

Influencia de ácidos grasos en parámetros sanguíneos y adipogénesis. Estudio experimental en pollos eclosionados

Ivonne M. Gutiérrez Zorrilla¹ , Nataly D. Bernuy-Osorio¹ , Otto Zea Mendoza¹ ,
Carlos Vilchez-Perales¹ .

Resumen: Influencia de ácidos grasos en parámetros sanguíneos y adipogénesis. Estudio experimental en pollos eclosionados. Introducción: La alimentación en la primera infancia influye en la instauración del tejido adiposo y el desarrollo de diversas patologías en la edad adulta. **Objetivo:** Evaluar la influencia del consumo de tres fuentes de ácidos grasos sobre parámetros sanguíneos y tejido adiposo en pollos recién eclosionados. **Materiales y métodos:** Se utilizaron 76 pollitos Cobb 500 distribuidos aleatoriamente en cuatro tratamientos, que fueron alimentados durante siete días con una de las cuatro dietas (T1: 97% Dieta basal (DB); T2: DB +3% de manteca vegetal parcialmente hidrogenada; T3: DB +3% de aceite de quinua y T4: DB +3% de aceite de pescado). Al finalizar, se evaluó en sangre glucosa, colesterol, triglicéridos y tamaño de adipocitos del tejido adiposo subcutáneo y visceral. Se aplicó ANOVA considerando 0,05 de significancia y en el caso de variables no distribuidas normalmente, se aplicó el test no paramétrico de Kruskal-Wallis mediante el programa R-Studio. **Resultados:** Se obtuvieron diferencias significativas con disminución de los niveles de glucosa y colesterol en animales suplementados con elevada proporción de aceites insaturados (T3 y T4) en comparación a T2. Los tratamientos T3 y T4 promovieron una formación hiperplásica de adipocitos, diferenciándose significativamente de T2, que promovió la hipertrofia en dichas células, esta respuesta fue similar en ambos depósitos subcutáneos. **Conclusiones:** El consumo de aceite de quinua y aceite de pescado promueve la formación de tejido adiposo saludable, y reducen los niveles de glucosa y colesterol. Contrariamente el consumo de manteca vegetal propicia la hipertrofia de adipocitos de gran tamaño e incrementa los parámetros bioquímicos evaluados. *Arch Latinoam Nutr* 2022; 72(4): 283-291.

Palabras clave: Aceite de quinua, aceite de pescado, ácidos grasos saturados, ácidos grasos poliinsaturados, adipocitos.

Abstract: Influence of fatty acids on blood parameters and formation of adipocytes at early age. Introduction: Feeding in early childhood influences the establishment of adipose tissue, and therefore also in the development of various pathologies in adulthood. **Objective:** To evaluate the influence of the consumption of three sources of fatty acids on blood parameters and adipose tissue at an early age. **Materials and methods:** 76 Cobb 500 chicks randomly distributed in four treatments were used, who were fed for seven days with one of the four diets (T1: Basal diet; T2: DB +1.0% vegetable shortening partially hydrogenated; T3: DB +1.0% quinoa oil and DB +1.0% fish oil) until the seventh day of life. At the end, glucose, cholesterol, triglycerides and adipocyte size of the subcutaneous and visceral adipose tissue were evaluated. A completely randomized design with ANOVA considering 0.05 significance was applied and in the case of non-normally distributed variables, the non-parametric Kruskal-Wallis test was applied using the R-Studio program. **Results:** Significant differences were obtained with a decrease in glucose and cholesterol levels in animals supplemented with unsaturated oils (T3 and T4) compared to T2. Regarding the size of adipocytes, treatments T3 and T4 promoted a hyperplastic formation of adipocytes, differing significantly from T2, which promoted hypertrophy in these cells, this response was similar in both subcutaneous deposits. **Conclusions:** The consumption of quinoa oil and fish oil promote the formation of healthy adipose tissue, in addition to reducing glucose and cholesterol levels. In contrast, the consumption of vegetable shortening favors the hypertrophy of large adipocytes and increases the biochemical parameters evaluated. *Arch Latinoam Nutr* 2022; 72(4): 283-291.

Keywords: Quinoa oil, fish oils, saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, adipocytes.

Introducción

La obesidad es considerada un grave problema de salud pública a nivel mundial, que constituye junto con el sobrepeso, uno de los principales factores de riesgo metabólico que conllevarían al

¹Departamento de Nutrición, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
Autor para la correspondencia: Ivonne M. Gutiérrez Zorrilla, E-mail: 20200932@lamolina.edu.pe



desarrollo de ECNT, cuyas siglas corresponden a enfermedades crónicas no transmisibles (1). Esta enfermedad no solo afecta a jóvenes y adultos, sino también a la población infantil, especialmente niños entre 5 y 9 años, en quienes se han evidenciado incrementos en la prevalencia de obesidad, que en el año 2014 alcanzó el 14,8%, habiendo para ese entonces duplicado su valor respecto al año 2008 (2). También se ha informado una prevalencia de obesidad en niños y adolescentes de hasta 20,0%; considerando la falta de actividad física y la adopción de una alimentación poco saludable, las causas principales para favorecer el desarrollo de la obesidad (3).

Se ha reportado que las regiones de mayor almacenamiento lipídico corresponden al tejido subcutáneo y al tejido adiposo visceral (4), e incluso se ha evidenciado que la adiposidad visceral está estrechamente relacionada con las anormalidades metabólicas e inflamatorias principalmente, incrementando así el riesgo de desarrollar ECNT (5,6). Además, diversas investigaciones demuestran la importancia de la formación saludable del tejido adiposo en los primeros años de vida, ya que de ello dependerá la cantidad de adipocitos formados en el organismo para la edad adulta y que repercutirá en el desarrollo de las patologías (7,8).

Por ello, es necesario la búsqueda de nuevos alimentos o la aplicación de componentes que favorezcan la instauración de un perfil lipídico saludable en el organismo; por lo que, se busca sustituir el tipo de ácido graso, es decir, los ácidos grasos saturados por insaturados, siendo los aceites una gran opción debido a su composición. Entre estos, el aceite de pescado es una fuente rica en ácidos grasos poliinsaturados y ampliamente usada como referente en estudios similares por su contenido de omega 3; sin embargo, es necesario conocer el efecto de otras fuentes alternativas de ácidos grasos insaturados como el aceite de quinua, que posee mayor contenido de omega 6 que omega 3, y de fuentes de consumo común como la manteca vegetal parcialmente hidrogenada como representante de fuente alta en ácidos grasos saturados. Por otro lado, los pollos de

engorde Cobb 500 recién eclosionados constituyen el mejor modelo animal para esta investigación, puesto que estos animales depositan el exceso de grasa a nivel abdominal de modo similar al humano y poseen habilidad para ingerir alimento inmediatamente después de eclosionar.

En tanto, resulta interesante evaluar la influencia del consumo de tres fuentes de ácidos grasos (aceite de quinua, aceite de pescado y manteca vegetal parcialmente hidrogenada) sobre los niveles de glucosa y lípidos en sangre, y el tejido adiposo a temprana edad en un modelo animal.

Materiales y métodos

Animales de experimentación

El diseño de la investigación fue experimental, por lo que, en la investigación se utilizaron 76 pollitos machos de la Línea Cobb 500, recién eclosionados asignados al azar a los tratamientos y ubicados en una jaula especialmente acondicionada a 38 °C y 75,0% HR durante el experimento.

Fuentes de ácidos grasos

Las fuentes utilizadas fueron Aceite de quinua, Aceite de pescado y Manteca vegetal parcialmente hidrogenada; debido a diferencias de ácidos grasos (AG) en su composición. Donde, el aceite de quinua fue extraído mediante fluidos supercríticos, utilizando 350 g de Quinua Pasankalla molida y tamizada, dióxido de carbono como disolvente, 250 bar de presión a 35°C/60 min; mientras que, el aceite de pescado proveniente del salmón y la manteca vegetal parcialmente hidrogenada fueron adquiridos del mercado local. Además, se determinó el perfil de AG de las fuentes estudiadas, mediante cromatografía de gases según lo recomendado por Michotte *et al.* (9); en tanto, se obtuvo una relación de AG saturados respecto a los insaturados (AGS/AGI) de 1:5, 1:4 y 1:1 para el aceite de quinua, aceite de pescado y manteca vegetal parcialmente hidrogenada; respectivamente (Tabla 1).

Formulación y elaboración de dietas experimentales

La dieta basal fue formulada según los requerimientos de la primera semana de vida de pollitos de la Línea Cobb 500 (2018), mediante el programa *Space Animal Nutrition* (Tabla 2). Mientras que, las dietas suplementadas con diferentes fuentes de AG fueron

Tabla 1. Perfil de ácidos grasos de manteca vegetal parcialmente hidrogenada, aceite de quinua y aceite de pescado.

| Composición (%) | Manteca vegetal parcialmente hidrogenada | Aceite de quinua | Aceite de pescado |
|-----------------|---|---------------------|----------------------|
| 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 | 3,24 ± 0,22 |
| C15.0 | Ácido pentadecanoico | 0,06 ± 0,00 | 0,24 ± 0,01 |
| C16.0 | Ácido palmítico | 42,73 ± 0,20 | 11,23 ± 0,86 |
| C16.1 | Ácido palmitoleico | 0,11 ± 0,20 | 2,71 ± 0,15 |
| C17.0 | Ácido heptadecanoico | 0,10 ± 0,00 | 0,19 ± 0,01 |
| C17.1 | Ácido cis -10 heptadecanoico | - | 0,13 ± 0,02 |
| C18.0 | Ácido esteárico | 5,54 ± 0,06 | 3,38 ± 0,31 |
| C18.1 | Ácido elaidico | - | 0,13 ± 0,00 |
| C18.1 | Ácido oleico | 38,37 ± 0,10 | 33,64 ± 0,04 |
| C18.2 | Ácido linoleaidico | 0,10 ± 0,00 | 3,25 ± 0,06 |
| C18.2 | Ácido linoleico | 10,38 ± 0,22 | 14,21 ± 0,42 |
| C18.3 | Ácido gamma-linolénico | 0,04 ± 0,00 | 0,17 ± 0,00 |
| C18.3 | Ácido linolénico | 0,28 ± 0,02 | 7,85 ± 0,34 |
| C20.0 | Ácido araquídico | 0,39 ± 0,01 | 0,27 ± 0,00 |
| C20.1 | Ácido cis-11-eicosanoico | 0,17 ± 0,00 | 3,26 ± 0,07 |
| C20.2 | Ácido cis-11,14- eicosadienoico | - | 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 | - | 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 | 0,12 ± 0,00 |
| C22.1 | Ácido erucico | - | 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 |
| | AGS | 49,91 | 19,89 |
| | AGPI | 10,82 | 39,76 |
| | AGS/AGI | 1:1 | 1:4 |

EPA: Ácido eicosapentaenoico. DHA: Ácido docosahexaenoico AGS: Ácidos grasos saturados. AGPI: Ácidos grasos poliinsaturados AGI: Ácidos grasos insaturados

Los valores indicados corresponden a la media ± desviación estándar.

Tabla 2. Composición porcentual y valor nutricional calculado de la dieta basal experimental de pollitos Cobb 500.

| Ingredientes (%) | Dieta basal |
|------------------------------------|-------------|
| 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 |
| Total | 100,0 |
| Valor nutricional calculado, % | |
| 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% Dieta basal (DB) +3% material inerte; T2: 97% DB +3% manteca vegetal parcialmente hidrogenada; T3: 97% DB +3% aceite de quinua; T4: 97% DB +3% aceite de pescado. BMD: Bacitracina Metileno Disalicilato.

elaborados diariamente para reducir la oxidación y deterioro de los mismos.

La duración de crianza de los animales fue de siete días y durante este tiempo, un grupo de 19 animales recibieron, *ad libitum*, una de las cuatro dietas experimentales (tratamientos,

T) preparadas de la siguiente manera: T1, 97% de Dieta basal (DB) + 3% material inerte; T2, 97% de DB + 3% de manteca vegetal parcialmente hidrogenada; T3, 97% de DB + 3% de aceite de quinua, y T4, 97% de DB + 3% de aceite de pescado.

Culminado el periodo de experimentación, todos los animales fueron sometidos a aturdimiento para la extracción de muestras de sangre, y posteriormente sacrificados mediante dislocación cervical para la extracción de tejido adiposo, acciones que fueron realizadas por personal capacitado en dichas técnicas. Es necesario señalar que, el estudio fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación de la Universidad Nacional Agraria La Molina, mediante el informe 002-2022-CEI-UNALM.

Determinación de glucosa, colesterol y triglicéridos

Durante el aturdimiento, el animal fue punzado en el cuello para obtener gotas de sangre que fue recogida mediante capilares, colocadas en las tiras reactivas y estas a su vez analizadas por el dispositivo *On Call® Advanced* para glucosa y *Mission® Cholesterol Meter* para determinar niveles de triglicéridos (TG) y colesterol total (10).

Determinación del tamaño de adipocitos

Constatada la muerte del animal, se procedió a abrir el abdomen con un bisturí para remover el tejido adiposo subcutáneo abdominal y el visceral (considerando la suma de grasa gonadal, mesentérica y retroperitoneal), ambos tejidos fueron lavados con suero fisiológico y secados con papel toalla.

Luego, ambas muestras fueron embebidas en formaldehído al 10,0% durante 24 horas, posterior a ello, cada tejido fue fijado y teñido con hematoxilina/eosina según lo sugerido por Hollemans *et al.* (11), con algunas modificaciones. Obtenidas las láminas, se procedió a la lectura a través del *software Leica Application Suite* mediante el microscopio Leica modelo DM750 con cámara incorporada modelo ICC50W, utilizando el objetivo 20x y 40x para el depósito subcutáneo y visceral, respectivamente. De las vistas, los adipocitos fueron agrupados según su diámetro, como sigue: <25µm muy pequeño o escombros, 26-50µm pequeños, 51-90µm normales, 91-130µm grandes y >130µm muy grandes (12).

Análisis Estadístico

Se aplicaron separadamente pruebas de normalidad sobre las variables respuesta: glucosa, colesterol,

triglicéridos y adipocitos. En el caso del colesterol y triglicéridos, cuyas distribuciones fueron aceptadas como normal, las comparaciones entre tratamientos se efectuaron aplicando un test de ANOVA; mientras que, para la glucosa y ambos depósitos subcutáneos, se aplicó el método no paramétrico de Kruskal-Wallis. En todos los casos se consideró un valor-P menor de 0,05 como estadísticamente significativo, mediante el programa estadístico R Studio 4.1.1 (2021).

Resultados

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en relación al consumo de alimentos, la ganancia de peso y la eficiencia alimentaria, lo

cual evidencia que no hubo influencia sobre la palatabilidad de dieta, manteniéndose un adecuado crecimiento y desarrollo de animales.

Niveles sanguíneos de glucosa, colesterol y triglicéridos

Los niveles de glucosa, colesterol y triglicéridos fueron significativamente superiores para T2 respecto a los demás tratamientos, mientras que, las dietas T3 y T4 resultaron con valores similares al control (T1) en lo relativo a glucosa y colesterol. Se encontró además que, los niveles de triglicéridos de T3 y T4 fueron superiores al control (Tabla 3).

Tabla 3: Parámetros sanguíneos y clasificación según tamaño de adipocitos del depósito subcutáneo y visceral de animales de experimentación alimentados con dietas que contenían diferentes fuentes de ácidos grasos.

| Variables | T1 | T2 | T3 | T4 | Valor de p |
|---------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------|
| Sangre (mg/dL) | | | | | |
| Glucosa | 127,33 ^{bc} ± 15,84 | 142,67 ^a ± 14,73 | 134,33 ^b ± 8,12 | 133,67 ^b ± 11,78 | 0,00014 |
| Colesterol | 177,00 ^{ab} ± 5,91 | 190,60 ^a ± 18,88 | 150,40 ^b ± 21,24 | 158,60 ^b ± 18,16 | 0,0079 |
| Triglicéridos | 46,20 ^c ± 1,64 | 67,60 ^a ± 1,52 | 51,40 ^b ± 1,34 | 50,40 ^b ± 2,51 | 1,42e-11 |
| Tamaño de Adipocitos Subcutáneos (µm) | | | | | |
| 0-25 | 439,52 ^{ab} ± 151,39 | 393,65 ^a ± 181,38 | 458,61 ^a ± 368,66 | 428,00 ^c ± 420,17 | 0,0012 |
| 26-50 | 72,21 ^{ab} ± 21,97 | 41,39 ^c ± 19,80 | 73,07 ^a ± 13,65 | 82,89 ^a ± 9,91 | 1,05e-10 |
| 51-90 | 13,24 ^b ± 10,14 | 12,76 ^{ab} ± 5,19 | 15,04 ^a ± 6,20 | 16,72 ^a ± 5,06 | 0,041 |
| 91-130 | 0,00 ^b ± 0,00 | 0,57 ^a ± 0,63 | 0,00 ^b ± 0,00 | 0,00 ^b ± 0,00 | 5,15e-11 |
| 131 a mas | 0,00 ^b ± 0,00 | 0,10 ^a ± 0,40 | 0,00 ^b ± 0,00 | 0,00 ^b ± 0,00 | 0,027 |
| Tamaño de Adipocitos Visceral (µm) | | | | | |
| 0-25 | 420,68 ^a ± 115,75 | 373,32 ^a ± 201,30 | 468,05 ^a ± 233,50 | 440,23 ^a ± 187,21 | 0,121 |
| 26-50 | 70,69 ^{bc} ± 22,06 | 34,58 ^d ± 202,97 | 74,62 ^b ± 236,12 | 78,85 ^a ± 190,96 | 9,50e-11 |
| 51-90 | 10,31 ^{abc} ± 9,17 | 11,92 ^{bc} ± 4,74 | 14,69 ^{ab} ± 7,05 | 14,65 ^a ± 6,27 | 0,007 |
| 91-130 | 0,00 ^b ± 0,00 | 0,57 ^a ± 0,63 | 0,00 ^b ± 0,00 | 0,00 ^b ± 0,00 | 5,15 e-11 |
| 131 a mas | 0,00 ^a ± 0,00 | 0,13 ^a ± 0,43 | 0,00 ^a ± 0,00 | 0,00 ^a ± 0,00 | 0,10 |

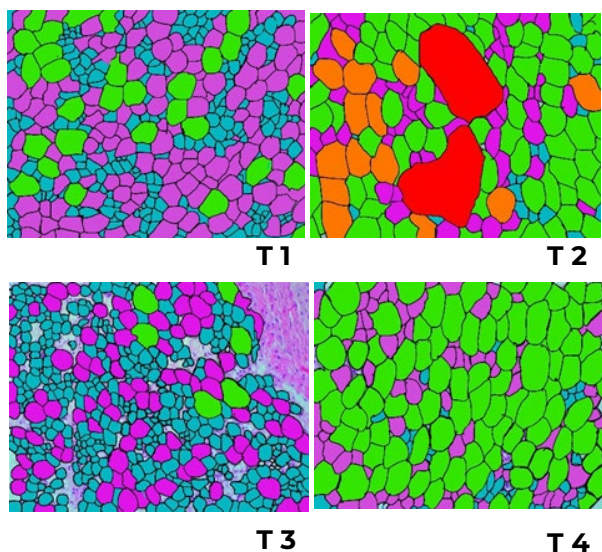
T1: Dieta basal; T2: DB + 1,0% de manteca vegetal [parcialmente hidrogenada]; T3: DB + 1,0% de aceite de quinua; T4: DB + 1,0% de aceite de pescado. P < 0,05

Los parámetros de colesterol y triglicéridos fueron analizados por ANOVA, mientras que, para glucosa y adipocitos de ambos depósitos se utilizó Kruskal-Wallis. a-c: Letras diferentes en una misma fila evidencia diferencias significativas entre tratamientos. Los valores indicados corresponden a la media ± desviación estándar.

Clasificación del tamaño de adipocitos

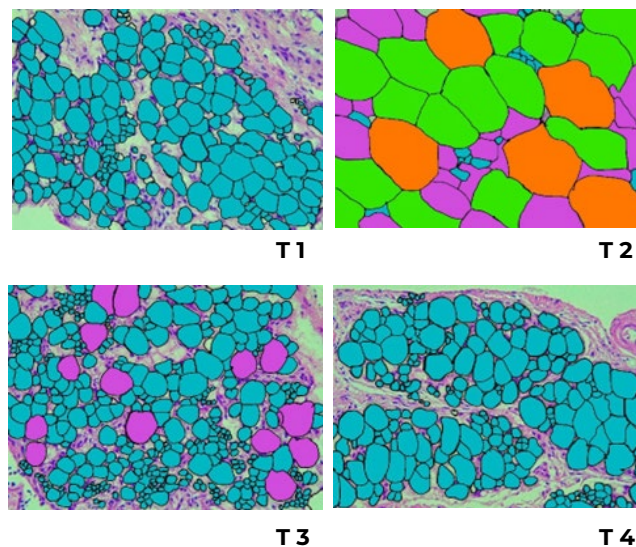
En referencia al depósito subcutáneo (Figura 1), tanto el consumo de T3 como de T4 promovieron un cambio en el tamaño de los adipocitos, dando lugar a la formación de mayor número de adipocitos pequeños

y normales en comparación con T2. En contraste, los animales suplementados con T2 formaron mayor cantidad de adipocitos grandes y muy grandes en comparación a los demás tratamientos. Similar tendencia fue determinada en el tejido adiposo visceral (Figura 2), los valores obtenidos de ambos depósitos se muestran en la tabla 3.



- Leyenda
- Escombros (0-25 µm)
 - Pequeños (26-50 µm)
 - Normal (51-90 µm)
 - Grande (91-130 µm)
 - Muy grande (>130 µm)

Figura 1: Análisis microscópico del tejido adiposo subcutáneo de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos. T1: 97% Dieta basal (DB) + 3% material inerte; T2: 97% DB + 3% manteca vegetal parcialmente hidrogenada; T3: 97% DB + 3% aceite de quinua; T4: 97% DB + 3% aceite de pescado. Objetivo 20X (Leica DM750).



- Leyenda
- Escombros (0-25 µm)
 - Pequeños (26-50 µm)
 - Normal (51-90 µm)
 - Grande (91-130 µm)
 - Muy grande (>130 µm)

Figura 2: Análisis microscópico del tejido adiposo visceral de pollitos Cobb 500 alimentados con dietas conteniendo diferentes fuentes de ácidos grasos. T1: 97% Dieta basal (DB) + 3% material inerte; T2: 97% DB + 3% manteca vegetal parcialmente hidrogenada; T3: 97% DB + 3% aceite de quinua; T4: 97% DB + 3% aceite de pescado. Objetivo 40X (Leica DM750).

Discusión

La composición de AG presentes en la dieta influye sobre la formación de adipocitos en los depósitos subcutáneo y visceral, ya que los animales alimentados con dietas T3 y T4 evidenciaron hiperplasia, caracterizados por una mayor presencia de adipocitos de tamaños pequeños y normales; mientras que, el consumo de T2 produjo hipertrofia a favor de los adipocitos de tamaño grande y muy grande. Otras investigaciones realizadas en animales también obtuvieron similar respuesta en pollos alimentados con aceite de pescado y manteca (7), además de una menor deposición subcutánea y mesentérica demostrándose que los AG poliinsaturados y AG monoinsaturados (AGPI y AGM; respectivamente, tienen influencia sobre los depósitos de grasa (13-15); esto podría deberse a cambios específicos en la expresión génica (16), donde los AGPI pueden promover la β -oxidación de los AG (17) e incrementar la actividad de las enzimas L-3-hidroxiacil-CoA deshidrogenasa (18) y la carnitina palmitoiltransferasa-I (19, 20). Además, los adipocitos pequeños (hasta 50 μ m) se relacionan con la posible presencia de adipocitos beige por su tamaño, presencia en el tejido adiposo blanco en el depósito subcutáneo, y formada probablemente a través de una transdiferenciación de adipocitos blancos existentes (21), lo que resultaría interesante ahondar en un próximo estudio.

En relación a humanos, la literatura ha reportado la correlación entre el consumo de dietas altas en AGS y el desarrollo de ECNT, ya que incrementan el almacenamiento de lípidos en el tejido adiposo desarrollando células de mayor tamaño y con mayor contenido de TG, esto promueve una mayor secreción de leptina y consecuentemente de macrófagos (IL-1 β , IL-6 y TNF- α), generando la inflamación del tejido adiposo subcutáneo (22). Al respecto, se ha determinado que los AGPI omega-3 (EPA y DHA) derivados del aceite de pescado atenúan la actividad inflamatoria y reducen la lipogénesis en adipocitos humanos in vitro (23), además, se ha reportado que los AGM son capaces de reducir la adiposidad visceral (24),

El contenido de AGPI y AGM presentes en T3 y T4 redujeron los niveles sanguíneos de glucosa y colesterol. Esta respuesta favorable del consumo de aceite de quinua o aceite de pescado, estaría relacionado con su alto contenido de AGI respecto a los AGS, que han evidenciado ser capaces de reducir el contenido de colesterol total y la lipoproteína de

baja densidad (LDL-C) en sangre, además de mejorar la sensibilidad de la insulina y la presión arterial (25, 26), incluso otros autores como Ibrahim *et al.* (27), sostienen que los AGPI reducen el colesterol en sangre siendo esto atribuible al perfil de ácidos grasos de la dieta.

Por el contrario, el consumo de AGS tiene una asociación positiva significativa con la resistencia a la insulina, la glicemia y niveles elevados de colesterol (28-31). Por otro lado, los niveles de triglicéridos superiores de animales alimentados con aceites (T3 y T4) en comparación al control, se debe a que la composición de AGI de los aceites, que promueven mayor liberación de AG libres de cadena media en el torrente sanguíneo incrementándose los valores de éste en sangre, lo que demuestra que el tipo de ácido graso consumidos influye sobre los lípidos plasmáticos (29).

Limitaciones:

La determinación de parámetros bioquímicos se realizó mediante dispositivos de prueba rápida utilizados en humanos, los cuales tienen rangos de medición específicos basados en fotometría de reflexión, debido a su bajo costo y fácil manejo. Asimismo, si bien el modelo animal utilizado acumula grasa en depósitos similares al humano, no es posible inferir dicha respuesta, pero si resulta necesario investigar más al respecto debido a los hallazgos obtenidos y su relación con la salud.

Conclusiones

La ingesta de manteca vegetal parcialmente hidrogenada incrementa el perfil lipídico y promueve la hipertrofia en el tejido adiposo subcutáneo y visceral en pollos Cobb recién eclosionados, lo que generaría una alta predisposición a desarrollar obesidad u otras patologías en la edad adulta. Por el contrario,

el consumo de aceite de quinua o aceite de pescado mantiene los niveles de glucosa, reduce el colesterol en sangre y promueve la hiperplasia de adipocitos en ambos depósitos; favoreciendo la instauración de un tejido adiposo saludable en la edad adulta.

Agradecimiento

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

Conflicto de interés

Los autores expresan que no hay conflictos de intereses al redactar el manuscrito.

Referencias

1. Organización Mundial de la Salud. Enfermedades no transmisibles c2021 Disponible en : <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>
2. Malo-Serrano M, Castillo N, Pajita D. La obesidad en el mundo. An Fac Med. 2017; 78(2):173-178.
3. García MAJ, Creus GED. Obesity as a risk factor, its determinants and treatment. Rev Cubana Med Gen Integr. 2016;32(3):1-13.
4. Pérez M, Cabrera W, Varela G, Garaulet, M. Distribución regional de la grasa corporal: Uso de técnicas de imagen como herramienta de diagnóstico nutricional. Nutr Hosp. 2010; 25(2): 207-223.
5. Almeida E, Sabino CP, Leão APD, Rodrigues I, Diniz AS, Arruda IK. Razón entre grasa visceral y subcutánea como predictor de alteraciones cardiometabólicas. Rev Chil Nutr. 2018; 45(1): 28-36.
6. Hernández G, Rivera J, Serrano R, Villalta D, Abbate M, Acosta L, et al. Adiposidad visceral, patología y medición. Rev Venez Endocrinol Metab. 2017; 15(2):70-7.
7. Torchon ET, Das S, Beckford RC, Voy BH. Enriching the starter diet in n-3 polyunsaturated fatty acids reduces adipocyte size in broiler chicks. Curr Dev Nutr. 2017; 1(11):1-5.
8. Kim M, Voy BH. Fighting Fat with Fat: n-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Adipose Deposition in Broiler Chickens. Front. Physiol. 2021; 12:755317.
9. Michotte D, Rogez H, Chirinos R, Mignolet E, Campos D, Larondelle Y. Linseed oil stabilization with pure natural phenolic compounds. Food Chem. 2011; 129:1228-31.
10. Vieira PL, Araujo GN, Telo GH, Smidt LFS, Jost MF, Furtado MV, et al. Valores de LDL-Colesterol Estimados pela Equação de Friedewald são Afetados pelo Controle do Diabetes. Int J Cardiovasc Sci. 2016; 29(5):348-54.
11. Hollemans MS, Van J, de Vries G, Kemp B, Lammers A, de Vries S. Intestinal epithelium integrity after delayed onset of nutrition in broiler chickens. Poult Sci. 2020; 99(12):6818-6827.
12. Boqué N. Investigación de extractos ricos en polifenoles con actividad protectora frente al desarrollo de la obesidad: Mecanismos nutrigenómicos implicados [tesis doctoral]. España: Universidad de Navarra; 2012.
13. Kim M, Voy BH. Fighting Fat With Fat: n-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Adipose Deposition in Broiler Chickens. Front Physiol. 2021; 12: 755317. doi: 10.3389/fphys.2021.755317.
14. Huang CW, Chien YS, Chen YJ, Ajuwon KM, Mersmann HM, Ding ST. Role of n-3 Polyunsaturated Fatty Acids in Ameliorating the Obesity-Induced Metabolic Syndrome in Animal Models and Humans. Int J Mol Sci. 2016; 17(10):1689.
15. González-Ortiz G, Sala R, Cánovas E, Abed N, Barroeta AC. Consumption of dietary n-3 fatty acids decreases fat deposition and adipocyte size, but increases oxidative susceptibility in broiler chickens. Lipids. 2013; 48(7):705-717. doi: 10.1007/s11745-013-3785-3.
16. Mohammadpour F, Darmani-Kuhi H, Mohit A, Sohani M. Obesity, insulin resistance, adiponectin, and PPAR-g gene expression in broiler chicks fed diets supplemented with fat and green tea (*Camellia sinensis*) extract. Domest Anim Endocrinol. 2020; 72:106440.
17. Skřivan M, Marounek M, Englmaierová M, Čerma k L, Vlčkova J, Skřivanová E Effect of dietary fat type on intestinal digestibility of fatty acids, fatty acid profiles of breast meat and abdominal fat, and mRNA expression of lipid related genes in broiler chickens. PLoS ONE. 2018; 13(4): e0196035.
18. Ferrini G, Manzanilla EG, Menoyo D, Esteve-Garcia E, Baucells MD, Barroeta AC. 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. 2010; 131(2-3):287-91.
19. Head B, Bionaz M, Cherian G. Flaxseed and Carbohydrase Enzyme Supplementation Alters Hepatic n-3 Polyunsaturated Fatty Acid Molecular Species and Expression of Genes Associated with Lipid Metabolism in Broiler Chickens. Vet Sci. 2019; 6(1)25: 2-11
20. Sanz M, López CJ, Menoyo D, Bautista JM. Abdominal fat deposition and fatty acid synthesis are lower and beta-oxidation is higher in broiler chickens fed diets containing unsaturated rather than saturated fat. J Nutr. 2020; 130(12):3034-37.
21. Frigolet ME, Gutiérrez-Aguilar R. Los colores del tejido adiposo. Gac Méd Méx. 2020; 156 (2): Epub 26-Mayo-2021
22. Ravaut G, Légiot A, Bergeron KF, Mounier C. Monounsaturated Fatty Acids in Obesity-Related

- Inflammation. *Int J Mol Sci.* 2021;22(1): 330. doi: 10.3390/ijms22010330
23. Ferguson JF, Roberts-Lee K, Borcea C, Smith HM, Midgette Y, Shah R. Omega-3 polyunsaturated fatty acids attenuate inflammatory activation and alter differentiation in human adipocytes. *J Nutr Biochem.* 2019;64: 45-49.
 24. Liu X, Kris-Etherton PM, West SG, Lamarche B, Jenkins DJA, Fleming JA, et al. Effects of canola and high-oleic-acid canola oils on abdominal fat mass in individuals with central obesity. *Obesity.* 2016;24(11):2261-8.
 25. Sociedad Interamericana de Cardiología. Dieta con ácido linoleico y riesgo de enfermedad coronaria; c2015. Disponible en: <https://www.siacardio.com/editoriales/dieta-con-acido-linoleico-y-riesgo-de-enfermedad-coronaria/>
 26. Kuda O, Rossmesl M, Kopecky J. Omega-3 fatty acids and adipose tissue biology. *Mol Aspects Med.* 2018; 64:147-160. doi: 10.1016/j.mam.2018.01.004.
 27. Ibrahim D, El-Sayed R, Khater SI, Said EN, El-Mandrawy SAM. Changing dietary n-6:n-3 ratio using different oil sources affects performance, behavior, cytokines mRNA expression and meat fatty acid profile of broiler chickens. *Anim Nutr.* 2018; 4(1): 44-51. doi: 10.1016/j.aninu.2017.08.003.
 28. Velasco S, Ortiz LT, Alzueta C, Rebolé A, Treviño J, Rodríguez ML. 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.* 2010;89(8):1651-62.
 29. Attia YA, Al-Harhi MA, Abo El-Maaty HM. The Effects of different oil sources on performance, digestive enzymes, carcass traits, biochemical, immunological, antioxidant, and morphometric responses of broiler chicks. *Front Vet Sci.* 2020; 7:181. doi: 10.3389/fvets.2020.00181
 30. Al-Tawash ASA, Al-Bachry WSJ, Al-Khaikani SAM. Effects of Canola Oil on Fatty Acids and Biochemical Traits of Blood Plasma in Broiler Chickens. *Int J Poult Sci.* 2020; 19:37-41.
 31. Małodobra-Mazur M, Cierznia A, Pawełka D, Kaliszewski K, Rudnicki J, Dobosz T. Metabolic Differences between Subcutaneous and Visceral Adipocytes Differentiated with an Excess of Saturated and Monounsaturated Fatty Acids. *Genes* 2020;11(9):1092. doi: 10.3390/genes11091092.

Recibido: xx/xx/2022
Aceptado: xx/xx/2022