UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

"EVALUACIÓN DEL EFECTO DE ÁCIDOS GRASOS OMEGA 3 SOBRE LA TASA DE FECUNDIDAD Y FERTILIDAD EN RATONES *(Mus musculus)* EN TRES CICLOS REPRODUCTIVOS"

Tesis previa a la obtención del Título de Médico Veterinario Zootecnista

AUTOR:

Gina Vanessa Juela Palta.

DIRECTOR:

Dr. Rodrigo Abad Guamán Ph.D.

LOJA – ECUADOR

2017

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Dr. Rodrigo Abad Guamán Ph.D.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de investigación titulado, **"EVALUACIÓN DEL EFECTO DE ÁCIDOS GRASOS OMEGA 3 SOBRE LA TASA DE FECUNDIDAD Y FERTILIDAD EN RATONES *(Mus musculus)* EN TRES CICLOS REPRODUCTIVOS"**, realizado por la Señorita Egresada GINA VANESSA JUELA PALTA previo a la obtención del título de **MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**, ha concluido dentro del cronograma aprobado y autorizado con el trámite de graduación.

Loja, 14 de diciembre del 2016

Dr. Rodrigo Abad Guamán Ph.D.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Que luego de haber procedido a la calificación de Tesis escrita del trabajo de investigación titulado **"EVALUACIÓN DEL EFECTO DE ÁCIDOS GRASOS OMEGA 3 SOBRE LA TASA DE FECUNDIDAD Y FERTILIDAD EN RATONES *(Mus musculus)* EN TRES CICLOS REPRODUCTIVOS"**, de la señorita egresada GINA VANESSA JUELA PALTA, y al haber constatado que se ha incluido en el documento las observaciones y sugerencias realizadas por los miembros del tribunal autorizamos continuar con los trámites como requisito previo a la obtención del título de: MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA.

APROBADO Loja, 23 de marzo del 2017

Dr. Luis Antonio Aguirre Mendoza Mg. Sc
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. Edgar Lenin Aguirre Riofrio Ph.D
VOCAL DEL TRIBUNAL

Dr. Edgar Benitez González Ph.D.
VOCAL DEL TRIBUNAL

AUTORIA

Yo, **Gina Vanessa Juela Palta** declaro ser autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autora: Gina Vanessa Juela Palta

Firma:
.....

Cédula: 1105761777

Fecha: 27 de Marzo de 2017

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRONICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, GINA VANESSA JUELA PALTA declaro ser autora de la tesis titulada **"EVALUACIÓN DEL EFECTO DE ÁCIDOS GRASOS OMEGA 3 SOBRE LA TASA DE FECUNDIDAD Y FERTILIDAD EN RATONES *(Mus musculus)* EN TRES CICLOS REPRODUCTIVOS"**, como requisito para optar al grado de Médico Veterinario y Zootecnista, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 27 días del mes de Marzo de dos mil diecisiete firma el autor.

Firma: ----------

Autor: Gina Vanessa Juela Palta

Número de cédula: 1105761777

Dirección: Argelia, Faraday y Teodoro Golf

Correo electrónico: ginav.juela@gmail.com

Teléfono: **Celular:** 0967656332

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de tesis: Dr. Rodrigo Abad Guamán Ph.D.

Tribunal de Grado:

Presidente del Tribunal: Dr. Luis Antonio Aguirre Mendoza Mg. Sc
VOCAL: Dr. Edgar Lenin Aguirre Riofrío Ph. D.
VOCAL: Dr. Edgar Enrique Benítez González Ph. D.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mis padres, hermanos y a la Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables en especial a la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia en cuyas aulas tuve la oportunidad de formarme y alcanzar mi meta de ser una profesional, a todos los Catedráticos por haber compartidos sus sabios conocimientos y enseñanzas de manera especial a la Dra. Rocío del Carmen Herrera Herrera Directora de mi tesis por su orientación académica y profesional decisivos para culminar la misma. De igual manera al Dr. Rodrigo Abad quién ha sido un apoyo fundamental en la culminación de la investigación.

Gina Juela

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo al ser que más amo sobre todas las cosas: a DIOS, por darme la oportunidad de vivir, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio; a mi padre Servio por el valor mostrado para salir adelante y por su amor incondicional; a mi madre querida Alexandra por su sacrificio, perseverancia, confianza, amor y apoyo en los momentos más difíciles de mi vida; a mis hermanos David, Cynthia, Daniel y Gabriela quienes han sido mi motivación y felicidad para seguir adelante; a mi sobrino Julián Nicolás; a mi prima María Fernanda por su apoyo incondicional, a mis abuelitos en especial a Julia y Lastenia, por sus valores y consejos; a mis amigos Jimmy, Santiago, Ángel, Diego, Darwin y Alex por estar siempre en los buenos y malos momentos, a los dueños de casa Sra. María y Sr. Julio por su humildad y generosidad.

Con Cariño

Gina Juela

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO **Pág.**

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS ii
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO iii
AUTORIA… iv
CARTA DE AUTORIZACIÓN v
AGRADECIMIENTO vi
DEDICATORIA vii
ÍNDICE GENERAL viii
RESUMEN xiv
ABSTRACT xi
1. INTRODUCCIÓN 1
2. REVISIÓN DE LITERATURA 3
2.1. BIOLOGÍA GENERAL DEL RATÓN DE LABORATORIO 3
2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL RATÓN 3
2.3. INSTALACIONES Y CONDICIONES CLIMATICAS DEL RATÓN 4
2.3.1. Instalaciones 4
2.3.2. Condiciones Climáticas 4
2.4. ALIMENTACIÓN 4
2.5. PATRÓN REPRODUCTIVO 5
2.5.1. Maduración Sexual 5
2.5.2. Ciclo Estral 5
2.5.3. Cópula y Fertilización 6
2.5.4. Gestación 7
2.5.5. Parto 7
2.6. SISTEMAS DE APAREO 7
2.6.1. Apareo Monogámico 7
2.6.2. Apareo Poligámico 8
2.6.3. Apareo Permanente 8
2.6.4. Apareo Manual o Temporario 8
2.7. ÁCIDOS GRASOS 8
2.7.1. Clasificación de los Ácidos Grasos 9
2.7.2. Precursores de los Ácidos Grasos Omega 3 y Omega 6 10

2.7.3. Metabolismo de los Ácidos Grasos Omega 6 y Omega 3 11
2.7.4. Derivados Bioactivos de los Ácidos Grasos Omega 6 y Omega 3 12
2.7.5. Importancia de la Relación Omega 6 y Omega 3 15
2.7.6. Influencia de los Omegas 3 en la Reproducción 15
2.8. FUENTES DE OMEGA 3 16
2.8.1. Chía 16
2.9. FUENTES DE OMEGA 9 19
2.9.1. Aceite de Oliva 19
3. MATERIALES Y METÓDOS ..... ….21
3.1. MATERIALES 21
3.1.1. De Campo 21
3.1.2. De Oficina 21
3.2. METÓDO 22
3.2.1. Ubicación 22
3.2.2. Descripción y Adecuación de las Instalaciones 22
3.2.3. Descripción, Conformación e Identificación de las Unidades Experimentales 22
3.2.4. Descripción de los Tratamientos 23
3.2.5. Manejo de los Animales 23
3.2.6. Toma y Registro de Datos 24
3.2.7. Análisis Estadístico 26
4. RESULTADOS 27
4.1. CONSUMO MEDIO DIARIO (g) 27
4.2. GANANCIA MEDIA DIARIA (g) 28
4.3. EFICIENCIA ALIMENTARIA (g) 30
4.4. PARÁMETROS REPRODUCTIVOS 32
5. DISCUSIÓN 36
5.1. CONSUMO DE ALIMENTO, INCREMENTO DE PESO Y EFICIENCIA ALIMENTARIA 36
5.2. TASA DE FECUNDIDAD 37
5.3. TASA DE FERTILIDAD 38
6. CONCLUSIONES 39
7. RECOMENDACIONES 40
8. BIBLIOGRAFÍA 41
9. ANEXOS 46

ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO **Pág.**

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del ratón 3
Cuadro 2. Clasificación Taxonómica de la Chía..... 17
Cuadro 3. Contenido de minerales y vitaminas en semillas de chía 18
Cuadro 4. Consumo medio diario de los ratones hembras en estudio..... 27
Cuadro 5. Ganancia media diaria de los ratones hembras en estudio..... 29
Cuadro 6. Eficiencia alimenticia diaria de los ratones hembras en estudio. 31
Cuadro 7. Parámetros reproductivos de fecundidad y fertilidad..... 33

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO **Pág.**

Figura 1. Estructuras de los ácidos grasos esenciales linoleico y α linolénico 10
Figura 2. Rutas biosintéticas de los ácidos grasos omega 6 y omega 3 ... 12
Figura 3. Síntesis de eicosanoides derivados del AA y del EPA. 14
Figura 4. Planta de chía 17
Figura 5. Composición del aceite de oliva. 20
Figura 6. Consumo medio semanal de los ratones hembras en estudio ... 28
Figura 7. Ganancia media diaria de los ratones hembras en estudio 30
Figura 8. Eficiencia alimenticia de los ratones hembras en estudio 32
Figura 9. Tasa de fecundidad de los ratones hembras en estudio 34
Figura 10. Tasa de fertilidad de los ratones hembras en estudio 35

ÍNDICE DE ANEXOS

CONTENIDO **Pág.**

Anexo 1. Limpieza y desinfección de los equipos 46
Anexo 2. Adecuación de las instalaciones 46
Anexo 3. Pesaje de los ratones hembras 47
Anexo 4. Pesaje del alimento 47
Anexo 5. Tratamientos respectivos de la investigación 48
Anexo 6. Empadre de los ratones 48
Anexo 7. Gestación de un ratón hembra 49
Anexo 8. Nacimiento de los ratones 49

“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE ÁCIDOS GRASOS OMEGA 3 SOBRE LA TASA DE FECUNDIDAD Y FERTILIDAD EN RATONES *(Mus musculus)* EN TRES CICLOS REPRODUCTIVOS”

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló con el propósito de evaluar el efecto de ácidos grasos omega 3 sobre la tasa de fecundidad y fertilidad en ratones *(Mus musculus)* en tres ciclos reproductivos. Para tal finalidad se definieron tres tratamientos (T1) Dieta base + aceite de chía al 3% + aceite de oliva 2%; (T2) Dieta base + 5% de aceite de chía; (T3) Dieta base + 5% de aceite de oliva como testigo. Se utilizaron 15 ratones hembras de la cepa CDR-51, con un peso promedio de 31.6 ± 2.38 g por tratamiento; el suministro del aceite se realizó incluido en el alimento todas las mañanas. Las variables de estudio fueron consumo de alimento, incremento de peso, eficiencia alimenticia, tasa de fecundidad y tasa de fertilidad. Para el análisis estadístico se utilizó un modelo mixto de medidas repetidas. La fecundidad fue de 47,6% y la fertilidad de 4,6 en el grupo de animales que ingirió el tratamiento dos (Chía 5%). Se concluye que el nivel de inclusión de omega 3 afectó de forma variable la fecundidad y fertilidad, debido que los resultados más bajos se obtuvieron con el nivel medio de omega 3 (Chía 3%) mientras que los mejores resultados se alcanzaron con el nivel más alto de omega 3 (Chía 5%).

PALABRAS CLAVES: Fecundidad, Fertilidad, Omega 3, Chía, Oliva.

ABSTRACT

This research study was carried out with the purpose of evaluating the effect of fatty acids omega 3 on the rate of fertility in mice (Mus musculus) in three reproductive cycles. For this purpose three treatments were defined (T1) diet base + Chia oil 3% + 2% olive oil; (T2) Diet base + 5% of chia oil; (T3) Diet base + 5% of olive oil as witness. Besides, 15 female mice of the CDR-51 strain were used, with an average weight of 31.6 ± 2.38 g per treatment; the supply of oil was included in food every morning. The variables studied were consumption of food, increase in weight, feed efficiency, fecundity rate and fertility rate. A mixed model of repeated measurements was used for statistical analysis. Fecundity was 47.6% and the fertility of 4.6 in the Group of animals that consumed the treatment two (Chia 5%). As conclusion, level of inclusion of omega 3 affected the form of variable fecundity and fertility, due to the lower results are obtained with the half- level of omega 3 (Chia 3%) while the best results are reached with the higher level of omega 3 (Chia 5%).

KEY WORDS: Fecundity, Fertility, Omega 3, Chia, olive.

1. INTRODUCCIÓN

La nutrición tiene efectos importantes en la eficiencia reproductiva de las especies (Espinoza *et al.,* 2010). En algunas especies, los ácidos grasos poliinsaturados de la dieta son mediadores de una serie de funciones en los tejidos reproductivos (Wathes *et al.,* 2007). Los ácidos grasos omega 3 en los animales forman parte importante de sus membranas celulares, actúan como precursores de la síntesis de prostaglandinas, prostaciclinas y leucotrienos; por lo tanto, ejercen funciones destacadas en la reproducción, sistema cardiovascular, sistema nervioso, aparato digestivo y procesos inmunitarios (Lleonart, 2005).

Los animales que se alimentan en la naturaleza tienen en su alimento un buen equilibrio de omega 3: omega 6, pero en animales domésticos, debido al tipo de alimentación industrial, se acumulan omega 6, siendo los omega 3 escasos en este tipo de animales (Ortiz, 2010). Al no poder sintetizar el omega 3, es necesario proporcionar el ácido α-linolénico (ALA) en la dieta, (Wathes *et al.,* 2007). A partir del cual vía desaturasas y elongasas se puede transformar en el ácido eicosapentaenoico (EPA) y posteriormente en el ácido docosahexaenoico (DHA) (Valenzuela *et al.,* 2011).

Existen trabajos que reportan un mejor comportamiento reproductivo en otras especies alimentadas con dietas complementadas con lípidos. La suplementación de la ración de vacas en lactación con grasas, bien de origen animal o vegetal, puede influir positivamente en el estatus reproductivo de las vacas lecheras, mejorando la fertilidad (Santo *et al.,* 2008).

Burr & Burr (1930) demostraron que las ratas en crecimiento alimentadas con dietas bajas en lípidos experimentaban irregularidades en su ovulación, fenómeno que se pudo revertir después de complementar su alimentación con fuentes de lípidos ricas en ácidos grasos poliinsaturados como el ácido linoleico (LA) y el ácido α-linolénico (ALA).

Se sabe poco de los efectos generales de los omegas 3 tanto de origen animal como vegetal sobre la reproducción en hembras. Además, las fuentes de omega 3 de origen animal, generalmente son más difíciles de conseguir y con un costo alto (compiten con alimentación humana). Es por ello que optamos por suministrar ácidos grasos omega 3 de origen vegetal como es el aceite de chía para estudiar su efecto en la reproducción de las hembras.

Para la ejecución del presente trabajo de investigación, se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto de dos niveles de ácidos grasos omega 3 sobre la tasa de fecundidad en ratones en tres ciclos reproductivos.

- Establecer la tasa de fertilidad en ratones alimentados con dos niveles de Ácidos Grasos omega 3.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. BIOLOGÍA GENERAL DEL RATÓN DE LABORATORIO

El ratón de laboratorio es un roedor, usualmente de la especie *Mus musculus*, que se utiliza para la investigación científica. Su cariotipo está compuesto por 40 cromosomas y suelen ser albinos (Hernández, 2014). Se adapta a una gran variedad de condiciones ambientales, desde zonas muy frías hasta regiones tropicales. Es de hábito nocturno, su comportamiento está influenciado por feromonas. Posee un agudo sentido de la audición, el sentido del olfato es muy desarrollado y su visión es muy pobre, la retina tiene muy pocos conos, y por lo tanto no pueden percibir los colores. Poseen unas glándulas con forma de herradura en la órbita del ojo llamadas Glándulas Harderianas, cuando el ratón está estresado excreta una sustancia amarronada “porfirina” en la zona periocular (Cedeño, 2013).

El tamaño del ratón adulto varía entre 12 a 15 cm con un peso aproximado de 30 g. Las crías al nacer tienen un peso aproximado de 1 a 2 g y ganan rápidamente peso durante la lactación, son omnívoros, tienen una vida útil de 10 a 12 meses y se obtiene de ocho a diez camadas (Cedeño, 2013).

2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL RATÓN

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del ratón

Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Mammalia
Orden	Rodentia
Familia	Muridae
Género	Mus
Especie	Musculus
Cepa	CDR-51

Fuente: Linneo, 1957

2.3. INSTALACIONES Y CONDICIONES CLIMATICAS DEL RATÓN

2.3.1. Instalaciones

Los ratones se alojan en cajas metálicas o de plástico provistas de tapas de alambre soldado o de acero inoxidable. En el caso de los ratones adultos se requiere una superficie mínima de 80 cm^2 por animal, superficie que debe aumentarse hasta 200 cm^2 en el caso de las hembras lactantes con la camada. La altura de las paredes no debe ser inferior a 15 cm (Nogues, 2010).

La cama debe estar libre de polvillo, ser absorbente, atóxica y esterilizable, dentro de las camas más adecuadas se encuentra la viruta de álamo (recomendada), el pino blanco, papel, etc. La limpieza y desinfección de las cajas debe realizarse como mínimo una vez por semana, dependiendo de la cepa y de la ventilación del ambiente (Nogues, 2010).

El agua puede administrarse en mamaderas o en bebederos automáticos. Se puede acidificar con ácido clorhídrico (pH de 2,3 a 2,8) o esterilizarse por medio de autoclave o por filtración. El consumo diario de agua es de 15 ml/100 g de peso vivo en ratones adultos y 10 ml/100 g de peso vivo en ratas (Riera *et al.,* 2012).

2.3.2. Condiciones Climáticas

La temperatura debe mantenerse entre los 18ºC a 25ºC, siendo la más adecuada 22ºC +/- 1. La humedad relativa entre 40 a 70%, cuando la humedad es inferior se produce el síndrome de la cola en anillo o ring tail. La ventilación es importante para controlar la humedad, calor y gases tóxicos. Deben hacer entre 10 y 14 recambios de aire/hora. La iluminación es importante para la regulación del ciclo estral y reproductivo. Se recomienda 12 hs. Luz/12 hs. Oscuridad (Nogues, 2010).

2.4. ALIMENTACIÓN

Son omnívoros, existen dietas comerciales ya formuladas que deben aportar el 16% de proteína (aumentando a 20% si se ésta criando) y el 5% de grasa (Riera *et al.,* 2012).

El alimento se administra ad libitum. Un ratón adulto consume diariamente aproximadamente 12 g de alimento por cada 100 g de peso corporal, pero al igual que el agua consumida varía en función de la temperatura, humedad relativa, calidad del alimento, estado reproductivo y sanitario (Nogues, 2010). El acto de comer es cíclico, con un pico máximo durante el periodo de oscuridad al igual que el consumo de agua (Cedeño, 2013).

2.5. PATRÓN REPRODUCTIVO

2.5.1. Maduración Sexual

La hembra es poliéstrica continua, la pubertad aparece aproximadamente a las cuatro semanas de vida coincidiendo con la mayor secreción de gonadotrofinas. En hembras inmaduras que han tenido contacto con machos adultos o con la orina de éstos, se acelera el inicio de la pubertad, mientras que el contacto con hembras adultas o su orina retarda el ritmo de crecimiento, la apertura vaginal y la aparición del primer estro. Estos efectos se deben a la acción de la feromonas presentes en la orina de los machos y hembras (Galassi & Guallace, 2014).

2.5.2. Ciclo Estral

El ciclo estral dura de 4 a 5 días, en animales mantenidos con 14 hs luz/ 10 hs oscuridad, la ovulación se produce espontáneamente. El ciclo se divide en proestro, estro (al final de la cual ocurre la ovulación), metaestro y diestro. El estro dura 12 hs, las hembras están receptivas y aceptan la monta del macho, dicha receptividad sexual dura alrededor de trece horas, usualmente se liberan entre diez y veinte óvulos por ovulación. Los óvulos liberados en cada ciclo son transportados a la porción proximal o ampolla del oviducto donde tiene lugar la fecundación. Los mismos mantienen su fertilidad durante 10 a 15 hs. El ciclo estral se encuentra influenciado por factores ambientales como la longitud del fotoperiodo, la temperatura, la humedad ambiental y factores olfatorios (Galassi & Guallace, 2014).

EFECTO BRUCE: Consiste en el bloqueo de la preñez si en la etapa previa a la implantación la hembra es expuesta a un macho extraño o a sus feromonas. Si la hembra es separada del macho con el que se apareo inmediatamente después de la cópula y luego de aproximadamente después de 6 horas retorna con el mismo macho, el bloqueo se produce como si se tratara de un extraño. Esto implica que la hembra debe convivir con el macho 4-6 horas para que la hembra reconozca como familiares a las feromonas masculinas. La memoria olfativa dura 30 a 50 días, pasado ese tiempo el macho original no es reconocido (Galassi & Guallace, 2014).

2.5.3. Cópula y Fertilización

El apareamiento se produce en el periodo de oscuridad cercano a la ovulación. La cópula se puede demostrar por la presencia en la vagina de un "tapón vaginal" constituido por las secreciones de las glándulas accesorias del macho, principalmente las glándulas coagulantes, este tapón persiste de 6 a 12 hs. Debido a este tapón vaginal (a diferencia de otros mamíferos), la hembra puede ser fecundada sólo por un macho. Por lo general los espermatozoides se hallan esperando a los óvulos y son capaces de fecundar durante 6 a 14 hs y son eliminados por fagocitosis leucocitaria 24 hs después de la cópula (Galassi & Guallace, 2014).

EFECTO LEE-BOOT: Las hembras aisladas presentan ciclos de 5 a 6 días de duración, a veces irregulares y con la aparición de pseudogestación espontáneas. Cuando se agrupan hembras sin la presencia de machos pueden presentar pseudopreñez, más frecuentemente si son grupos pequeños o anestro si se agrupan en mayor número. En ambos casos hay una efectiva supresión del celo (Galassi & Guallace, 2014).

EFECTO WHITTEN: Si las hembras aisladas (que presentan anestro) son luego llevadas a la presencia de machos normales, comienzan a presentar ciclos con normalidad. Este efecto del macho sobre los ciclos es inducido por una feromona andrógeno-dependiente que se agrega a la orina dentro de la vejiga y también durante la salida al exterior, en este caso por la secreción de las glándulas prepuciales (Galassi & Guallace, 2014).

2.5.4. Gestación

La duración de la gestación es de 19 a 20 días según la cepa, dicha duración está muy relacionada con el tamaño de la masa fetal y no con la cantidad de crías implantadas. La gestación es más corta cuando se trata de camada híbridas que cuando son cepas puras, lo que probablemente está en relación con las diferencias antigénicas entre la madre y los fetos (Galassi & Guallace, 2014).

En sistemas de apareamiento monogámico permanente, es habitual que se aproveche el celo pos-parto que aparece entre 16 a 24 hs después del mismo. La fertilidad es menor en este apareamiento que en otro correspondiente a un ciclo normal. La placenta es discoidea y hemocorial (Galassi & Guallace, 2014).

2.5.5. Parto

La mayoría de los nacimientos se producen en las horas de oscuridad según algunos autores, mientras que otros señalan que no hay relación entre el inicio del parto y el ciclo lumínico. El primer feto por lo general sale del cuerno derecho, y el resto es expulsado al azar (Galassi & Guallace, 2014).

2.6. SISTEMAS DE APAREO

Son independientes de los sistemas de cría, el criterio para elegir los mismos va a depender del comportamiento de los animales y de la capacidad reproductiva de la especie. Los sistemas de Apareo se clasifican en:

a) Según el número de animales (Monogámicos o Poligámicos)
b) Según el tiempo de permanencia (Permanente o Temporales)

2.6.1. Apareo Monogámico

Permanece un macho apareado con una hembra en forma permanente. La ventajas de este tipo de apareo es aprovechar el celo posparto de las hembras, llevar registros detallados y precisos en forma sencilla. Posee la desventaja de ser más caros, por la cantidad de materiales que se utilizan

(Jaulas, mamaderas, etc.) y más trabajosos. Producen un mayor desgaste de las hembras, las mismas se retiran de producción luego de 7 partos consecutivos (Galassi & Guallace, 2014).

2.6.2. Apareo Poligámico

Apareamos un macho con dos o más hembras. A su vez estos grupos de apareo pueden mantenerse fijos durante toda la vida reproductiva o pueden deshacerse y rearmarse. Desventajas: Si son fijos no puede individualizarse las crías de cada hembra y se dificultan los registros. Si no son fijos son costosos, requieren mucho trabajo y dedicación. Ventajas: Si son fijos se ahorra mucho en materiales y si no son fijos hay un gran aprovechamiento de los machos y alta producción de animales (Galassi & Guallace, 2014).

2.6.3. Apareo Permanente

Los animales permanecen juntos durante toda su vida reproductiva

2.6.4. Apareo Manual o Temporario

Los animales son separados después de la cópula y según las especies puede ser después de detectada la preñez. Tiene por ventajas el mejor aprovechamiento de los machos y hembras reproductoras, llevar registros exactos de los servicios, pero tiende a ser caro y poco factible de utilizar en las especies más comunes de laboratorio (rata - ratón) (Galassi & Guallace, 2014).

2.7. ÁCIDOS GRASOS

Los ácidos grasos son ácidos monocarboxílicos de cadena larga. Por lo general, contienen un número par de átomos de carbono, normalmente entre 12 y 24. Ello se debe a que su síntesis biológica tiene lugar mediante la aposición sucesiva de unidades de dos átomos de carbono. Sin embargo, también existen ácidos grasos con un número impar de átomos de carbono, que probablemente derivan de la metilación de un ácido graso de cadena par. Las propiedades químicas de los ácidos grasos derivan de la coexistencia de

un grupo carboxilo y de una cadena hidrocarbonada. Según la naturaleza de la cadena hidrocarbonada, los ácidos grasos pueden ser saturados, cuando contienen la máxima cantidad de átomos de hidrógeno unidos a los átomos de carbono ó insaturados, en caso que existan uno o más dobles o triples enlaces entre los átomos de carbono, lo cual disminuye la cantidad de hidrógeno que dichos átomos son capaces de ligar (Monge & Campos, 2006).

2.7.1. Clasificación de los Ácidos Grasos

Los ácidos grasos (AG) se pueden clasificar de acuerdo con la longitud de la cadena, número, posición y configuración de dobles enlaces, así como por la existencia adicional de otros grupos funcionales (Salfate, 2006). La clasificación según la longitud de la cadena o número de átomos de carbono fue establecida en tres categorías:

Ácidos grasos de cadena corta: de 4 a 6 carbonos.

Ácidos grasos de cadena media: de 8 a 14 carbonos.

Ácidos grasos de cadena larga: de 16 a 24 carbonos.

Según el grado de saturación se clasifican como ácidos grasos saturados, si no contienen ningún doble enlace e insaturados si contiene uno o más dobles enlaces, también denominados instauraciones (Martínez, 2012).

2.7.1.1. Ácidos grasos saturados

Contienen solamente enlaces simples de C-C, son los menos reactivos químicamente. Además son sintetizados en el organismo, los más comunes son el palmítico (C:16), esteárico (C:18), araquídico (C:20), entre otros (Salfate, 2006).

2.7.1.2. Ácidos grasos insaturados

Constituyen una amplia familia de biomoléculas lipídicas cuya estructura básica consta de una cadena hidrocarbonada lineal (-CH2-CH2-CH2-) que contiene uno o más dobles enlaces, también denominados instauraciones,

delimitada por un extremo metilo (-CH3) y otro carboxilo (-COOH). Si la molécula contiene un solo doble enlace, el ácido graso se denomina monoinsaturado (MUFA), en cambio sí contiene dos o más dobles enlaces, se denomina poliindaturado (PUFA). Teniendo en cuenta la posición del doble enlace más cercano al extremo metilo de la cadena hidrocarbonada, que determina tanto el nombre, como las propiedades físicas y fisiológicas de los distintos MUFAs y PUFAs, se conocen 4 familias independientes de ácidos grasos insaturados:

- Serie omega 3(**ω**-3), derivados del ácido α-linolénico (ALA, 18:3n-3)
- Serie omega 6 (**ω**-6), derivados del ácido linoleico (LA, 18:2n-6)
- Serie omega 7 (**ω**-7), derivados del ácido palmitoleico (PA, 16:1n-7)
- Serie omega 9 (**ω**-9), derivados del ácido oleico (OA, 18:1n-9)

2.7.2. Precursores de los Ácidos Grasos Omega 3 y Omega 6

Los ácidos grasos linoleico (LA, 18:2n-6) y α-linolénico (ALA, 18:3n-3), son los miembros más simples de las familias de ácidos grasos omega 6 y omega 3, respectivamente. La principal diferencia estructural entre las familias omega 6 y omega 3 es la posición de su primer doble enlace en la cadena hidrocarbonada (González, 2009).

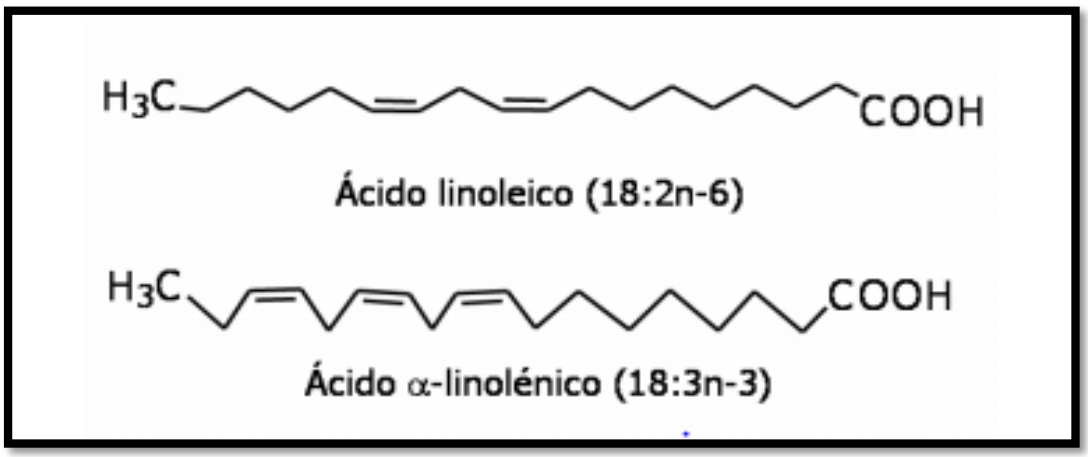


Figura 1. Estructuras de los ácidos grasos esenciales linoleico y **α** linolénico (González, 2009)

Aunque LA y ALA son esenciales para nuestra supervivencia y la del resto de mamíferos, carecemos de las enzimas Δ12- y Δ15-desaturasa, necesarias para su síntesis. Estas enzimas, que sí se expresan en las plantas, son las responsables de la inserción de los dobles enlaces en los carbonos 6 y 3 de los ácidos grasos durante su formación. Dado que los mamíferos sólo podemos obtener los ácidos grasos LA y ALA a través de la dieta, se denominan ácidos grasos esenciales.

A pesar de que las plantas sí sintetizan LA y ALA, sus tejidos son pobres en grasas, y por tanto no son una fuente cuantitativamente importante de estos ácidos grasos esenciales. En cambio, los aceites y margarinas vegetales, sí nos aportan cantidades importantes de LA y ALA (González, 2009).

2.7.3. Metabolismo de los Ácidos Grasos Omega 6 y Omega 3

Tras ser adquiridos a través de la dieta, LA y ALA son metabolizados a través de vías enzimáticas de desaturación y elongación que tienen lugar principalmente en el hígado. La enzima Δ6-desaturasa convierte el LA en ácido γ-linoleico (GLA, 18:3n-6) que es elongado a ácido dihomo-γ-linoleico (DGLA, 20:3n-6), el cual a su vez es el sustrato de la enzima Δ5-desaturasa dando lugar al ácido araquidónico (AA, 20:4n-6). La misma combinación de enzimas que interviene en el metabolismo de los ácidos grasos omega 6 puede metabolizar el ALA dando lugar a toda la familia de ácidos grasos omega 3. Por esta ruta enzimática, ALA se convierte en ácido eicosapentaenoico (EPA, 20:5n-3) y éste a su vez, en ácido docosahexaenoico (DHA, 22:6n-3) a través de tres etapas. Primero EPA gana dos átomos de carbono, dando lugar al ácido docosapentaenoico (DPA, 22:5n-3). Luego se añaden dos átomos de carbono, dando lugar al ácido 24:5n-3, que es desaturado y se convierte en el ácido 24:6n-3. Finalmente, este ácido pierde dos átomos de carbono mediante β-oxidación originando DHA.

El AA puede ser metabolizado de forma paralela por las mismas enzimas, lo que significa que el LA y ALA compiten constantemente por las mismas enzimas (González, 2009).

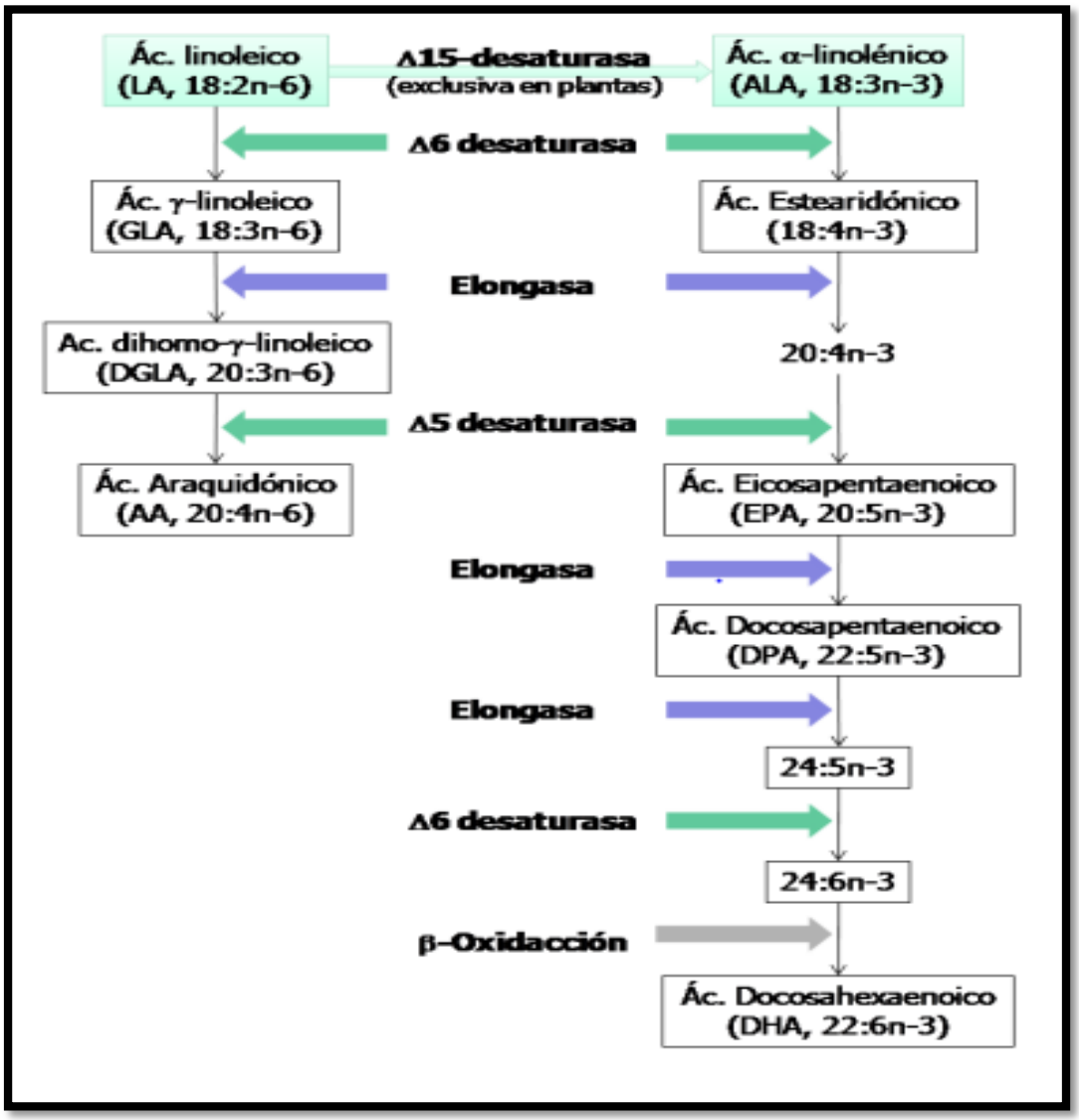


Figura 2. Rutas biosintéticas de los ácidos grasos omega 6 y omega 3 (González, 2009)

2.7.4. Derivados Bioactivos de los Ácidos Grasos Omega 6 y Omega 3

2.7.4.1. **Derivados de los ácidos grasos omega 6:** Eicosanoides

El AA es el PUFA más abundante en las membranas celulares y su función principal es servir como precursor para la síntesis de una extensa familia de mediadores bioactivos conocidos como eicosanoides, que incluye la serie 2 de las prostaglandinas (PGs), los tromboxanos (TXs), la serie 4 de los leucotrienos (LTs) y los ácidos hidroxieicosatetraenoicos (HETEs) con importantes funciones en la inflamación, control del tono muscular de los vasos sanguíneos y la agregación plaquetaria, entre otras.

El AA de las membranas celulares es movilizado por las fosfolipasas (PLs), principalmente la PLs2. Una vez liberado, el AA es metabolizado a través de las vías de la ciclooxigenasa (COX) y la lipooxigenasa (LO), responsables de la síntesis de eicosanoides.

Cuando AA es metabolizado a través de la vía de la COX da lugar a la formación de PGs y TXs de la serie 2. Existen dos isoformas de esta enzima: una constitutiva, conocida como COX-1, y otra inducible, expresada principalmente por las células inflamatorias, denominada COX-2, responsable del aumento de la producción de PGs tras la activación de estas células. Existen al menos 16 tipos de PGs de la serie 2, producidas de manera específica según el tipo celular.

Por otro lado, cuando AA es metabolizado a través de la vía de la 5-LO da lugar al ácido 5-HETE y al ácido 5-hidroxiperoxieicosatetraenoico (5-HpETE), así como LTs de la serie 4 (LTA4, LTB4, LTC4, LTD4 y LTE4). La enzima 5-LO se expresa principalmente en mastocitos, monocitos, macrófagos y granulocitos.

Los eicosanoides modulan la intensidad y la duración de las respuestas inflamatorias. De todos ellos, PGE2 y LTB4 son los que se han estudiado más exhaustivamente. Esto ha permitido descubrir que PGE2 posee múltiples efectos proinflamatorios, entre los que se incluyen la inducción de fiebre, el aumento de la permeabilidad vascular y la vasodilatación, así como la potenciación del dolor y el edema causados por otros agentes como la histamina. Por su parte, LTB4 es un potente agente quimioatrayente para los leucocitos, que también aumenta la permeabilidad vascular, favorece el flujo sanguíneo local e induce la liberación de citoquinas proinflamatorias, como el factor de necrosis tumoral (TNF)-α, la interleuquina (IL)-1 y la IL-6 (González, 2009).

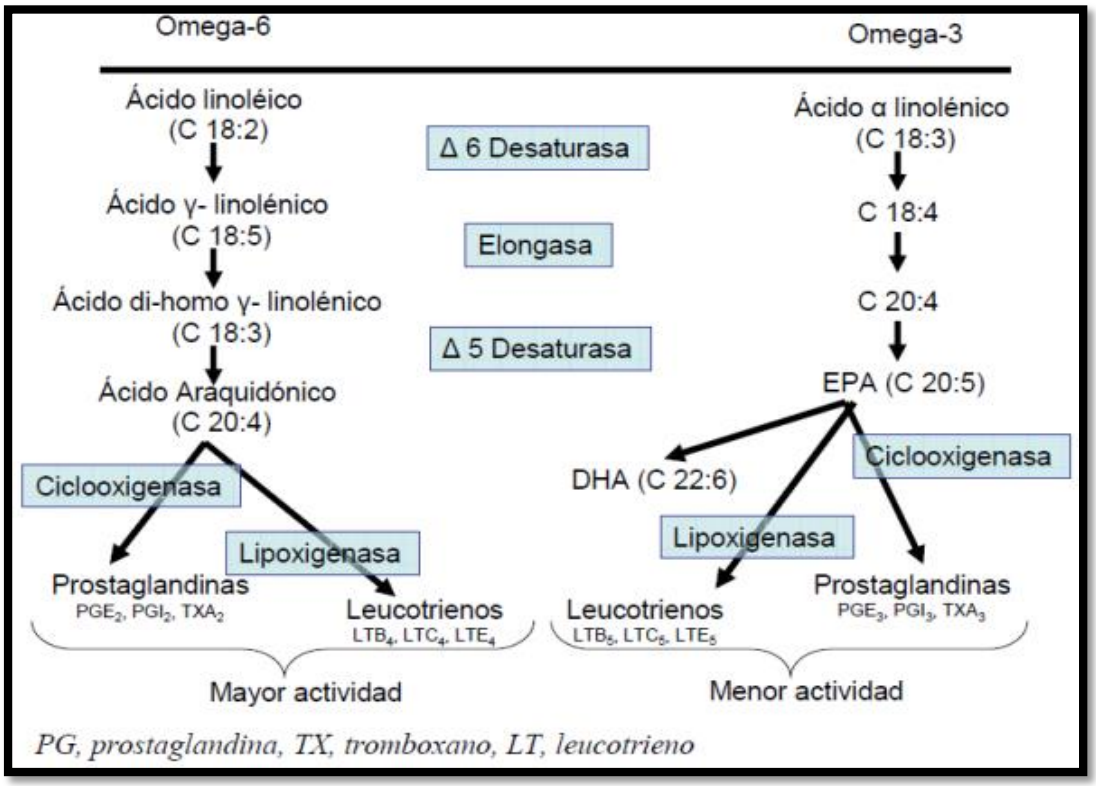


Figura 3. Síntesis de eicosanoides derivados del AA y del EPA (Martínez, 2012)

2.7.4.2. Derivados de los ácidos grasos omega 3

Se ha demostrado que una dieta enriquecida con EPA y DHA conduce al aumento de estos ácidos grasos omega 3 en las membranas de las células a expensas del AA, lo que provoca la disminución de la producción de eicosanoides proinflamatorios derivados del AA. En 1979, se describió por primera vez, que los ácidos grasos omega 3 reducían la actividad de COX y LO, así como la formación de eicosanoides derivados de los ácidos grasos omega 6 (Culp *et al.,* 1979).

Además de desplazar al AA de las membranas, los ácidos grasos **ω**-3 compiten con éste por ser metabolizados a través de las vías de la COX y la 5-LO, dando lugar a LTs y TXs de la serie 5, y PGs de la serie 3. Los eicosanoides derivados de los ácidos grasos omega 3 se consideran biológicamente menos potentes que sus análogos derivados de AA. Es importante destacar que los eicosanoides derivados de los ácidos grasos

omega 6 y omega 3 comparten los receptores en las mismas células diana, de manera que sus efectos son antagónicos (González, 2009).

2.7.5. Importancia de la Relación Omega 6 y Omega 3

Al suplementar ácidos grasos esenciales, se debe cuidar la relación Omega 6/ Omega 3, que es muy importante para favorecer el metabolismo de una vía o de la otra. De hecho la relación Omega 6/ Omega 3 parece ser el factor determinante para la correcta inhibición de la biosíntesis de los eicosanoides proinflamatorios del AA. En general los sistemas enzimáticos tienen mayor afinidad por los AGE con el mayor número de dobles enlaces. Por tanto los ácidos grasos omega 3 tienden a ser metabolizados preferentemente sobre la serie de Omega 6 (Lorenzana, 2014). Diversos estudios realizados confirman que se alcanza un efecto metabólico con cantidades menores de omega 3 que de omega 6. La relación óptima Omega 6/ Omega 3 debería oscilar entre 5:1 a 10:1 (Sancho, 2001).

2.7.6. Influencia de los Omegas 3 en la Reproducción

Estudios realizados por (Santo *et al.,* 2008) mencionan que la suplementación de la ración de vacas en lactación con grasas, bien de origen animal o vegetal, puede influir positivamente en el estatus reproductivo de las vacas lecheras, mejorando la fertilidad, como consecuencia de un incremento en el tamaño del folículo ovulatorio, número de folículos ováricos, concentración plasmática de progesterona, vida útil del cuerpo lúteo y una reducción en la secreción metabólica de prostaglandina (PGFα).

Burr & Burr (1930) demostraron que las ratas en crecimiento alimentadas con dietas bajas en lípidos experimentaban irregularidades en su ovulación, fenómeno que se pudo revertir después de complementar su alimentación con fuentes de lípidos ricas en ácidos grasos poliinsaturados como el ácido linoleico (LA) y el ácido α-linolénico (ALA).

Los ácidos grasos poliinsaturados de la dieta son mediadores de una serie de funciones en los tejidos reproductivos, incluyendo la fluidez de membranas

celulares, señales intracelulares y susceptibilidad al daño oxidativo (Wathes, 2007).

2.8. FUENTES DE OMEGA 3

Las principales fuentes de ácidos grasos omega 3 EPA y DHA son los peces y sus aceites. Otras fuentes de ácidos grasos ALA son oleaginosas como las semillas de chía, linaza, canola, soya y nueces. El alto contenido de omegas 3 en peces se debe a que tienen una dieta rica en fitoplancton rico en omegas 3. El contenido de DHA y EPA en peces varía dependiendo de la especie, localización, estación del año y la disponibilidad de fitoplancton (Risso *et al.,* 2015).

2.8.1. Chía

La chía *(Salvia hispánica L.)* es una planta originaria de áreas montañosas que se extienden desde México hasta Guatemala, fue enormemente aprovechado por los antiguos aztecas y por los indios del Oeste Norteamericano, no sabían de proteínas, ni ácidos grasos omega 3, pero sí de sus beneficios. Durante mucho tiempo, las semillas de chía constituyeron un elemento básico en la dieta de dichos pueblos que comenzó a usarse en la alimentación humana unos 3,500 A.C. (Elizalde, 2007).

La chía es una planta anual de verano, los granos de chía ofrecen ahora al mundo una nueva oportunidad para mejorar la nutrición, proveyendo una fuente natural de ácidos grasos omega 3, antioxidantes y fibra dietética (Elizalde, 2007).

Su planta tiene una altura entre un 1,0-1,5 metros, sus tallos son ramificados, de sección cuadrangular con pubescencias cortas y blancas. Las hojas opuestas con bordes aserrados miden de 80 a 100 cm de longitud y de 40 a 60 mm de ancho. Sus flores de color azul intenso o blancas se producen en espigas terminales. Las semillas son ovales, suaves, brillantes y miden entre 1,5-2,0 mm de longitud. Según la variedad, su color puede ser blanco o

negro grisáceo con manchas irregulares que tienden a un color rojo oscuro (Elizalde, 2007).

Figura 4. Planta de chía (Garcés, 2013)

2.8.1.1. Clasificación taxonómica de la chía

Cuadro 2. Clasificación Taxonómica de la Chía

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Lamiales
Familia	Lamiaceae
Género	Salvia
Especie	Hispánica

Fuente: SantaFé 2013

2.8.1.2. Composición de la semilla de chía

La semilla de chía además de su alto contenido de omega 3 presenta en su composición otros componentes de gran interés para la nutrición, como fibra,

proteína (19-23%), antioxidantes (principalmente flavonoides), vitaminas (grupo B como Niacina, tiamina y ácido fólico, así como Vitamina A) y algunos minerales (Ca, Fe, Mg, K, P, Zn y Mn). Otra de las grandes ventajas de esta semilla es su bajo contenido en sodio. Además posee un 33 % de aceite, del cual el ALA representa el 62 % y el LA el 20 %. La chía es el cultivo con mayor porcentaje de AGE al tener el 82 % de sus lípidos con dicha característica (Garcés, 2013)**.**

Cuadro 3. Contenido de minerales y vitaminas en semillas de chía

Nutriente	**Semilla**
Macroelementos (mg/100 g)	
Calcio	714
Potasio	700
Magnesio	390
Fósforo	1067
Microelementos (mg/100 g)	
Aluminio	2,0
Boro	-
Cobre	0,2
Hierro	16,4
Manganeso	2,3
Molibdeno	0,2
Sodio	-
Zinc	3,7
Vitaminas (mg/100 g)	
Niacina, B3	6,13
Tiamina, B1	0,18
Riboflavina, B2	0,04
Vitamina A 44 IU	44 UI

Fuente: Garcés, 2013

2.9. FUENTES DE OMEGA 9

Los aceites de canola, girasol, oliva y nuez contienen importantes niveles de ácidos grasos omega 9, también conocidos como ácido oleico o grasas monoinsaturadas.

2.9.1. Aceite de Oliva

El aceite de oliva es un alimento altamente energético, aporta 9 kcal/g provenientes de sus ácidos grasos, de los cuales el ácido oleico representa del 68-81.5%, siendo por ello el aceite considerado una grasa monoinsaturada. Pero más allá de su alto valor energético, presenta efectos positivos sobre la salud de los consumidores que lo convierten en un alimento funcional (Lozano *et al.,* 2007).

Su composición varía en función de diversos factores como son: variedad de aceituna, grado de maduración, condiciones agronómicas y características tecnológicas de producción. Desde el punto de vista bromatológico, podemos establecer que la composición del aceite de oliva queda dividida en dos fracciones: fracción mayoritaria, que representa el 98- 99% del peso total del aceite, y fracción minoritaria que alcanza sobre el 2% del peso del aceite de oliva (Lozano *et al.,* 2007).

2.9.1.1. Fracción mayoritaria

Conocida como fracción saponificable, constituida por los triglicéridos, componente principal del aceite de oliva. También se encuentran presentes en una proporción mucho menor: diglicéridos, monoglicéridos y ácidos grasos libres. La presencia de ácidos grasos libres le confiere al aceite su carácter más o menos ácido, dependiendo de la mayor o menor concentración de éstos (Lozano *et al.,* 2007).

2.9.1.2. Fracción minoritaria

Aunque en peso supone una pequeña parte de la composición, podemos decir que incluye una gran variedad de compuestos químicos. Es extremadamente difícil determinar de forma precisa la totalidad de los constituyentes menores,

debido a su naturaleza compleja y a su baja concentración, además, algunos de los constituyentes menores sólo están presentes en el aceite crudo y el procesado tecnológico como la refinación los elimina, como es el caso de los compuestos fenólicos (Lozano *et al.,* 2007).

Las diversas clases de constituyentes menores pueden dividirse en dos grupos.

El primer grupo consta de derivados de ácidos grasos (fosfolípidos, ceras y ésteres de esteroles). El segundo grupo incluye clases de compuestos que no están químicamente relacionados con los ácidos grasos (hidrocarburos, alcoholes alifáticos, esteroles libres, tocoferoles, clorofilas, carotenoides y compuestos fenólicos) (Lozano *et al.,* 2007).

Figura 5. Composición del aceite de oliva (Lozano, et al., 2007)

3. MATERIALES Y METÓDOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. De Campo

- 45 ratones hembras de la cepa CDR-51
- 45 ratones machos de la cepa CDR-51
- Biotero
- Viruta
- Registros
- Mandil
- Guantes
- Cámara fotográfica
- Balanza digital
- Aceite de Chía
- Aceite de oliva
- Balanceado
- Desinfectantes (yodo y cloro)
- Detergente
- Escoba

3.1.2. De Oficina

- Computadora
- Cámara fotográfica
- Libreta de campo
- Calculadora
- Esferos

3.2. METÓDO

3.2.1. Ubicación

El presente proyecto se ejecutó en el Biotero de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Loja ubicada al sur occidente de la ciudad de Loja, a una altitud de 2150 msnm, con una temperatura promedio anual de 16,5ºC, con una precipitación anual de 750 mm y una humedad relativa de 75 %.

3.2.2. Descripción y Adecuación de las Instalaciones

Se utilizó una instalación de 7,5 m^2, la cual constó de baterías metálicas con 45 jaulas independientes con una dimensión de 17x27x11 cm, con su respectivo comedero y bebedero, los mismos que fueron limpiados y desinfectados con detergente, hipoclorito de sodio al 1% y yodo al 5%, primeramente se procedió a colocar las jaulas, rejillas y bebederos en una solución de agua con detergente, posteriormente se ubicaron en una solución de hipoclorito de sodio al 1%, luego se enjuagaron e introdujeron en una solución de yodo al 5%.

Una vez realizada la limpieza y desinfección de las instalaciones se procedió a realizar la adecuación de las mismas, primeramente se colocó la cama (viruta) en sus respectivas jaulas previamente tamizada y desinfectada, posteriormente se verifico las condiciones climáticas del Biotero considerando que la temperatura promedio sea de 21°C, humedad relativa de 40 – 70%, ventilación adecuada e iluminación natural.

3.2.3. Descripción, Conformación e Identificación de las Unidades Experimentales

Se trabajó con 45 ratones hembras de la especie *Mus musculus*, cepa CDR-51 de seis semanas de edad con un peso aproximado de 31.6 ± 2.38 g, los mismos que fueron adquiridos en el Instituto Nacional de Salud Pública e Investigaciones (INSPI), ubicado en la ciudad de Cuenca. Mediante el diseño completamente aleatorizado se conformó tres grupos experimentales, cada uno con 15 animales, en el cual cada animal representa una unidad

experimental. Los mismos que fueron identificados con su respectivo tratamiento y repetición.

3.2.4. Descripción de los Tratamientos

Los tratamientos estuvieron constituidos en el siguiente orden:

Tratamiento Uno (T1): Dieta base + aceite de chía al 3% + 2% aceite de oliva

Tratamiento Dos (T2): Dieta base + aceite de chía 5%

Tratamiento Tres, control (T3): Dieta base + aceite de oliva 5%

La composición de la dieta base fue: Proteína cruda (21,5- 23,0%); Humedad (8,0 – 13,0%); Grasa cruda (2,5 – 6,5%) y Fibra cruda (1,0 – 5,0%); cuyos ingredientes son: Maíz, afrecho de trigo, pasta de soya, carbonato de calcio, fosfato bicalcico, aceite de palma, sal, atrapante de motoxinas, antifungico, metionina sintetica, vitamina A, vitamina D3, vitamina E, vitamina K, tiamina, niacina, riboflavina, Pantoténico, vitamina B12, ácido fólico, biotina, piridoxina, colina, manganeso, zinc, hierro, cobre, yodo, selenio, cromo.

3.2.5. Manejo de los Animales

Una vez conformado los grupos experimentales se colocó cada animal en su respectiva jaula y se precedió al suministro de los diferentes tratamientos, por ello se realizó agujeros en el balanceado donde se incluyó 0,24 ml/animal/día de aceite de cada tratamiento, posteriormente se colocó en su respectiva jaula. Este manejo se realizó todos los días de 7h00 a 8h00, posteriormente se administró 7 g/animal/día de alimento balanceado Wayne ratón con el 21 o 23% de proteína, distribuidos en dos raciones una en la mañana y otra en la tarde más agua ad-libitum.

Cabe destacar que se realizó un período corto de adaptabilidad de los animales al suministro de los diferentes tratamientos. Además en los primeros 8 días se administró vitaminas y minerales.

Semanalmente se pesó cada uno de los animales y a la vez se procedía a pesar de la misma manera el alimento para cada uno de ellos considerando

que un ratón hembra consume 7 g/animal/día y se colocó en tarrinas plásticas individuales.

Se realizó el cambio de cama una vez por semana, se lavó y desinfectó las jaulas con detergente y yodo al 5%, posteriormente se colocó la viruta previamente tamizada. La limpieza del piso del biotero se realizó con detergente y cloro una vez por semana, todos los días se barrió el mismo y se verificó diariamente las condiciones climáticas del biotero.

3.2.5.1. Manejo reproductivo de los animales

Previo al empadre se pesó las hembras cuyo promedio de peso fue de 31.6 ± 2.38 g, el tipo de empadre que se utilizó fue el apareo manual o temporario, permaneciendo el macho junto a la hembra por un lapso de 7 días cuya finalidad fue asegurar la preñez. El segundo y tercer empadre se realizó a los 3 días post-parto.

El tiempo de gestación promedio fue de 21 días, donde se verificó el parto a través del nacimiento de las crías, datos que se registró de acuerdo a los tratamientos.

3.2.6. Toma y Registro de Datos

3.2.6.1. Consumo de alimento

Se determinó por diferencia entre la cantidad de alimento suministrado diariamente y el alimento sobrante, obteniendo así el consumo real, aplicando la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{CA = \text{Alimento suministrado} - \text{Alimento sobrante}}$$

3.2.6.2. Incremento de peso

Se determinó semanalmente por diferencia del peso final de la semana y el peso inicial de la semana, aplicando la siguiente fórmula:

$$IP = Pf - Pi$$

Donde:

IP **=** Incremento de peso

Pf **=** Peso final

Pi **=** Peso inicial

3.2.6.3. Eficiencia alimenticia

Se obtuvo dividiendo el incremento de peso con el consumo de alimento aplicando la siguiente fórmula:

$$EA = \frac{\mathbf{IP}}{\mathbf{CA}}$$

Donde:

EA= Eficiencia alimenticia

IP= Incremento de peso

CA= Consumo de alimento

3.2.6.4. Tasa de fecundidad

Se determinó al culminar cada uno de los ciclos reproductivos, aplicando la siguiente fórmula:

$$Fecundidad = \frac{\mathbf{N° \text{ de hembras paridas}}}{\mathbf{N° \text{ de hembras cubiertas}}} \; x\,\mathbf{100}$$

3.2.6.5. Tasa de fertilidad

Se determinó al culminar cada uno de los ciclos reproductivos, aplicando la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{Fertilidad = \text{N° de crías nacidas viables x Hembra x Tratamiento}}$$

3.2.7. Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico de los datos productivos (CMD, GMD y EA), se utilizó un modelo Autoregresivo Heterogéneo de Orden 1 ARH (1); para los datos reproductivos (Fecundidad y Fertilidad), se utilizó un modelo de mixto de unidades repetidas, en el que los efectos principales fueron los tratamientos, las semanas y su interacción. El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete estadístico SAS (University Edition).

4. RESULTADOS

4.1. CONSUMO MEDIO DIARIO

En el cuadro 4 y figura 6 se muestran los consumos medios diarios (g) de los ratones hembras por semana durante las 12 semanas de desarrollo de la investigación, los consumos variaron entre 2 a 8 g/día.

Cuadro 4. Consumo medio diario de los ratones hembras en estudio (g)

Semana	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
1	2,303	2,134	2,201
2	3,101	3,256	3,994
3	3,715	4,452	5,330
4	5,213	5,059	5,169
5	5,526	6,180	6,263
6	5,475	7,636	8,079
7	6,345	6,095	7,311
8	7,541	6,757	7,149
9	7,760	5,582	7,116
10	4,591	4,996	6,016
11	5,511	7,134	7,640
12	5,240	5,661	6,644
Promedio	5,194	5,412	6,076

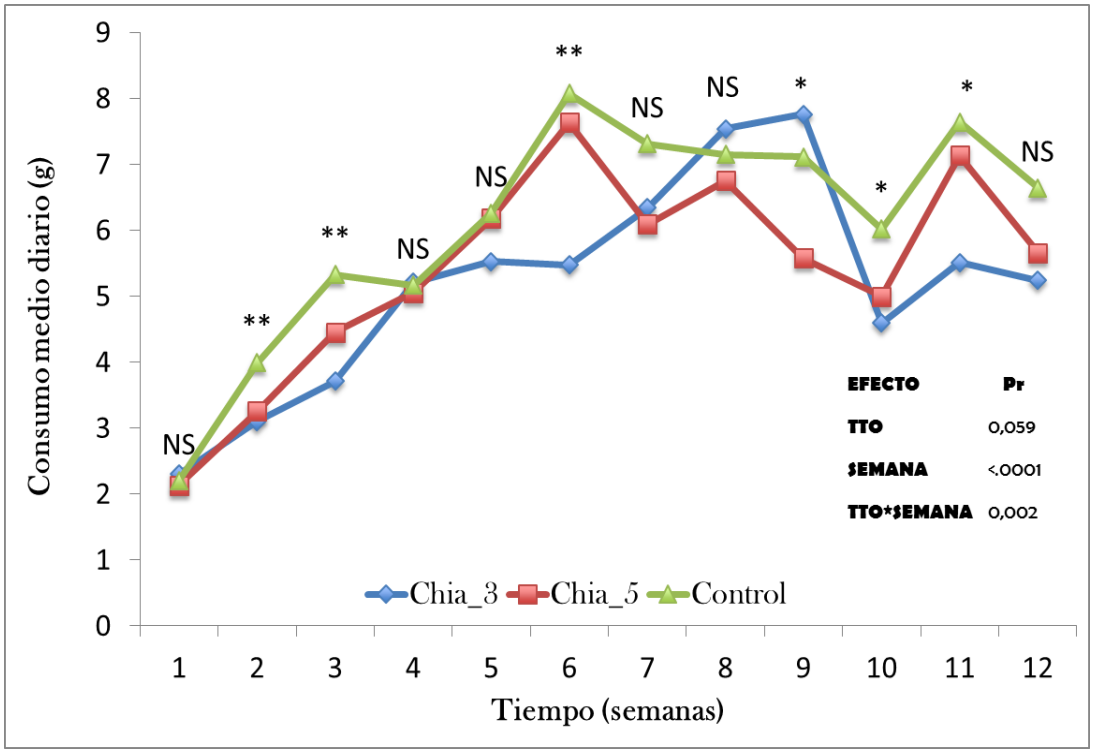


Figura 6. Consumo medio semanal de los ratones hembras en estudio

El consumo de alimento fue variable entre las distintas semanas, detectándose una interacción del tratamiento con la semana (P=0,002). El consumo medio de todo el período experimental fue superior en el tratamiento Control con un 14% (P=0,022) vs al tratamiento de chía al 3%, mientras que el consumo del tratamiento Chía al 5% fue intermedio. Las diferencias mostradas entre el tratamiento Control vs Chía al 3% se detectaron en las semanas 2, 3, 6, 9, 10 y 11 (P≤0,035).

4.2. GANANCIA MEDIA DIARIA

En el cuadro 5 y figura 7 se muestra la ganancia media diaria (g) de los ratones hembras en estudios por semana durante las 12 semanas de desarrollo de la investigación, las ganacias variaron entre -1,1 a 0,9 g/día.

Cuadro 5. Ganancia media diaria de los ratones hembras en estudio (g)

Semana	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
1	0,101	0,159	0,250
2	-0,115	0,196	0,350
3	0,418	0,508	0,721
4	0,026	-0,462	-0,643
5	0,340	0,407	0,182
6	0,912	0,049	0,492
7	-1,098	-0,351	-0,150
8	0,371	0,314	0,290
9	-0,155	0,347	0,185
10	0,022	0,144	-0,052
11	0,254	-0,427	-0,329
12	-0,195	-0,342	0,004
Promedio	0,073	0,045	0,108

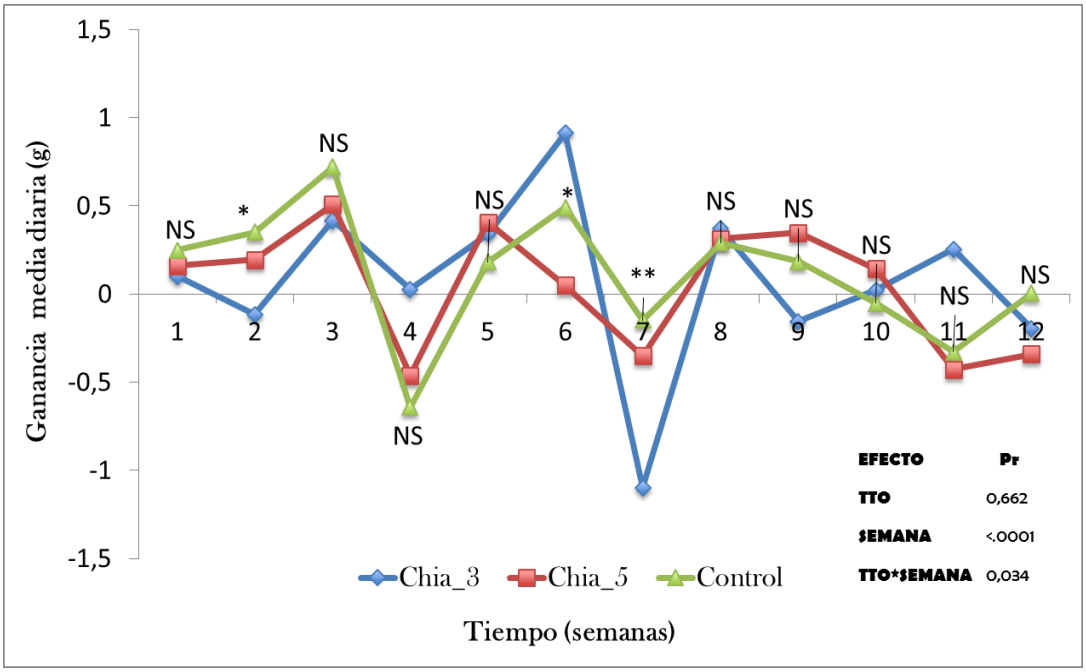


Figura 7. Ganancia media diaria de los ratones hembras en estudio

La ganancia de peso fue variable entre las distintas semanas, detectándose una interacción del tratamiento con la semana (P=0,034). Existiendo una diferencia significativa entre el grupo de ratones que ingirió el tratamiento Control vs Chía al 3% que se evidenciaron en la semana 2, y 7 (P ≤ 0,009). Se observó que la ganancia de peso fue menor en los grupos que consumieron la dieta Chía al 5%, sin existir diferencia significativa entre las semanas 1, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11 y 12.

4.3. EFICIENCIA ALIMENTARIA (g)

En el cuadro 6 y figura 8 se muestra la eficiencia alimenticia diaria (g) de los ratones hembras por semana durante las 12 semanas de desarrollo de la investigación.

Cuadro 6. Eficiencia alimenticia diaria de los ratones hembras en estudio.

Semana	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
1	0,035	0,076	0,115
2	-0,040	0,049	0,056
3	0,112	0,113	0,146
4	-0,005	-0,095	-0,114
5	0,063	0,082	0,036
6	0,166	0,021	0,076
7	-0,153	-0,048	-0,011
8	0,048	0,047	0,035
9	-0,019	0,057	0,041
10	0,008	0,014	0,006
11	0,048	-0,019	-0,034
12	-0,030	-0,077	-0,011
Promedio	0,019	0,018	0,028

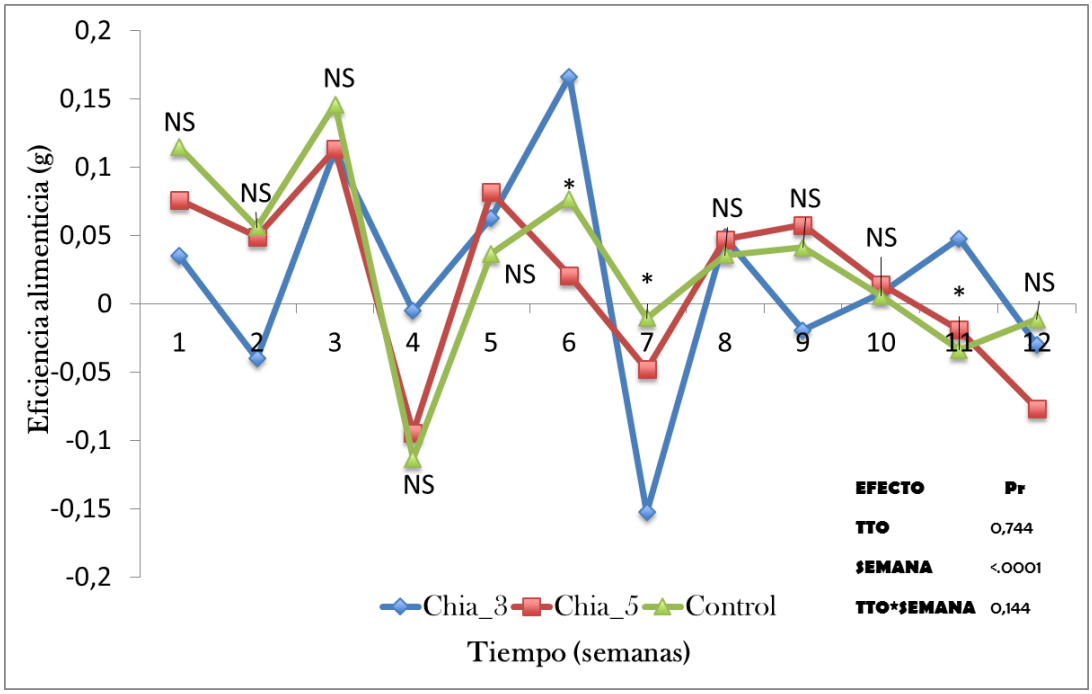


Figura 8. Eficiencia alimenticia de los ratones hembras en estudio

En la eficiencia alimenticia no se detectó interacción entre el tratamiento con la semana (P=0,144), al igual se puede notar que no existe significancia entre los tratamientos (P=0,744), existiendo significancia entre las semanas (P=<0,001).

4.4. PARÁMETROS REPRODUCTIVOS

En el cuadro 7 y figura 9 se muestra la fecundidad (%) de los ratones hembras en estudio de los tres ciclos reproductivos realizados durante el desarrollo de la investigación.

En el cuadro 7 y figura 10 se muestra la fertilidad de los ratones hembras de los tres ciclos reproductivos realizados durante la investigación.

Cuadro 7. Parámetros reproductivos de fecundidad (%) y fertilidad

Variables	Fecundidad %	Fertilidad
Tratamientos		
Control	39,4[ab]	4,3[ab]
Chia_3	23,4[c]	2,6[c]
Chia_5	47,6[a]	4,6 [a]
Periodo		
1	43,8	4,0
2	35,6	3,9
3	30,9	3,6
Tratamiento x Periodo		
Control 1	53,3	5,3
Control 2	35,9	3,8
Control 3	28,8	3,8
Chia_3 1	13,8	1,0
Chia_3 2	42,4	5,6
Chia_3 3	13,8	1,3
Chia_5 1	64,3	5,8
Chia_5 2	28,5	2,2
Chia_5 3	50,0	5,9
Error estándar de la media		
Tratamiento	0,069	0,788
Periodo	0,049	0,558
Tratamiento x Periodo	0,126	1,385
P Valor		
Tratamiento	0,079	0,192
Periodo	0,463	0,947
Tratamiento*Periodo	0,124	0,027

a,b medias con diferentes letras muestran diferencias significativas (P<0,05)

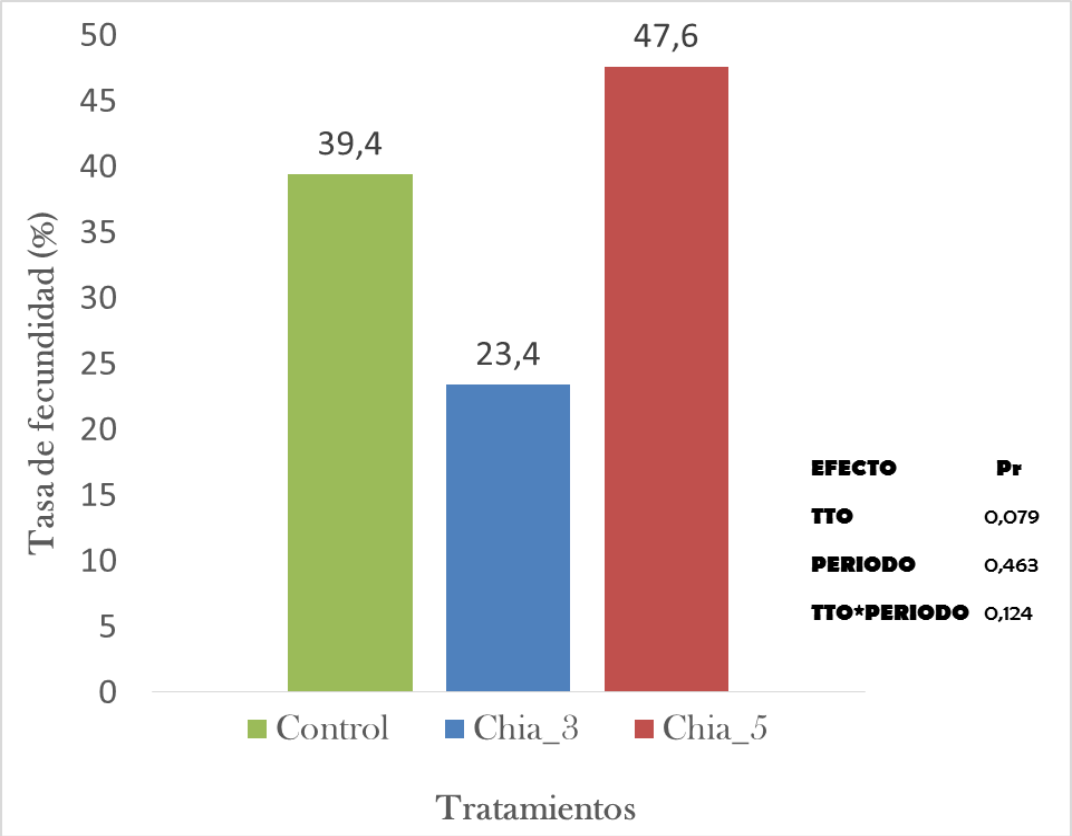


Figura 9. Tasa de fecundidad de los ratones hembras en estudio

En cuando a la fecundidad se detectó una tendencia a ser significativo entre tratamientos (P=0,079), pero no se detectó significancia entre períodos (P=0,463), al igual que no existe una interacción del tratamiento con el período (P=0,124). Observándose una diferencia significativa entre el grupo de ratones que ingirió el tratamiento Chía al 3% vs Chía al 5% (P=0,028).

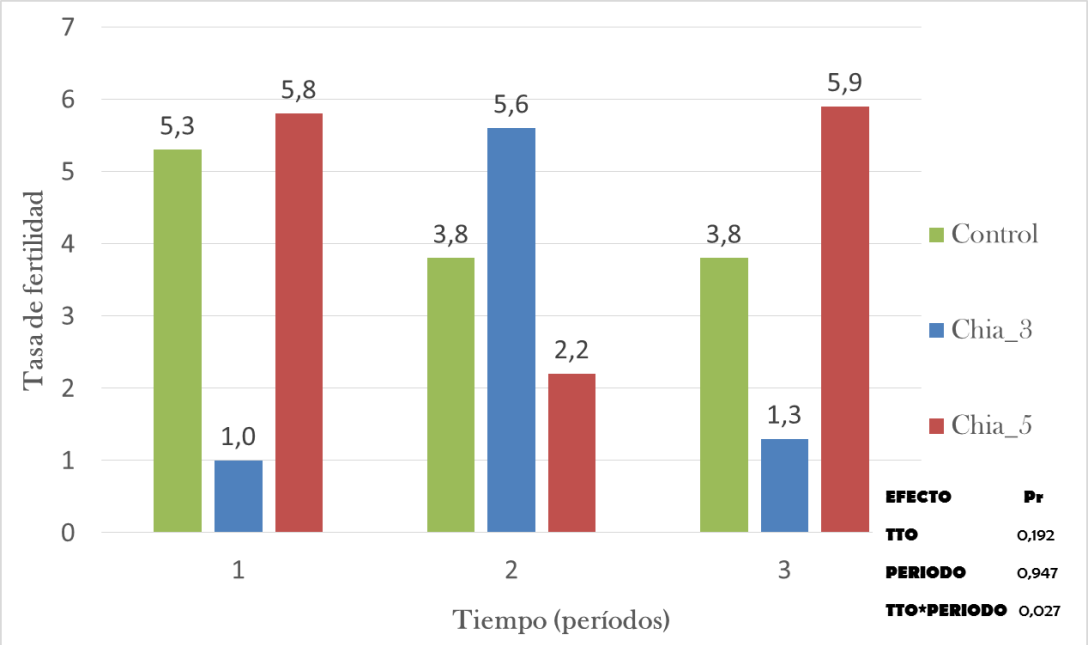


Figura 10. Tasa de fertilidad de los ratones hembras en estudio

En cuanto a la fertilidad no se detectó significancia entre tratamientos (P=0,192) y períodos (P=0,947); pero se puede detectar una interacción del tratamiento con el periodo (P=0,027). Existiendo una diferencia significativa entre el grupo de ratones que ingirió el tratamiento Chía al 3% vs Chía al 5% que se evidenciaron en el período uno (P= 0,018) y tres (P= 0,024).

5. DISCUSIÓN

5.1. CONSUMO DE ALIMENTO, INCREMENTO DE PESO Y EFICIENCIA ALIMENTARIA

El tratamiento control (Oliva 5%) obtuvo un efecto significativo sobre los parámetros productivos de consumo de alimento e incremento de peso, datos que no concuerdan con los de Reyna *et al.* (2016), en su investigación con ratas nodrizas alimentadas con una dieta isocalórica e isoproteíca, suplementadas con aceite de chía y oliva y extracto de maíz morado en la cual no observó efecto de los mismo sobre consumo de alimento y peso final; y a los de Valenzuela *et al.* (2012), que no encontraron diferencias en el peso y consumo de alimento en ratas a las que suministró aceite de girasol, rosa mosqueta, chía y una mezcla de aceite de oliva y pescado, pero resultado similar al de Pérez *et al.* (1998), que obtuvo un incremento en el consumo de alimento en ratas Wistar a los 28 días, con el suministro de aceite de oliva crudo al 8% como suplemento a una ración base.

Los resultados obtenidos en la presente investigación se atribuyen a que el tratamiento control presentó mejor palatabilidad, debido a que el sabor del omega 3 (Aceite de chía) es menos agradable lo que pudo generar una menor ingesta o a su vez por el efecto reductor del apetito que genera, otros factores a los cuales se alude el incremento de estos parámetros podría ser el estado fisiológico en el que se encontraban las hembras; es decir en el tratamiento uno (chía al 3%) en la semana 3 existe un bajo consumo debido que hay un poco número de hembras en gestación; en la semana 5, 6 y 7 podría deberse a que existe poco número de hembras en lactación y que unas hembras se encontraban en la etapa de apareamiento; en la semana 10, 11 y 12 debido al número de lactaciones y destete de los animales. En el tratamiento dos (chía al 5%) en la semana 7, 8, 9, 10 y 12 debido al destete y empadre de los animales.

González (2012), menciona que la disminución del peso corporal por efecto de la administración de los ácidos grasos poliinsaturados omega 3 estaría relacionada con el aumento en la secreción de adiponectina, citoquina, secretada por el tejido adiposo que se asocia negativamente con el porcentaje de grasa corporal y grasa visceral y positivamente con niveles sanguíneos de leptina e insulina. Al respecto Palomer *et al.* (2004), señala que este efecto se produce por un aumento en el catabolismo lipídico derivado de una estimulación de la expresión de enzimas implicadas en el transporte y metabolismo de los ácidos grasos en el músculo esquelético y en el hígado, como por ejemplo la acil-CoA oxidasa y la 5'-AMP cinasa (AMPK). Otros factor a considerar es que en la semana 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11 y 12 hubo un consumo bajo de alimento por los diversos factores fisiológicos antes mencionados.

La eficiencia alimenticia no fue significativa entre tratamientos, pese que en el tratamiento control hubo incremento de consumo de alimento y peso de los animales y una disminución en los tratamientos con chía respectivamente, respuesta que desde el punto de vista nutricional se atribuye por un lado que el consumo de aceite de oliva incremento la ingesta de alimento para satisfacer las necesidades calóricas en el organismo, mientras que el consumo de aceite de chía ejerce un efecto reductor en el apetito, lo que hace que el animal sea metabólicamente eficiente al tener la capacidad de usar los nutrientes que se almacenan en su organismo en el momento adecuado cuando no ha consumido alimento y de igual manera al no haber un equilibrio entre el consumo de alimento y ganancia de peso no va a existir una eficiencia alimenticia rentable.

5.2. TASA DE FECUNDIDAD

El tratamiento dos (Chía 5%) obtuvo un efecto significativo sobre la tasa de fecundidad en ratones hembras *vs.* al tratamiento uno (Chía 3%) y al tratamiento control (Oliva 5%), datos que concuerdan con los de Armstrong *et al.* (1990), En su investigación con vacas frisonas británicas alimentadas con diferentes niveles de concentrado (0,8 - 7,2 kg/día) más la inclusión parcial o total de 4 kg/día de gluten de maíz o 0,8 kg/día de harina de pescado en el

concentrado, en la cual se observó que la inclusión de la harina de pescado en el concentrado mejoró los índices de concepción a todos los servicios y redujo el número de servicios por concepción; y Zeron *et al.* (2002), que menciona que la suplementación de omega 3 influye en el número y calidad de folículos y ovocitos en ovejas; no siendo así a lo que menciona Wakefield, *et al.* (2007), en su investigación con ratas de cinco semanas de edad alimentados con una dieta alta de omega 3, particularmente DHA y EPA, en la cual observaron que una exposición larga de los ovocitos a un ambiente alto de omega 3 durante la fecundación in vivo afecta negativamente a la morfología del cigoto y retraso en el desarrollo embrionario. Los efectos variables de los omegas 3 podrían estar relacionados al nivel y fuente de este ácido graso como se observó en el presente trabajo que los resultados más bajos se obtuvo con el nivel medio de omega 3 (Chia 3%) y los mejores resultados se obtuvo con el nivel alto de omega 3 (Chia 5%).

5.3. TASA DE FERTILIDAD

El tratamiento dos (Chía al 5%) obtuvo un efecto significativo sobre la tasa de fertilidad en ratones datos que concuerdan con los de Zeron *et al.* (2002), que menciona que la suplementación de omega 3 influye en el número y calidad de folículos y ovocitos en ovejas; a los de Martínez (2012), que encontró una mejor fertilidad a la primera inseminación artificial en vacas con el suministro de aceite de soja y linaza al 4% como suplemento a una ración base, al igual que Santo *et al.* (2008), que menciona que la suplementación de la ración de vacas en lactación con grasas, bien de origen animal o vegetal, puede influir positivamente en el estatus reproductivo de las vacas lecheras, mejorando la fertilidad, como consecuencia de un incremento en el tamaño del folículo ovulatorio, número de folículos ováricos, concentración plasmática de progesterona, vida útil del cuerpo lúteo y una reducción en la secreción metabólica de prostaglandina (PGFα).

6. CONCLUSIONES

Al finalizar la presente investigación se puede concluir que:

- El nivel de inclusión de omega 3 afectó de forma variable a la fecundidad y fertilidad. Los resultados más bajos se obtuvieron con el nivel medio de omega 3 (Chía 3%) mientras que los mejores resultados se alcanzaron con el nivel más alto de omega 3 (Chía 5%).

- Los resultados controversiales encontrados en la literatura, respecto al efecto de omega 3 en la fertilidad y fecundidad, podrían ser explicados por el nivel de inclusión de este ácido graso poliinsaturado como se observó en esta investigación.

- La variabilidad en el consumo de alimento podrían coincidir y estar estrechamente relacionada a los cambios del estado fisiológico de las hembras en el ciclo reproductivo.

7. RECOMENDACIONES

En base a los resultados y conclusiones obtenidas en el presente trabajo se plantean las siguientes recomendaciones:

- Impulsar investigaciones adicionales con otros niveles de omegas 3, utilizando el aceite de chía y así comprobar los niveles óptimos de inclusión de este ácido graso poliinsaturado para mejorar los índices reproductivos de las hembras.

- Probar estos tratamientos en otras especies animales de interés productivo para determinar la factibilidad y viabilidad de su aplicación a nivel de granjas.

- Comparar el aceite de chía con otras fuentes de omega 3 para corroborar si los efectos observados se deben específicamente al omega 3 independientemente de la fuente de la que provengan.

8. BIBLIOGRAFÍA

Armstrong, J. D., Goodall, E. A., Gordon, F. J., Rice, D. A., & McCaughey, W. J. (1990). The effects of levels of concentrate offered and inclusion of maize gluten or fish meal in the concentrate on reproductive performance and blood parameters of dairy cows. Animal Production, 50, pp 1-10 doi:10.1017/S0003356100004414

Burr, G. O., & Burr, M. M. (1930). The nature and role of the fatty acids essential in nutrition . *J. Biol. Chem. 86* , 587-621 .

Cedeño, E. (2013). Formulación, elaboración y control de calidad de un alimento balanceado para ratones de experimentación (mus musculus) del bioterio de la escuela de bioquímica y farmacia de la espoch (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Riobamba.

Challis, J., Sloboda, D., Alfaidy, N., Lye, S., Gibb, W., Patel, F. Newnham, J. (2002). Prostaglandins and mechanisms of preterm birth . *Reproduction 124, 1-17*.

Culp, B., Titus, B., & Lands, W. (1979). Inhibition of prostaglandin biosynthesis by eicosapentaenoic acid. *Prostaglandins Med.* , 269-278.

Elizalde, M. (2007). *"INCIDENCIA DEL INGREDIENTE ALIMENTICIO CHÍA (Salvia hispánica L.) EN LOS NIVELES DE COLESTEROL Y ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES OMEGA 3 (W-3) EN HUEVOS DE CODORNIZ.* Ibarra. Obtenido de dspace.pucesi.edu.ec/ bitstream /11010/260/1/T72009.pdf

Espinoza, J., Ortega, R., Palacios, A., & Guillén , A. (2010). Efecto de la suplementación de grasas sobre características productivas, tasas de preñez y algunos metabolitos de los lípidos en vacas para carne en pastoreo. *Arch Med Vet 42, 25-32*, 25-32.

FAO. (2011). *Ciclo reproductivo de la rata*. Obtenido de http://www.fao.org /docrep/x5052s/x5052S03.htm

Galassi, P. F., & Guallace, F. A. (2014). *Reproducción en Animales de Laboratorio*. Obtenido de http://dpd.fvet.uba.ar/cartelera/00010 199.pdf

Garcés, Y. J. (2013). *La chía (salvia hispanica L.), una fuente de nutrientes para el desarrollo de alimentos saludables*. Obtenido de http:// repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1043/1/La_c hia_salvia_hispanica_L_desarrollo_alimentos_saludables.pdf

González, A. (2009). Efectos protectores de los ácidos grasos omega - 3 en el hígado y en el tejido adiposo (Tesis doctoral). Universidad de Barcelona. Gran Vía de les Corts Catalanes, 58508007 Barcelona.

González, D. (2012). Cambios en el perfil hepático de ácidos grasos en ratones alimentados con dieta alta en grasa: efecto de la suplementación con ácidos eicosapentaenoico y docosahexaenoico (Tesis de grado). Universidad de Chile. Santiago de Chile.

Hernández, J. (01 de 12 de 2014). *El raton de laboratorio o Raton blanco*. Obtenido de http://mundoroedores.blogspot.com/2014/12/el-raton-de-laboratorio-o-raton-blanco.html

Linneo, C. (1957). *Mus Musculus*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/ Mus_musculus

Lleonart, F. (2005). *Conejas reproductoras: resultaos con optomega_50*. Obtenido de http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/ revistas/pdf_Cuni%2FCuni_2005_138_44_48.pdf

Lorenzana, L. C. (2014). *Ácidos Grasos Esenciales*. Obtenido de http://www .webveterinaria.com/virbac/news24/animalescompania.pdf

Lozano, J., Segura, A., & Gutiérrez, A. (2007). *Composición del aceite de oliva.* Obtenido de http://www.economiaandaluza.es/sites/default/files/capitulo %207_0.pdf

Martínez, D. (2012). Suplementación de las raciones para vacas lecheras de alta producción con aceites de origen vegetal (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid. Madrid.

Monge , R., & Campos, H. (2006). Tabla de composición de alimentos de Costa Rica: ácidos grasos. *INCIENSA*, 9-10.

Nogues, P. (Abril de 2010). *Biología del ratón*. Obtenido de http:// anatobioterio.blogspot.com/2010/04/modelo-animal.html

Ortiz, C. M. (2010). *La importancia de los omega 3*. Obtenido de http: //veterinariaortomolecular.com/los-acidos-grasos-omega-3-para-animales/

Palomer, X., Pérez, A., & Blanco, F. (2004). Adiponectina: un nuevo nexo entre obesidad, resistencia a la insulina y enfermedad cardiovascular . *Med Clin (Barc). 2005;124(10):388-95*.

Pérez-Granados, A. M., Vaquero, M. P., y Navarro, M. P., (1998). Ingesta y evolución ponderal de ratas alimentadas con diferentes aceites crudos y fritos. Instituto de Nutrición y Bromatología (CSIC). Facultad de Farmacia, Universidad Complutense. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid. Vol. 49. Fase. 2 (1998), 177-185.

Reyna, S., Gonzáles, C., Valenzuela, R., & Villanueva, M. E. (2016). Efecto del extracto de maíz morado sobre la expresión génica de srebp-1, Δ5d y Δ6d en glándula mamaria de ratas nodrizas suplementadas con aceite de chía (Salvia Hispánica L.). *Rev Chil Nutr Vol. 43, Nº3*, 296-297.

Riera, A., Cabrero, M., & Cortadellas, B. (28 de Abril de 2012). *colvetcadiz*. Obtenido de Introducción a los pequeños mamiferos: Manejo,

Patologías y cirugías: http://www.colvetcadiz.com/ficheros/cursos /peque %C3%B1osmamiferos/charla.pdf

Risso, A., Pellegrino, F., Relling, A., & Corrada, Y. (8 de Febrero de 2015). Uso de ácidos grasos esenciales para mejorar parametros reproductivos en el macho. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/ bitstream/handle/10915/45519/Documento_completo.pdf?seque nce=1

Salfate, T. (2006). Ácidos Grasos Omega-3 y Omega-6 en las Raciones Alimenticias del Programa de Alimentación Escolar de la JUNAEB (Tesis de grado). Universidad Austral de Chile. Valdivia-Chile.

Sancho, P. (2001). Aspectos terapéuticos de los ácidos grasos poliinsaturados. Aplicaciones en dermatología. *AVEPA. Vol. 21 n° 1 2001*, 22. Obtenido de http://ddd.uab.cat/pub/clivetpeqani /1130706 4v21n1/11307064v21n1p18.pdf

SantaFé, R. (04 de 04 de 2013). *Cultivos Alternativos*. Obtenido de http:// cultivosalter.blogspot.com/2013/04/chia-entre-la-fantasia-y-realidad .html

Santo, J., Bilby, T., Thatcher, W., Staples, C., & Silvestre, F. (2008). Long Chain Fatty Acids of Diet as Factors Influencing Reproduction in Cattle. *Reprod. Domest. Anim. 43*, 23-30.

Valenzuela , R., Gormáz, J., Masson, L., Vizcarra, M., Cornejo, P., & Valenzuela, A. (2012). Evaluation of the hepatic bioconversion of alpha-linolenic acid (ALA) to eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) in rats fed with oils from chia (Salvia hispanica) or rosa mosqueta (Rosa rubiginosa). *GRASAS Y ACEITES Volume: 63 Issue: 1*, 61-69.

Valenzuela , R., Tapia, G., Gonzàlez, M., & Valenzuela , A. (Septiembre de 2011). *ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3 (EPA Y DHA) Y SU*

APLICACIÒN EN DIVERSAS SITUACIONES CLINICAS. Obtenido de http://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v38n3/art11.pdf

Wathes, C., Abayasekara, R., & Aitken, J. (2007). Polyunsaturated Fatty Acids in Male and Female Reproduction. *BIOLOGY OF REPRODUCTION 77, 190–201*.

Wakefield, S., Lane, M., Schulz, S., Hebart, M., Thompson, J., & Mitchell , M. (2007). Maternal supply of omega-3 polyunsaturated fatty acids alter mechanisms involved in oocyte and early embryo development in the mouse. *Am J Physiol Endocrinol Metab 294*, 425-433.

Zeron, Y., Sklan, D., & Arav, A. (2002). Effect of Polyunsaturated Fatty Acid Supplementation on Biophysical Parameters and Chilling Sensitivity of Ewe Oocytes. *MOLECULAR REPRODUCTION AND DEVELOPMENT 61:271±278*.

9. ANEXOS

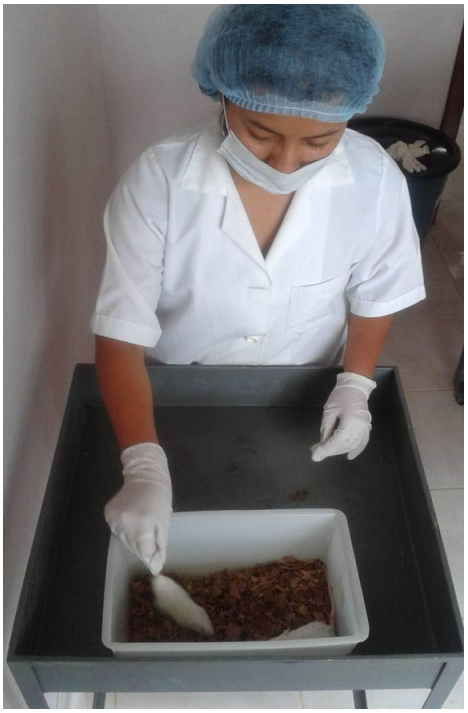
Anexo 1. Limpieza y desinfección de los equipos

Anexo 2. Adecuación de las instalaciones

Anexo 3. Pesaje de los ratones hembras

Anexo 4. Pesaje del alimento

Anexo 5. Tratamientos respectivos de la investigación



Anexo 6. Empadre de los ratones

Anexo 7. Gestación de un ratón hembra

Anexo 8. Nacimiento de los ratones