



Variación del perfil lipídico en ratas Holtzman con dislipidemia inducida por el aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo)

María Elena Revilla-Velásquez¹, Jorge Arroyo-Acevedo^{2,3}, Fernanda Chamba-Granda⁴

Información del artículo

Historia del artículo

Recibido: 05/12/2018
Aprobado: 10/06/2019

Autor corresponsal

María Elena Revilla-Velásquez
elenarevillave@yahoo.com
998970062

Financiamiento

Autofinanciado

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés

Contribución de autores

MERV, JAA, FCHG, intervinieron en la concepción y diseño del artículo, recolección de datos, análisis e interpretación de datos, redacción del artículo; revisión crítica del artículo y aprobación de la versión final.

Citar como

Revilla-Velásquez ME, Arroyo-Acevedo J, Chamba-Granda F. Variación del perfil lipídico en ratas Holtzman con dislipidemia inducida por el aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo). Rev Peru Med Integrativa. 2019;4(2):49-57.

Resumen

Objetivo: Verificar modificaciones del perfil lipídico (PL) en ratas Holtzman por aceite de *Sacha Inchi Plukenetia volubilis* Linneo (ASI), peso corporal (PC) y bioquímicas, en dislipidemia inducida por colesterol. Evaluar modificaciones del perfil lipídico (PL) induciendo colesterol a ratas Holtzman, por aceite de *Sacha Inchi Plukenetia volubilis* Linneo. **Materiales y métodos:** Estudio cuantitativo, experimental y correlacional; utilizándose el método de Ruiz-Roso et al (2003) y Arroyo y col (2007); 40 ratas fueron distribuidas al azar en 5 grupos: control negativo SSF 4 mL/kg; control positivo goma tragacanto (GT) 2% 4 mL/kg; colesterol (C) 120 mg/kg en GT (CGT); CGT + atorvastatina 40 mg/kg; CGT + ASI 300 mg/kg; administrados oralmente una vez diariamente durante dos meses; se determinó PL, PC, Glucosa, TGO, TGP. Aplicándose análisis descriptivo mediante frecuencias absolutas y relativas; analítico correlación de Pearson y análisis de varianza con medidas repetidas. **Resultados:** El perfil lipídico con aceite de *Sacha Inchi* no mostró cambios en el colesterol total, aumentando el VLDL en 36,80 %, triglicéridos 35,29%, PC 30,86%, TGP en 22,10%; disminuyendo la LDL 26,72 %, HDL 7,83%, la glicemia 10,64%, TGO 18,68%. Con Atorvastatina se incrementó el colesterol 7,34%, VLDL 24,12%, triglicéridos 21%, PC 40,85%, TGP 15,44%; reduciendo el LDL 14,63%, HDL 6%, glicemia 11,44% y TGO. **Conclusión:** En las condiciones experimentales se ha demostrado aceite de Sacha inchi y atorvastatina inducen reducción de la LDL, aumento de la VLDL y sin modificación del colesterol total e incremento del peso corporal.

Palabras clave: Aceite de Sacha Inchi, perfil lipídico, peso corporal

Abstract

Objective: To verify modifications of the lipid profile (PL) in Holtzman rats by *Sacha Inchi Plukenetia Volubilis* Linneo (ASI) oil, body weight (PC) and biochemical, in cholesterol-induced dyslipidemia. To evaluate modifications of the lipid profile (PL) by inducing cholesterol in Holtzman rats, by Sacha Inchi oil *Plukenetia volubilis* Linneo. **Materials and methods:** Quantitative, experimental and correlational study. Using the method of Ruiz-Roso (2003) and Arroyo (2007), 40 rats were randomly distributed in 5 groups: negative control SSF 4 mL / kg; positive control tragacanth gum (GT) 2% 4 mL / kg; cholesterol (C) 120 mg / kg in GT (CGT); CGT + atorvastatin 40 mg / kg; CGT + ASI 300 mg / kg, administered orally once daily for two months; PL, PC, Glucose, TGO, TGP were determined. Descriptive analysis using absolute and relative frequencies; Analytical Pearson correlation and analysis of variance with repeated measures were applied. **Results:** The lipid profile with *Sacha Inchi* oil showed no changes in total cholesterol, increasing VLDL by 36.80%, triglycerides 35.29%, PC 30.86%, TGP in 22.10%; lowering LDL by 26.72%, HDL 7.83%, glycemia 10.64%, TGO 18.68%. With Atorvastatin, it increased cholesterol by 7.34%, VLDL 24.12%, triglycerides 21%, PC 40.85%, TGP 15.44%; and lowered LDL 14.63%, HDL 6%, glycemia 11.44% and TGO. **Conclusion:** Under experimental conditions, Sacha Inchi oil and atorvastatin were found to lower LDL, and increase VLDL without modifying total cholesterol or body weight increase.

Keywords: Sacha Inchi oil, lipid profile, body weight

¹ Instituto Nacional de Salud del Niño

² Instituto de Investigaciones Clínicas, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

³ Laboratorio de Farmacología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

⁴ Unidad de Posgrado de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

Introducción

El Sasha Inchi (*Plukenetia volubilis linneo*) es una planta de la familia de las Euphorbiaceae que se encuentra distribuida desde América Central hasta Bolivia. En el Perú crece principalmente en la selva alta y baja¹. Es conocido, desde hace miles de años, por los nativos de la Amazonía peruana, los cuales lo utilizaban para recuperar fuerzas o para aprovechar el uso de su aceite y harina, a manera de ungüento para dolores musculares y con acciones cosméticas para el rejuvenecimiento de la piel. Además, forma parte de la dieta alimenticia de muchas sociedades indígenas².

Según Huaman J, *et al*, determinó la semilla del Sacha Inchi tiene un contenido en ácidos grasos de 35 a 60 % y de ellos 45-55 % son omega 3, siendo la fuente vegetal más rica en estos ácidos superando a la linaza y al aceite de pescado. La composición porcentual de ácidos grasos contenidos en el aceite de "Sacha inchi" es: Palmítico 3.65 %, esteárico C 18:0 2.54 %, oleico omega 9 C 18:1 w9 8.40 %, linoléico omega 6 C 18:2 w6 36.80 %, alfa Linoléico omega 3 C 18:3 w3 48.61 %, total saturados 6.19 % y total insaturados 93.81 %^{3,4}.

La semilla del Sacha Inchi se compone del 48-50% de aceite y 27-28 % de proteínas⁵, y son fuentes ricas en ácidos grasos poliinsaturados, que incluyen 42-48 % de ácido linoléico (omega 3) y 32-37 % de ácido linoleico (omega 6), con 12 % de monoinsaturados. Es también fuente de importante cantidad de tocoferoles, fitosteroles y compuestos fenólicos, que brindan un elevado poder antioxidantes⁵⁻⁷. Debido a esta privilegiada composición, rica en ácidos grasos insaturados, es de relevante importancia en la alimentación y en la salud⁸, y ha sido objeto de numerosos estudios, desde su composición bioquímica, hasta su aplicación terapéutica, en las que resalta su función en la reducción del nivel de colesterol en sangre, prevención de la arterosclerosis, prevención de enfermedades cardíacas, tratamiento coadyuvante en tuberculosis, reconstituyente en personas de tercera edad e industria cosmética².

Estudios experimentales en ratas Holtzman sugieren la inocuidad de la semilla Sacha Inchi⁹, así como el poder reductor de los triglicéridos y LDL superior al manejo farmacológico¹⁰. Estudios experimentales en humanos sugieren que la ingesta del aceite de Sacha Inchi en pacientes con dislipidemia produce efectos benéficos sobre el perfil lipídico al disminuir los valores promedio de colesterol total y ácidos grasos no esterificados, con una elevación del colesterol HDL¹¹. En humanos sanos también existen reportes de disminución de los lípidos plasmáticos luego del consumo de Sacha Inchi¹².

El aceite de sachu inchi no solo reduce los triglicéridos séricos y el colesterol, también disminuye los biomarcadores estrés oxidativo. El aceite de sachu inchi es de particular interés por sus altos niveles de omega 3 y ácidos grasos omega 6, α -linoléico y linoleico, para beneficios de salud de los seres humanos. Ya que disminuyen la presión arterial y los triglicéridos, que son Factores de riesgo establecidos para la enfermedad cardiovascular, además se ha observado que disminuye la inflamación^{4,13}.

Basado en estudios de Arroyo et al. 2018 concluye que el aceite de Sacha inchi tiene propiedades antimutagénicas. La presencia de polifenoles, monoterpenos y ácidos grasos tienen una gran capacidad antioxidante esto estimularía la eliminación de los radicales libres. Suprimiendo la genotoxicidad de los agentes químicos probado en ratones albinos BALB /c, por lo que se puede determinar que el consumo de aceite esencial de Sacha inchi no produce mutagenicidad y se determinaría aceite de Sacha inchi es seguro para realizar diversos fitofármacos¹⁴.

A pesar del notable incremento en el número y diversidad de publicaciones de estudio, principalmente los correspondientes a la caracterización de las partes y derivados de las plantas de Sacha Inchi, es importante seguir investigando sus funcionalidades biológicas que incluyan principalmente los cambios metabólicos derivados de su aceite y/o extractos. Es así que este trabajo se propuso estudiar y comprobar las modificaciones en el perfil lipídico de ratas Holtzman a ocho semanas de la administración oral de aceite de Sacha Inchi.

Materiales y métodos

Diseño y población de estudio

Estudio cuantitativo, experimental y de alcance correlacional. Se incluyó una muestra de 40 ratas Holtzman de aproximadamente dos a tres meses de edad (equivalente a 30 años en los humanos) procedentes del Instituto Nacional de Salud de Chorrillos del MINSA Lima- Perú, con peso entre 250 g $\pm$ 10 g, vírgenes a tratamientos experimentales con alimentación balanceada, agua a libertad y a temperatura ambiente (12 horas de luz, 12 horas de oscuridad).

Grupos de experimentación

Se conformaron 5 grupos de 8 ratas cada uno (4 machos y 4 hembras). Cada grupo recibió una formulación distinta distribuida de la siguiente forma:

- Grupo 1: Dieta normal + suero fisiológico 4 mL/kg

- Grupo 2: Dieta normal + solvente del colesterol 4 mL/kg
- Grupo 3: Dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente del colesterol 4 mL/kg
- Grupo 4: Dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente del colesterol 4 mL/kg + atorvastatina 15 mg/kg
- Grupo 5: Dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente del colesterol 4 mL/kg + aceite Sacha Inchi 300 mg/kg

La “dieta normal” corresponde a la dieta comercial adquirida para ratas Holtzman.

Desenlaces

La evaluación del perfil lipídico consistió en medir el colesterol total, el colesterol HDL, el colesterol VLDL y los triglicéridos. La evaluación de las características nutricionales y bioquímicas se evaluó a través de la toxicidad oral a los 60 días, peso y control de glucosa. La toxicidad fue definida a través de los niveles sanguíneos de transaminasas.

Procedimiento

Semillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) fueron obtenidas de los campos de productores y acopiadores de las principales zonas de producción de los departamentos de Ucayali, San Martín, Huánuco, Junín y Loreto del Perú, fueron recolectadas entre los meses de enero y abril del año 2009; El aceite de Sacha inchi fue obtenido y procesado por Gorriti y colaboradores en el Laboratorio de la Cátedra de Farmacognosia y Medicina Tradicional de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM (Gorriti-a, et al., 2010; Gorriti-b, et al., 2010).^{15,16}

El método y procedimiento se ha seguido según: Ruiz-Roso, et al., 2003, y Arroyo et al., 2007. Las ratas elegidas fueron alojadas en cajas de madera con tapa de rejilla, las cuales estuvieron debidamente identificadas y rotuladas. Se les administró las formulaciones por sonda orogástrica de acuerdo a lo descritos en la sección de grupos de experimentación. Se tuvo un periodo de adaptación de las ratas al nuevo medio ambiente, para observar posibles efectos secundarios y evaluar de dónde se les extraerían las muestras para determinar el perfil lipídico y las características nutricionales y bioquímicas. En este periodo de adaptación se extrajo 2 muestras de sangre, separadas por 15 días, y se evaluó el perfil lipídico y toxicidad (dosajes de transaminasas). Luego de estas 2 primeras evaluaciones se consideró que las ratas estaban adaptadas al nuevo medio ambiente y a las formulaciones aplicadas, por lo que se decidió hacer la primera medición a los 13 y 36 días de la última evaluación de adaptación.

La recolección de datos se hizo uso de una “Hoja de trabajo diario” (ver Anexo) que se elaboró previamente. Esta hoja

de trabajo diario fue completada a diario por un médico veterinario contratado para el estudio.

Análisis Estadístico

Para el análisis descriptivo, las variables colesterol total, colesterol HDL, colesterol LDL, colesterol VLDL, triglicéridos, peso, glucosa sanguínea, TGO y TGP fueron expresadas en frecuencias absolutas dependiente el grupo de tratamiento en el que se experimentó o independientemente de ellos.

Para la estadística analítica, se realizó la correlación de Pearson entre las variables que definen el perfil lipídico con las variables que miden las características nutricionales y bioquímicas. Esta correlación fue realizada un mes antes de terminar con el tratamiento y al final del tratamiento. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con medidas repetidas para evaluar si las correlaciones de los pesos representan cambios significativos en las ratas Holtzman. Este ANOVA se realizó siempre y cuando se cumpla el criterio de constancia de la variabilidad a través de las mediciones. De no cumplirse este criterio se usó la prueba estadística de Greenhouse-Geisser, Huynh-Feldt y límite inferior.

Se realizó los cálculos en el software SPSS versión 19 considerando un nivel de significancia igual a 0.05.

Consideraciones éticas

Se ha tenido en cuenta especial cuidado para el uso de los animales de laboratorio, (Guide for the Care and Use of Laboratory Animals, 2010): utilizándose los animales necesarios, uso de procedimientos menos invasivos; las instalaciones para el alojamiento de los animales tuvo un espacio y ventilación adecuados, asimismo la iluminación, limpieza y cambio de viruta, entre otros. El alimento y el agua se proporcionaron a libertad. Se consideró evitar el dolor o estrés. Para la obtención de muestras de sangre los animales fueron sedados con pentobarbital 20 mg/kg. Al finalizar el experimento los animales fueron eutanizados previa administración pentobarbital sódico a dosis de 100mg/kg, respetando las Normas internacionales del cuidado de animales de experimentación (Veterinary Research News, 2007).¹⁷

Resultados

Resultados descriptivos

El peso promedio de las ratas, sin tomar en cuenta el tipo de tratamiento, sube desde 238.65 g. hasta 302.30 g. Este

crecimiento en el peso promedio es de aproximadamente el 25%, lo cual significa que se ha ganado casi la cuarta parte del peso corporal.

La evolución del peso promedio de las ratas Holtzman, por tipo de tratamiento aplicado, asciende a lo largo del estudio. El único grupo en el cual se denota una caída del peso es en el grupo tratado con dieta normal + solvente del colesterol 4 mL/kg. El peso promedio mayor (291.1 gr.) lo obtuvo el grupo de ratas que se les aplicó dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente de colesterol 4ml/kg. El segundo (284.5 gr.) fue el grupo de ratas en el que se administró dieta normal + colesterol + solvente de colesterol + aceite de Sacha Inchi 300 mg/kg.

En el último mes de tratamiento, sin tomar en cuenta el tratamiento aplicado, se evidenció un incremento en los triglicéridos de 97.05 a 113.18 mg/dl, HDL de 18.95 a 19.88 mg/dl y VLDL de 19.38 a 22.63 mg/dl. También se observa una disminución en el colesterol de 54.79 a 52.98 y el LDL de 17.89 a 13.36 mg/dl.

En el último mes de tratamiento, tomando en cuenta el tipo de tratamiento aplicado, se observa una disminución del colesterol total de 54.25 a 49.13 mg/dl en el grupo tratado con dieta normal + suero fisiológico 4 ml/kg, una disminución de 55.13 a 53.13 mg/dl en el grupo tratado con dieta normal + solvente del colesterol 4 mL/kg y una disminución de 65.86 a 60 en el grupo tratado con dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente del colesterol 4 mL/kg. En el grupo tratado con dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente de colesterol 4ml/kg + atorvastatina 15 mg/kg el colesterol aumentó de 46 a 49.38 mg/dl y en el grupo tratado con dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente de colesterol 4 ml/kg + aceite Sacha Inchi 300 mg/kg el colesterol total se mantuvo en 54.13 mg/dl.

En el último mes de tratamiento, tomando en cuenta el tipo de tratamiento aplicado, se observa un aumento de los triglicéridos en todos los grupos. En el grupo tratado con dieta normal + suero fisiológico 4 ml/kg los triglicéridos aumentaron de 93 a 105.5 mg/dl. En el grupo tratado con dieta normal + solvente de colesterol 4 ml/kg, aumentaron de 106 a 126.3 mg/dl. En el grupo tratado con dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente del colesterol 4 mL/kg, aumentaron de 133.9 a 134.3 mg/dl. En el grupo tratado con dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente de colesterol 4 ml/kg + atorvastatina 15 mg/kg, aumentaron de 69.5 a 84,1 mg/dl. En el grupo tratado con dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente de colesterol 4 ml/kg + aceite de Sacha Inchi 300 mg/kg, aumentaron de 87.5 a 118.4 mg/dl.

En el último mes de tratamiento, tomando en cuenta el tipo de tratamiento aplicado, se observa un aumento del colesterol HDL 19.13 a 19.75 mg/dl en el grupo tratado con dieta normal + suero fisiológico 4 ml/kg, un aumento de 16.63 a 20.25 mg/dl en el grupo tratado con dieta normal + solvente del colesterol 4 mL/kg y un aumento de 14.88 a 17.88 en el grupo tratado con dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente del colesterol 4 ml/kg. En el grupo tratado con dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente de colesterol 4 ml/kg + atorvastatina 15 mg/kg el colesterol HDL disminuyó de 24 a 22.57 mg/dl y en el grupo tratado con dieta normal + 120 mg/kg + solvente de colesterol 4 ml/kg + aceite Sacha Inchi 300 mg/kg el colesterol HDL disminuyó de 10.75 a 19.13 mg/dl.

En el último mes de tratamiento, tomando en cuenta el tipo de tratamiento aplicado, se observa una disminución del colesterol LDL en todos los grupos. En el grupo tratado con dieta normal + suero fisiológico 4 ml/kg colesterol LDL disminuyó de 18 a 12.2 mg/dl. En el grupo tratado con dieta normal + solvente de colesterol 4 mL/kg, disminuyeron de 20 a 15.6 mg/dl. En el grupo tratado con dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente del colesterol 4 mL/kg, disminuyeron de 21.83 a 18.33 mg/dl. En el grupo tratado con dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente de colesterol 4 ml/kg + atorvastatina 15 mg/kg, disminuyeron de 13.67 a 11.67 mg/dl. En el grupo tratado con dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente de colesterol 4 ml/kg, disminuyeron de 18.71 a 13.71 mg/dl.

En el último mes de tratamiento, tomando en cuenta el tipo de tratamiento aplicado, se observa un aumento del colesterol VLDL de 18.63 a 23.63 mg/dl en el grupo tratado con dieta normal + suero fisiológico 4 ml/kg, un aumento de 13.88 a 16.88 mg/dl en el grupo tratado con dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente de colesterol 4 ml/kg + atorvastatina 15 mg/kg y un aumento de 17.5 a 25.38 en el grupo tratado con dieta normal + 120 mg/kg + solvente de colesterol 4 ml/kg + aceite Sacha Inchi 300 mg/kg. En el grupo tratado con dieta normal + solvente del colesterol 4 mL/kg disminuyeron de 21 a 20.88 y en el grupo tratado con dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente del colesterol 4 ml/kg se mantuvo en 26.86 mg/dl.

En el último mes de tratamiento (figura 1), en el grupo de ratas tratadas con aceite de Sacha Inchi, el colesterol total se mantuvo en 54.13 mg/dl, los triglicéridos aumentaron de 87.50 a 118.38 mg/dl, el colesterol HDL disminuyó de 20.75 a 19.13 mg/dl, el colesterol LDL disminuyó de 18.71 a 13.71 mg/dl y el colesterol VLDL aumentó de 17.86 a 24.43 mg/dl.

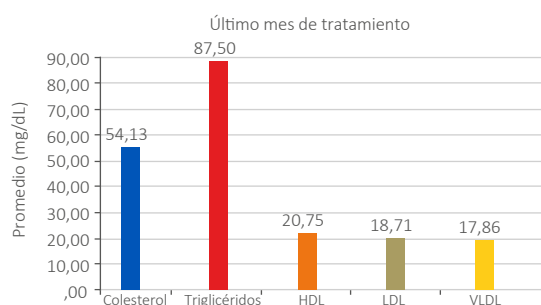


Figura 1. Perfil lipídico promedio para las ratas Holtzman que se les aplicó el aceite de Sacha Inchi a inicios del último mes de tratamiento.

En el último mes de tratamiento, sin tomar en cuenta el tratamiento aplicado, se evidenció un incremento el peso de 238.65 a 302.3 gr y de TGP de 97.10 a 119.38 U/dl. También se observa una disminución en la glucosa de 121.92 a 108.23 mg/dl, y el TGO de 193.21 a 169.38 U/dL.

En los tres meses de tratamiento, tomando en cuenta el tipo de tratamiento aplicado, se observa un aumento del peso en todos los grupos. En el grupo de tratado con dieta normal + suero fisiológico 4 ml/kg el peso aumento de 243.3 a 313.4 gr. En el grupo tratado con dieta normal + solvente de colesterol 4 ml/kg, aumentó de 244.6 a 277.6 gr. En el grupo tratado con dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente del colesterol 4 mL/kg, aumentó de 247.5 a 299.6 gr. En el grupo tratado con dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente de colesterol 4 ml/kg + atorvastatina 15 mg/kg, aumentó de 218.5 a 307.8 gr. En el grupo tratado con dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente de colesterol 4 ml/kg + aceite de Sacha Inchi 300 mg/kg, aumentó de 243.3 a 313.4 gr.

En el último mes de tratamiento, tomando en cuenta el tipo de tratamiento aplicado, se observa una disminución de la glucosa en todos los grupos. En el grupo de tratado con dieta normal + suero fisiológico 4 ml/kg la glucosa disminuyó de 121.8 a 100.3 mg/dl. En el grupo tratado con dieta normal + solvente de colesterol 4 ml/kg, disminuyó de 121.1 a 111.8 mg/dl. En el grupo tratado con dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente del colesterol 4 mL/kg, disminuyó de 130.5 a 119.1 mg/dl. En el grupo tratado con dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente de colesterol 4 ml/kg + atorvastatina 15 mg/kg, disminuyó de 110.4 a 97.8 mg/

dl. En el grupo tratado con dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente de colesterol 4 ml/kg + aceite de Sacha Inchi 300 mg/kg, disminuyó de 125.8 a 112.4 gr.

En el último mes de tratamiento, tomando en cuenta el tipo de tratamiento aplicado, se observa una disminución del TGO en todos los grupos. En el grupo de tratado con dieta normal + suero fisiológico 4 ml/kg el TGP, disminuyó de 193.6 a 157.4 U/dl. En el grupo tratado con dieta normal + solvente de colesterol 4 ml/kg, disminuyó de 176.6 a 172.4 U/dl. En el grupo tratado con dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente del colesterol 4 mL/kg, disminuyó de 225.6 a 191.9 U/dl. En el grupo tratado con dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente de colesterol 4 ml/kg + atorvastatina 15 mg/kg, disminuyó de 162.1 a 152.6 U/dl. En el grupo tratado con dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente de colesterol 4 ml/kg + aceite de Sacha Inchi 300 mg/kg, disminuyó de 204.1 a 166 U/dl.

En el último mes de tratamiento (**figura 2**), en el grupo de ratas tratadas con aceite de Sacha Inchi, el peso aumento de 239.38 a 313.25 gr, la glucosa disminuyó de 125.75 a 112.38 mg/dl, el TGP aumentó de 103.50 a 126.38 U/dl y el TGO disminuyó de 204.14 a 166.0 U/dl.

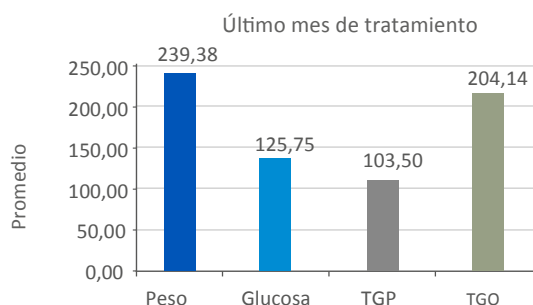


Figura 2. Características nutricionales y bioquímicas promedio para las ratas Holtzman a las que se les aplicó el aceite de sacha inchi a inicios del último mes de tratamiento.

Resultados analíticos

Un mes antes de finalizar el estudio se midió la correlación entre el perfil lipídico y las características nutricionales y bioquímicas (tabla 1). Las correlaciones que se acercaron con mayor fuerza a linealidad positiva fueron LDL con el peso (0.507), LDL con TGP (0.529), colesterol con peso (0.359) y LDL con TGO (0.322). También se evidenció correlación linealmente negativa como en HDL con TGO (-0.305) y HDL con glucosa (-0.258).

Tabla 1. Correlación de Pearson entre las características nutricionales y bioquímicas con el perfil lipídico un mes antes de finalizar el tratamiento en las ratas Holtzman

Perfil lipídico	Características nutricionales y bioquímicas			
	Peso	Glucosa	TGP	TGO
Colesterol	0,359	0,206	0,291	0,284
Triglicéridos	-0,182	0,226	-0,116	0,174
HDL	0,72	-0,258	-0,161	-0,305
LDL	0,507	0,144	0,529	0,322
VLDL	-0,183	0,235	-0,115	0,187

Al finalizar el estudio se midió la correlación entre el perfil lipídico y las características nutricionales y bioquímicas (tabla 2). Las correlaciones que se acercaron con mayor fuerza a linealidad positiva fueron LDL con el peso

(0.740), colesterol con peso (0.507), HDL con peso (0.473) y colesterol con glucosa (0.423). También se evidenció correlación linealmente negativa como en triglicéridos con peso (-0.527) y VLDL con peso (-0.516).

Tabla 2. Correlación de Pearson entre las características nutricionales y bioquímicas con el perfil lipídico al finalizar el tratamiento en las ratas Holtzman

Perfil lipídico	Características nutricionales y bioquímicas			
	Peso	Glucosa	TGP	TGO
Colesterol	0,507	0,423	0,354	0,251
Triglicéridos	-0,528	-0,038	-0,230	-0,012
HDL	0,473	-0,101	0,182	0,098
LDL	0,740	0,384	-0,007	0,028
VLDL	-0,516	-0,035	-0,097	0,073

Un mes antes de finalizar el estudio se midió la correlación entre el perfil lipídico y las características nutricionales y bioquímicas en el grupo en el que se administró aceite de Sacha Inchi (**tabla 3**). Las correlaciones que se acercaron con mayor fuerza a

linealidad positiva fueron LDL con el peso (0.678), LDL con TGP (0.663), LDL con glucosa (0.647) y HDL con peso (0.519). También se evidenció correlación linealmente negativa como en triglicéridos con TGP (-0.886) y VLDL con TGP (-0.879).

Tabla 3. Correlación de Pearson entre las características nutricionales y bioquímicas en el grupo que se administró aceite de sachá inchi con el perfil lipídico un mes antes de finalizar el tratamiento en las ratas Holtzman

Perfil lipídico	Características nutricionales y bioquímicas			
	Peso	Glucosa	TGP	TGO
Colesterol	-0,450	-0,653	-0,561	-0,241
Triglicéridos	-0,650	-0,761	-0,886	-0,031
HDL	0,519	0,258	0,445	0,215
LDL	0,678	0,647	0,663	-0,480
VLDL	-0,586	-0,718	-0,879	0,018

Al finalizar el estudio se midió la correlación entre el perfil lipídico y las características nutricionales y bioquímicas en el grupo en el que se administró aceite de Sacha Inchi (tabla 4). Las correlaciones que se acercaron con mayor fuerza a linealidad

positiva fueron LDL con el peso (0.859), HDL con peso (0.624), HDL con TGP (0.582) y colesterol con peso (0.558). También se evidenció correlación linealmente negativa como en VLDL con peso (-0.868) y triglicéridos con peso (-0.841).

Tabla 4. Correlación de Pearson entre las características nutricionales y bioquímicas en el grupo que se administró aceite de sachá inchi con el perfil lipídico al finalizar el tratamiento en las ratas Holtzman

Perfil lipídico	Características nutricionales y bioquímicas			
	Peso	Glucosa	TGP	TGO
Colesterol	0,558	0,006	0,201	-0,047
Triglicéridos	-0,841	-0,381	-0,345	0,092
HDL	0,624	0,034	0,582	0,136
LDL	0,859	0,333	-0,148	-0,576
VLDL	-0,868	0,028	-0,098	0,164

Al evaluar la contrastación estadística de los 12 pesos de las ratas Holtzman, sin considerar el tipo de tratamiento, se obtuvo un $p < 0.0001$, por lo que es posible afirmar que, por lo menos, una de las mediciones del peso es distinta a las demás registradas durante el tiempo de experimentación.

Discusión

Las ratas Holtzman ganaron, en promedio, la cuarta parte de su peso desde el inicio del experimento. También se observó que, sin considerar el tipo de tratamiento aplicado, el peso se estabilizó a un mes de culminar con la investigación. Estos hallazgos fueron contrarios a lo encontrado por Gonzales G *et al.*, el cual refiere que el peso se mantuvo sin cambios luego de administrar Sachá Inchi¹³. Es posible que estas diferencias se deban al hecho que el presente estudio fue hecho en rata y el de Gonzales G *et al.*, en seres humanos.

Es conocido que uno de los factores de riesgo cardiovascular son los triglicéridos altos. En Estados Unidos la enfermedad coronaria aterosclerótica es una de las principales causas de muerte^{14,15}; y en este estudio en ratas, con la formulación que se comporta como protector es el de dieta normal + colesterol 120 mg/kg + solvente del colesterol 4 mL/kg, donde el crecimiento promedio de triglicéridos es mínimo. La formulación que se comporta como factor de riesgo de cardiopatía es la formulación dieta normal + colesterol + solvente de colesterol + aceite de Sachá Inchi 300 mg/kg, en donde el nivel promedio de triglicéridos aumenta. Situación contraria ocurrió en el estudio de Gorriti A, *et al.* en el cual los niveles de triglicéridos disminuyeron luego de 60 días de tratamiento con Sachá Inchi en ratas Holtzman⁹.

En el último mes de tratamiento el grupo de ratas tratadas con aceite de Sachá Inchi, el colesterol total se mantuvo en

54.13 mg/dl, los triglicéridos aumentaron de 87.50 a 118.38 mg/dl, el colesterol HDL disminuyó de 20.75 a 19.13 mg/dl, el colesterol LDL disminuyó de 18.71 a 13.71 mg/dl y el colesterol VLDL aumentó de 17.86 a 24.43 mg/dl. El dato más relevante de este estudio es el aumento de triglicéridos, este se compara con el estudio realizado por Huaman J. *et al.*, el cual evalúa el efecto del omega-3 contenido en el "Sachá inchi" sobre el perfil lipídico en humanos, demostrando una reducción significativa e importante sobre los triglicéridos y colesterol. Así mismo reportaron el efecto del aceite de "Sachá inchi" en *Rattus rattus albinus* con hipertrigliceridemia experimental, lográndose una reducción a las dos semanas del 45.57% comparado con el gemfibrozilo de 44.83%^{3,4}.

El tratamiento se realizó todos los días por dos meses el mismo que evidencio que el perfil lipídico de las ratas aplicando el aceite de Sachá Inchi no mostró cambios en el colesterol total, aumentando el VLDL en 36.80%, triglicéridos 35.29%, PC 30.86%, TGP en 22.10%; disminuyendo la LDL 26.72%, HDL 7.83%, la glicemia 10.64%, TGO 18.68%. Y según Garmendia 2011 los resultados permiten concluir que este compuesto, administrado durante cuatro meses, tuvo el efecto de disminuir significativamente las concentraciones de CT, LDL, colesterol No-HDL, triglicéridos, VLDL y AGNE que, precisamente, son las fracciones aterógenas de la sangre y, por el contrario, se observó una elevación muy significativa del colesterol HDL¹¹.

Como limitantes del estudio es que es un estudio sin cegamiento y con ausencia de aleatorización, ello predispone a que los resultados presenten sesgo del observador, así como la existencia de posibles variables confusoras que hayan sesgado nuestros resultados.

Referencias bibliográficas

1. Pastor S, Fuentealba B, Ruiz M. Cultivos subutilizados en el Perú: análisis de las políticas públicas relativas a su conservación y uso sostenible [Internet]. 2008 [citado 2 de abril de 2018]. Disponible en: http://spda.org.pe/wpfb-file/20080625172523_-pdf/

2. Ibarguen MF. Sacha inchi - planta promisorio. Rev Acad Peru Salud. 2007; 14(2):52. [Citado 13 de abril de 2018] Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/rev_academia/2007_n2/pdf/a04v14n2.pdf
3. Huamán J, Fogel B, Escobar P, Castillo K. Efectos de la ingesta de Plukenetia volubilis Linneo o "Sacha inchi" en el perfil lipídico de adultos jóvenes. Acta médica. Peruana [Internet] septiembre 2012 [citado 05 de diciembre de 2018] v.29 n.3. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172012000300005
4. Liua Q., Xua Y.K., Zhanga P., Naa Z., Tanga T. and Shia Y.X, Chemical composition and oxidative evolution of Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.) oil from Xishuangbanna (China). Grasas Aceites [Internet] enero 2014 [citado 05 de diciembre de 2018] 65 (1) Disponible en: <http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/viewFile/1477/1516>, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/gya.075713>
5. Flores D, Lock O. Reassessing the ancient use of sachá inchi (Plukenetia volubilis L.) for nutrition, health and cosmetics. Revista de Fitoterapia. [Internet] 1 de diciembre de 2012;13: 23-30. [citado 20 de julio de 2018] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/286670270_Reassessing_the_ancient_use_of_sacha_inchi_Plukenetia_volubilis_L_for_nutrition_health_and_cosmetics
6. Chirinos R, Zuloeta G, Pedreschi R, Mignolet E, Larondelle Y, Campos D. Sacha inchi (Plukenetia volubilis): a seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity. Food Chem. 1 de diciembre de 2013;141(3):1732-9. [Internet] [citado 15 de abril de 2018]; Disponible en: https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal:133460/datastream/PDF_01/view
7. Saavedra EFC, Segundo CV, Alfaro CER. Estudio fitoquímico de Plukenetia volubilis L. y su efecto antioxidante en la lipoperoxidación inducida por 3+ Fe /ascorbato en hígado de Rattus rattus var. albinus. UCV - Sci [Internet]. 2010 [citado 2 de abril de 2018]; 2(1):11-21. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=618150>
8. Gutiérrez LF, Rosada LM, Jiménez Á. Chemical composition of Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.) seeds and characteristics of their lipid fraction. Grasas Aceites [Internet]. 30 de marzo de 2011 [citado 2 de abril de 2018]; 62(1):76-83. Disponible en: <http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/1301>
9. Dávila D, Yucra Z. Extracción de aceite de las semillas de plukenetia volubilis L. "Sacha Inchi" por fluidos supercríticos (FSC) y determinación de los ácidos grasos linolénico, linoleico y oleico por Cromatografía Líquida de Alto Rendimiento (HPLC) [Internet]. [citado 10 de junio de 2018]. Disponible en: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/3846/65.1462.FB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
10. Gorriti A, Arroyo J, Quispe F, Cisneros B, Condorhuamán M, Almora Y, et al. [Oral toxicity at 60-days of sachá inchi oil (Plukenetia volubilis L.) and linseed (Linum usitatissimum L.), and determination of lethal dose 50 in rodents]. Rev Peru Med Exp Salud Pública. [Internet]. Septiembre de 2010;
11. [citado 26 de mayo de 2018] ; 27 (3):352-60; Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S172646342010000300007&script=sci_abstract&tlng=en
12. Córdova M, Cotillo A, Cózar J, Cruz S, Espinoza D, Félix L, et al. Evaluación de la toxicidad aguda y la acción hipolipemiente del aceite de Plukenetia volubilis, Sacha Inchi. Revista Horizonte Médico [Internet]. junio de 2016;6(1):45-52. [citado 26 de mayo de 2018]; Disponible en: http://www.medicina.usmp.edu.pe/medicina/horizonte/2006_1/Art7_Vol06_N1.pdf
13. Garmendia F, Pando R, Ronceros G. Efecto del aceite de sachá inchi (plukenetia volubilis L) sobre el perfil lipídico en pacientes con hiperlipoproteinemia. Rev Peru Med Exp Salud Pública [Internet]. octubre de 2011 [citado 2 de abril de 2018];28(4):628-32. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1726-46342011000400009&lng=es&nrm=iso&tlng=en
14. Arroyo J, Herrera O, Cisneros C, Chávez R, Anampa A , Enciso E, et al. Antimutagenic Effect of Plukenetia volubilis (Sacha inchi) Oil in BALB/c Mice. Annual Research & Review in Biology [Internet] agosto 2018 [citado 05 de diciembre de 2018] 24(3): 1-8 Disponible en: http://www.journalrepository.org/media/journals/ARRB_32/2018/Feb/Calderon2432017ARRB38987.pdf
15. Gorriti A, Quispe F (a). Química, farmacológica y toxicológica del aceite de sachá inchi destinado al mercado de productos funcionales. Perú biodiverso, Lima, Perú. 2010.

16. Gorriti A, Arroyo J, Quispe F, Cisneros B, Condorhuama M, Almora Y, Chumpitaz V. (b). Oral toxicity at 60-days of Sacha inchi oil (*Plukenetia volubilis* L.) and linseed (*Linum usitatissimum* L.), and determination of lethal dose 50 in rodents. *Rev Peru Med Exp Salud Pública* 2010; 27(3): 352-60. [Internet] [citado 18 de junio de 2019] v.29 n.3. Disponible en:http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342010000300007
17. Veterinary Research News." *American Journal of Veterinary Research*. 2007;68:4. [Internet] [citado 8 de julio de 2018]. Disponible en:<https://avmajournals.avma.org/doi/abs/10.2460/ajvr.68.4.346>