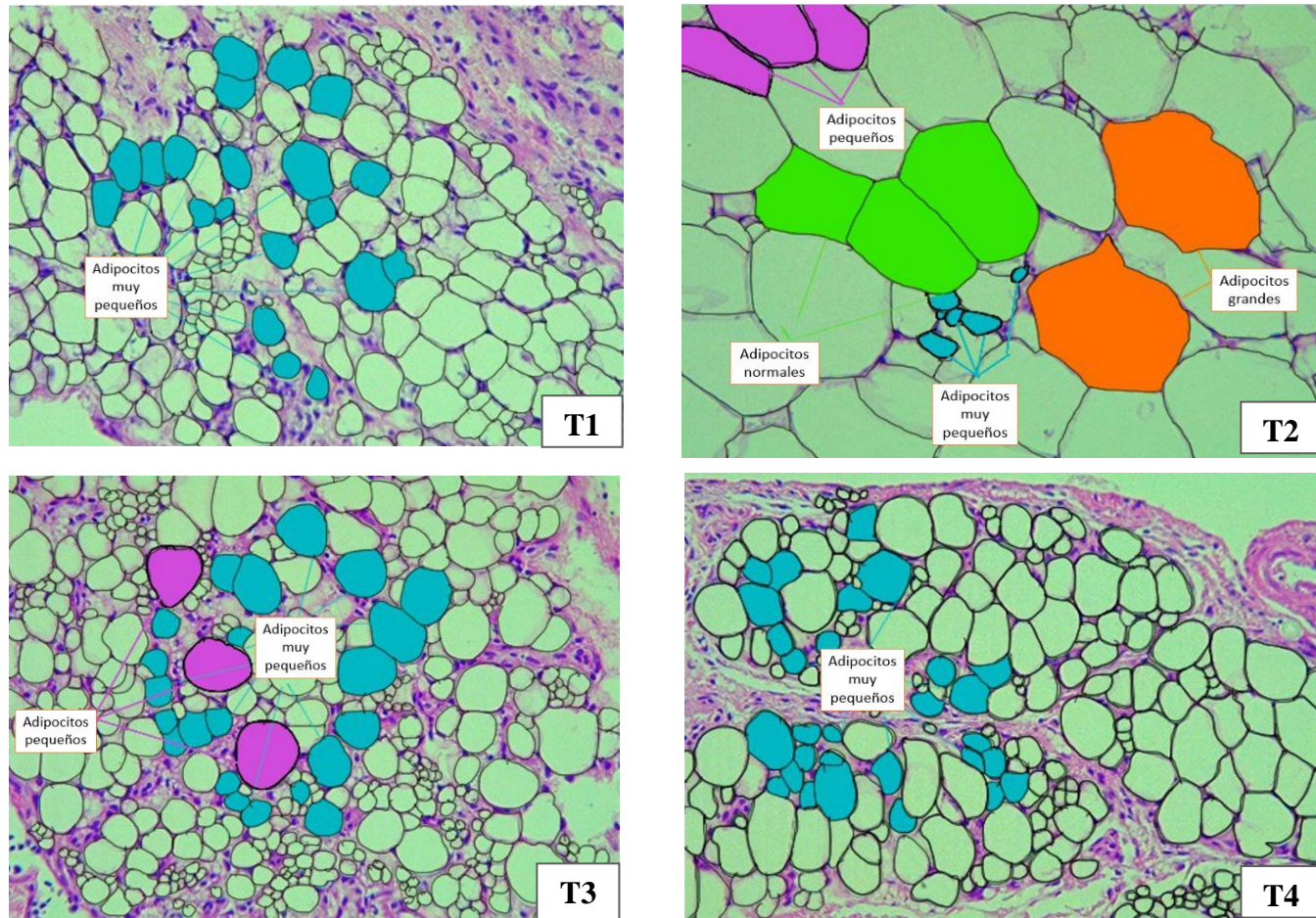
**Tabla 13: Clasificación según tamaño de adipocitos del depósito visceral de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas que contenían diferentes fuentes de ácidos grasos.**

<b>Tamaño de Adipocitos (µm)</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>Valor de P</b>
0-25	420.68 <sup>a</sup> ± 115.75	373.32 <sup>ab</sup> ± 201.30	468.05 <sup>a</sup> ± 233.50	440.23 <sup>b</sup> ± 187.21	0.121
25-50	70.69 <sup>b</sup> ± 22.06	34.58 <sup>c</sup> ± 202.97	74.62 <sup>b</sup> ± 236.12	78.85 <sup>a</sup> ± 190.96	< 0.0001
50-90	10.31 <sup>b</sup> ± 9.17	11.92 <sup>b</sup> ± 4.74	14.69 <sup>ab</sup> ± 7.05	14.65 <sup>a</sup> ± 6.27	0.007
90-130	0.00 <sup>b</sup> ± 0.0	0.57 <sup>a</sup> ± 0.63	0.00 <sup>b</sup> ± 0.0	0.00 <sup>b</sup> ± 0.0	< 0.0001
130 A MAS	0.00 <sup>b</sup> ± 0.0	0.13 <sup>a</sup> ± 0.43	0.00 <sup>b</sup> ± 0.0	0.00 <sup>b</sup> ± 0.0	0.10

T1: 97 por ciento de Dieta Basal (DB) + 3 por ciento de material inerte, T2: 97 por ciento de DB +3 por ciento de manteca vegetal parcialmente hidrogenada, T3: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de quinua, T4: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de pescado. P < 0.05. <sup>a-</sup>

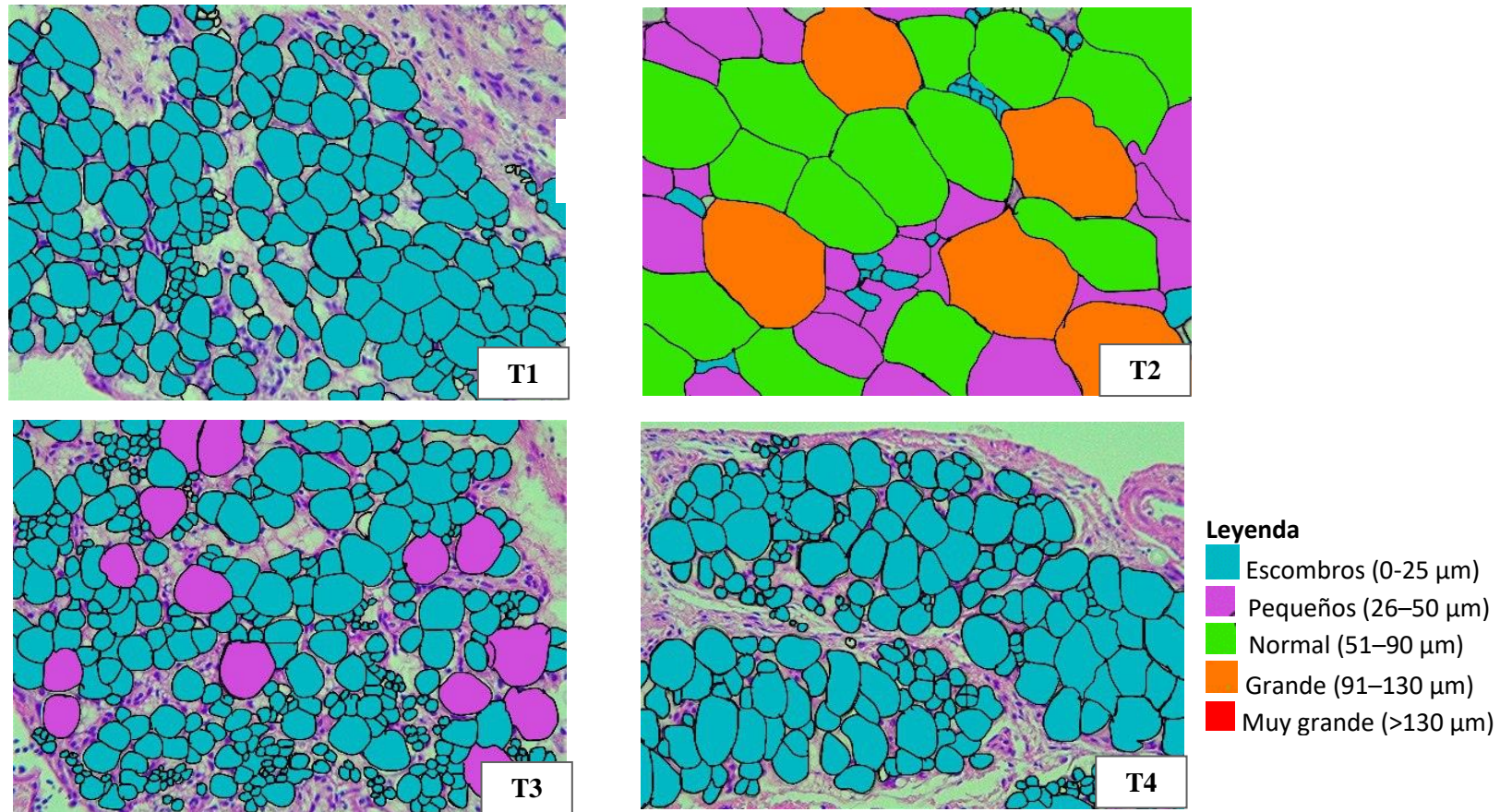
<sup>d</sup>: Letras diferentes dentro de una misma fila evidencia diferencias significativas entre tratamientos.

Los valores indicados corresponden a la media ± desviación estándar.



**Figura 11: Análisis microscópico del tejido adiposo visceral de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos. T1: 97 por ciento de Dieta Basal (DB) + 3 por ciento de material inerte, T2: 97 por ciento de DB +3 por ciento de manteca vegetal parcialmente hidrogenada, T3: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de quinua, T4: 97 por ciento DB +3 por ciento aceite de pescado.**





**Figura 12: Análisis microscópico con el software Leica Application Suite del tejido adiposo visceral de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos. T1: 97 por ciento de Dieta Basal (DB) + 3 por ciento de material inerte, T2: 97 por ciento de DB +3 por ciento de manteca vegetal parcialmente hidrogenada, T3: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de quinua, T4: 97 por ciento de DB +3 por ciento de aceite de pescado.**

## V. CONCLUSIONES

Del experimento realizado se puede concluir que:

- El aceite de quinua y aceite de pescado generaron una disminución significativa de los niveles de colesterol, glucosa y triglicéridos en sangre.
- En el hígado, la suplementación con manteca vegetal parcialmente hidrogenada generó un incremento en el peso del órgano y afectaciones leves en su estructura, en comparación a los demás tratamientos.
- Los ácidos grasos poliinsaturados del aceite de quinua y aceite de pescado promueven una mejor histomorfometría en el intestino delgado dando lugar a vellosidades de mayor tamaño y criptas menos profundas.
- La suplementación de manteca vegetal parcialmente hidrogenada promueve la formación de adipocitos grandes y muy grandes en los depósitos subcutáneo y visceral del tejido adiposo. Mientras que, los ácidos grasos poliinsaturados provenientes del aceite de quinua y aceite de pescado estimularon la formación de adipocitos de tamaño muy pequeño, pequeño y normal en ambos depósitos.



## **VI. RECOMENDACIONES**

- Sustituir el consumo de ácidos grasos saturados como la manteca vegetal parcialmente hidrogenada por ácidos grasos poliinsaturados como aceite de quinua o pescado para tener un efecto beneficioso sobre la salud.
- Estudiar la influencia del aceite de quinua en el tejido adiposo en la etapa de crecimiento y acabado en pollos de la línea Cobb 500 para establecer su efecto en la edad adulta.
- Estudiar la influencia del aceite de quinua sobre los parámetros bioquímicos en la etapa de crecimiento y acabado en pollos de la línea Cobb 500.
- Estudiar la influencia del aceite de quinua sobre indicadores de inflamación como (PPAR $\gamma$ , SBREPS, TNF- $\alpha$ , IL-6, etc.).
- Evaluar diferentes niveles de aceite de quinua y otras fuentes ricas en ácidos grasos poliinsaturados y medir su efecto en el tejido adiposo.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ali, T.; Waleed, A.; Bachry & Salwan A. 2020. Effects of Canola Oil on Fatty Acids and Biochemical Traits of Blood Plasma in Broiler Chickens. *Int. J. Poult. Sci.* 19: 37-41. DOI: 10.3923/ijps.2020.37.41.

Altuna, J.; Silva, M.; Álvarez, M.; Quinteros, M. F.; Morales, D. & Carrillo W. 2018. Ecuadorian quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) fatty acids profile. *Asian J Pharm Clin Res.* 11(11), 14–16. DOI:10.22159/ajpcr. 2018.v11i11.24889.

Attanne, C.; Foussal, C.; Le Gonidec, S.; Benani, A.; Daviaud, D & Wanecq, E. 2012. Apelin treatment increase complete Fatty Acid oxidation, mitochondrial oxidative capacity, and biogenesis in muscle of insulin-resistant mice. *Diabetes Metab J.* 61:310-320.

Attia, Y.A.; Al, M.A. & Abo El-Maaty, H.M. 2020. The Effects of Different Oil Sources on Performance, Digestive Enzymes, Carcass Traits, Biochemical, Immunological, Antioxidant, and Morphometric Responses of Broiler Chicks. *Front. Vet. Sci.* 7. DOI:10.3389/fvets.2020.00181.

Arner, P. & Langin, D. 2014. Lipolysis in lipid turnover, cancer cachexia, and obesity-induced insulin resistance. *Trends Endocrinol Metab.* 25, 255–262.

Awad, Ghareeb K.; Abdel, S. & Böhm, J. 2009. Efectos de la inclusión dietética de probióticos y simbióticos sobre el rendimiento del crecimiento, el peso de los órganos y la histomorfología intestinal de los pollos de engorde, *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 88 ( 1 ) , págs. 49 – 56.

Aziza, A.E.; Awadin, W.F.; Quezada, N. & Cherian G. 2014. Gastrointestinal morphology, fatty acid profile, and production performance of broiler chickens fed camelina meal or fish oil: Fatty acids and chicken intestinal morphology. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 116(12).

- Bai, S.; Wang, G.; Zhang, W.; Zhang, S.; Rice, B. B.; Cline, M. A. *et al.* 2015. Broiler chicken adipose tissue dynamics during the first two weeks post-hatch. *Comp. Biochem. Physiol. Part A Mol. Integr.* 189, 115–123.
- Babayán, V. K. 1987. Medium chain triglycerides and structured lipids. *Lipids.* 22(6), 417-420. DOI: 10.1007/BF02537271.
- Batista De Oliveira, P.; Murakami, A.E.; De Moraes, E.R.; Macari, M. & Scapinello, C. 2000. Influence of antinutritional factors of *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* and *Leucaena cunninghamii*) and Pigeon Bean (*Cajanus cajan*) on the intestinal epithelium and performance of broiler chickens. *Rev. Bras. Zootec.* 29: 1759-1769.
- Benito, O.; Rodríguez, M.; Sanz, M. T.; Melgosa, R.; & Beltrán, S. 2018. Supercritical carbon dioxide extraction of quinoa oil: Study of the influence of process parameters on the extraction yield and oil quality. *J Supercrit Fluids.* 139 (March), 62–71.
- Berger, S.L. & Sassone, P. 2016. Metabolic signaling to chromatin. *Cold Spring Harb Perspect Biol* 8, 1210–1213. *J Physiol Metab.* 297:E977-E986.
- Bernuy, N. 2018. “Influencia del Consumo de Tres Variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Tejido Adiposo e Histomorfometría Intestinal en Ratas Obesas. *Rev Peru Med Exp Salud Publica.* 35 (2).
- Bjermo, H. & Iggman, D. 2012. Effects of n-6 PUFAs compared with SFAs on liver fat, lipoproteins, and inflammation in abdominal obesity: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr* 95, 1003–1012.
- Bojanic, A. 2011. La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. UNDRR, FAO. 37, 66.
- Boque, N. 2012. Investigación de extractos ricos en polifenoles con actividad protectora frente al desarrollo de la obesidad: mecanismos nutrigenómicos implicados. Tesis Doctoral, Panplona.
- Bork, C.S.; Jakobsen, M.U.; Lundbye, S.; Tjønneland, A.; Schmidt, E.B. & Overvad, K. 2016. Dietary intake and adipose tissue content of  $\alpha$ -linolenic acid and risk of myocardial infarction: a Danish cohort study. *Am J Clin Nutr.* 104, 41–48.

- Bueno, NB.; De, M. & Florêncio, T.T. 2015. Dietary medium-chain triacylglycerols versus long-chain triacylglycerols for body composition in adults: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Am Coll Nutr* 34. 175–183.
- Buyse, J. & Decuypere, E. 2015. Adipose tissue and lipid metabolism. *Sturkie's Avian Physiology*. Elsevier Inc. London.
- Cabezas, C. C.; Hernández, B. C.; & Vargas, M. 2016. Fat and oils: Effects on health and global regulation. *Rev Fac Med*. 64(4), 761–768.
- Camargo, A; Rangel ,OA; Alcalá, J; Gómez, F; Delgado, J & García, S. 2017. Dietary fat may modulate adipose tissue homeostasis through the processes of autophagy and apoptosis. *Eur J Nutr* 56. 1621–1628.
- Cardel, M.; Lemas, D.J.; Jackson, K.H.; Friedman, J.E. & Fernández, J.R. 2015. Higher intake of PUFAs is associated with lower total and visceral adiposity and higher lean mass in a racially diverse sample of children. *J Nutr* 145. 2146–2152.
- Carta, G.; Murru, E.; Banni, S. & Manca, C. 2017. Palmitic Acid: Physiological Role, Metabolism and Nutritional Implications. *Front. Physiol.* 8.
- Chávez, J. E. V. 2017. Prevalencia de sobrepeso y obesidad en el Perú. *Rev Per Ginecol Obstet.* 63(4), 593–598.
- Cheled, A. & Barbakov, U. 2011. El efecto de la administración in ovo de manano oligosacárido en el desarrollo del intestino delgado durante los períodos de pre y post eclosión en pollos. *Poult Sci.* 90 ( 10 ). págs. 2301 – 2310.
- Chen, J. & Liu, H. 2020. Nutritional Indices for Assessing Fatty Acids: A Mini-Review. *Int. J. Mol. Sci.* 21(16). 5695.
- Cinti, S. 2009. Transdifferentiation properties of adipocytes in the adipose organ. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 297(5), DOI:10.1152/ajpendo.00183.2009.
- Codini ,M.; Ghirardi, M.; & Obtenci, V. 2004. Obtencion y utilizacion de la Manteca De Cacao.UCEL. 7(0329–3475), 143–148.
- Conchillo, A.; Valencia, I.; Puente, A.; Ansorena, D.; & Astiasarán, I. 2006. Componentes funcionales en aceites de pescado y de alga. *Nutr Hosp.* 21(3), 369–373.

- CONICYT. 2009. Aspectos Bioéticos de la experimentación animal. Revisado: 20 Ene 2022. Disponible en: <https://www.conicyt.cl/fondecyt/files/2012/10/Libro-4-Aspectos-Bio%C3%A9ticos-de-la-Experimentaci%C3%B3n-Animal.pdf>.
- Crespo, N. 2001. Dietary fatty acid profile modifies abdominal fat deposition in broiler chickens. *Poult. Sci.* 80:71-78.
- Crespo, N. 2002A. Dietary polyunsaturated fatty acids decrease fat deposition in separable fat depots but not in the remainder carcass. *Poult. Sci.* 81:512-518.
- Crespo, N. 2002B. Dietary linseed oil produces lower abdominal fat deposition but higher de novo fatty acid synthesis in broiler chickens. *Poult. Sci.* 81:1555-1562.
- Dogenski, M.; Ferreira, N. J. & Oliveira, A. L. de. 2016. Extraction of *Corymbia citriodora* essential oil and resin using near and supercritical carbon dioxide. *J Supercrit Fluids.* 115, 54–64. DOI: 10.1016/j.supflu.2016.04.015.
- Eissing, L.; Scherer, T.; Tödter, K.; Knippschild, U.; Greve, J.W. & Buurman, W.A. 2013. De novo lipogenesis in human fat and liver is linked to ChREBP- $\beta$  and metabolic health. *Nat. Commun.* 4:1528.
- Farvid, M.S.; Ding, M.; Pan, A.; Sun, Q.; Chiuve, S.E. & Steffen, L.M. 2014. Ácido linoleico dietético y riesgo de enfermedad coronaria: una revisión sistemática y un metanálisis de estudios de cohortes prospectivos. *Circulation.* 28; 130(18):1568-78.
- Fernandez, M.; Félix, E.; Colón I.; Escoté, X. & Moreno, M. J. 2019. Omega-3 fatty acids as regulators of brown/beige adipose tissue: from mechanisms to therapeutic potential, *J. Physiol. Biochem.* DOI: 10.1007/s13105-019-00720-5.
- Ferrini, G.; Manzanilla, E. G.; Menoyo, D.; Esteve, E.; Baucells, M. D. & Barroeta, A. C. 2010. Effects of dietary n-3 fatty acids in fat metabolism and thyroid hormone levels when compared to dietary saturated fatty acids in chickens. *Livest. Sci.* 131:287-291.
- Flores, J. R.; Rodríguez, E. & Rivas, S. 2011. Consecuencias metabólicas de la alteración funcional del tejido adiposo en el paciente con obesidad. *Rev. Medica del Hosp. Gen. de Mex.* 74(3), 157–165.
- Frigolet, M. & Gutiérrez, R. 2018. The colors of adipose tissue. *Gac Med Mex.* 2020;156(2):142-149. DOI: 10.24875/GMM.M20000356.

- Garaulet, M.; Pérez, F.; Pérez, M.; Martínez, P.; Sanchez, F. & Tebar, F. 2001. Site-specific differences in the fatty acid composition of abdominal adipose tissue in an obese population from a Mediterranean area: relation with dietary fatty acids, plasma lipid profile, serum insulin, and central obesity. *Am J Clin Nutr.* 74. 585–591.
- García, A. J. & Creus, E. D. 2016. La obesidad como factor de riesgo, sus determinantes y tratamiento. *Rev. Cubana Med. Gen. Integr.* 32(3), 1–13.
- Gesta, S.; Tseng, Y.H. & Kahn, C.R. 2007. Developmental origin of fat: tracking obesity to its source. *Cell.* 131, 242–256.
- Gonzalez, R. & Leeson, S. 2000. Effects of menhaden oil and flaxseed in broiler diets on sensory quality and lipid composition of poultry meat. *Brit. Poult. Sci.* 41: 481-488.
- Hames, K.C.; Morgan, M. & Harteneck, D.A. 2017. Very-long-chain  $\omega$ -3 fatty acid supplements and adipose tissue functions: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr* 105.
- Hassan, S.; Attia, A.; Abd El, H.; Abd El, H.E.; Nagadi, A.; & El ashry, A. 2018. Impact of increasing dietary oil concentrations with a constant energy level on the tolerance of broiler chickens to a high ambient temperature. *Rev Mex Cienc Pecu.* 9(2). DOI: 10.22319/rmcp.v9i2.4377.
- Hirose, Y.; Fujita, T.; Ishii, T.; & Ueno, N. 2010. Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan. *Food Chem.* 119(4), 1300–1306. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.09.008.
- Holtrup, B.; Church, CD; Berry, R.; Colman, L.; Jeffery, E. & Bober, J. 2017. La pubertad es un período de desarrollo importante para el establecimiento de la masa de tejido adiposo y la homeostasis metabólica. *Adipocytes.* 6 (3), 224–233.
- Hosseinpour, S.; Mirmiran, P. & Fallah, A. 2015. Combined effect of unsaturated fatty acids and saturated fatty acids on the metabolic syndrome: tehran lipid and glucose study. *J Health Popul Nutr.* 33, 5, DOI: 10.1186/s41043-015-0015-z.
- Huerta, A.E.; Prieto P.L.; Sainz, N; Martínez, J.A. & Moreno, M.J. 2016. Supplementation with alpha-lipoic acid alone or in combination with eicosapentaenoic acid modulates the inflammatory status of healthy overweight or obese women consuming an energy-restricted diet. *J Nutr.* 146, 889S–896S.



- Iggman, D.; Ärnlov, J.; Cederholm, T. & Risérus, U. 2016. Association of adipose tissue fatty acids with cardiovascular and all-cause mortality in Elderly Men. *JAMA Cardiol.* 1, 745.
- Junqueira ,L.C. & Carneiro, J. 1987. *Histología Básica.* 3 Edición. Barcelona. España.
- Kabir, M.; Skurnik, G.; Naour, N.; Pechtner, V.; Meugnier, E; Rome, S., *et al.* 2007. Treatment for 2 mo with n-3 polyunsaturated fatty acids reduces adiposity and some atherogenic factors but does not improve insulin sensitivity in women with type 2 diabetes: a randomized controlled study. *Am J Clin Nutr.* 86: 1670–1679.
- Kim, D.H.; Perdonmo, G.; Zhang, T.; Slusher, S.; Lee, S.; Phililips, B.E. *et al* 2011. FoxO6 integrates insulin signaling with gluconeogenesis in the liver. *Diabetes.* 2763-2774.
- Kotronen, A. & Yki, H. 2007. Fatty Liver: A Novel Component of the Metabolic Syndrome. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 28(1), 27. *Am Heart J.* DOI: 10.1161/ATVBAHA.107.147538.
- Lafontan, M. & Langin, D. 2009. Lipolysis and lipid mobilization in human adipose tissue. *Prog Lipid Res.* 48, 275–297.
- Laudadio, V.; Passantino, L.; Perillo, A.; Lopresti, G.; Passantino, A. & Khan, R.U., *et al.* 2012. Rendimiento productivo y características histológicas de la mucosa intestinal de pollos de engorde alimentados con diferentes niveles de proteína en la dieta. *Poult Sci.* 91 ( 1 ) ( 2012 ) , págs. 265 – 270.
- Leeson, S. & Summers, J.D. 2001. *Nutrition of the chicken.* 4a ed. University Books. Ontario, Canada. 591 pp.
- Lemonnier, D. 1972. Effect of age, sex, and sites on the cellularity of the adipose tissue in mice and rats rendered obese by a high-fat diet. *J. Clin. Investig.* 51(11), 2907–2915. DOI: 10.1172/JCI107115.
- Liu, X.; Kris, P.M.; West S.G.; Lamarche, B.; Jenkins, D.J.; Fleming, J.A. *et al.* 2016. Effects of canola and high-oleic-acid canola oils on abdominal fat mass in individuals with central obesity. *Obesity.* 24, 2261–2268.

- Lopez, S.; Baucells, M.D.; Bar, A.C. & Grashorn, M.A. 1999. n-3 enrichment of chicken meat using fish oil: alternative substitution with rapeseed and linseed oils. *Poult. Sci.* 78: 356-365.
- Lund, J.; Larsen, L.H. & Lauritzen, L. 2018. El aceite de pescado como potencial activador de la termogénesis de grasa parda y beige. *Adipocytes*. 7 (2), 88–95. DOI: 10.1080/21623945.2018.1442980.
- Lunn, J & Theobald, H.E. 2006. The health effects of dietary unsaturated fatty acids. *Nutr Bull*. 52-54.
- Madsen L., Koefoed R., Kristiansen K. 2005. Regulation of adipocyte differentiation and function by polyunsaturated fatty acids. *Biochim Biophys*. DOI: 10.1016/j.bbadis.2005.03.001.
- Manual Cobb 500. 2018. Suplemento informativo sobre rendimiento y nutrición de pollos de engorde *Cobb 500*. 14.
- Manzur, F.; Alvear, C. & Alayón, A. N. 2010. Adipocytes, visceral obesity, inflammation and cardiovascular disease. *Rev. Colomb. de Cardiol*. 17(5), 207–213.
- Marcano, Y.; Torcat, A & Verdi. 2006. Funciones endocrinas del tejido adiposo. *Rev. Venez. Endocrinol. Metab*. 4(1), 15–21.
- Marcela, R. J. 2012. Características biológicas del tejido adiposo: el adipocito como célula endocrina. *Rev. méd. Clín. Las Condes*. 23(2), 136–144.
- Martín de Santa, L.; Sánchez, F. J. & Vaquero, M. P. 2009. N-3 fatty acids in glucose metabolism and insulin sensitivity. *Nutr Hosp*. 24(2), 113-127.
- Matsuo, M. 2005. In Vivo Antioxidant Activity of Methanol Extract from Quinoa Fermented with *Rhizopus oligosporus* Seed of quinoa (*Chenopodium quinoa*). *J. Nutr. Sci. Vitaminol*. 51(6), 449–452.
- Matualatupauw, JC; Bohl, M; Gregersen, S; Hermansen, K & Afman, LA. 2017. Dietary medium-chain saturated fatty acids induce gene expression of energy metabolism-related pathways in adipose tissue of abdominally obese subjects. *Int J Obes*. 41, 1348–1354.

- Mellouk, N.; Ramé, C.; Barbe, A.; Grandhaye, J.; Froment, P. & Dupont J. 2018. El pollo es un modelo útil para investigar el papel de las adipoquinas en las enfermedades metabólicas y reproductivas. *Int J Endocrinol*. DOI:10.1155/2018/4579734.
- Michotte, D.; Rogez, H.; Chirinos, R.; Mignolet, E.; Campos, D. & Larondelle, Y. 2011. Linseed oil stabilization with pure natural phenolic compounds. *Food Chem*. 129, 1228-1231.
- Montalvo, C. 2010. Tejido adiposo, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Morales, J.; Gonzalez, M.J.; Castillo, R.M. & Prado, O.F. 2013. Fatty Acid Deposition on Broiler Meat in Chickens Supplemented with Tuna oil. *Nutr. Food Sci*.
- Mozaffarian, D.; Micha, R. & Wallace S. 2010. Effects on coronary heart disease of increasing polyunsaturated fat in place of saturated fat: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS Med*. 7, e1000252. DOI: 10.1371/journal.pmed.1000252.
- Mufari, J. R.; Gorostegui, H. A.; Miranda, P. P.; Bergesse, A. E.; & Calandri, E. L. 2020. Oxidative Stability and Characterization of Quinoa Oil Extracted from Wholemeal and Germ Flours. *J Am Oil Chem Soc*. 97(1), 57–66. DOI: 10.1002/aocs.12308.
- Mumme, K. & Stonehouse, W. 2015. Effects of medium-chain triglycerides on weight loss and body composition: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Acad Nutr Diet*. 115, 249–263.
- Nasiff, A. & Meriño, E. 2003. Ácidos Grasos Omega-3: Pescados De Carne Azul Y Concentrados De Aceites De Pescado. Lo Bueno Y Lo Malo. *Rev. Cuba. de Medicina Gen*. 42(2), 49–55.
- Newman, R.; Bryden, W.L.; Fleck E.; Ashes, J.R.; Buttemer, W.A.; Storlien, L.H., *et al*. 2002. Dietary n-3 and n-6 fatty acids alter avian metabolism: metabolism and abdominal fat deposition. *Br. J. Nutr*. 88:11-18.
- Nomenclature I-IC on B. 1968. The nomenclature of lipids. *Arch Biochem Biophys*. 123, 409–415.
- Nowak, V.; Du, J. & Charrondière, U. 2016. Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chem*. 193, 47–54.

- Özdoğan, M & Akşit, M. 2003. Effects of feeds containing different fats on carcass and blood parameters of broilers. *J Appl Poult Res.* 12:251–6. DOI: 10.1093/japr/12.3.251.
- OMS. 2018. Enfermedades no transmitibles. Revisado el 18 Feb 2022. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>.
- Orsso, CE.; Colin, E.; Field, C.J., Madsen, K.L.; Prado, C.M. & Haqq A.M. 2020. Desarrollo y expansión del tejido adiposo desde el útero hasta la adolescencia: una descripción general. *Nutrients.* 12 (9), 2735. DOI: 10.3390/nu12092735.
- Papsdorf, K. & Brunet, A. 2018. Linking lipid metabolism to chromatin regulation in aging. *Trends Cell Biol.* 29, 97–116.
- Pelicano, E.; Souza, P., Souza, H.; Figueiredo, D.; Boiago M.; Carvalho S. *et a.* 2005. ,Desarrollo de la mucosa intestinal en pollos de engorde alimentados con promotores naturales del crecimiento Brasil. *J. Poultry Sci.* 7 ( 4 ) ( 2005 ) , págs. 221 – 229.
- Perfilyev, A.; Dahlman, I.; Gillberg, L.; Rosqvist, F.; Iggman, D.; Volkov, P. *et al.* 2017. Impact of polyunsaturated and saturated fat overfeeding on the DNA-methylation pattern in human adipose tissue: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr.* 105, 991–1000.
- Perris, P. D. 2014. Dietas con diferentes fuentes lipídicas: su efecto en el perfil de ácidos grasos séricos de la rata Diets. *Rev Chil Nutr.* 41.
- Petrus, P.; Edholm, D.; Rosqvist, F.; Dahlman, I.; Sundbom, M.; Arner, P., *et al.* 2017. Depot-specific differences in fatty acid composition and distinct associations with lipogenic gene expression in abdominal adipose tissue of obese women. *Int J Obes.* 41, 1295–1298.
- Petrus, P.; Mejhert, N.; Corrales, P; Lecoutre, S.; Li, Q.; Maldonado, E. *et al.* 2018. Transforming growth factor- $\beta$ 3 regulates adipocyte number in subcutaneous white adipose tissue. *Cell Rep* 25, 551–560. e5.
- Posadas, M.; Revelant, G.; Labourdette, V.; Venezia, M.R.; Marinozzi, D.; Zingale, M.I. *et al.* 2017. Efectos del consumo de aceite de pescado sobre indicadores de síndrome metabólico en ratas obesas IIMb/Beta. *Arch Latinoam Nutr.* .67(4).

- Prakatur, I.; Miskulin, M.; Pavic, M.; Marjanovic, K.; Blazicevic, V.; Miskulin, I. et al 2019. Intestinal Morphology in Broiler Chickens Supplemented with Propolis and Bee Pollen Animals. MDPI. 9(6), 301. DOI:10.3390/ani9060301.
- Puerta, M. 1996. El tejido adiposo pardo. Investigación y Ciencia. Edit Prensa Cientifica, Setiembre. 14-20.
- Punglisi, M.; Hasty, A. & Sarawathi, V. 2011. The role of adipose tissue in mediating the beneficial effects of dietary fish oil. J. Nutr. Biochem. DOI 10.1016/j.jnutbio.2010.07.003.
- Rahimi, S.; Azad, S.K. & Torshizi, M.A.K. 2011. Omega-3 enrichment of broiler meat by using two oil seeds. J. Agric. Sci. Technol.13: 353-365.
- Rai, A.; Mohanty; B. & Bhargava; R. 2016. Supercritical extraction of sunflower oil: A central composite design for extraction variables. Food Chem. 192, 647–659.
- Richard, A.J.; White, U.; Elks, C.M.; Feingold, K.R.; Anawalt, B.; Boyce, A., et al. 2000. Adipose Tissue: Physiology to Metabolic Dysfunction South Dartmouth (MA), NCBI, Revisado el 7 Abr 2022. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK555602>.
- Roger, K. 2002. Enfermedad del hígado en grande y pequeños rumiantes. Jornadas Uruguayas de Buiatría. Universidad de Queensland SST. Lucía, Australia Q 4067.
- Rosen, E. D. & Spiegelman, B. M. 2014. What we talk about when we talk about fat. Cell. 156. 20–44.
- Rosqvist, F; Iggman, D.; Kullberg, J.; Cedernaes, J.; Johansson, H.E.; Larsson, A. et al. 2014. Overfeeding polyunsaturated and saturated fat causes distinct effects on liver and visceral fat accumulation in humans. Diabetes 63. 1–46.
- Rydén, M. & Arner, P. 2017. Cardiovascular risk score is linked to subcutaneous adipocyte size and lipid metabolism. J Intern Med. 282. 220–228.
- Sanz, M.; Lopez, C. J.; Menoyo, D. & Bautista, J. M. 2000. La deposición de grasa abdominal y la síntesis de ácidos grasos son más bajas y la  $\beta$ -oxidación es más alta en pollos de engorde alimentados con dietas que contienen grasas insaturadas en lugar de saturadas. J. Nutr. Volumen 130, Número 12, páginas 3034–3037.

- Saraswathi, V.; Kumar, N.; Gopal, T.; Bhatt, S.; Ai, W.; Ma, C.; Talmon, G.A.; Desouza, C. 2020. Lauric Acid versus Palmitic Acid: Effects on Adipose Tissue Inflammation, Insulin Resistance, and Non-Alcoholic Fatty Liver Disease in Obesity. *Biology (Basel)*. DOI: 10.3390/biology9110346.
- Sato, K.; Akiba, Y.; Chida, Y. & Takahashi, K. 1999. Lipoprotein hydrolysis and fat accumulation in chicken adipose tissues are reduced by chronic administration of lipoprotein lipase monoclonal antibodies. *Poult. Sci.* 78. 1286–1291.
- Seidelin, K.N. 1995. Fatty acid composition of adipose tissue in humans. Implications for the dietary fat-serum cholesterol-CHD issue. *Prog Lipid Res.* 34, 4–6.
- Silva, P.; Carla A.; Marcelino, G.; Maiara, C.; de Cássia K. & de Cássia, G. 2017. Fatty Acids Consumption: The Role Metabolic Aspects Involved in Obesity and Its Associated Disorders. *Nutrients.* 9(10), 1158. DOI: 10.3390/nu9101158.
- Sohail, M.U.; Hume M.E.; Byrd J.A.; Nisbet D.J.; Ijaz A. & Sohail, A. 2012. Effect of supplementation of prebiotic mannan-oligosaccharides and probiotic mixture on growth performance of broilers subjected to chronic heat stress. *Poult. Sci.* 91 ( 9 ) , págs. 2235 – 2240.
- Song, J.; Lei, X.; Luo, J.; Everaert, N.; Zhao, G. & Wen, J. 2019. El efecto de la epigallocatequina-3-galato sobre la morfología del intestino delgado, la capacidad antioxidante y el efecto antiinflamatorio en pollos de engorde con estrés por calor J. *Animal Physiol. Animal Nutri.* 103 , págs. 1030 – 1038.
- Stenkula, K. & Erlanson, C. 2018. Adipose cell size: Importance in health and disease. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 315(2), R284–R295. DOI: 10.1152/ajpregu.00257.2017.
- Suárez, W.; Sánchez, A. J.; & González J. A. 2017. Fisiopatología de la obesidad: Perspectiva actual. *Rev Chil Nutr.* 44(3), 226–233. DOI: 10.4067/s0717-75182017000300226.
- Sudheera, N.; Lakmini, B. & Naima M. 2020. Omega-3 Fatty Acids and Adipose Tissue: Inflammation and Browning, *Annu. Rev. Nutr.* DOI <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-122319-034142>.

- Summers, L.K.M.; Fielding, B.; Bradshaw, H. et al. 2002. Substituting dietary saturated fat with polyunsaturated fat changes abdominal fat distribution and improves insulin sensitivity. *Diabetologia*. 45, 369–377.
- Symonds, M.E. 2011. *Adipose tissue biology*, Springer Sci. Rev. New York. DOI: 10.1007/978-3-319-52031-5
- Torchon, E. T.; Das, S.; Beckford, R. C. & Voy, B. H. 2017. Enriching the starter diet in n-3 polyunsaturated fatty acids reduces adipocyte size in broiler chicks. *Curr. Dev. Nutr*, 1(11), 1–5.
- Uauy, R. & Valenzuela, A. 2000. Marine oils: The health benefits of n-3 fatty acids. *Nutrition*. 16(7–8), 680–684.
- Valencia, S. A. 2015. Quinoa: Overview. In *Encyclopedia of Food Grains: Second Edition* 2nd ed. Vol. 1–4.
- Valenzuela, A.; Sanhueza, J.; & Fernando de la Barra, D. 2012. El aceite de pescado: Ayer un desecho Industrial, hoy un producto de alto valor nutricional. *Rev Chil Nutr*. 39(2), 201–209. DOI: 10.4067/S0717-75182012000200009.
- Valenzuela, R.; González, M.; Morales, J.; Sanhueza, J.; & Valenzuela, A. 2014. Ácidos Grasos Poliinsaturados De Cadena Larga  $\Omega$ -3 Y Enfermedad Cardiovascular. *Rev Chil Nutr*. 41(3), 319–327.
- Velasco, S.; Ortiz, L.T.; Alzueta, C.; Rebole, A.; Treviño, J. & Rodriguez, M.L. 2010. Effect of inulin supplementation and dietary fat source on performance, blood serum metabolites, liver lipids, abdominal fat deposition and tissue fatty acid composition in broiler chickens. *Poult. Sci*. DOI: 10.3382/ps.2010-00687.
- Vieira, P.; Neves, G.; Heyden, G.; Silva, L.; Ferreira, M. & Vargas M. 2016. Valores de LDL-Colesterol Estimados pela Equação de Friedewald são Afetados pelo Controle do Diabetes. *Int. J. Cardiovasc. Sci*. 29(5), 348–354.
- Xu, Z.R.; Hu, C.H.; Xia M.S.; Zhan X.A. & Wang M.Q. 2003. Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzymeactivities, intestinal microflora, and morphology of malebroilers. *Poult. Sci*. 2003, 82, 1030–1036.

Yore, M. M.; Syed, I.; Morales, P. M.; Zhang, T.; Herman, M. A. & Homan E. A. 2014. Discovery of a class of endogenous mammalian lipids with anti-diabetic and anti-inflammatory effects. *Cell*. 2014; 159(2):318–332.

Yvan, L. & Quignard, A. 2011. Role of adipose tissue renin-angiotensin system in metabolic and inflammatory diseases associated with obesity. *Kidney Int.* 79(2), 162–168.



## **VIII. ANEXOS**

**Anexo 1: Ficha técnica de la manteca vegetal parcialmente hidrogenada de uso comercial**

Porción: 1 cda (14g)		
Porción por envase: 714 aprox.		
	100g	1 porción
<b>Energía (kcal)</b>	900	126
<b>Proteínas (g)</b>	0	0
<b>Grasa total (g)</b>	100	14
Ácidos grasos saturados (g)	54	7.5
Ácidos grasos <i>Trans</i> (g)	0.5*	0.07
<b>Colesterol (mg)</b>	0	0
<b>H. de Carbono Disp. (g)</b>	0	0
Azúcares totales (g)	0	0
<b>Sodio (mg)</b>	0	0

Nota: Porción por envase calculado de Caja x 10kg; para Caja x 14 kg: 1000 aprox.

\* Valor de trans < 1g / 100 g

## Anexo 2: Ficha técnica de aceite de pescado proveniente de Salmón

<p>El aceite de salmón de Hofseth Biocare, es el aceite más fresco disponible hoy en el mercado. Hofseth biocare no hierva ni presiona la materia prima en el proceso de extracción patentado, que permite a HBC (Hofseth Biocare) preservar todos los lípidos naturales y compuestos bioactivos en el salmón noruego entero.</p> <p>Para mantener los atributos únicos del aceite, hemos desarrollado una tecnología patentada de extracción enzimática que solubiliza la carne y permite la separación total del aceite a temperaturas muy bajas, evitando así la oxidación.</p>
<p>Marca: Don Fermín País de procedencia: Noruega Tiempo de vida útil: 3 años desde la fecha de fabricación Envasado: al vacío, frasco con protección UV Puro, sin químicos, grado humano</p>
<p><b>Pureza:</b> HBC no refina, concentra ni incluye ningún aditivo en nuestro proceso aprobado: GRAS. 100% puro de salmón. <b>Antioxidantes:</b> Dada la dieta natural del salmón noruego, OmeGo® contiene una cantidad significativa de astaxantina (un antioxidante natural). <b>Trazabilidad:</b> Podemos rastrear cada lote de OmeGo® hasta el huevo de salmón a través de nuestro programa de trazabilidad de última generación. Libre de aditivos, pesticidas, antibióticos y hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH). <b>Cantidad:</b> 300ml</p>

**Anexo 3: Tiempo de retención en cromatografía de gases para la determinación de perfil de ácidos grasos de las fuentes evaluadas**

<b>Ácido graso</b>	<b>Tiempo de retención</b>
Metil butirato	7.703
Metil Hexanoato	8.902
Metil Octanoato	10.721
Metil Decanoato	12.802
Metil Undecanoato	13.818
Metil Laurato	14.833
Metil Tridecanoato	15.837
Metil Miristato	16.841
Metil Miristiolato	17.744
Metil Pentadecanoato	17.852
Acido Metil ester cis 10-pentadecenoico	18.787
Metil palmitato	18.889
Metil palmitoleato	19.699
Metil heptadecanoato	19.918
Metil cis 10 heptadecenoato	20.776
Metil estearato	20.997
Metil trans-9 eliadato	21.535
Metil cis 9 oleato	21.78
Metil linolelaideato	22.366
Metil linoleato	22.964
Metil araquideato	23.267
Metil gamma linoleato	23.925
Metil cis-11 eicosenoato	24.159
Metil linoleneato	24.46
Metil heneicosenoato	24.537
Metil cis 11,14 eicosadienoato	25.612
Metil Behenato	25.988
Metil cis-8,11,14 eicosatrienoato	26.807
Metil cis 13 docosenoato	27.103
Metil cis-11,14,17 eicosatrienoato	27.479
Metil tricosanoato	27.591
Metil cis-5,8,11,14 eicosatetraenoato	27.813
Metil cis-13,16 docosadienoato	28.951
Metil tetracosanoato	29.449
Metil cis-5,8,11,14,17 eicosapentanoato	30.134
Metil cis-15 tetracosenoato	30.912
Metil cis-4,7,10,13,16,19 docosahehexanoato	35.734

**Anexo 4: Requerimiento nutricional de Pollitos BB Cobb 500 en la etapa de Inicio, Crecimiento y Finalización**

## Nutrición de Pollos

<b>Recomendaciones nutricionales</b>					
		<b>Inicio</b>	<b>Crecimiento</b>	<b>Finalizador 1</b>	<b>Finalizador 2*</b>
<b>CANTIDAD DE ALIMENTO</b>		<b>180 g</b>	<b>700 g</b>	<b>1350 g</b>	
<b>ALIMENTO/ave</b>		<b>0,40 lb</b>	<b>1,54 lb</b>	<b>3,0 lb</b>	
<b>PERÍODO DE ALIMENTACIÓN 'días'</b>		<b>0 - 8</b>	<b>9 - 18</b>	<b>19 - 28</b>	<b>&gt; 29</b>
<b>TIPO DE ALIMENTO</b>		<b>Migaja</b>	<b>Migaja / Pellet</b>	<b>Pellet</b>	<b>Pellet</b>
<b>Proteína cruda</b>	%	21-22	19-20	18-19	17-18
<b>Energía metabolizable (EMAn<sup>†</sup>)</b>	MJ/kg	12,45	12,66	12,97	13,18
	Kcal/kg	2.975	3.025	3.100	3.150
	Kcal/lb	1.349	1.372	1.406	1.429
<b>Lisina digestible</b>	%	1,22	1,12	1,02	0,97
<b>Metionina digestible</b>	%	0,46	0,45	0,42	0,40
<b>Met + Cis digestible</b>	%	0,91	0,85	0,80	0,76
<b>Triptófano digestible</b>	%	0,20	0,18	0,18	0,17
<b>Treonina digestible</b>	%	0,83	0,73	0,66	0,63
<b>Arginina digestible</b>	%	1,28	1,18	1,07	1,02
<b>Valina digestible</b>	%	0,89	0,85	0,76	0,73
<b>Isoleucina digestible</b>	%	0,77	0,72	0,67	0,64
<b>Calcio</b>	%	0,90	0,84	0,76	0,76
<b>Fósforo disponible</b>	%	0,45	0,42	0,38	0,38
<b>Sodio</b>	%	0,16-0,23	0,16-0,23	0,16-0,23	0,16-0,23
<b>Cloro</b>	%	0,16-0,30	0,16-0,30	0,16-0,30	0,16-0,30
<b>Potasio</b>	%	0,60-0,95	0,60-0,95	0,60-0,95	0,60-0,95
<b>Ácido linoleico</b>	%	1,00	1,00	1,00	1,00

<sup>†</sup> Sistema de Energía esta basado en la Energía Metabolizable Aparente corregida por Nitrogeno (EMAn).

\* Para la dieta de retiro usar Finalizador 2.

**Anexo 5: Datos de los niveles de glucosa en pollitos alimentados con diferentes fuentes de ácidos grasos**

<b>Tratamientos</b>	<b>Repetición</b>	<b>Glucosa</b>
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	1	131
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	2	87
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	3	134
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	4	139
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	5	137
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	6	127
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	7	127
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	8	127
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	9	137
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	1	180
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	2	143
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	3	135
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	4	148
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	5	135
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	6	137
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	7	136
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	8	134
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	9	136
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	1	149
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	2	126
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	3	138
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	4	129
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	5	125
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	6	139
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	7	129
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	8	132
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	9	142
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	1	138
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	2	135
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	3	132
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	4	132
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	5	132
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	6	137
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	7	130
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	8	133
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	9	132

**Anexo 6: Datos de los niveles de colesterol en pollitos alimentados con diferentes fuentes de ácidos grasos**

<b>Tratamientos</b>	<b>Repetición</b>	<b>Colesterol</b>
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	1	169
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	2	180
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	3	180
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	4	182
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	5	174
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	1	215
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	2	207
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	3	176
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	4	176
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	5	179
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	1	187
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	2	141
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	3	132
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	4	146
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	5	146
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	1	138
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	2	164
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	3	142
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	4	168
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	5	181

**Anexo 7: Datos de los niveles de triglicéridos en pollitos alimentados con diferentes fuentes de ácidos grasos**

<b>Tratamientos</b>	<b>Repetición</b>	<b>Triglicéridos</b>
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	1	45
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	2	46
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	3	49
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	4	45
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	5	46
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	1	68
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	2	68
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	3	68
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	4	65
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	5	69
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	1	52
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	2	49
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	3	52
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	4	52
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	5	52
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	1	50
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	2	53
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	3	48
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	4	53
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	5	48



**Anexo 8: Datos de los niveles de peso de hígado en pollitos alimentados con diferentes fuentes de ácidos grasos**

<b>Tratamientos</b>	<b>Repetición</b>	<b>Peso de hígado</b>
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	1	5.55
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	2	4.61
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	3	5.23
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	4	4.97
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	5	5.22
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	6	4.87
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	7	4.96
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	8	5.20
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	9	5.60
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	10	5.53
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	11	5.37
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	12	5.18
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	1	6.13
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	2	5.75
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	3	5.06
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	4	5.26
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	5	6.49
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	6	5.93
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	7	5.28
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	8	4.96
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	9	5.63
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	10	5.08
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	11	6.35
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	12	5.96
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	1	5.03
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	2	4.74
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	3	4.55
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	4	5.13
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	5	4.65
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	6	4.01
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	7	5.29
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	8	5.02
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	9	4.97
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	10	5.26
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	11	4.57
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	12	4.89
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	1	5.12
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	2	4.36
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	3	4.80
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	4	5.43
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	5	5.20
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	6	4.38
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	7	5.33

<<Continuación>>		
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	8	5.16
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	9	4.06
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	10	5.38
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	11	4.73
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	12	5.16

**Anexo 9: Datos del análisis de histomorfometría del intestino en pollitos Cobb 500  
alimentados con diferentes fuentes de ácidos grasos**

<b>Tratamientos</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Área</b>
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	323.84	73.01	168.61	20594.80
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	485.35	116.10	203.41	46555.57
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	574.65	99.11	156.33	50607.67
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	485.88	116.26	120.59	47643.92
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	378.14	103.03	153.37	29823.58
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	478.81	85.84	142.32	30899.30
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	407.92	76.55	125.25	29325.15
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	485.39	76.37	158.42	32504.97
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	330.37	78.23	147.83	22913.43
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	432.64	107.89	140.80	34894.59
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	439.39	83.30	148.68	32233.98
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	406.38	101.67	165.01	28233.49
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	334.94	86.74	158.66	24781.75
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	306.51	83.70	346.35	22289.79
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	309.57	84.44	175.09	21211.99
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	315.52	92.96	128.04	19847.03
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	271.61	105.58	236.81	24299.87
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	236.81	110.58	188.11	24000.92
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	259.63	86.74	195.01	16869.28
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	305.57	91.87	161.15	20173.52
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	410.41	90.18	118.95	25925.35
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	501.51	99.34	105.47	44068.07
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	567.55	83.94	87.46	44985.10
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	266.12	75.59	99.13	15473.66
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	348.19	81.31	120.83	25481.35
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	412.75	89.67	92.29	27554.32
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	600.56	65.20	115.29	40578.54
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	493.84	95.78	108.52	51479.13
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	433.88	86.91	78.50	30812.18
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	468.23	82.26	107.73	35057.06
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	380.25	60.76	248.01	23389.06
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	277.41	55.09	173.77	15396.44
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	297.62	87.46	150.58	18241.63
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	562.03	92.27	154.34	47029.12
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	495.20	69.47	146.55	37154.17
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	455.13	96.76	110.83	29798.62
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	254.39	67.67	269.27	13357.25
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	299.46	74.33	232.16	17592.48
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	358.88	89.61	150.29	22040.08
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	366.49	68.98	114.57	22093.16
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	323.04	74.33	106.27	15254.05
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	318.78	58.49	83.51	15396.43
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	315.503	85.56	120.43	17604.55

<<Continuación>>				
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	275.40	80.57	1515.14	16755.09
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	438.27	75.21	175.12	30167.85
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	478.09	81.40	186.06	30860.45
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	360.98	80.45	190.77	27419.17
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	440.54	80.60	124.66	33157.84
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	540.61	87.98	137.63	39041.32
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	302.25	93.21	141.69	21856.66
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	495.77	90.31	112.58	36488.09
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	462.32	87.90	107.85	32711.38
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	331.94	81.40	106.27	24914.23
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	390.88	86.38	107.67	30932.84
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	481.92	64.91	125.76	35831.71
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	386.82	83.94	112.47	32458.01
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	447.17	60.76	113.41	26540.75
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	517.49	88.12	114.57	35006.39
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	291.86	73.03	114.26	14930.68
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	419.92	72.26	110.39	26429.73
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	453.04	88.23	89.43	29472.83
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	393.08	61.86	137.55	18347.83
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	398.61	50.19	100.79	15191.31
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	482.08	89.48	174.11	32578.23
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	219.38	44.69	46.38	2081.27
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	557.32	108.39	124.57	49896.98
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	629.20	89.88	135.97	51484.41
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	587.58	104.37	111.72	46320.40
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	488.78	88.01	121.86	41473.16
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	440.45	103.54	103.35	37144.51
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	707.61	134.39	157.90	72100.36
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	563.42	71.99	115.86	43344.62
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	598.17	84.87	103.89	58585.54
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	616.61	81.21	132.39	52413.31
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	580.69	63.03	106.98	34416.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	425.34	126.94	99.03	20047.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	465.29	81.70	90.86	29006.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	568.28	67.37	85.65	32298.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	453.73	60.32	81.77	25371.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	529.92	75.73	99.81	35372.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	525.38	53.69	106.12	29448.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	508.49	72.98	106.60	38622.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	541.61	51.25	103.59	30915.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	656.48	58.55	123.83	28586.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	497.38	67.39	76.95	33628.29
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	305.75	79.77	127.65	17455.97
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	454.03	72.45	85.44	23503.33
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	443.18	114.02	139.91	34676.94

<<Continuación>>				
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	371.87	79.92	111.54	20168.92
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	333.68	81.72	116.11	23673.69
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	506.29	78.33	111.23	20168.11
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	432.47	58.85	137.41	28038.06
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	307.45	77.11	117.39	27560.15
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	416.45	56.94	133.63	15430.72
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	212.33	37.40	13.36	8048.50
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	530.85	85.31	74.95	40135.15
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	602.14	82.56	132.03	40307.22
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	542.46	82.85	120.48	40055.25
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	617.33	58.09	135.47	36929.87
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	559.96	70.47	89.39	34302.33
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	502.76	80.72	146.35	38543.24
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	570.31	87.05	159.90	46124.67
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	582.96	83.89	181.30	41656.33
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	477.40	63.21	163.94	34010.37
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	571.11	83.89	105.99	41886.83
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	369.37	82.15	147.39	28534.41
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	314.04	69.46	113.17	19618.88
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	376.43	56.09	145.51	27077.39
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	411.24	68.84	74.87	27359.90
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	513.33	93.83	139.17	37841.30
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	433.98	77.19	174.03	29426.48
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	544.71	87.56	161.82	35489.96
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	601.32	77.85	177.42	37243.30
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	408.71	67.62	174.20	25085.84
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	452.75	73.41	151.75	27412.78
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	544.71	97.57	161.82	35489.96
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	660.31	67.22	124.52	34996.94
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	320.17	76.67	167.84	24787.61
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	441.46	64.93	146.47	31050.29
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	333.09	88.73	184.83	26766.79
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	503.57	74.07	135.04	36391.25
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	476.33	66.14	210.06	33833.88
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	469.87	65.73	196.79	34214.31
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	435.82	54.86	233.28	28615.26
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	527.74	81.14	185.22	39617.02
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	522.75	98.41	200.18	54236.77
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	450.68	102.49	160.18	33282.65
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	584.99	89.41	208.36	55726.47
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	715.58	90.26	158.61	59196.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	706.03	103.78	123.33	66241.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	677.30	93.56	169.34	63539.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	727.66	84.81	136.70	52875.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	752.61	108.87	102.84	68160.00

<<Continuación>>				
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	696.57	98.28	81.088	62823.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	690.92	94.59	125.46	51716.26
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	645.56	81.16	115.37	49324.61
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	722.35	88.00	132.12	59710.94
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	636.27	92.98	121.96	47263.28
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	745.50	103.74	130.55	70887.55
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	816.01	69.40	107.64	58064.67
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	826.34	105.01	121.67	84636.69
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	834.31	90.48	120.82	88623.03
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	673.82	101.13	110.59	50763.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	679.97	120.70	92.49	59590.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	639.84	95.91	137.84	53168.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	769.53	74.63	113.00	59628.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	679.19	86.59	140.96	53349.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	658.47	91.86	85.19	46367.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	642.90	96.81	92.93	42661.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	682.51	89.56	175.72	54363.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	622.01	89.38	124.53	42851.54
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	736.03	124.35	124.50	89452.80
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	717.96	72.06	67.44	54575.00
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	624.33	101.76	77.84	55485.44
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	649.54	85.95	116.54	51548.75
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	754.86	96.41	137.82	67396.91
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	541.08	87.65	145.26	40891.14
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	551.74	92.83	49.58	31465.81
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	692.78	100.95	139.98	62138.79
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	614.08	93.32	118.27	48792.14
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	629.74	74.36	119.57	42982.09
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	645.77	75.47	98.58	46412.69
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	646.43	77.85	152.61	54713.69
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	635.25	97.57	134.82	62683.06
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	660.07	90.08	138.81	49590.30
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	753.52	86.48	59.96	57479.89
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	761.78	89.56	117.18	57673.59
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	794.66	96.72	131.61	69173.17
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	777.44	131.39	114.15	90808.04
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	771.49	66.15	119.23	50835.79
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	748.54	72.06	114.28	58401.83
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	755.11	84.87	148.75	69793.95
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	736.96	74.37	141.40	55095.16
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	731.57	96.43	63.49	49280.79
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	677.32	71.48	140.72	46970.09
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	513.37	58.91	90.31	32414.49
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	551.08	70.59	76.24	33315.56
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	568.46	52.94	96.07	29168.16

<<Continuación>>				
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	615.12	106.28	77.48	54843.86
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	596.51	95.39	115.83	44508.89
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	526.63	40.65	75.86	31261.44
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	623.81	103.11	103.71	48365.25
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	632.49	71.88	100.53	42273.77
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	589.35	64.76	81.35	37789.52
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	576.64	59.32	88.96	30857.74
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	632.90	79.09	93.39	41028.57
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	528.97	74.63	63.82	33249.86
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	542.85	87.68	96.73	43886.99
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	530.19	88.82	74.63	44474.28
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	540.00	66.29	74.83	41091.19
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	529.34	64.54	71.24	34439.56
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	530.32	76.31	61.75	35324.63
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	693.53	88.59	136.91	42962.43
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	682.14	87.93	120.97	47430.75
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	649.22	65.45	130.48	42735.01
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	626.97	81.21	70.47	44923.09
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	615.38	56.09	100.92	34019.60
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	599.13	82.56	98.73	43220.56
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	587.92	82.07	82.56	32857.95
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	665.48	81.85	112.69	49545.07
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	684.44	66.98	45.58	42080.44
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	695.12	56.59	124.77	39449.82
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	770.75	79.06	110.09	47193.11
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	793.99	108.66	105.91	67799.49
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	546.16	86.06	112.25	39901.58
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	605.54	64.65	95.37	36084.76
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	476.41	65.38	99.40	30920.78
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	545.58	65.11	88.74	32294.52
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	555.72	56.31	98.07	32342.44
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	650.83	54.31	96.44	39896.81
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	643.71	71.35	127.35	47884.74
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	661.14	62.87	119.36	50959.91
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	580.78	90.06	117.37	51194.35
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	569.86	78.19	127.09	48262.83
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	622.85	40.48	102.25	25680.36
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	536.11	49.45	85.44	28122.88
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	635.60	55.59	91.62	36657.79
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	598.79	49.60	88.82	29650.37
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	531.98	64.80	75.97	29209.26
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	537.22	53.37	94.64	25700.52
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	579.11	43.18	85.35	30023.43
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	622.62	83.52	88.45	37822.31
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	597.49	44.46	97.48	26857.49

<<Continuación>>				
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	623.36	40.97	106.38	26323.10
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	563.68	56.31	92.16	29181.51
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	615.06	52.99	97.19	30671.22
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	586.00	38.17	107.89	28611.87
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	607.78	54.31	9.26	30777.11
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	601.18	49.04	82.37	29998.22
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	515.25	87.59	105.55	36841.74
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	640.23	83.19	80.83	47196.60
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	541.64	71.85	92.16	35818.39
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	557.34	71.88	114.53	39770.77
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	574.01	75.31	132.85	32188.66
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	540.52	103.60	99.02	42692.21
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	670.13	69.64	124.20	38694.44
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	605.42	68.28	110.22	38691.95
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	688.12	70.46	129.08	51264.92
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	522.26	76.24	132.07	37217.26
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	733.74	105.24	140.67	64427.75
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	639.00	108.75	134.01	44098.73
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	632.41	71.88	88.48	38593.64
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	681.04	79.95	114.76	48890.48
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	700.49	85.49	97.81	52182.45
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	743.78	83.11	71.46	58841.98
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	602.17	97.17	127.64	51403.56
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	648.62	111.86	94.01	65914.94
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	655.31	101.81	115.02	56505.36
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	795.84	102.25	148.02	70678.96
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	714.66	97.81	134.73	57710.23
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	784.36	94.41	134.28	68307.02
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	636.72	67.51	97.51	33722.36
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	687.29	91.17	147.18	63585.85
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	749.47	92.30	149.47	73136.58
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	699.13	82.34	137.62	51321.86
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	657.82	90.51	141.38	66028.34



**Anexo 10: Datos tejido adiposo subcutáneo en pollitos Cobb 500 alimentados con diferentes fuentes de ácidos grasos**

Tratamientos	Repetición	Clasificación de adipocito según tamaño (µm)				
		0-25	26-50	51-90	91-130	> 130
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	1	301	48	31	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	2	269	66	28	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	3	243	65	14	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	4	443	94	1	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	5	387	66	7	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	6	387	51	1	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	7	436	54	8	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	8	353	92	11	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	9	415	78	11	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	10	514	94	13	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	11	345	95	8	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	12	769	75	0	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	13	318	98	0	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	14	579	81	0	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	15	532	92	0	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	16	385	53	18	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	17	419	70	4	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	18	543	47	4	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	19	373	78	19	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	20	377	81	9	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	21	446	88	16	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	22	421	73	13	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	1	99	22	10	1	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	2	456	59	15	0	0

<<Continuación>>						
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	3	425	63	12	1	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	4	339	6	10	1	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	5	274	51	17	1	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	6	294	39	12	1	1
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	7	479	56	9	1	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	8	555	64	8	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	9	490	46	13	1	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	10	331	38	19	1	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	11	335	27	18	0	1
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	12	573	54	14	1	2
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	13	444	51	19	2	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	14	449	45	15	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	15	791	3	8	1	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	16	794	46	3	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	17	234	47	15	2	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	18	97	30	18	1	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	19	339	13	9	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	20	65	50	6	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	21	262	16	7	1	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	22	88	10	5	1	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	1	348	94	10	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	2	307	73	15	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	3	573	89	35	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	4	411	54	9	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	5	421	60	24	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	6	427	75	10	0	0

<<Continuación>>						
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	7	397	75	15	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	8	390	78	10	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	9	325	85	20	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	10	299	81	11	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	11	525	61	15	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	12	308	65	12	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	13	542	98	12	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	14	425	80	23	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	15	741	70	20	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	16	517	75	10	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	17	450	85	3	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	18	336	57	24	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	19	1402	59	17	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	20	422	69	5	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	21	369	89	13	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	22	362	61	22	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	1	299	76	15	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	2	240	68	10	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	3	257	79	9	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	4	622	80	17	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	5	342	71	13	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	6	269	92	17	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	7	327	87	13	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	8	810	86	10	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	9	497	80	5	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	10	857	91	25	0	0

<<Continuación>>						
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	11	825	58	23	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	12	404	62	20	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	13	330	66	19	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	14	370	74	9	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	15	245	76	12	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	16	552	83	13	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	17	453	80	23	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	18	326	87	16	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	19	424	88	5	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	20	389	91	9	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	21	495	88	18	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	22	352	93	1	0	0

**Anexo 11: Datos tejido adiposo visceral en pollitos Cobb 500 alimentados con diferentes fuentes de ácidos grasos**

Tratamientos	Repetición	Clasificación de adipocito según tamaño (µm)				
		0-25	26-50	51-90	91-130	> 130
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	1	301	48	31	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	2	269	66	28	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	3	243	65	31	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	4	443	94	14	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	5	387	66	32	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	6	387	51	1	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	7	436	54	7	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	8	353	92	1	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	9	415	78	8	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	10	514	94	11	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	11	345	95	11	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	12	854	75	13	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	13	769	98	8	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	14	318	81	0	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	15	579	92	18	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	16	532	53	4	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	17	385	70	4	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	18	419	47	19	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	19	543	78	9	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	20	373	95	16	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	21	377	81	13	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	22	446	88	13	0	0
97 por ciento de Dieta Basal + 3 por ciento de material inerte	23	421	73	0	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	1	99	22	10	1	0

<<Continuación>>						
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	2	456	59	29	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	3	425	63	12	1	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	4	339	6	10	1	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	5	274	51	17	1	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	6	294	39	12	1	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	7	479	56	9	1	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	8	555	67	8	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	9	490	64	13	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	10	331	46	19	1	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	11	841	66	18	0	1
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	12	335	38	14	1	2
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	13	573	27	19	2	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	14	444	54	15	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	15	449	51	8	1	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	16	791	45	15	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	17	794	46	18	2	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	18	234	47	9	1	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	19	97	62	7	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	20	339	30	19	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	21	65	13	12	1	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	22	262	50	23	1	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de manteca vegetal	23	88	16	0	1	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	1	348	94	10	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	2	307	73	15	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	3	295	52	35	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	4	573	89	9	0	0

<<Continuación>>						
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	5	411	54	24	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	6	421	57	10	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	7	427	60	15	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	8	397	75	10	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	9	390	53	20	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	10	325	75	11	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	11	525	78	15	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	12	308	85	12	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	13	542	81	12	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	14	255	61	23	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	15	425	65	20	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	16	741	98	10	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	17	517	80	24	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	18	450	70	17	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	19	336	75	5	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	20	1402	85	13	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	21	422	57	22	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	22	369	59	13	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de quinua	23	362	69	10	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	1	2299	76	15	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	2	240	68	18	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	3	257	79	10	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	4	622	80	17	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	5	342	71	13	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	6	269	92	17	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	7	327	87	13	0	0

<<Continuación>>						
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	8	310	86	10	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	9	497	80	25	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	10	257	91	23	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	11	404	66	20	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	12	330	74	26	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	13	370	76	19	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	14	245	96	9	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	15	252	83	12	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	16	453	80	13	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	17	326	87	23	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	18	424	88	16	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	19	309	95	9	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	20	495	91	18	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	21	352	103	13	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	22	230	88	23	0	0
97 por ciento de DB + 3 por ciento de aceite de pescado	23	234	93	20	0	0



**Anexo 12: Tejido adiposo subcutáneo de pollitos Cobb 500 alimentados con manteca vegetal que contienen diferentes fuentes de ácidos grasos**



**Anexo 13: Tejido adiposo mesentérico de pollitos Cobb 500 alimentados con manteca vegetal que contienen diferentes fuentes de ácidos grasos**

