

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE VETERINARIA**

**“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN  
CALOSTRO, LECHE Y MÚSCULO DE CORDEROS NACIDOS DE MADRES  
SUPLEMENTADAS CON ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS DE LARGA  
CADENA”**

**Por**

**Lucía MAJUL DEUS  
Betiana PLÁCIDO PINTOS**

**TESIS DE GRADO** presentada como uno  
de los requisitos para obtener el título de  
Doctor en Ciencias Veterinarias

**Orientación: Higiene, Inspección, Control y  
Tecnología de los Alimentos de Origen  
Animal**

**MODALIDAD** Ensayo experimental

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2015**

## **PÁGINA DE APROBACIÓN**

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa:

---

Segundo miembro (Tutor):

---

Dr. Luis Cal Pereyra

Tercer miembro:

---

Cuarto miembro:

---

Dr. Fernando Vila

Autores:

---

Br. Lucía Majul

---

Br. Betiana Plácido

Fecha:

26 de noviembre de 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradecemos a nuestras familias y amigos ya que gracias a todos ellos llegamos hasta aquí.

Al Dr. Luis Cal, nuestro tutor, por brindarnos su apoyo, experiencia, dedicación y respaldo incondicional.

Al Dr. Fernando Vila, por los aportes fundamentales para la realización de los análisis estadísticos.

A la Dra. Stella Da Silva y al Dr. Alejandro Benech por su colaboración y apoyo.

A los compañeros Ximena Infante, Federico Feijó y José Mazzula por acompañarnos en este proyecto.

Al Sr. Gustavo Cazard funcionario del Campo Experimental N° 2 por su colaboración continua durante todo el trabajo experimental.

Al Dr. Gonzalo Rosés por realizar las ecografías para el diagnóstico de gestación.

A la Facultad de Ciencias y al Departamento de Ciencia y Tecnología de la Leche por los análisis realizados.

A todo ellos ¡¡¡muchas gracias!!!

## **TABLA DE CONTENIDO**

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.....	6
RESUMEN .....	7
SUMMARY .....	8
INTRODUCCIÓN .....	9
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	10
Lípidos alimentarios .....	10
Nomenclatura.....	10
Ácidos grasos esenciales .....	11
Fuentes de ácidos grasos .....	11
Efectos beneficiosos para la salud humana .....	12
AGPLC $\Omega$ -3 e inflamación.....	12
AGPILC $\Omega$ -3 Y ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES .....	14
AGPILC $\Omega$ -3 Y el CANCER .....	16
AGPLC $\Omega$ -3 y el SIDA .....	17
AGPLC $\Omega$ -3 DURANTE LA GESTACIÓN Y LACTACIÓN Y SU FUNCIÓN EN EL DESARROLLO CEREBRAL .....	18
Efectos beneficiosos de los AGPLC sobre los ovinos.....	20
PARASITOSIS.....	20
TERMORREGULACIÓN .....	21
CAPACIDAD REPRODUCTIVA .....	21
CRECIMIENTO.....	22
CALIDAD DEL CALOSTRO Y LECHE .....	22
CALIDAD DE LA CARNE DE CORDERO .....	25
AGPLC en la dieta de los rumiantes .....	27
METABOLISMO DE LOS LÍPIDOS EN LOS RUMIANTES.....	28
INGESTA AGPLC A TRAVES DEL PASTOREO .....	31
INGESTA DE AGPLC A TRAVES DE LA SUPLEMENTACIÓN.....	33
HIPÓTESIS .....	35
OBJETIVOS.....	35
OBJETIVOS GENERALES .....	35

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	35
MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
Animales.....	36
Diseño Experimental.....	36
Colección de muestras.....	37
Obtención de muestras.....	37
RESULTADOS.....	39
CALOSTRO.....	39
LECHE.....	41
CARNE.....	45
DISCUSIÓN.....	53
CALOSTRO.....	53
LECHE.....	54
CARNE.....	57
CONCLUSIONES.....	60
BIBLIOGRAFÍA.....	61

## **LISTA DE TABLAS Y FIGURAS**

<b>TABLA 1.</b> Porcentajes (peso seco) de los principales componentes en calostro de ovejas de los diferentes grupos en estudio.....	39
<b>TABLA 2.</b> Porcentajes (peso seco) de los AGPLC $\Omega$ -3 en calostro de ovejas.....	40
<b>TABLA 3.</b> Porcentajes (peso seco) de los AGPLC $\Omega$ -6 en calostro de ovejas.....	41
<b>TABLA 4.</b> Porcentajes (peso seco) de los principales componentes en la leche de ovejas.....	41
<b>TABLA 5.</b> Porcentajes (peso seco) de los AGPLC $\Omega$ -3 en la leche de ovejas.....	43
<b>TABLA 6.</b> Porcentajes (peso seco) de los AGPLC $\Omega$ -6 en leche de ovejas.....	45
<b>TABLA 7.</b> Porcentajes (peso seco) de AGPLC $\Omega$ -3 en músculo de corderos.....	46
<b>TABLA 8.</b> Porcentajes (peso seco) de AGPLC $\Omega$ -6 en músculo de corderos.....	50

## **RESUMEN**

El depósito en músculo de los corderos de ácidos grasos poliinsaturados de larga cadena (AGPLC), así como la composición bromatológica y la concentración de estos ácidos grasos (AG) en calostro y leche podría estar influenciado por la suplementación materna con AGPLC. Al día 100 de gestación 60 ovejas Corriedale con fecha de gestación conocida, cargando un solo feto y alimentadas a campo natural fueron asignadas a tres grupos. Desde ese momento y hasta el parto la alimentación de cada oveja se suplementó de acuerdo al siguiente protocolo: Grupo A(n=20): 700 g de ración rica en AGPLC, Grupo B(n=20): 700 g de ración comercial para lanares + 20 ml Vita-Mega 3® y Grupo C(n=20): (grupo control) 700g de ración comercial para lanares. Luego del parto cada grupo se dividió en dos, 10 ovejas continuaron con la misma suplementación hasta el final de la lactación y las otras 10 se continuaron alimentando solamente a campo natural. Se determinó en las ovejas la composición bromatológica y la concentración de AGPLC en calostro y leche. Se determinó en los corderos la concentración de AGPLC en músculo a los 90 días de vida y al tiempo de faena de cordero pesado. Se concluye que el aporte de AGPLC en la ración y la suplementación con aceite de pescado en la alimentación de las ovejas provocó un aumento de la lactosa de la leche, lo cual podría ser beneficioso para el cordero. La alimentación recibida por las ovejas en la lactación influyó favorablemente en el perfil lipídico de la carne, aumentando la concentración de los AGPLC omega 3 y 6. El aumento de ácido linolénico (ALN), ácido linoléico (AL), ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA) en la leche de las ovejas y en la grasa intramuscular de los corderos confirma una fuerte relación entre el perfil de estos ácidos grasos de la leche y la carne. La suplementación de las ovejas con aceite de pescado y una ración rica en AGPLC produjo un cambio en la relación entre AL/ ALN, mejorando el perfil de estos ácidos grasos en leche y carne.

### **PALABRAS CLAVES**

Oveja, ácidos grasos, corderos

## **SUMMARY**

The deposit of polyunsaturated fatty acids (PUFA) in lambs muscle, as well as bromatological composition and concentration of these fatty acids (FA) in colostrums and milk could be influenced by maternal supplementation with PUFA. At day 100 of gestation, 60 Corriedale sheep with known date of gestation, carrying a single fetus and fed with natural field were assigned to three groups. From that moment until lambing, each sheep was supplemented as follows: Group A (n = 20): 700 g of ration rich in PUFA, Group B (n = 20): 700 g of commercial ration for sheep + 20 ml Mega Vita-3® and Group C (n = 20) (control group) 700g of commercial ration for sheep. After lambing, each group was divided into two groups: 10 sheep continued with the same supplementation until the end of lactation and the other 10 sheep continued feeding only with natural field. Bromatological composition and concentration of PUFA were determined in colostrums and milk. PUFA concentration was determined in 90 days lambs and at time of heavy lamb slaughter. To conclude, the contribution of PUFA and supplementation with oil fish in the diet of sheep caused an increase in the lactose in milk, which could be beneficial for the lamb. The feed received by the sheep during lactation influenced favorably the lipid profile of the meat, increasing the concentration of PUFA omega 3 and 6. Increasing ALA, LA, EPA and DHA in the milk of sheep and intramuscular fat of lambs confirmed a strong relationship between these FA profile in milk and meat. Sheep supplementation with oil fish and a ration rich in PUFA produce a change in the relationship between LA / ALA, raising the profile of these fatty acids in milk and meat.

**KEYWORDS:** Sheep, fatty acids, lambs



## **INTRODUCCIÓN**

En los últimos años, ha aumentado considerablemente el interés de los responsables de la salud pública de los consumidores por conocer la relación entre la dieta y la salud. Se ha demostrado que muchos alimentos tradicionales como las frutas, las verduras, el pescado y la leche contienen componentes que resultan beneficiosos para nuestro organismo. Sin embargo los nuevos estilos de vida, han provocado que se abandonen determinados hábitos de alimentación saludable (Aranceta y Serra, 2008).

En la sociedad actual, los desequilibrios y los desajustes alimentarios están relacionados con la aparición de un gran número de enfermedades. Como consecuencia de esta situación, surgen los alimentos “funcionales” que pueden compensar los desequilibrios alimentarios y garantizan las ingestas de nutrientes recomendadas por los especialistas en nutrición (Aranceta y Serra, 2008).

La importancia de los lípidos en la nutrición y el desarrollo humano es reconocida desde hace décadas. Los lípidos son constituyentes importantes de la estructura de las membranas celulares, cumplen funciones energéticas y de reserva metabólica. Además algunos lípidos tienen el carácter de esenciales debido a que no pueden ser sintetizados a partir de estructuras precursoras (Valenzuela y Nieto, 2003).

Los ácidos grasos poliinsaturados de larga cadena (AGPLC) tienen una importante influencia en la salud humana, principalmente en la prevención de enfermedades cardiovasculares, enfermedades neurológicas (Enfermedad de Alzheimer), enfermedades inflamatorias (Enfermedad de Crohn), en la fertilidad y en la prevención de tumores (Mozón y col, 2002; Martínez Marín, 2007). Por lo tanto, sería conveniente aumentar el consumo de alimentos ricos en AGPLC en la población. Una forma de lograr este objetivo sería aumentar la concentración de estos ácidos grasos en la carne ovina. Sin embargo, los ovinos naturalmente consumen bajas cantidades de AGPLC (Givens y col, 2001), además el pasaje de estos AG al duodeno está disminuido por la alta biohidrogenación que sufren por las bacterias ruminales (Sinclair y col, 2005; Chikunya y col, 2004). Asimismo la enlongación y desaturación en los tejidos de los ácidos linolénico y linoléico se encuentra limitada en la oveja (Cooper y col, 2004).

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los lípidos son componentes importantes de las membranas celulares, cumpliendo además funciones energéticas y de reserva metabólica. Estos forman además la estructura básica de algunas hormonas y las sales biliares (Sastry, 1985).

### **LÍPIDOS ALIMENTARIOS**

#### *NOMENCLATURA*

Los ácidos grasos (AG) son las estructuras de mayor relevancia dentro de los lípidos (Valenzuela y Nieto, 2003). Desde el punto de vista químico, los AG son cadenas rectas de hidrocarburos que terminan en un grupo carboxilo en un extremo y en un grupo metilo en el otro. Los ácidos grasos se clasifican:

a) Por su grado de saturación: se dividen en saturados e insaturados y estos a su vez se subdividen en monoinsaturados y poliinsaturados (Valenzuela y Nieto, 2003).

Ácidos grasos saturados (AGS): éstos no presentan dobles enlaces entre carbonos, tienden a formar cadenas extendidas y a ser sólidos a temperatura ambiente, excepto los de cadena corta.

Cadena corta (volátiles):

- Ácido butírico
- Ácido isobutírico
- Ácido valérico
- Ácido isovalérico

Cadena larga:

- Ácido mirístico
- Ácido palmítico
- Ácido esteárico

Ácidos grasos insaturados (AGI): éstos presentan dobles enlaces entre carbonos y suelen ser líquidos a temperatura ambiente.

Ácidos grasos monoinsaturados:

- Ácido oleico, 18:1 ( $\Omega$ 9)

Ácido graso poliinsaturados:

- Ácido linoléico, 18:2 ( $\Omega$ 6)

- Ácido alfa-linolénico 18:3 ( $\Omega$ 3)

- Ácido araquidónico AA 20:4 ( $\Omega$ 6)

(Herrera y col, 2006; García, 2006; Travieso, 2010)

b) Por la longitud de su cadena: pueden ser clasificados como de cadena corta (4-6 Carbonos), media (8-12 Carbonos), larga (14-18 Carbonos) o muy larga (20 o más Carbonos).

c) De acuerdo a la posición del primer doble enlace de la cadena denominado omega ( $\Omega$ ), contando a partir del extremo metilo existen tres familias de AG poliinsaturados omega 3 ( $\Omega$ -3), omega 6( $\Omega$ -6) y omega 9( $\Omega$ -9)(Castro,2002;Carrero y col, 2005;Martínez Marín y col, 2010; Herrera y col, 2006; Valenzuela y Nieto, 2001;Valenzuela y Nieto, 2003). La denominación omega deriva de la última letra del alfabeto griego, denotando que la enumeración de los ácidos grasos se realiza desde el carbono extremo terminal de la molécula (Valenzuela y Sanhueza, 2009).

## *ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES*

Al no poder introducir dobles enlaces en el carbono 3 y 6, el  $\Omega$ -3 y  $\Omega$ -6 son esenciales para los mamíferos (Brenner y Peluffo, 1969; Carrero y col, 2005; Herrera y col, 2006; Valenzuela y Nieto, 2001; Valenzuela y Nieto, 2003; García y col, 2006; Travieso, 2010; Valenzuela y Sanhueza, 2009; Valenzuela y col, 2011a). De esta forma los AG linoléico (C18:2,  $\Omega$ -6, AL) y alfa-linolénico (C18:3,  $\Omega$ -3, ALN) son esenciales, por lo cual la dieta debe proveerlos en proporciones bien determinadas (Valenzuela y Sanhueza, 2009), ya que su carencia o desbalance en la ingesta produce serias alteraciones metabólicas (Simopoulos, 1991; Herrera y col, 2006)

Los AG  $\Omega$ -9 no son esenciales, ya que nuestro organismo puede producir una insaturación de un AG saturado en esa posición (Valenzuela y Nieto, 2001; Valenzuela y Nieto, 2003; Valenzuela y Sanhueza, 2009).

## *FUENTES DE ÁCIDOS GRASOS*

A partir del AL y del ALN por enlongación y desaturación, se forman en el organismo otros ácidos grasos poliinsaturados de larga cadena (AGPLC) necesarios para algunas funciones metabólicas y estructurales (Sprecher y col, 1995; Valenzuela y Nieto, 2001; Valenzuela y Nieto, 2003; Carrero y col, 2005; Travieso, 2010; Valenzuela y col, 2011a). El AL puede dar origen al ácido Araquidónico (C20:4,  $\Omega$ -6, AA) de gran importancia en el desarrollo neonatal (Sellmayer y Koletzko, 1999). El ALN da origen al ácido ecosapentaenoico (20:5,  $\Omega$ -3, EPA) y al ácido docosahexaenoico (C22:6,  $\Omega$ -3, DHA) ambos con importantes funciones metabólicas y reguladoras (Valenzuela y Nieto, 2001; Ríos y col, 2009; Travieso, 2010).

La fuente principal de AGPLC de la serie 3 se encuentra en peces de agua fría y salada (Herrera y col, 2006; Valenzuela y col, 2011a).

Los $\Omega$ -3 se forman en el cloroplasto de las plantas marinas, microalgas, que son consumidas por los peces, los cuales concentran ácido EPA yDHA como triglicéridos, principalmente en el tejido adiposo y en la grasa del musculo y vísceras (Castro, 2002; Herrera y col, 2006; Valenzuela y Nieto, 2001; Travieso, 2010)

Los aceites de origen marino se caracterizan por su riqueza (>35% en ácidos grasos insaturados de 20 y 22 carbonos (Ríos y col, 2009; Martínez Marín y col, 2010; Travieso, 2010).

La variación en el contenido de AG  $\Omega$ -3 de los alimentos marinos dependerá de la especie de pescado (atún, jurel, salmón) el lugar y la época de captura, así como del proceso industrial al que se someta (Castro, 2002).

Otras fuentes alimentarias del AL y del ALN son los alimentos de origen vegetal. Las principales fuentes de ALN son el lino, cáñamo, soya, nueces y forrajes verdes oscuros (Dewhurst y King, 1998; Valenzuela y Nieto, 2001). El AL fue encontrado en semilla de girasol, cáñamo, soya, nueces, semillas de calabaza, semillas de sésamo y lino (García y col, 2006; Travieso, 2010; Valenzuela y col, 2011a).

## **EFFECTOS BENEFICIOSOS PARA LA SALUD HUMANA**

Los AG  $\Omega$ -3, EPA y DHA, son altamente valorados por los demostrados efectos benéficos en la salud y en la nutrición tanto humana como animal que produce su consumo. Por ello es fuertemente recomendado por las autoridades de salud y nutrición en todo el mundo (OMS, OPS, FAO) (Valenzuela y Sanhueza, 2009).

### *AGPLC $\Omega$ -3 E INFLAMACIÓN*

La respuesta inflamatoria es fundamentalmente una respuesta de carácter protector, que cuando se perpetúa constituye el mecanismo de un gran número de enfermedades (Mesa García y col; 2006).

El perfil lipídico de las membranas de las células inmunitarias va a condicionar la producción de mediadores químicos, determinando la intensidad de la respuesta (García y col; 2006).

Dentro de los mediadores químicos de la inflamación se destacan los *eicosanoides*, que son productos derivados de los AGPI de 20 carbonos, principalmente del AA y DHA, y cuya formación va a depender de la composición de los fosfolípidos de las membranas leucocitarias, que a su vez está determinada por el perfil de ácidos grasos de la dieta ingerida. Los eicosanoides tienen una vida muy corta, actúan localmente y ejercen su acción sobre diversos procesos biológicos como la inflamación y la hemostasia, contribuyendo a cronificar el proceso inflamatorio. (García y col; 2006).

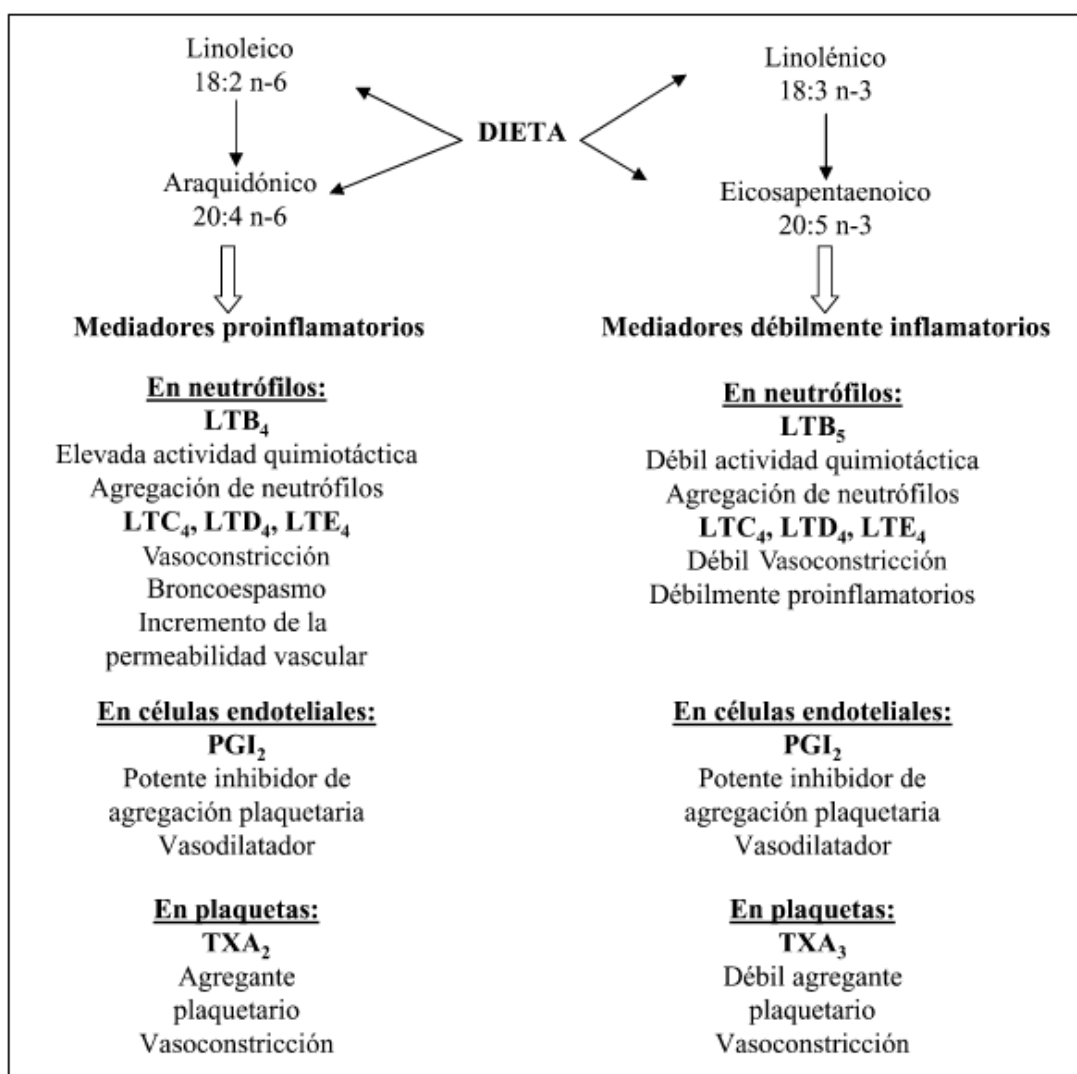
El AG mayoritario que se incorpora a los fosfolípidos de las membranas celulares es el AA, por lo tanto, el precursor más importante de los eicosanoides. Como ya se ha descrito anteriormente, el EPA compite con el AA por las enzimas implicadas en su metabolismo que dependiendo de su disponibilidad, se sintetizarán eicosanoides de una u otra serie, que se diferencian en la velocidad de su síntesis y en la intensidad de sus efectos. Los AG liberados de los fosfolípidos son transformados mediante las enzimas ciclooxigenasa y lipoxigenasa encargadas de sintetizar prostaglandinas, leucotrienos y tromboxanos; dependiendo el AG precursor y de la célula donde se metabolice serán de una determinada serie (Kumar y col, 2010; Herrera y col, 2006; García y col; 2006; Travieso, 2010).

Muchos de los cambios que ejercen los AG  $\Omega$ -3 en el sistema inmune están mediados por cambios en estos eicosanoides menos activos que los

sintetizados a partir de los  $\Omega$ -6(García y col; 2006).

Entre las prostaglandinas, la prostaglandina  $E_2$  es un potente mediador de la inflamación, el dolor, la fiebre y el aumento de la permeabilidad vascular. Entre los leucotrienos formados a partir del AA, se destacan los leucotrieno  $B_4$ ,  $C_4$ ,  $D_4$ , los cuales son potentes agentes proinflamatorios que aumentan la permeabilidad vascular, la activación de células inmunes y estimulan la liberación de citoquinas inflamatorias (Kumar y col, 2010).

Tanto el EPA como el DHA, luego de ser ingeridos, se incorporan rápidamente a los fosfolípidos de las membranas celulares donde pueden ser liberados por enzimas lipooxigenasas y ciclooxigenasas, originando productos con potentes propiedades citoprotectoras y especialmente inflamatorias como ser leucotrieno  $B_5$ , prostaglandina  $E_1$ , tromboxano  $A_1$ , entre otros(Valenzuela y col, 2011a;Herrera y col, 2006).



Principales eicosanoides derivados de AA y EPA; PG: prostaglandina; LT: leucotrieno; TX: tromboxano

García y col; 2006

En los humanos y en animales las dietas ricas en DHA y EPA aumentan la proporción de estos AG en las moléculas celulares (Herrera y col, 2006),

particularmente en los linfocitos lo cual disminuye la generación de los productos proinflamatorios derivados del AGPILC  $\Omega$ -6. La suplementación dietaria con EPA y DHA también es capaz de reducir la producción de citoquinas pro-inflamatorias, tales como la IL-1, IL-6, IL-8 y FNT- $\alpha$ , que se liberan cuando los macrófagos y monocitos son activados. El TNF- $\alpha$  tiene un rol importante en el desarrollo de la caquexia en pacientes con cáncer. En este sentido la suplementación dietaria con EPA y DHA puede reducir la producción de citoquinas inflamatorias y los efectos del TNF- $\alpha$  (Valenzuela y col, 2011a).

### *AGPILC $\Omega$ -3 Y ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES*

En la actualidad, la prevalencia de enfermedad cardiovascular lejos de ir disminuyendo, continúa creciendo, vinculada al aumento progresivo en la edad de la población. En la promoción y prevención de la enfermedad cardiovascular, la dieta juega un papel predominante. Así específicamente el tipo de grasa que la compone merece especial atención porque determinará, en parte, el efecto final sobre el desarrollo o prevención de esta patología. Un ejemplo de la importancia del tipo de grasa en la salud cardiovascular, lo constituyen los  $\Omega$ -3 (Carrero y col, 2005; Ríos y col, 2009)

Un elevado número de evidencias científicas demuestran que el consumo de AG  $\Omega$ -3 produce una disminución en el riesgo cardiovascular (Carrero y col, 2005; Ríos y col, 2009; Valenzuela y col, 2011a). La importancia de estos AG para el organismo radica en la pluripotencialidad de su efecto biológico, de modo que realizan esta acción protectora a través de varios mecanismos que no están del todo dilucidados aunque se han propuesto varios mecanismos posibles entre ellos, la capacidad que tienen los AG para influenciar la coagulación sanguínea y la trombosis, el perfil de lípidos plasmáticos, la presión sanguínea, la arritmia y la inflamación. (Ríos y col, 2009; Travieso, 2010).

Los efectos ateroprotectores derivados de la ingesta de AG  $\Omega$ -3 provienen principalmente de su incorporación a los fosfolípidos de las membranas de las células, sustituyendo parcialmente al AA como sustrato inicial para la producción de eicosanoides. Cuando las células vasculares sufren algún tipo de daño, se desencadena el proceso de agregación plaquetaria y los intermediarios derivados del metabolismo de los AG  $\Omega$ -3 son menos protrombóticos y vasoconstrictores que los derivados procedentes del AA (Travieso, 2010).

El contenido de AG de las plaquetas origina la producción de tromboxano  $A_3$  a partir de la familia  $\Omega$ -3, este último posee un efecto proagregante menor que el tromboxano  $A_2$  (derivado del AA) reduciendo la agregación plaquetaria y la trombosis (Travieso, 2010).

Los efectos protectores que sobre los factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares ejercen los AG  $\Omega$ -3 podrían ser:

- Efecto antitrombótico, por su acción sobre la agregación plaquetaria, previniendo la formación de coágulos sanguíneos y depósitos grasos en pacientes con patologías cardiovasculares.
- Reducción de la aparición de arritmias, al ayudar a prevenir la taquicardia ventricular y la fibrilación, estabilizando eléctricamente

la membrana y disminución de la severidad de los síntomas arrítmicos.

- Disminución del avance de la arterosclerosis por su efecto sobre los lípidos plasmáticos al disminuir la concentración de triglicéridos e incrementar la concentración de colesterol transportado por lipoproteínas de alta densidad, acompañado de una menor peroxidación de las lipoproteínas.
- Reducción de la presión arterial elevada en aquellos pacientes que presentan hipertensión, no afectando a las personas normotensas.
- Reducción al mínimo de la respuesta inflamatoria al actuar sobre la síntesis de eicosanoides inflamatorios.
- Promoción de la reparación endotelial. (Travieso, 2010).

Los AG  $\Omega$ -3 producen una reducción en los niveles plasmáticos de triglicéridos y en ocasiones de colesterol total. Este efecto se produce a través de una disminución de la síntesis hepática de las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), incremento de su lipólisis e inhibición de la síntesis (Ríos y col, 2009; Travieso, 2010).

Respecto a las arritmias, la arritmia ventricular supone la principal causa de muerte súbita cardíaca. Estudios han demostrado que los  $\Omega$ -3 podrían estabilizar las membranas celulares, aumentar el periodo refractario de los miositos y prevenir el desarrollo de arritmias (Ríos y col, 2009).

En el desarrollo de la enfermedad coronaria, la formación del trombo es un fenómeno clave para la aparición de manifestaciones clínicas. En estudios en animales y humanos se comprobó que el consumo de  $\Omega$ -3 reduce la agregabilidad plaquetaria y modula la trombosis. El AA se libera de la membrana celular tras la activación de plaquetas y células endoteliales y una de las principales propiedades de estos AG, es que su consumo reduce el contenido de AA en los fosfolípidos de las membranas de las plaquetas y probablemente también en las células endoteliales. Por ello, al disminuir su contenido se reducirá la concentración de sustrato necesario para la síntesis de eicosanoides, lo que conlleva a una disminución en la producción de tromboxano  $A_2$ , que es un potente activador plaquetario (Ríos y col, 2009).

Los AG  $\Omega$ -3 tienen efectos antitrombóticos y antiarrítmicos, aumentan el tiempo de sangrado evitando la adherencia de plaquetas en las arterias, previene la aterosclerosis al reducir las concentraciones de colesterol en plasma (Castro, 2002; Travieso, 2010).

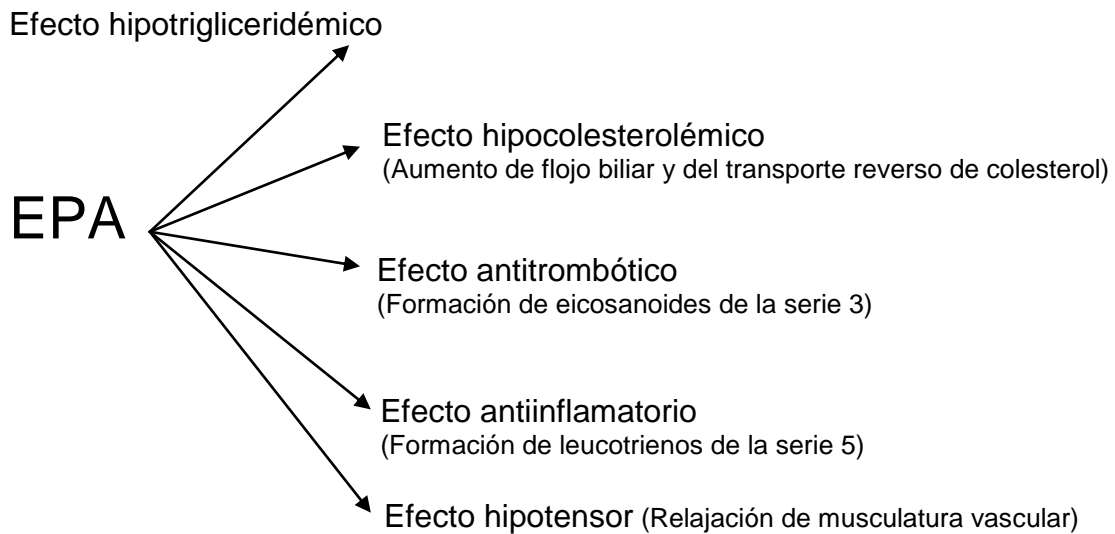
La reducción de los lípidos plasmáticos, especialmente triglicéridos generada por el consumo de AGPLC  $\Omega$ -3 es uno de los efectos con mayor evidencia tanto en humanos como en animales (Valenzuela y col, 2011a).

Los aceites de pescado producen inhibición de la biosíntesis de lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) y de triglicéridos en el hígado, sin alterar la biosíntesis de lipoproteínas de alta densidad (HDL) (Ríos y col, 2009; Valenzuela y col, 2011a; Travieso, 2010).

La ingesta de aceite de pescado reduce la ocurrencia de lesiones ateroscleróticas, disminuye la frecuencia de paros cardíacos y reduce la mortalidad global en pacientes con riesgo de enfermedad cardiovascular

(Valenzuela y col, 2011a; Travieso, 2010).

### **Beneficios derivados del consumo de ácido eicosapentaenoico (EPA) en la salud cardiovascular** (Valenzuela y Sanhueza, 2009; Ríos y col, 2009).



### **AGPILC $\Omega$ -3 Y EL CANCER**

Las células cancerígenas pueden extenderse en el organismo a través de la invasión y la metástasis. La invasión se refiere a la migración directa y penetración de las células cancerígenas en tejidos próximos. La metástasis es la habilidad de las células cancerígenas de penetrar en los vasos linfáticos y sanguíneos, diseminándose en el sistema circulatorio e invadiendo y creciendo en otros tejidos lejanos. Ambos mecanismos requieren que el tumor crezca, para lo cual es necesaria la formación de nuevos vasos sanguíneos que suministran oxígeno y nutrientes a las células cancerígenas. Este fenómeno fisiopatológico se conoce como *angiogénesis* y comienza cuando una célula normal se transforma en cancerígena y ésta libera moléculas que activan el crecimiento de las células endoteliales del vaso sanguíneo más próximo (Muriana, 2004).

En la alimentación y atención nutricional del paciente oncológico, los AGPILC  $\Omega$ 3 (EPA y DHA) constituyen un conjunto de macromoléculas que tiene la dualidad de ser poco perjudiciales para las células sanas y muy perjudiciales para las células cancerígenas, reduciendo su capacidad proliferativa y facilitando su autodestrucción (apoptosis) entre otros efectos (Muriana, 2004).

La ingesta de alimentos que ya contiene EPA y DHA acelera notablemente la biodisponibilidad y utilización metabólica de estos AG por las células cancerígenas (Muriana, 2004).

Los AG  $\Omega$ -3 tienen beneficios en pacientes oncológicos dado que son sustratos para la producción de eicosanoides y están involucrados en la inmunomodulación, la inflamación y etiopatogenia de ciertos tumores (Pérez Cruz y col, 2013).

Efectos de los compuestos eicosanoides sobre la carcinogénesis (Muriana,



2004).

Ácidos grasos  $\Omega$ -3:

Limitan la producción de compuestos eicosanoides derivados del Acido Araquidónico

- Sustituyendo al AA por EPA en los fosfolípidos de las membranas celulares.
- Compitiendo ALN con el ácido AL por las desaturasas y elongasas (reducen la biosíntesis de AA)
- Inhibiendo (EPA y DHA) la actividad de COX-2 (reducen los derivados del AA)
- Compitiendo EPA con el ácido AA por las ciclooxigenasas y lipooxigenasas (reducen los derivados del AA)
- Estimulan la actividad lisosomal (promueven el catabolismo de los compuestos eicosanoides)

(Muriana, 2004).

El EPA ha demostrado ser eficaz en la supresión del aumento de citoquinas proinflamatorias, proceso íntimamente relacionado con el síndrome de respuesta inflamatoria sistémica. Se comprobó que produce un descenso significativo de los valores de TNF- $\gamma$ . El TNF  $\gamma$  es una citoquina proinflamatoria que está involucrada en la patogenia del síndrome de caquexia por cáncer (Pérez Cruz y col, 2013).

El DHA y EPA son antiinflamatorios y no estimulan la angiogénesis, ya que suprimen el factor de activación plaquetaria (PAF), el cual es un potente agente de agregación plaquetaria. El EPA además actúa como agente regulador de los mediadores de la caquexia, lo que reduce la producción de citoquinas proinflamatorias como TNF  $\alpha$ , IL-1, IL-6. (Pérez Cruz y col, 2013).

Estudios en ratones y en cultivos de células han demostrado que las dietas que contienen DHA y EPA retrasan tanto el crecimiento y las metástasis de los tumores primarios (Valenzuela y col, 2011b). El uso de aceites de pescado aumenta la eficacia de los agentes quimioterápicos (Valenzuela y col, 2011b).

Por lo tanto, los AG  $\Omega$ -3 de cadena larga constituyen uno de los elementos nutricionales de mayor interés científico en la prevención y el tratamiento del cáncer (Muriana, 2004).

## AGPLC $\Omega$ -3 Y EL SIDA

El virus de la inmunodeficiencia adquirida (VIA) es capaz de replicarse en muchas de las células humanas, como algunos linfocitos, monocitos/macrófagos y células gliales. Los monocitos/macrófagos son considerados un importante reservorio de VIA *in vivo* y producen citoquinas como la IL-1 y TNF- $\alpha$ . Estas sustancias favorecen la replicación del virus e inducen secundariamente otras citoquinas como IL-6 y factor estimulante de los granulocitos. Estas citoquinas son responsables de muchos aspectos clínicos de la enfermedad, como el dolor de cabeza, anorexia, sutiles cambios cognoscitivos, disfunciones motoras y caquexia (Castro, 2002).

La estrategia en el tratamiento del SIDA implica combinación de drogas y sustancias que actúan sobre diferentes puntos de la replicación viral en forma sinérgica, y los AG  $\Omega$ -3 son considerados como candidatos por sus diversos efectos sobre los sistemas inmunológico y metabólico en particular por su

habilidad para disminuir la producción de IL-1 y TNF- $\alpha$ , lo que a su vez reduce la producción de las otras citoquinas y de la IL-6 lo que produce muchos efectos benéficos sobre las manifestaciones clínicas ya mencionadas (Castro, 2002).

### *AGPLC $\Omega$ -3 DURANTE LA GESTACION Y LACTACION Y SU FUNCION EN EL DESARROLLO CEREBRAL*

Durante la etapa gestacional, e incluso después del nacimiento, el aporte de AGPLC es realizado por la madre ya que si bien el feto y el recién nacido tienen la capacidad para formar AGPLC a partir de precursores, la velocidad de transformación (elongación y desaturación) del AL para formar AA y del ALN para formar DHA, parece no ser suficiente para proveer la cantidad de AGPLC requerido por el feto y por el recién nacido (Valenzuela y Nieto 2003).

La placenta humana es selectivamente permeable a los AGPLC de origen materno (Valenzuela y Nieto, 2001; Valenzuela y Nieto, 2003). Este aporte puede provenir de las reservas tisulares de AGPLC de la madre, de la actividad biosintética (elongación y desaturación) y del aporte nutricional de AGPLC preformados. De esta manera, si la madre recibe una alimentación con un aporte adecuado de AGPLC y con una relación  $\Omega$ -6/ $\Omega$ -3 adecuada podrá aportar al feto a través del transporte placentario, y al recién nacido a través de la leche, el requerimiento de AGPLC necesario para un desarrollo normal del sistema nervioso y visual (Valenzuela y Nieto 2003).

El proceso bioquímico de elongación y desaturación del AL y ALN se realiza en las células hepáticas por medio de enzimas localizadas en el retículo endoplasmático y en los peroxisomas (Sprecher y col, 1995). En el feto la elongación y desaturación del AL y ALN también se realiza en el hígado, lo cual es dependiente del flujo sanguíneo que llega a este, por lo tanto es incipiente debido a la inmadurez fisiológica de este órgano (Valenzuela y Nieto 2003).

Los AG  $\Omega$ -3 son componentes estructurales del cerebro y de la retina durante el desarrollo del feto.

La dieta de la madre antes de la concepción es de gran importancia, ya que determina en parte el tipo de grasas que se acumularan en los tejidos del feto (Castro, 2002).

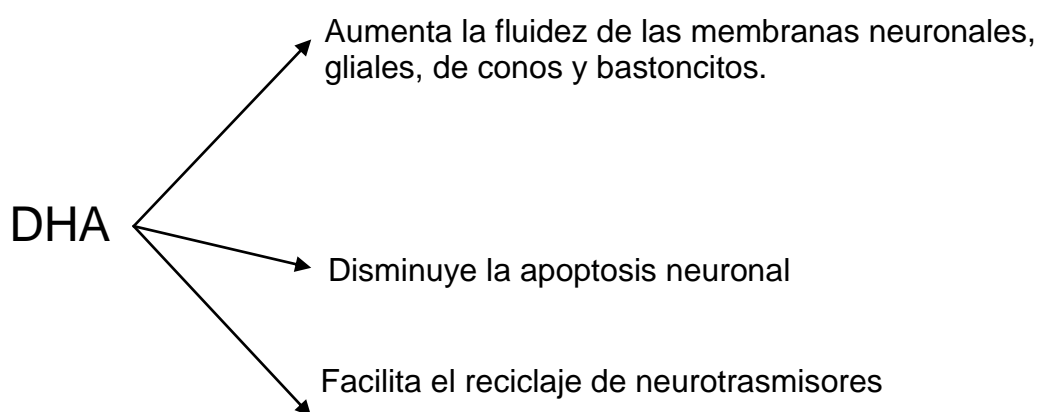
El sistema nervioso, principalmente el cerebro, tiene una alta composición lipídica (60% de su peso seco), en su mayoría como fosfolípidos. De este porcentaje más del 85% está constituido por el DHA (35-40%) y el AA (40-50%) (Valenzuela y Nieto, 2001; Sanhueza y col, 2004; Sastry, 1985).

El DHA se acumula principalmente en los fosfolípidos cerebrales, particularmente en la fosfatidilcolina y la fosfatidiletanolamina y en menor proporción en la fosfatidilserina (Valenzuela y Nieto 2003). Se acumula principalmente en la posición sn-2 de los fosfolípidos. La posición sn-1 es ocupada por la colina, la etanolamina, o serina, según el fosfolípido que se trate. La posición sn-3 es casi siempre ocupada por un ácido graso saturado, principalmente Ácido palmítico. El AA puede compartir el sn-2 aunque es más habitual que se encuentre en la sn-3 cuando el DHA está presente en el sn-2 (Sanhueza y col, 2004).

El DHA debido al largo de su larga cadena tiene alta flexibilidad, Esta

conformación permite que los fosfolípidos que poseen DHA sean estructuras moleculares muy expandidas, por lo cual por unidad de volumen en una membrana se van a acomodar menos moléculas. Esto significa que las membranas que posean fosfolípidos que contengan DHA van a ser estructuras de gran fluidez y con muy baja tendencia a la formación de estructuras cristalinas de carácter más denso. La mayor fluidez facilitará el movimiento de moléculas en la membrana (receptores, proteínas G, canales iónicos, enzimas, factores de crecimiento neuronal) y la transducción de señales que es propia de las células excitables, como es el caso de las neuronas (Sanhueza y col, 2004).

**Beneficios derivados del consumo de ácido docosahexaenoico (DHA) en la función del sistema nervioso y visual** (Valenzuela y Sanhueza, 2009):



Importancia de la suplementación con DHA durante el embarazo:

- En la madre:
- Permite embarazos más prolongados
  - Disminuye la insulino resistencia y la diabetes gestacional.
  - Disminuye el riesgo de depresión post-parto

- En el bebé:
- Mejora agudeza visual y percepción de los colores.
  - Mejora la capacidad de aprendizaje y de memorización.
  - Disminuye la incidencia de déficit atencional.

(Valenzuela y Sanhueza, 2009).

En el cerebro el DHA participa en la neurogenesis, en la migración de las neuronas desde zonas ventriculares a la periferia, en la mielinización y en la sinaptogenesis (Valenzuela, 2001). Las neuronas no tienen la capacidad de formar DHA a partir de su precursor y son las células gliales, principalmente los astrocitos, los que desaturan y elongan al precursor para convertirlo en DHA, el cual es captado por las neuronas (Moore y col, 1991; Williard y col, 2001).

La mayor fluidez de las membranas neuronales estaría vinculada a la función del DHA en el tejido cerebral, facilitando la formación de los conos de

crecimiento axonal, el establecimiento de las sinapsis y la interacción de las dendritas, mejorando así la plasticidad del tejido cerebral (Jumpsen y col, 1997). Esta misma propiedad es de gran importancia en los procesos de neurogénesis, migración neuronal y de sinaptogénesis, propias del desarrollo del sistema nervioso (Sanhueza y col, 2004).

Se han descrito los efectos reguladores del DHA en la expresión de genes de la retina (Rojas y col, 2003). Los genes particularmente regulados por el DHA estarían relacionados con la función de generación de energía en las neuronas. Esto es con la síntesis de ATP y con la cadena respiratoria y particularmente con las proteínas relacionadas con el control de la plasticidad cerebral y el aprendizaje (George y col, 1995).

El DHA es el de mayor importancia en el desarrollo neonatal, al tener un rol fundamental en la estructura y funcionalidad del tejido nervioso (Valenzuela y Nieto, 2003; Sellmayer y Koletzko, 1999; Wainwright, 1992). Se ha demostrado que aumentando los niveles de DHA en el feto humano, aumentan las concentraciones de éste en el cerebro, lo cual propone mejorar el desarrollo de los índices motores y mentales en niños (Dijck y col, 2005; Bouwstra y col, 2003). El desarrollo del cerebro en el humano ocurre principalmente en el último trimestre de la gestación (Van Houwelingen y col, 1992).

Se ha indicado que una mayor incorporación de DHA en el tejido cerebral está relacionado con una mayor capacidad de aprendizaje y memorización, realizándose estos estudios en ratones (Carrié y col, 2000; Lim y Suzuki, 1999), en primates (Champoux y col, 2002) y en humanos (Cockburn, 2003). En ratones, ratas y primates en los cuales se realizó la suplementación de las madres con DHA, se observó una mayor incorporación de éste en el hipocampo y en la corteza frontal de sus crías, lo que las condujo a tener un mejor desempeño en pruebas realizadas en laberintos elevados con espacios ciegos (Nakashima y col, 1993), en el laberinto de agua de Morris (Carrié y col, 2000, Moriguchi y col, 2000; Lim y Suzuki, 1999), o en la caja de Skinner (Valenzuela y Nieto, 2003).

Estudios en cerdos reportaron que aumentando la suplementación materna con AGPLC durante el final de la gestación se reduce la latencia del tiempo de mamar (Rooke y col, 2001a).

Animales que presentan una deficiencia dietaria de omega-6 o alimentados en exceso con omega-3 mostraron una menor síntesis de prostaglandinas y un aumento en el largo de la gestación (Tinoco y col, 1978). Este efecto que se ha observado en ratas (Olsen y col, 1990), humanos (Smuts y col, 2003), cerdos (Rooke y col, 2001b) y ovejas (Capper y col, 2006), tendría como resultado una mayor maduración fisiológica del feto al nacimiento, lo cual podría influenciar el comportamiento neonatal.

## **EFFECTOS BENEFICIOSOS DE LOS AGPLC SOBRE LOS OVINOS**

### *PARASITOSIS*

Está bien estudiada la relación entre la nutrición y parasitismo, así como la relación entre el consumo de aceite de pescado y su efecto sobre las infecciones parasitarias (Fernández Navarro, 2007).

Se estudiaron los resultados obtenidos al contar el número de adultos de

*Trichinella spiralis* por gramo de intestino de ratas a los 6 días de infección, y de larvas por gramo de diafragma a los 36 días de la misma. Los resultados arrojaron que hay reducción significativa de parásitos en el grupo cuya dieta se suplementó con aceite de pescado frente el grupo control (Fernández Navarro, 2007).

### **TERMORREGULACIÓN**

La habilidad para sobrevivir de los corderos depende de manera crucial de la respuesta del cordero al ambiente térmico en el que nace. Los corderos nacen en condiciones frías, húmedas y una gran relación superficie corporal/reservas lo que agrava la pérdida de calor (Dwyer y Morgan, 2006).

Un factor importante que contribuye a las tasas de mortalidad de corderos es la hipotermia, debido al retraso en la succión y agotamiento de las reservas de grasa parda (Ide y col, 2000). La lactancia tan pronto como sea posible después del nacimiento es, por tanto, de vital importancia para facilitar la ingestión de calostro y asegurar la máxima supervivencia de cordero (Capper y col, 2006).

La suplementación con AGPLC  $\Omega$ 3 produce la estimulación de la termorregulación. La mayor termogénesis se debería a una estimulación por parte de los AG  $\Omega$ 3 en la actividad de los receptores nucleares de los proliferadores peroxisomales (PPARs)(Ikeda y col, 1998; Sanhueza y col, 2004). Este efecto podría explicar la menor tasa de ganancia de peso y menor grasa en la piel observada en lactantes alimentados con fórmulas suplementadas con AGPLC (Sanhueza y col, 2004). La suplementación con AG  $\Omega$ -3, particularmente DHA, produciría estimulación de la termogénesis (Sanhueza y col, 2004) en animales de experimentación (Ikeda y col, 1998) y también en humanos (Couet y col, 1997).

### **CAPACIDAD REPRODUCTIVA**

La suplementación de la dieta del rumiante con AGPLC  $\Omega$ 3 podría mejorar la capacidad reproductiva influyendo sobre los indicadores de fertilidad y prolificidad (Nieto, 2014; Fernández Navarro, 2007). Este efecto puede deberse a modificaciones en la función ovárica, en la actividad uterina y el balance energético (Fernández Navarro, 2007).

## *CRECIMIENTO*

Durante el desarrollo fetal y primeros estadios de vida el AA puede actuar como promotor de crecimiento. También se ha descrito la importancia de los  $\Omega$  3 sobre el mantenimiento de un óptimo crecimiento pre y pos natal y una reducción del número de prematuros en madres que toman una dieta rica en  $\Omega$  3 durante la gestación (Fernández Navarro, 2007).

## *CALIDAD DEL CALOSTRO Y LECHE*

El calostro presenta notorias diferencias con la leche, tanto desde punto de vista de sus propiedades físico-químicas como de sus cualidades inmunológicas, siendo esencial para el cordero durante los primeros días de su nacimiento (Althaus y col 2001).

Un adecuado suministro de calostro es de vital importancia para la supervivencia del cordero recién nacido, pues no es solamente una fuente materna de inmunoglobulinas que le permiten hacer frente a posibles infecciones y enfermedades; sino que también es una rica fuente de nutrientes (grasa y lactosa) para la producción de calor (Pattison y Thomas 2004).

El proceso de formación del calostro comienza en el último mes de gestación, con la fase llamada lactogénesis I, en la que se producen pequeñas cantidades de componentes de la leche, los que permanecen en la luz del alvéolo. Al momento del parto y debido a cambios hormonales, la síntesis de calostro aumenta rápidamente, lo que se corresponde con una rápida hipertrofia de las células del epitelio mamario. Esta fase llamada lactogénesis II comienza 2 o 3 días previos al parto (Banchemo y col, 2005).

Los corderos recién nacidos requieren entre 180 y 200 ml de calostro por Kg de peso vivo durante las primeras 18 horas de vida para poder mantener la termogénesis. De esta cantidad aproximadamente un 30 % debe estar disponible al momento del nacimiento (Stehr, 2009).

Las ovejas producen calostro durante varias horas luego del parto, pero el calostro disponible al parto es el más importante para cubrir los requerimientos de inmunoglobulinas del cordero además de ser fuente de energía y agua (Banchemo y col, 2005).

Las ovejas con una deficiente alimentación preparto presentan poca producción de calostro durante las primeras 18 horas luego del parto (Banchemo y col, 2006).

Una mala alimentación en las últimas seis a ocho semanas de gestación deprime el desarrollo de la ubre y frena la formación prenatal de calostro. Por el contrario, las ovejas que mantienen un nivel elevado de energía al parto no solo producen más cantidad de calostro sino que este es más líquido lo que facilita la mamada del cordero y la correcta interacción entre madre y cría (Banchemo y col, 2005).

<b>Componente</b>	<b>Calostro</b>	<b>Leche</b>
<b>Materia grasa</b>	9,91 <sub>a</sub> ± 1,78	8,46 <sub>b</sub> ± 2,06
<b>Proteínas</b>	9,12 <sub>a</sub> ± 2,78	4,88 <sub>b</sub> ± 0,53
<b>Lactosa</b>	3,11 <sub>a</sub> ± 1,41	4,84 <sub>b</sub> ± 0,56
<b>Sólidos totales</b>	12,89 <sub>b</sub> ± 1,52	10,58 <sub>b</sub> ± 0,57
<b>Sólidos no grasos</b>	22,57 <sub>a</sub> ± 2,50	19,10 <sub>b</sub> ± 2,47

Concentraciones medias (g/100 ml) de los componentes químicos en el calostro y leche de ovejas de raza Corriedale (Althaus y col, 2001).

La composición de la leche de oveja cambia en una forma muy marcada a lo largo de la lactación. Sobre esta evolución influyen la raza y la alimentación las condiciones climáticas (Luquet, 1991). La grasa es el componente de la leche de oveja que experimenta las mayores variaciones (Luquet, 1991).

La leche de oveja se caracteriza por tener un alto contenido en sólidos totales, grasa, proteínas y por ser más rica en vitaminas A, B, E y en Ca, P, y Mg que la de vaca y cabra (Gallardo García, 2013).

La grasa de la leche está compuesta principalmente por triglicéridos y en menor cantidad por lípidos simples, lípidos complejos y compuestos solubles (Gallardo García, 2013).

Aproximadamente el 40% de los AG de la leche de los rumiantes se sintetiza en la glándula mamaria, utilizando como precursores acetato butirato y  $\beta$ -hidroxi butirato, procedentes de la fermentación de los hidratos de carbono en el rumen. Esta vía es el origen de los AG de cadena corta y media y de, aproximadamente, la mitad del ácido palmítico. El resto del ácido palmítico y de los AG de cadena larga procede de los lípidos circulantes en sangre, que tienen su origen en la grasa de la dieta y de los microorganismos ruminales, así como la grasa movilizada de las reservas corporales (Fernández Navarro, 2007)

La suplementación de la dieta de los rumiantes con fuentes lipídicas puede mejorar el perfil de AG de la leche y aumentar la concentración de compuestos potencialmente beneficiosos para la salud humana (Toral y col, 2009b).

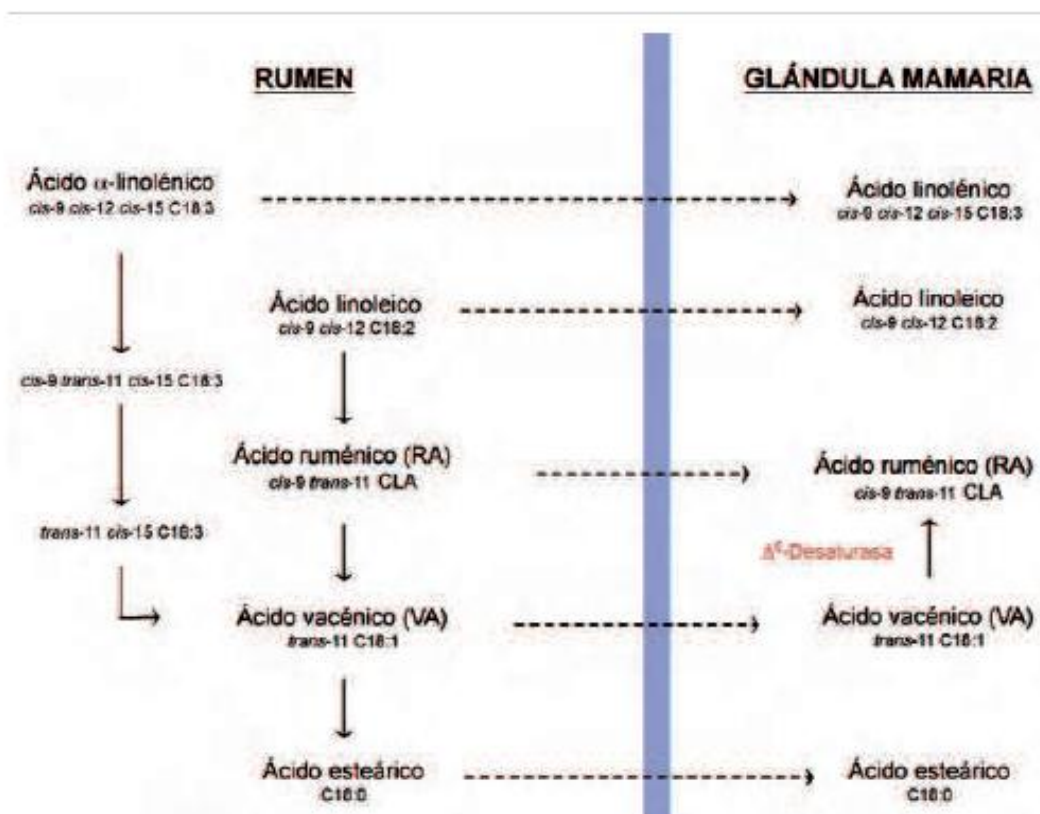
Los aceites de origen marino son ricos en AGPLC  $\Omega$ -3 que, al inhibir la reducción ruminal de los AG *trans*-monoinsaturados, promueven la acumulación de ácido vaccénico (VA), precursor de la síntesis de ácido ruménico (RA) en la glándula mamaria (Toral y col, 2009b)

El consumo de leche y derivados lácteos podría dar lugar a una menor incidencia de enfermedades cardiovasculares y metabólicas, ya que su grasa contiene, de forma natural, componentes bioactivos como son los AGPLC  $\Omega$ -3. Por su potencial efecto anticancerígeno se destaca el Ácido Linoléico Conjugado (CLA), a ello se le suma su actividad antiarterosclerótica, antidiabética, reductora de la grasa corporal que justifican el interés de aumentar su concentración en la leche. Dicha concentración está determinada por diversos factores, como pueden ser los genéticos o fisiológicos, pero el principal y más importante es la dieta que reciben los animales (Toral y col 2009 a).

Los lípidos que los rumiantes ingieren con la dieta se encuentran mayoritariamente en forma de triglicéridos, que en el rumen sufren el proceso

de lipólisis y biohidrogenación (BH) cuyo producto final son AG saturados de menor toxicidad para los microorganismos. La BH del AL da lugar a la formación del isómero mayoritario del CLA, RA. Una parte del RA atraviesa el rumen sin sufrir más transformaciones y, tras absorberse en el duodeno, puede llegar por vía sanguínea a la glándula mamaria, pasando a la leche como tal. EL 70-90% del RA lácteo se origina a partir de la desaturación del VA en las células secretoras de la mama por medio de una reacción enzimática (Torralba y col 2009a)

Numerosos estudios de investigación realizados con rumiantes lecheros muestran que el aumento de AGI en la dieta disminuye el contenido de los AGS de cadena corta y media de la grasa láctea. Dicha respuesta puede tener un doble origen. Por un lado, la disminución de la producción de los ácidos grasos volátiles en el rumen por efecto de los AGI sobre la fermentación microbiana de las paredes vegetales, que reduciría la cantidad de sustrato (acetato) disponible para la síntesis de *novo* de AGS de cadena corta y media en las células mamarias. Por otra parte, la actividad de las enzimas responsables de la síntesis de *novo* podría inhibirse por el aumento de la disponibilidad de ácidos grasos de cadena larga para la ubre debido a su mayor absorción en el intestino (Martínez Marín y col, 2013).



Otros compuestos de interés en lo que refiere a AG de la leche son los AGPLC Ω-3.

La suplementación de la dieta con una fuente de grasa rica en ALN como la semilla de lino o aceite de lino multiplica por 2 y 3 veces respectivamente la concentración de ALN en la grasa de la leche a pesar de que su índice de



transferencia de la dieta a la leche es muy bajo (Gallardo García, 2013). Para aumentar los niveles de AGPLC  $\Omega$ -3 como el EPA y DHA en la leche, el aceite de pescado es el suplemento lipídico idóneo para la dietad de las ovejas. Los aumentos en EPA y DHA que se observan con la suplementación con lino podrían atribuirse a moléculas de ALN que escapan de la BH y que son transferidas a la glándula mamaria, donde son metabolizados por desaturación y elongación ara formar AGPLC  $\Omega$ -3 siendo los mayores AG producidos el EPA y DHA (Fernández Navarro, 2007). Estudios han reportado que el contenido de ALN en la grasa de leche de oveja es elevado, siendo de 1,22% (Gallardo García, 2013).

### *CALIDAD DE LA CARNE DE CORDERO*

La grasa de la carne contribuye de manera importante a la calidad tecnológica y sensorial de la carne, además de proveer de energía y AG esenciales al organismo humano y facilitar la absorción de las vitaminas liposolubles (Gallardo García, 2013).

Los AG presentes en la carne de los rumiantes y considerados como beneficiosos para la salud humana, son los AGPLC, en particular los de la serie  $\Omega$ -3 y los CLA (Martínez Marín, 2007; Gallardo García, 2013). A estos AG se les reconocen efectos positivos sobre el sistema cardiovascular, el metabolismo lipídico, la prevención del cáncer, entre otros ya mencionados. Por otro lado la naturaleza de la ración que reciben los rumiantes y el tipo y cantidad de las fuentes suplementarias de grasas incluidas en la misma, permiten manipular el contenido de la carne en dichos AG mejorando el valor de la carne (Martínez Marín, 2007).

Los atributos positivos de la carne de los rumiantes, sensoriales y nutritivos, han sido ensombrecidos en los últimos tiempos por la percepción de que suponen un elevado aporte de grasas saturada a la dieta, con los efectos negativos sobre la salud que ello conlleva. Todo esto hace aumentar el interés por acrecentar la apreciación que los consumidores tienen de la carne de los rumiantes, mejorando sus cualidades desde el punto de vista de los posibles efectos beneficiosos de su consumo para la salud humana (Martínez Marín, 2007).

El incremento del contenido en la carne de los rumiantes de AGPLC, en particular los ácidos EPA y DHA, y CLA tiene un notable interés de cara a los consumidores, por los reconocidos beneficios para la salud humana derivados del consumo de dichos AG. La modificación de los AG en los lípidos intramusculares en un sentido favorable para la salud humana es posible a través de la ración que consumen los rumiantes. A través de la nutrición de los animales se puede modificar el contenido de los diferentes AG en la musculatura y alterar las proporciones entre ellos, haciéndola más saludable (Martínez Marín, 2007).

Además de incrementar el contenido energético de la ración, la incorporación de suplementos grasosa a las raciones de los animales productores de alimentos en general, y de los rumiantes en particular, permite manipular la composición en AG de los lípidos de la carne (Martínez Marín, 2007).

Las grasas que ingieren los corderos lactantes, no son hidrogenadas de forma previa a la absorción como ocurre en rumiantes, por lo tanto, cambios en el

perfil de AG de la grasa de la leche producida por las ovejas podrían provocar cambios en las características y composición de la grasa de los corderos ofreciendo la posibilidad de mejorar la calidad de la canal estos (Manso y col 2010)

Estudios han demostrado que la suplementación de las ovejas preñadas con AGPLC durante el último tercio de la gestación provocó un cambio en la composición en AG de los fosfolípidos plasmáticos, que refleja la composición de AG de la leche materna que efectivamente, habían cambiado su composición en los animales suplementados (Fernández Navarro, 2007).

La producción comercial de carne enriquecida con AG  $\Omega$ -3, no tendrá éxito hasta que se logren disminuir los procesos de oxidación, los costos y el grado de biohidrogenación de AG  $\Omega$ -3 por los rumiantes (Castro, 2002).

La carne de cordero presenta un porcentaje de proteína parecido al resto de las especies, aunque su contenido en grasa es superior al de la carne de pollo y ternero e inferior a la de cerdo (Gallardo García, 2013).

La grasa intramuscular, localizada en las fibras musculares es la que presenta mayor importancia como alimento, ya que los AGPLC  $\Omega$ -3 y  $\Omega$ -6 se localizan principalmente en los fosfolípidos presentes en el músculo (el 20-50% del total de ácidos grasos presentes en los fosfolípidos son, principalmente AG de cadena larga de 18, 20 y 22 átomos de Carbono y de 2 a 6 dobles enlaces) (Gallardo García, 2013).

La composición en AG de la grasa intramuscular de los monogástricos es un reflejo de los ácidos grasos de la dieta, mientras que en los rumiantes, los procesos de Biohidrogenación de los AG de la dieta que tienen lugar en el rumen son los responsables de que las variaciones en el perfil de los AG de la grasa muscular con respecto a la dieta sean mayores (Gallardo García, 2013).

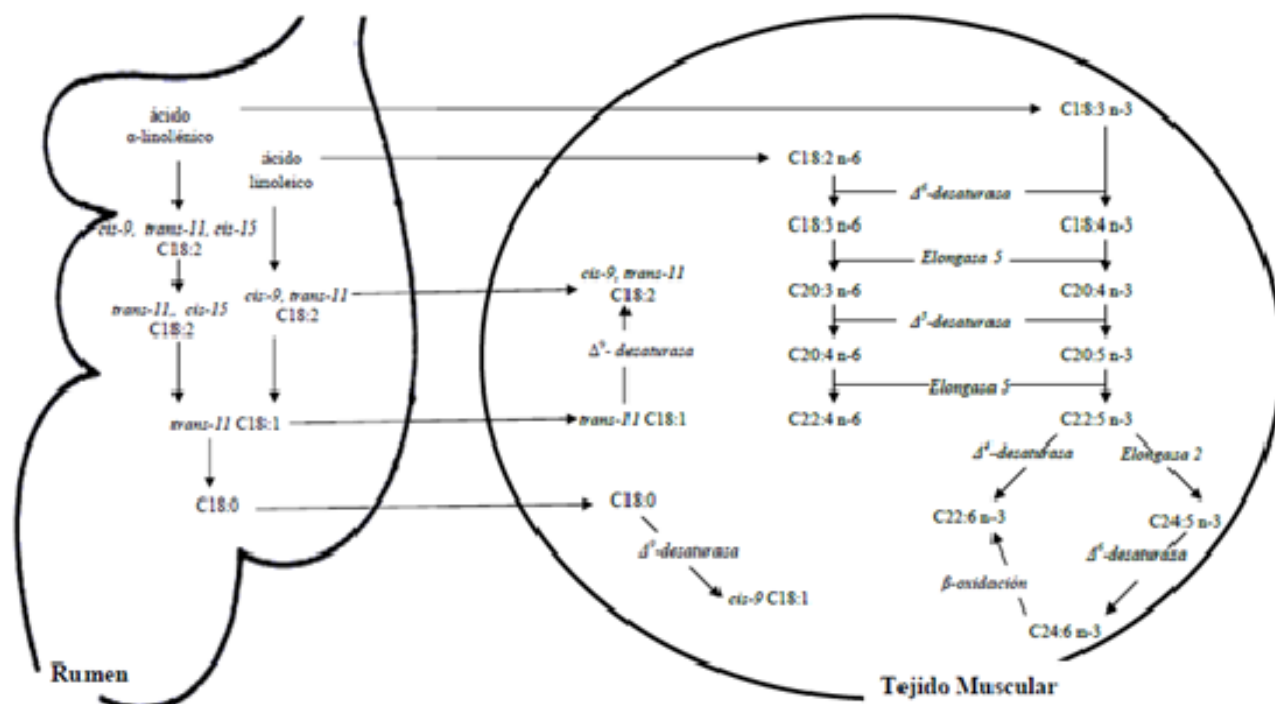
En los animales jóvenes con poca grasa, como corderos lactantes, se observa un mayor contenido en AL (mayoritario en fosfolípidos) que en animales de mayor edad y peso. En animales jóvenes tiene mayor influencia la composición en AG de los fosfolípidos sobre el perfil de AG total de la carne, mientras que a medida que aumenta la grasa corporal la composición de los triglicéridos predomina en la composición total de AG (Wood y col, 2008).

La composición de los lípidos de la carne no depende exclusivamente de los AG absorbidos en el intestino, sino que el metabolismo de los lípidos puede influir en la composición de la grasa de la carne. Así, se observa concentraciones importantes en el músculo del cordero lactante de AGPLC cuya proporción de fosfolípidos está estrictamente controlada por un complejo sistema enzimático (elongasas y desaturasas) que convierten los AL y ALN en AGPLC. Estas enzimas tienen más afinidad por los  $\Omega$ -3 (Gallardo García, 2013).

Las diferencias en la tasa de BH en el rumen de AL y ALN que se observaron en varios estudios realizados, podrían explicar, en parte la mayor cantidad de dichos AG en la carne de rumiantes donde se observó mayor BH de ALN de la dieta que el AL, por lo tanto el AL estuvo más disponible para la incorporación en los tejidos (Gallardo García, 2013). Además Wood y col, (2008), en una revisión sobre la composición en AG de la carne, han señalado que el AL se incorpora más rápidamente en los fosfolípidos que el ALN y por lo tanto mayores valores.

En la grasa de los rumiantes se han encontrado AGPLC además de

determinados AG *trans* e isómeros posicionales de los AG oleico y AL(Gallardo García, 2013).



Gallardo García, 2013

Tanto la cantidad como la composición de los depósitos grasos influyen en la calidad de la canal y la de la carne del cordero. La grasa corporal localizada en los depósitos grasos internos (mesentérico, omental, pélvico-renal) que no son consumidos de manera directa con la carne, son indicadores del engrasamiento del animal y la grasa pélvico-renal influye en la valoración de la canal y de los depósitos grasos relacionados con la carne así como son la grasa subcutánea, intermuscular e intramuscular, afectan significativamente al flavor, jugosidad, y textura de la carne (Gallardo García, 2013).

La grasa intramuscular de los corderos presenta un elevado contenido de AGPLC en comparación con otros depósitos grasos así como un contenido de EPA y AA 25 y 30 veces mayor respectivamente e la grasa intramuscular que en la grasa subcutánea de corderos lactantes. Estos AG se incorporan principalmente en la fracción de fosfolípidos del musculo, y se encuentran en menores cantidades en los triglicéridos del tejido adiposo (Gallardo García, 2013).

## AGPLCEN LA DIETA DE LOS RUMIANTES

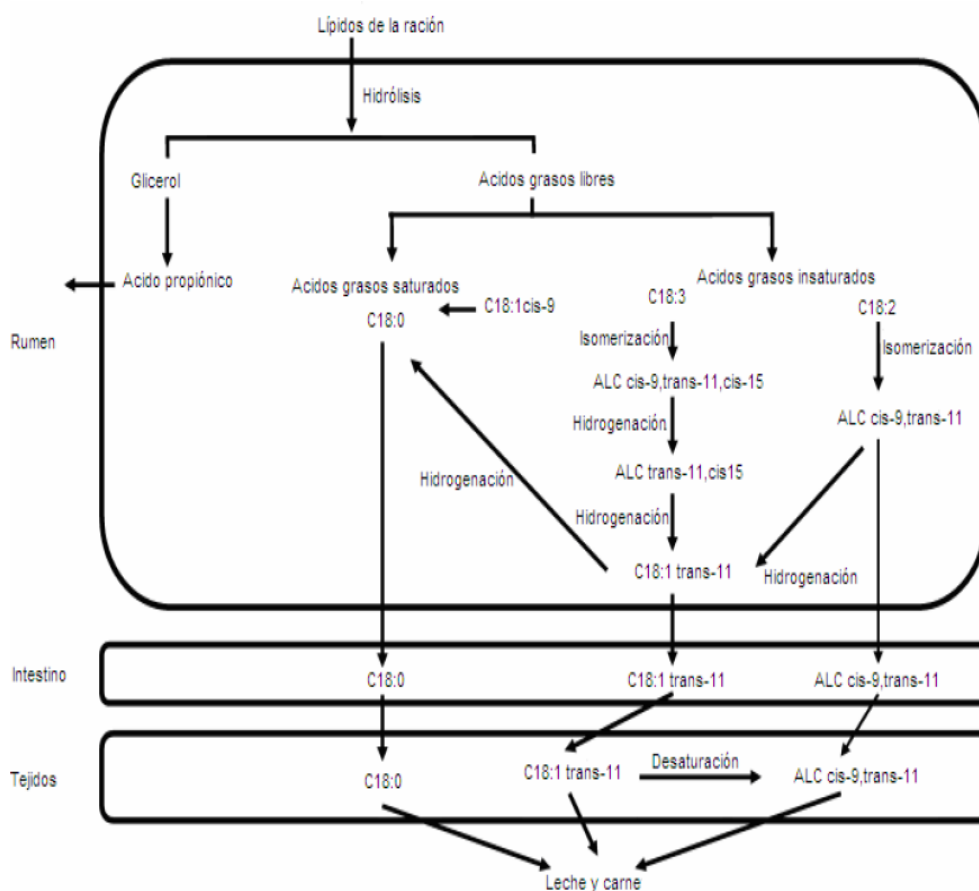
Recientemente se ha dirigido la atención en la manipulación de AG en la composición de la carne de los rumiantes y los productos lácteos con énfasis particular en AGPLC de la serie Ω-3 como ALN, EPA y DHA ya que tienen un efecto positivo en reducir el riesgo de enfermedades cardiacas coronarias en los seres humanos(Sinclair y col, 2005).

## METABOLISMO DE LOS LÍPIDOS EN LOS RUMIANTES

Las grasas de los alimentos sufren dos importantes transformaciones en el rumen: lipólisis y biohidrogenación (BH).

La lipólisis se refiere a la liberación de los AG de los esteres presentes en los lípidos de los alimentos. La BH es el proceso de saturación de los dobles enlaces presentes en los AG. Como consecuencia los lípidos que abandonan el rumen son predominantemente AGS (Martínez Marín y col, 2010).

La lipólisis libera los AG y el glicerol, éste último es fermentado rápidamente a Ácido Propiónico. La principal actividad lipolítica es debida a lipasas, galactolipasas y fosfolipasas de origen generalmente microbiano (Martínez Marín y col, 2010;).



Los AG liberados no sufren modificaciones en el rumen, pero los insaturados son rápidamente hidrogenados por las bacterias. Las principales sustratos para la BH presentes en los alimentos de los rumiantes son el AL y ALN. El proceso de BH de los AG de 18 C conduce a la formación de ácido esteárico (Martínez Marín y col, 2010).

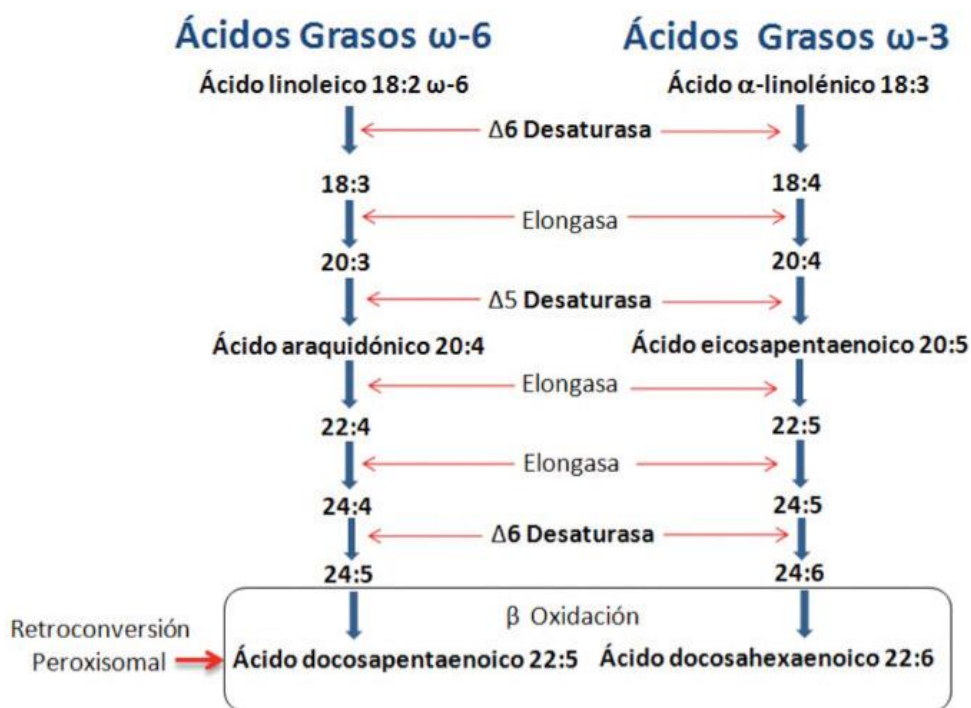
Se podría estudiar el proceso de BH del AL en fases: en la primera ocurre una isomerización del enlace *cis-12* a *trans-11* dando como producto destacado al ácido Ruménico. En una segunda fase hay una hidrogenación del enlace *cis-9* formando ácido Vaccénico. La BH del ALN comienza de la misma manera que

la del AL con la isomerización del enlace *cis-12a trans-11* y posteriormente se hidrogenan los enlaces *cis-9* y *cis-15* dando lugar a ácido Vaccénico. Este proceso no incluye la formación de ácido Ruménico como intermediario pero si forma otros isómeros de CLA. En ambas rutas la velocidad a la que el ácido Vaccénico es reducido a ácido Esteárico, es más lenta que los procesos previos, como consecuencia hay acumulación de Ac. Vaccénico, lo que facilita que parte del mismo escape del rumen y sea disponible para la absorción intestinal (Martínez Marín y col, 2010; Gallardo García, 2013).

A medida que el conocimiento del proceso de biohidrogenación aumenta, se dispone de más oportunidades para su aplicación. Una de las más relevantes es el diseño de estrategias nutricionales para incrementar la concentración de ácidos grasos bioactivos en leche y carne (Castillo y col, 2013).

Solo el 10-15% de los AGPLC escapa a la BH y una vez en sangre se dirigen al hígado para ser metabolizados (Valenzuela y Nieto, 2003).

El AL puede dar origen al ácido Araquidónico (C20:4, omega-6, AA) de gran importancia en el desarrollo neonatal (Sellmayer y Koletzko, 1999). El ALN da origen al ácido ecosapentaenoico (20:5,  $\Omega$ -3, EPA) y al ácido docosahexaenoico (C22:6,  $\Omega$ -3, DHA) ambos con importantes funciones metabólicas y reguladoras. A partir de éstos se forman en el organismo otros AGPLC necesarios para algunas funciones metabólicas y estructurales (Sprecher y col, 1995). Esto ocurre gracias a un sistema constituido por enzimas elongasas y desaturasas, que aumentan el tamaño de la cadena de carbonos y que introducen nuevos dobles enlaces, respectivamente, a los AG precursores (AL y ALN). Estos procesos ocurren en el retículo endoplasmático celular. De esta forma, el LNA tras sucesivas desaturaciones y elongaciones se transforma en ácido eicosapentenoico (EPA) y posteriormente en ácido docosahexaenoico (DHA). (Valenzuela y Nieto, 2001) La síntesis de DHA, y en general de los ácidos grasos  $\Omega$ -3, es un proceso interdependiente de la síntesis de los AG  $\Omega$ -6. En efecto, ambos precursores, el LA y el LNA compiten por las mismas enzimas ( $\Delta$ 5- y  $\Delta$ 6-desaturasas) en el proceso de transformación a sus respectivos derivados de mayor tamaño de cadena e insaturación. Sin embargo estas enzimas tienen mayor afinidad por los AG  $\Omega$ -3 que por los  $\Omega$ -6, por lo cual se requieren cantidades mucho mayor de los omega 6 para mantener la velocidad de síntesis adecuada a los requerimientos del organismo (Valenzuela, 2004 y 2001 Gallardo García, 2013).



Valenzuela y col, 2011a

En los forrajes verdes predominan los ácidos linolénico (ALN) y linoléico (AL), que representan 50 y 20% del total de ácidos grasos respectivamente (Martínez Marín y col, 2010; Brito, 2005).

La inclusión de fuentes de grasa apropiadas en la dieta de los rumiantes permite incrementar el contenido de CLA y los AGPLC de la serie  $\Omega$ -3, EPA y DHA, en la carne y la leche con la consiguiente mejora de sus cualidades saludables para el ser humano (Martínez Marín y col, 2010).

Los AG presentes en la carne de los rumiantes y considerados como beneficiosos para la salud humana, son los AGPLC, en particular los de la serie  $\Omega$ -3 y el conjunto de isómeros denominados de forma genérica como ácido linoléico conjugado (CLA). A estos ácidos grasos se les reconocen efectos positivos sobre el sistema cardiovascular, metabolismo lipídico, la prevención del cáncer, etc. Por otro lado, la naturaleza de la ración que reciben los rumiantes y el tipo de cantidad de las fuentes suplementarias de grasas incluidas en las mismas permiten manipular el contenido de dichos ácidos grasos mejorando, por tanto, el valor saludable de la misma (Martínez Marín, 2007). La modificación de los ácidos grasos en los lípidos intramusculares en un sentido favorable para la salud humana es posible a través de la ración que consumen los animales. Esto puede sin embargo, repercutir en forma variable sobre el aroma y el sabor (Martínez Marín, 2007).

Desde el punto de vista de la mejora de la carne, las fuentes de grasas más interesantes en las raciones de los rumiantes son las que aportan algunos de los siguientes AG; AL, ALN, EPA y DHA (Martínez Marín, 2007). Aparte de incrementar el contenido energético de la ración, la incorporación de suplementos grasos a las raciones de los animales productores de alimentos en general y de los rumiantes en particular, permite manipular la composición

en AG de los lípidos de la carne. Los AG añadidos a la ración, sobre todo las que son ricas en AGPLC, no se pueden utilizar a grandes dosis porque son tóxicas para ciertas especies bacterianas ruminales (Martínez Marín, 2007).

El aporte de lípidos a la ración en forma de grasas protegidas es una vía para incrementar los AG disponibles para la absorción intestinal sin afectar a la flora microbiana ruminal. Los lípidos de la ración son hidrolizados extensamente (+del 80%) liberándose AG. Tras la hidrólisis de los lípidos, los AG libres sufren un proceso de BH para generar moléculas más saturadas (Martínez Marín, 2007).

Los lípidos que pasan al intestino delgado de los rumiantes son predominantemente AG libres (85-90%) mayoritariamente saturados (80-90%). La pequeña fracción de AGPLC que escapa a la biohidrogenación (10-15%) es absorbida en el intestino y depositada como tal en la grasa de los tejidos lo que puede contribuir a modificar su perfil de AG (Martínez Marín, 2007).

### *INGESTA AGPLC A TRAVES DEL PASTOREO*

Los lípidos de los forrajes se encuentran principalmente en forma de AGPLC esterificados como galactosilglicéridos, la concentración de AG en esta forma rara vez supera el 1,5% de la materia seca de la dieta. Los lípidos de forrajes, cereales y semillas quedan expuestos a la acción microbiana cuando la matriz vegetal ha sido masticada y degradada. La actividad lipolítica se ve influenciada por el estado de madurez del forraje y el contenido de Nitrógeno y por el tamaño de las partículas alimenticias en el rumen (Palmquist, 1996).

**Ácidos Grasos (g/100g AG)**

	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	20:00
<b>Cereales</b>								
<i>Cebada</i>		27,6	0,9	1,5	20,5	43,3	4,3	
<i>Maíz</i>	0,1	16,3		2,6	30,9	47,8	2,3	
<i>Avena</i>	0,1	22,1	1,0	1,3	38,1	34,9	2,1	
<i>Trigo</i>	0,1	20,0	0,7	1,3	17,5	55,8	4,5	
<b>Forrajes</b>								
<i>Alfalfa deshidratada</i>	0,7	28,1	2,4	3,8	6,5	18,4	39,0	
<i>Ray-grass perenne</i>	0,2	11,9	1,7	1	2,2	14,6	68,2	
<i>Trébol blanco</i>	1,1	6,5	2,5	0,5	6,6	18,5	60,7	2,0
<b>Semillas oleaginosas</b>								
<i>Soja</i>	0,2	10,7	0,3	3,9	22,8	50,8	6,8	0,2
<i>Girasol</i>	0,1	5,5		3,6	21,7	68,5	0,1	0,1

*Composición de AG de algunos alimentos habituales (Palmquist, 1996).*

La BH microbiana de los AG es un factor muy importante del metabolismo ruminal de los lípidos, y la misma tiene lugar sobre la superficie de las partículas vegetales (Palmquist, 1996).

El secado del pasto bajo la forma de heno va acompañado de una disminución sensible de su contenido en AG y sobre todo del  $\Omega$ -3, como consecuencia por un lado de la oxidación de este AG y por otra parte de la pérdida relativa de hojas, que resultan más ricas en AG que los tallos. En consecuencia el contenido de 18:3  $\Omega$ -3 en heno puede resultar inferior en un orden de 50 – 75% respecto al silaje de pastura (Chilliard y col, 2007).

Sin embargo, la leche de vacas alimentadas con heno puede ser más rica en 18:2  $\Omega$ -6 y 18:3  $\Omega$ -3 respecto a los animales alimentados con silaje de pastura. Este hecho puede ser explicado por una hidrogenación ruminal más débil con el heno que con el ensilaje. Los henos provenientes de una pastura de calidad y secado bajo techo (en galpones) pueden tener altos contenidos en AG y el 18:3  $\Omega$ -3, permitiendo la producción de una leche más rica en 18:3 que el pastoreo directo y más rica en CLA que el obtenido con silaje de pastura (Chilliard y col, 2007).

El ensilado de trébol rojo o de trébol blanco en comparación al silaje de gramíneas, puede aumentar el contenido en la leche de 18:2 y de 18:3 de 0.4 y



de 0,6 de los AG totales respectivamente.

El silaje de maíz es pobre en  $\Omega$  3 y rico en  $\Omega$ 6 y en 18:1  $\Omega$  9. Este hecho explica la relación  $\Omega$ 6/ $\Omega$ 3 de la leche en relación al silaje de pasturas (Chilliard y col, 2007).

### *INGESTA DE AGPLC A TRAVES DE LA SUPLEMENTACION*

La suplementación lipídica de las raciones ha sido utilizada por decenas de años en investigación y en los sistemas productivos, para modificar las respuestas productivas y el metabolismo energético de vacas lecheras y/o la composición en AG de la leche (Chilliard y col, 2007).

La modificación de la dieta basal del ganado y sobre todo la suplementación lipídica de la misma, son las vías más empleadas para modificar el perfil de los AG en la leche (Gómez Cortés, 2010).

La grasa es una materia prima esencial en los modernos programas de alimentación para rumiantes de alta productividad, especialmente para animales en lactación, debido a su gran aporte energético. Sin embargo la inclusión de grasas en la dieta puede ser utilizada no solo para aumentar la entrada de energía, sino también para afectar el metabolismo ruminal, modificar el reparto de nutrientes, y mejorar el perfil nutricional de los ácidos grasos en la grasa láctea (Gómez Cortés, 2010; Gallardo García, 2013).

El efecto que producen los suplementos lipídicos basados en aceites o semillas vegetales depende del tipo de sustrato como la forma en que se adiciona (Gómez Cortés, 2010; Gallardo García, 2013).

Entre los diferentes suplementos lipídicos de origen vegetal los que provocan un mayor aumento en los contenidos de AV y AR son aquellos que son ricos en AL y ALN, lo que provoca que se acumule una mayor cantidad de AV en el líquido ruminal.

A la hora de utilizar suplementos de origen vegetal en la alimentación de rumiantes, también es importante conocer la cantidad de AGPLC que puede ser adicionada sin que aparezcan efectos adversos en la población microbiana ruminal (Gómez Cortés, 2010).

Las estrategias nutricionales dirigidas a ganado vacuno que han tenido más éxito para conseguir mayores contenidos en ALN en la leche han sido la alimentación con pasto y la suplementación de la dieta con semilla o aceite de lino. También se ha estudiado el efecto de la adición de aceites de pescado o microalgas en la dieta de los animales, con el objetivo de aumentar los niveles de AGPLC  $\Omega$ -3 en la grasa láctea bovina (Gómez Cortés, 2010) y ovina (Gallardo García, 2013).

Los aceites marinos, dependiendo de la especie, estación de año y localización geográfica poseen cantidades variables de EPA y DHA, además la eficacia de su transferencia a la leche de oveja es baja, siendo los índices de transferencia de EPA y DHA mayores cuando las grasas de origen marino se ofrecen de forma protegida que cuando se ofrecen sin ninguna protección. El bajo índice de transferencia de estos AG, podría ser debido al hecho de que los AGPI  $\Omega$ -3 son altamente biohidrogenados en el rumen, y que a su acumulación, en forma de ésteres de colesterol en el plasma y fosfolípidos, podría originar un menor aporte de estos AG a la glándula mamaria (Gallardo García, 2013).

El efecto que las diferentes fuentes de grasa empleadas en las dietas de ovejas

en lactación tienen sobre la producción y composición de la grasa de la leche es bastante uniforme, causando en general un aumento en la producción y contenido en grasa, exceptuando los aceites no protegidos de origen marino que tienen un efecto negativo sobre la producción de grasa de la leche. Las grasas de origen marino son ricas en AGPLC  $\Omega$ -3, que inhiben la reducción de VA a ácido esteárico en el rumen, lo que supone una reducción en el contenido en 18:0 que llega a la glándula mamaria para la síntesis de ácido oleico (Gallardo García, 2013).

La fase de lactación en la que se encuentra la oveja, también podría afectar a la respuesta que la suplementación con grasa de la dieta tiene sobre el contenido en grasa de la leche, siendo mayor al inicio que en fases posteriores de la lactación. Esta respuesta puede ser interpretada como una mayor eficacia en la transferencia directa de los AG de la dieta a la leche en situaciones de balance energético negativo como es el caso del inicio de la lactación y/o una mayor eficacia en la transferencia al tejido adiposo en la mitad de la lactación con el objetivo de que los animales pueden recuperar las reservas corporales. La movilización de reservas domina durante el inicio de lactación, y esto podría favorecer el mayor flujo de AG de la dieta hacia la glándula mamaria (Gallardo García, 2013).

## **HIPÓTESIS**

La suplementación de la dieta de ovejas Corriedale alimentadas a campo natural con AGPLC producirá un aumento de la concentración de estos ácidos grasos en el calostro y la leche de las mismas, así como también aumentara la concentración de ácidos grasos en el musculo de sus corderos.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVOS GENERALES**

- 1) Evaluar la relación entre la suplementación de ovejas Corriedale con AGPLC con el depósito de estos ácidos grasos en el músculo de sus corderos.
- 2) Determinar la incidencia de la suplementación materna con AGPLC con la composición bromatológica y la concentración de ácidos grasos en calostro y leche.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1)Evaluar la relación entre la suplementación materna con AGPLC desde el último tercio de la gestación hasta el parto con la concentración de estos ácidos grasos en músculo de sus corderos a los 90 días de vida y al tiempo de faena de cordero pesado.
- 2)Evaluar la relación entre la suplementación materna con AGPLC desde el último tercio de la gestación hasta el final de la lactación con la concentración de estos ácidos grasos en músculo de sus corderos a los 90 días de vida y al tiempo de faena de cordero pesado.
- 3)Evaluar la relación entre la suplementación de las ovejas con AGPLC desde el último tercio de la gestación hasta el parto con la composición bromatológica y la concentración de AG en el calostro producido al parto.
- 4)Evaluar la relación entre la suplementación de las ovejas con AGPLC desde el último tercio de la gestación hasta el parto con la composición bromatológica y la concentración de AG en leche.
- 5)Evaluar la relación entre la suplementación de las ovejas con AGPLC desde el último tercio de la gestación hasta el final de la lactación con la composición bromatológica y la concentración de AG en leche.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **ANIMALES**

Noventa (90) ovejas Corriedale adultas, entre 4 y 6 años, identificadas por medio de caravanas numeradas y tres carneros de la misma raza de 4 años fueron utilizados. Las ovejas fueron seleccionadas de un total de 120 ovejas, de acuerdo a su condición corporal, al estado de la dentadura y de las pezuñas, de manera de homogenizar la muestra. Se seleccionaron animales con un peso homogéneo y una condición corporal por encima de 2,5, valorados en un rango de 1 a 5 (Jefferies, 1961).

### **DISEÑO EXPERIMENTAL**

Los protocolos de investigación se llevaron a cabo en el Campo Experimental Nº 2 de la Facultad de Veterinaria, Libertad, Departamento de San José (34º 38´S; 56º 39´W), Uruguay, con la aprobación de la Comisión de Experimentación Animal de la Universidad (CEUA).

Se sincronizaron los celos de 90 ovejas Corriedale adultas con esponjas intravaginales conteniendo 160 mg de progesterona (Cronipres<sup>®</sup> CO, Biogénesis-Bagó) durante 12 días. Una vez retiradas las esponjas se realizó el servicio por monta natural colocando tres carneros de la misma raza con arneses marcadores. Las montas se controlaron cada 12 horas durante cuatro días. Se consideró el día de la monta como el día cero (0) de la gestación. Entre los días 50 y 70 tras retirar los carneros se realizó el diagnóstico de gestación por ultrasonografía transabdominal (Buckrell, 1988), descartándose del protocolo las ovejas vacías y las portadoras de dos o más fetos, seleccionando de esta forma 60 ovejas gestando un solo feto.

Posteriormente a la cubrición, todos los animales pasaron a alimentarse en un potrero con pastura natural. En el día 100 de la gestación las 60 ovejas fueron asignadas aleatoriamente a tres grupos (A, B, y C) de 20 animales cada uno. A partir de ese momento y hasta el parto, la alimentación de cada oveja fue suplementada con ración balanceada para lanares dividida en dos tomas diarias, a las 06:00 y las 18:00 hs de acuerdo al siguiente protocolo:

- 1- Grupo A (n=20): 700 g de ración Corderina<sup>®</sup> rica en AGLPC (Barraca Erro)
- 2- Grupo B (n=20): 700 g de ración comercial para lanares (Barraca Erro) + 20 ml de Vita-Mega3<sup>®</sup> (ácidos grasos poliinsaturados de la serie Omega 3) P/O cada 24 horas (06:00)
- 3- Grupo C (n=20): (grupo control), 700 g de ración comercial para lanares (Barraca Erro).

Inmediatamente luego del parto cada uno de los grupos fue dividido al azar en dos grupos iguales, conformándose de esta manera 6 grupos de 10 animales cada uno. A partir de este momento se siguió el siguiente protocolo:

- 1- Grupo A1 (n=10): 700 g de ración Corderina<sup>®</sup> rica en AGLPC (Barraca Erro) durante 120 días.

- 2- Grupo A2 (n=10): Campo natural durante 120 días
- 3- Grupo B1 (n=10): 700 g de ración comercial para lanares (Barraca Erro) + 20 ml de Vita–Mega3® (P/O cada 24 horas (06:00) durante 120 días
- 4- Grupo B2 (n=10): Campo natural durante 120 días
- 5- Grupo C1 (n=10): 700 g de ración comercial para lanares (Barraca Erro) durante 120 días
- 6- Grupo C2 (n=10): Campo natural durante 120 días

Ingredientes ración Corderina®:  
 Sorgo  
 Afrechillo de trigo  
 Harina de girasol  
 Harina de soja  
 Lino  
 Carbonato de calcio  
 Cloruro de sodio  
 Melaza  
 Premezcla de Vitaminas y minerales  
 Melaza

Ingredientes ración comercial:  
 Maíz  
 Sorgo  
 Cebada  
 Trigo  
 Arroz  
 Fosfato bicalcico  
 Harina de girasol  
 Afrechillo de trigo  
 Afrechillo de arroz  
 Brotes de malta  
 Soja integral

## COLECCIÓN DE MUESTRAS

### a) En las ovejas

#### *Obtención y determinaciones en Calostro y leche*

Se tomo una muestra de calostro al parto, y de leche a los 90 días de lactación, las cuales fueron identificadas y congeladas. En todas las muestras obtenidas se determinó el porcentaje de proteínas, lactosa y grasa, así como las concentraciones de AG.

### b) En los corderos

#### *Determinación en carne*

A los 90 y 120 días de vida se tomo una muestra del músculo *longissimus lumborum* a 6 corderos de cada grupo para determinar concentración de AG.

## OBTENCIÓN DE MUESTRAS

### a) *Obtención de Calostro y leche*

La extracción de calostro y leche se realizó por ordeño manual luego de 10 minutos de la inyección I/M de 10 UI de oxitocina. La muestras se conservaron a -20°C hasta su procesamiento.

### b) *Obtención de muestras de carne de los corderos*

A los 90 días se obtuvo la muestra de músculo de los corderos mediante una biopsia del músculo *longissimus lumborum*. Se depilo la zona lumbar, se desinfecto con Yodo-povidona al 10 % (Lab. Biogénesis) e insensibilizó piel y músculo con lidocaína al 2 % (Lab. Ion). Luego se incidió la piel sobre el músculo con bisturí y mediante pinza y tijera se obtuvo una muestra de músculo. La muestra se acondicionó en papel de aluminio, se identificó y congelo inmediatamente.

A los 120 días de vida se faenaron 6 corderos de cada grupo al tiempo de cordero pesado (diente de leche, menor de 13 meses de edad, pesando entre 34 a 45 Kg). Se obtuvo una muestra del músculo *longissimus lumborum* de cada cordero la cual se acondicionó en papel de aluminio, se identificó y congelo inmediatamente.

#### *c) Análisis de las muestras*

Los AG contenidos en calostro, leche y músculo fueron extraídos y metilados según el método propuesto por Wachira y col (2002) y cuantificados por cromatografía gas-líquido en la Facultad de Ciencias, UdelaR.

El porcentaje de proteínas, lactosa y grasa de las muestras de calostro y leche fue determinado en el Departamento de Ciencia y Tecnología de la Leche de la Facultad de Veterinaria, UdelaR.

#### *d) Análisis estadístico*

Estadística descriptiva: se realizaron análisis descriptivos de las diferentes variables determinando la estadística de tendencia central adecuada para cada tipo de variable.

Estadística inferencial: se realizaron test de *T* para los test de comparación de dos grupos (grupos dependientes, grupos independientes con varianzas iguales y grupos independientes con varianzas desiguales) según caso de estudio con test de *F* previo.

Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) para los test de más de dos grupos.

El nivel de significancia  $p < 0,05$

## RESULTADOS

### CALOSTRO

Los porcentajes de materia grasa, proteína y lactosa del calostro de los tres grupos experimentales se muestran en la tabla 1. No se encontraron diferencias significativas en las variables estudiadas.

**TABLA 1. Porcentajes (peso seco) de los principales componentes en calostro de ovejas de los diferentes grupos en estudio**

Grupos	Materia Grasa	Proteínas	Lactosa
A	9,88±2,55	6,36±0,63	9,38±0,84
B	10,34±4,07	6,59±0,69	9,78±1,09
C	9,45±2,60	7,41±1,35	10,06±2,13

*\*Medias ± desvío estándar de los valores de Materia Grasa, Proteínas y Lactosa obtenidas de las ovejas de los grupos A, B y C. A: grupo suplementado con ración rica en AGPLC; B: grupo suplementado con aceite de pescado; C: grupo control.*

En todas las muestras procesadas en la Facultad de Ciencias se reconocieron 60 Ácidos Grasos. En este trabajo se presentan los principales Ácidos Grasos identificados.

El porcentaje del total de los AG  $\Omega$ -3, los principales AGPLC (EPA, DHA) y su precursor (ALN) se presentan en la tabla 2.

**TABLA 2. Porcentajes (peso seco) de los AGPLC  $\Omega$ -3 en calostro de ovejas**

Grupos	$\Omega$ -3	ALN	EPA	DHA
A	2,25±0,40 <sup>3</sup>	3,36±0,26 <sup>4</sup>	1,33±0,05 <sup>7</sup>	0,19±0,03 <sup>11</sup>
B	3,08±0,46 <sup>1</sup>	2,86±0,33 <sup>6</sup>	0,42±0,09 <sup>8</sup>	0,68±0,05 <sup>10</sup>
C	1,97±0,19 <sup>2</sup>	2,58±0,38 <sup>5</sup>	1,09±0,03 <sup>9</sup>	0,20±0,05 <sup>12</sup>

\*Medias  $\pm$  DS de los valores de ( $\Omega$ -3), ALN (Ác. Linolénico), EPA (Ác. Ecosapentaenoico) y DHA (Ác. Docosaenoico), expresados en porcentaje de peso seco. A: grupo suplementado con ración rica en AGPLC; B: grupo suplementado con aceite de pescado; C: grupo control<sup>1-2</sup>  $p=0,001$ ; <sup>1-3</sup>  $p=0,007$ ; <sup>2-3</sup>  $p=0,068$ ; <sup>4-5</sup>  $p=0,001$ ; <sup>5-6</sup>  $p=0,001$ ; <sup>7-8</sup>  $p=0,000$ ; <sup>8-9</sup>  $p=0,000$ ; <sup>10-11</sup>  $p=0,000$ ; <sup>10-12</sup>  $p=0,000$

Las ovejas del grupo B presentaron un porcentaje mayor de  $\Omega$ -3 en el calostro que las ovejas de los demás grupos experimentales, siendo esta diferencia significativa con el grupo C ( $p=0,001$ ) y con el grupo A ( $p=0,007$ ). El menor porcentaje lo presentaron las ovejas del grupo control (C). Al comparar el porcentaje de  $\Omega$ -3 en el calostro de las ovejas de los grupos A y C no se encontró diferencias significativas, aunque se evidencia una marcada tendencia ( $P=0,068$ ) (Tabla 2).

El AG precursor del  $\Omega$ -3 (ALN) se encontró en mayor porcentaje en el calostro de las ovejas de grupo A, siendo esta diferencia estadísticamente significativa con el grupo C ( $p=0,001$ ). Los animales del grupo B presentaron asimismo un porcentaje mayor de este ácido graso que las ovejas del grupo C ( $p=0,001$ ). No se encontró diferencias significativas en el porcentaje de ALN entre las ovejas de los grupos A y B (Tabla 2).

Se encontró mayor porcentaje de EPA en el grupo A siendo esta diferencia significativa al compararlo con el grupo B ( $p=0,000$ ), así como también al comparar el calostro de los animales de los grupos B y C ( $p=0,000$ ). No se encontró diferencia significativa entre el grupo A y C. (Tabla 2).

Las ovejas del grupo B son las que presentaron mayor porcentaje de DHA en el calostro, mostrando diferencias significativas al compararlos con los animales del grupo A ( $p=0,000$ ), así como también al compararlos con los del grupo C ( $p=0,000$ ), no presentándose diferencias entre los grupos A y C (Tabla 2).

El porcentaje del total de los AG $\Omega$ -6, así como el principal AG omega 6 (AA) y su precursor (AL) se presentan en la tabla 3.



**TABLA 3. Porcentajes (peso seco) de los AGLC  $\Omega$ -6 en calostro de ovejas**

Grupos	$\Omega$ -6	AL	AA
A	3,77 $\pm$ 0,16 <sup>1</sup>	3,36 $\pm$ 0,26 <sup>4</sup>	0,29 $\pm$ 0,08
B	3,28 $\pm$ 0,37 <sup>2</sup>	2,86 $\pm$ 0,33 <sup>5</sup>	0,24 $\pm$ 0,04
C	3,17 $\pm$ 0,27 <sup>3</sup>	2,58 $\pm$ 0,38 <sup>6</sup>	0,24 $\pm$ 0,05

Medias  $\pm$  DS de los valores de Omega 6 ( $\Omega$ -6), AL y AA, expresados en porcentajes en peso seco, obtenidos de las ovejas de los grupos. A: grupo suplementado con ración rica en AGLC; B: grupo suplementado con aceite de pescado; C: grupo control. <sup>1-2</sup>p=0,02; <sup>1-3</sup>p=0,000; <sup>4-5</sup>p=0,01; <sup>4-6</sup>p=0,001.

En cuanto al  $\Omega$ -6, los animales que presentaron mayor porcentaje fueron los del grupo A, al compararlo con el resto de los grupos experimentales se observaron diferencias significativas tanto entre los grupos A y B (p=0,02) así como entre los grupos A y C (p=0,000). No se encontraron diferencias entre los grupos B y C.

Otro de los componentes de la grasa analizados fue el AL, presentando éste el mismo comportamiento que el  $\Omega$ -6, cuyos resultados se exponen en la Tabla 3.

En cuanto al principal omega 6 del calostro, el ácido araquidónico (AA), no se encontraron diferencias significativas entre los animales que componen los grupos experimentales.

## LECHE

Los porcentajes de materia grasa, proteína y lactosa de la leche de los tres grupos experimentales se muestran en la tabla 4.

**TABLA 4. Porcentajes (peso seco) de los principales componentes en la leche de ovejas**

Componente	Grupo A		Grupo B		Grupo C	
	H. Parto	P. Parto	H. Parto	P. Parto	H. Parto	P. Parto
MG	10,36 $\pm$ 0,84	9,09 $\pm$ 1,03	10,49 $\pm$ 1,68	9,35 $\pm$ 1,71	10,51 $\pm$ 1,50 <sup>1</sup>	9,63 $\pm$ 0,81 <sup>2</sup>
Proteínas	3,60 $\pm$ 0,33	3,39 $\pm$ 0,17 <sup>5</sup>	3,49 $\pm$ 0,17	3,62 $\pm$ 0,12 <sup>3</sup>	3,29 $\pm$ 0,12	3,37 $\pm$ 0,19 <sup>4</sup>
Lactosa	5,25 $\pm$ 0,19 <sup>6</sup>	4,97 $\pm$ 0,10	5,10 $\pm$ 0,18 <sup>8</sup>	5,28 $\pm$ 0,23 <sup>9</sup>	4,8 $\pm$ 0,4 <sup>7</sup>	4,93 $\pm$ 0,47

Medias  $\pm$  DS de los valores de Materia Grasa, Proteínas y Lactosa obtenidas de las ovejas de los grupos A, B y C. A: grupo suplementado con ración rica en AGLC; B: grupo suplementado con aceite de pescado; C: grupo control. H. Parto: hasta el parto, P. Parto: post parto <sup>1-2</sup>p=0,017; <sup>3-4</sup>p=0,016; <sup>3-5</sup>p=0,019; <sup>6-7</sup>p=0,02; <sup>8-9</sup>p=0,06.

Al evaluar los resultados obtenidos en cuanto a materia grasa en la leche, se compararon los animales que consumieron ración hasta el parto de todos los grupos experimentales, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre ellos, así como tampoco se encontraron diferencias entre los animales que continuaron consumiendo la ración post parto.

Al comparar la materia grasa de la leche de las ovejas del grupo control (C) se observa que los animales que se alimentaron con ración hasta el parto y luego se alimentaron con pastura natural, presentan un porcentaje mayor de MG que los que se alimentaron con ración luego del parto, siendo esta diferencia estadísticamente significativa ( $p=0,017$ ).

Al analizar el valor de proteína en leche, los animales pertenecientes al grupo B que consumieron ración en el post parto fueron los que presentaron mayor porcentaje de proteínas en peso seco. Al comparar las ovejas que consumieron ración luego del parto se encontró diferencias significativas. Dichas diferencias corresponden a los grupos B y C ( $p=0,016$ ) y a los grupos A y B ( $p=0,019$ ), no existiendo diferencias entre A y C.

Los valores de Lactosa se comportaron de forma similar a la proteína, siendo los animales del grupo B que consumieron ración luego del parto, los que presentaron mayor porcentaje en peso seco. Al cotejar los animales que consumieron ración hasta el parto se observan diferencias significativas, dichas diferencias se deben a la comparación de los grupos A y C ( $p=0,02$ ). Al comparar los animales de los tres grupos que continuaron consumiendo ración luego del parto no hay diferencias entre ellos en lo que a lactosa se refiere. Al estudiar los valores de lactosa obtenidos en los animales que consumieron ración hasta el parto y los que permanecieron con dicha alimentación luego del parto, en el grupo B surgen diferencias significativas ( $p=0,006$ ).

Los porcentajes de AG  $\Omega$ -3 de la leche de los tres grupos experimentales se muestran en la tabla 5.

**TABLA 5. Porcentajes (peso seco) de los AGPLC  $\Omega$ -3 en la leche de ovejas**

Componente	Grupo A		Grupo B		Grupo C	
	H. Parto	P. Parto	H. Parto	P. Parto	H. Parto	P. Parto
$\Omega$ -3	2,40 $\pm$ 0,43	2,54 $\pm$ 0,14 <sup>3</sup>	2,79 $\pm$ 0,56 <sup>4</sup>	3,57 $\pm$ 0,29 <sup>1</sup>	2,12 $\pm$ 0,38	2,25 $\pm$ 0,36 <sup>2</sup>
ALN	1,63 $\pm$ 0,17	1,80 $\pm$ 0,19 <sup>5</sup>	1,74 $\pm$ 0,36	1,89 $\pm$ 0,33 <sup>7</sup>	1,29 $\pm$ 0,43	1,38 $\pm$ 0,30 <sup>6</sup>
EPA	0,14 $\pm$ 0,03	0,12 $\pm$ 0,02 <sup>12</sup>	0,16 $\pm$ 0,02 <sup>8</sup>	0,28 $\pm$ 0,04 <sup>10</sup>	0,12 $\pm$ 0,01 <sup>9</sup>	0,14 $\pm$ 0,02 <sup>11</sup>
DHA	0,11 $\pm$ 0,04 <sup>15</sup>	0,13 $\pm$ 0,03 <sup>18</sup>	0,21 $\pm$ 0,008 <sup>13</sup>	0,56 $\pm$ 0,008 <sup>16</sup>	0,12 $\pm$ 0,03 <sup>14</sup>	0,13 $\pm$ 0,02 <sup>17</sup>

Medias  $\pm$  DS de los valores de Omega 3( $\Omega$ -3), ALN (Ác. Linolénico), EPA (Ác. Ecosapentaenoico) y DHA (Ác. Docosaenoico), expresados en porcentaje de peso seco. A: grupo suplementado con ración rica en AGPLC; B: grupo suplementado con aceite de pescado; C: grupo control, H. Parto: hasta el parto, P. Parto: post parto. <sup>1-2</sup>p=0,000; <sup>1-3</sup>p=0,000; <sup>4</sup>p=0,024; <sup>5-6</sup>p=0,01; <sup>6-7</sup>p=0,01; <sup>8-9</sup>p=0,001; <sup>10-11</sup>p=0,000; <sup>10-12</sup>p=0,000; <sup>8-10</sup>P=0,000; <sup>9-11</sup>P=0,03; <sup>13-14</sup>P=0,050; <sup>15-13</sup>P=0,02; <sup>16-17</sup>P=0,000; <sup>18-16</sup>P=0,000.

Las ovejas del grupo B que consumieron ración luego del parto presentaron un porcentaje mayor de  $\Omega$ -3 en la leche que las ovejas de los demás grupos experimentales. Cuando se comparan todos los animales que comieron ración luego del parto, se encontraron diferencias significativas entre los porcentajes de peso seco de  $\Omega$ -3. Dichas diferencias se encuentran al comparar los animales de los grupos B y C (p=0,000) y los animales de los grupos A y B (p=0,000). También se compararon los porcentajes en peso seco de  $\Omega$ -3 de los animales de cada grupo, encontrándose diferencias significativas en el grupo B (p=0,024) entre animales que comieron ración hasta el parto y los que continuaron comiendo luego del parto.

Las ovejas del grupo B que consumieron ración luego del parto presentaron un porcentaje mayor de ALN en la leche que las ovejas de los demás grupos experimentales. Se estudiaron las diferencias de los porcentajes en peso seco de ALN de la leche de las ovejas que comieron ración luego del parto, resultando estas diferencias significativamente diferentes. Estas se relacionan con las diferencias existentes al comparar los grupos A y C (p=0,01) así como los grupos B y C (p=0,01). Este estudio arroja también que no hay diferencias significativas entre ninguno de los grupos de los animales que comieron ración hasta el parto y los animales que comieron ración luego del parto.

En lo que respecta al EPA, las ovejas del grupo B que consumieron ración luego del parto presentaron un porcentaje mayor de este AGPLC que las ovejas de los demás grupos experimentales. Al comparar los porcentajes de

peso seco de EPA en leche de todos los animales que comieron ración hasta el momento del parto se ven diferencias significativas, estas diferencias son esperadas al comparar las ovejas de los grupos B y C ( $p=0,001$ ). De igual manera se compararon todos los animales que comieron ración luego del parto, resultando también diferencias significativas que se evidencian al comparar los animales de los grupos B y C ( $p=0,000$ ) así como los animales de los grupos A y B ( $p=0,000$ ). Luego se estudiaron por grupo individual, los animales que comieron ración hasta el parto y los que comieron ración luego del parto resultando diferencias significativas en los grupos B ( $p=0,000$ ) y C ( $p=0,03$ ).

El DHA se comporta de manera similar al EPA, presentando un mayor porcentaje del mismo en la leche de las ovejas del grupo B que siguieron comiendo ración luego del parto. Al comparar los porcentajes de peso seco de DHA en leche de todos los animales que comieron ración hasta el momento del parto se ven diferencias significativas, estas diferencias son esperadas al comparar las ovejas de los grupos B y C ( $p=0,050$ ) así como al comparar los animales de los grupos A y B ( $p=0,02$ ). De igual manera se compararon todos los animales que comieron ración luego del parto, resultando también diferencias significativas que se evidencian al comparar los animales de los grupos B y C ( $p=0,000$ ) y los A y B ( $p=0,000$ ).

Los porcentajes de AG omega 6 de la leche de los tres grupos experimentales se muestran en la tabla 6.

**Tabla 6. Porcentajes (peso seco) de los AGLC  $\Omega$ -6 en leche de ovejas**

Componente	Grupo A		Grupo B		Grupo C	
	H. Parto	P. Parto	H. Parto	P. Parto	H. Parto	P. Parto
$\Omega$ -6	3,10 $\pm$ 0,31 <sup>4</sup>	3,57 $\pm$ 0,34 <sup>3</sup>	3,18 $\pm$ 0,43 <sup>5</sup>	4,08 $\pm$ 0,20 <sup>1</sup>	2,78 $\pm$ 0,36 <sup>6</sup>	3,55 $\pm$ 0,23 <sup>2</sup>
AL	2,54 $\pm$ 0,29	2,87 $\pm$ 0,26	2,57 $\pm$ 0,33	2,91 $\pm$ 0,24	2,19 $\pm$ 0,52	2,49 $\pm$ 0,58
AA	0,12 $\pm$ 0,02	0,19 $\pm$ 0,07	0,11 $\pm$ 0,01	0,14 $\pm$ 0,04	0,11 $\pm$ 0,02	0,11 $\pm$ 0,04

*Medias  $\pm$  DS de los valores de Omega 6, AL (Ác. Linoléico), AA (Ác. Araquidónico) expresados en porcentaje de peso seco. A: grupo suplementado con ración rica en AGLC; B: grupo suplementado con aceite de pescado; C: grupo control, H. Parto: hasta el parto, P. Parto: post parto. <sup>1-2</sup>p=0,001; <sup>1-3</sup>p=0,01; <sup>3-4</sup>p=0,02; <sup>1-5</sup>p=0,005; <sup>2-6</sup>p=0,000*

Las ovejas del grupo B que consumieron ración luego del parto presentaron un porcentaje mayor de  $\Omega$ -6 en la leche que las ovejas de los demás grupos experimentales. Cuando se comparan todos los animales que comieron ración luego del parto, se encontraron diferencias significativas entre los porcentajes de peso seco de  $\Omega$ -6. Dichas diferencias se encuentran al comparar los animales de los grupos B y C (p=0,001) y los animales de los grupos A y B (p=0,01). También se compararon los porcentajes en peso seco de  $\Omega$ -6 de los animales de cada grupo entre sí, encontrándose diferencias significativas tanto en el grupo A (p=0,02), en el grupo B (p=0,005) así como en el grupo C (p=0,000) entre animales que comieron ración hasta el parto y los que continuaron comiendo luego del parto.

Se estudiaron las diferencias de los porcentajes en peso seco de AL de la leche de las ovejas y no se encontraron diferencias significativas tanto en los grupos que comieron ración hasta el parto como en los que continuaron comiendo ración luego del parto.

En lo que respecta al AA, las ovejas del grupo A que consumieron ración luego del parto presentaron un porcentaje mayor de este AGLC que las ovejas de los demás grupos experimentales. No se encontraron diferencias significativas en las ovejas que comieron ración hasta el parto y las que comieron ración luego del parto así como en los grupos individuales.

## **CARNE**

Los porcentajes de AG  $\Omega$ -3 en músculo de corderos, de los tres grupos experimentales se muestran en la tabla 7

**TABLA 7. Porcentajes (peso seco) de AGLC  $\Omega$ -3 en músculo de corderos**

AG	Grupo A				Grupo B				Grupo C			
	Hasta el parto		Post Parto		Hasta el parto		Post Parto		Hasta el parto		Post Parto	
	1º M	2º M	1º M	2º M	1º M	2º M	1º M	2º M	1º M	2º M	1º M	2º M
<b><math>\Omega</math>-3</b>	4,61±0,51 <sup>5</sup>	4,15±0,80 <sup>9</sup>	7,13±1,23 <sup>1</sup>	2,94±0,17 <sup>2</sup>	4,75±0,63 <sup>6</sup>	4,61±0,59 <sup>10</sup>	7,11±1,36 <sup>3</sup>	3,73±0,41 <sup>4</sup>	4,10±0,85 <sup>7</sup>	3,76±0,72 <sup>11</sup>	2,98±0,93 <sup>8</sup>	2,88±0,47 <sup>12</sup>
<b>ALN</b>	1,66±0,35 <sup>17</sup>	1,59±0,33	2,39±0,44 <sup>13</sup>	1,69±0,11 <sup>14</sup>	2,10±0,20 <sup>18</sup>	1,92±0,22	2,45±0,48 <sup>15</sup>	1,96±0,05 <sup>16</sup>	1,44±0,57 <sup>19</sup>	1,36±0,65	1,42±0,27 <sup>20</sup>	1,35±0,35 <sup>21</sup>
<b>EPA</b>	0,79±0,20	0,74±0,36	1,06±0,48 <sup>22</sup>	0,33±0,08 <sup>23</sup>	0,85±0,34 <sup>26</sup>	0,89±0,6	1,52±0,57 <sup>24</sup>	0,43±0,12 <sup>25</sup>	0,61±0,2	0,61±0,33	0,53±0,29 <sup>27</sup>	0,29±0,13
<b>DHA</b>	0,41±0,35	0,35±0,10 <sup>28</sup>	0,78±0,66	0,20±0,02 <sup>29</sup>	0,57±0,23	0,44±0,10	0,81±0,56	0,39±0,07 <sup>30</sup>	0,57±0,3	0,41±0,17	0,42±0,26	0,24±0,04 <sup>31</sup>

Medias  $\pm$  DS de los valores de Omega 3, ALN (Ác. Linolénico), EPA (Ác. Ecosapentaenoico) y DHA (Ác. Docosaenoico), expresados en porcentaje de peso seco de músculo.

<sup>1-2</sup>p=0,0003; <sup>3-4</sup>p=0,01; <sup>5-1</sup>p=0,002; <sup>6-3</sup>p=0,003; <sup>7-8</sup>p=0,052; <sup>9-2</sup>p=0,01; <sup>10-4</sup>p=0,013; <sup>11-12</sup>p=0,031; <sup>3-8</sup>p=0,0001; <sup>1-8</sup>p=0,000006 <sup>2-4</sup>p=0,003; <sup>4-12</sup>p=0,007

<sup>13-14</sup>p=0,008; <sup>15-16</sup>p=0,042; <sup>13-17</sup>p=0,010; <sup>17-18</sup>p=0,024; <sup>18-19</sup>p=0,036; <sup>15-20</sup>p=0,0009; <sup>13-20</sup>p=0,001; <sup>14-16</sup>p=0,001; <sup>16-21</sup>p=0,008

<sup>22-23</sup>p=0,008; <sup>24-25</sup>p=0,002; <sup>26-24</sup>p=0,03; <sup>24-27</sup>p=0,003; <sup>22-27</sup>p=0,045

<sup>28-29</sup>p=0,019; <sup>29-30</sup>p=0,0009; <sup>30-31</sup>p=0,001

La primera muestra de musculo de los corderos del grupo A provenientes de madres que consumieron ración rica en AGPLC luego del parto presentó un porcentaje mayor de  $\Omega$ -3 que los corderos de los demás grupos experimentales. Cuando se analizaron las muestras de  $\Omega$ -3 de músculo de corderos de cada grupo (A, B y C), primero se compararon la primera y segunda muestra obtenidas de los corderos nacidos de madres suplementadas hasta el parto y luego las muestras obtenidas de los corderos nacidos de ovejas suplementada post parto. Al compararse las muestras obtenidas hasta el parto no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tres grupos experimentales. En las muestras post parto obtenidas de corderos del grupo A, se observó un mayor porcentaje de este AG ( $7,13 \pm 1,23$  %) en la primera muestra, al compararla con la segunda muestra ( $2,94 \pm 0,17$  %), siendo esta diferencia estadísticamente significativa ( $p=0,0003$ ). Al comparar las mismas muestras en el grupo B ( $7,11 \pm 1,36$  % y  $3,73 \pm 0,41$  % para la primera y segunda muestra respectivamente) se encontró también una diferencia estadísticamente significativa ( $p=0,001$ ). Luego se compararon todas las primeras muestras entre sí obtenidas de cada grupo experimental y posteriormente se realizó el análisis de las segundas muestras de cada uno de los grupos. Los resultados entre las dos primeras muestras mostraron diferencias estadísticamente significativas en las muestras del grupo A ( $p=0,002$ ), así como en el grupo B ( $p=0,003$ ) y una tendencia entre las muestras del grupo C ( $p=0,052$ ). Luego, los resultados del estudio de las segundas muestras mostraron que hay diferencias significativas el grupo A ( $p=0,01$ ), en el grupo B ( $p=0,013$ ) así como en el grupo C ( $p=0,031$ ). Posteriormente se mostraron diferencias significativas al estudiar todas las primeras muestras de músculo de corderos provenientes de madres que se alimentaron con ración luego del parto, estas diferencias se desprenden de comparar los grupos B y C ( $p=0,001$ ) y los grupos A y C ( $p=0,000$ ). Luego se encontraron diferencias significativas al comparar las segundas muestras de todos los grupos que provenían de madres alimentadas con ración luego del parto, donde se evidencian cambios significativos al comparar los grupos A y B ( $p=0,003$ ) y los grupos B y C ( $p=0,007$ ).

La primera muestra de musculo de los corderos del grupo B provenientes de madres que consumieron ración rica en AGPLC luego del parto presentó un porcentaje mayor de ALN ( $2,45 \pm 9,48$  %) que los corderos de los demás grupos experimentales. Cuando se analizaron las muestras de ALN de músculo de corderos de cada grupo (A, B y C), primero se compararon la primera y segunda muestra obtenidas de los corderos nacidos de madres suplementadas hasta el parto y luego las muestras obtenidas de los corderos nacidos de ovejas suplementada post parto. Al compararse las muestras obtenidas hasta el parto no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tres grupos experimentales. En las muestras post parto obtenidas de corderos del

grupo A, se observó un mayor porcentaje de este AG ( $2,39 \pm 0,44$  %) en la primera muestra, al compararla con la segunda muestra ( $1,69 \pm 0,11$  %), siendo esta diferencia estadísticamente significativa ( $p=0,008$ ). Al comparar las mismas muestras en el grupo B ( $2,45 \pm 0,45$  % y  $1,96 \pm 0,05$  % para la primera y segunda muestra respectivamente) se encontró también una diferencia estadísticamente significativa ( $p=0,042$ ). Luego se compararon las primeras muestras entre sí obtenidas de cada grupo (hasta el parto y post parto) experimental y posteriormente se realizó el análisis de las segundas muestras de cada uno de los grupos. Los resultados entre las dos primeras muestras mostraron diferencias estadísticamente significativas en las muestras del grupo A ( $p=0,010$ ). Posteriormente se mostraron diferencias significativas al estudiar todas las primeras muestras de músculo de corderos provenientes de madres que se alimentaron con ración hasta del parto, estas diferencias se desprenden de comparar los grupos A y B ( $p=0,024$ ) y los grupos B y C ( $p=0,036$ ). Luego se encontraron diferencias significativas al comparar las primeras muestras de todos los grupos que provenían de madres alimentadas con ración luego del parto, donde se evidencian cambios significativos al comparar los grupos B y C ( $p=0,000$ ) y los grupos A y C ( $p=0,001$ ); y también al comparar las segundas muestras de todos los grupos que provenían de madres alimentadas con ración luego del parto, donde se encontraron diferencias significativas al comparar los grupos A ( $1,69 \pm 0,11\%$ ) y B ( $1,96 \pm 0,05$  %) ( $p=0,001$ ) y los grupos B y C ( $1,35 \pm 0,35$  %) ( $p=0,008$ ).

La primera muestra de musculo de los corderos del grupo B ( $1,52 \pm 0,57$  %) provenientes de madres que consumieron ración rica en AGPLC luego del parto presentó un porcentaje mayor de EPA que los corderos de los demás grupos experimentales. Cuando se analizaron las muestras de EPA de músculo de corderos de cada grupo (A, B y C), primero se compararon la primera y segunda muestra obtenidas de los corderos nacidos de madres suplementadas hasta el parto y luego las muestras obtenidas de los corderos nacidos de ovejas suplementada post parto. Al compararse las muestras obtenidas hasta el parto no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tres grupos experimentales. En las muestras post parto obtenidas de corderos del grupo A, se observó un mayor porcentaje de este AG ( $1,06 \pm 0,48$  %) en la primera muestra, al compararla con la segunda muestra ( $0,33 \pm 0,08$  %), siendo esta diferencia estadísticamente significativa ( $p=0,008$ ). Al comparar las mismas muestras en el grupo B ( $1,52 \pm 0,57$  % y  $0,43 \pm 0,12$  % para la primera y segunda muestra respectivamente) se encontró también una diferencia estadísticamente significativa ( $p=0,002$ ). Luego se compararon las todas las primeras muestras entre sí obtenidas de cada grupo experimental y posteriormente se realizó el análisis de las segundas muestras de cada uno de los grupos. Los resultados entre las dos primeras muestras no mostraron diferencias estadísticamente significativas en las muestras del grupo A,



mientras que si se mostraron diferencias significativas en el grupo B ( $p=0,03$ ) y se encontró una tendencia en las muestras del grupo A. Al estudiar todas las primeras muestras de músculo de corderos provenientes de madres que se alimentaron con ración luego del parto, estas diferencias se desprenden de comparar los grupos B y C ( $p=0,003$ ) y los grupos A y C ( $p=0,045$ ).

La primera muestra de musculo de los corderos del grupo B ( $0,81 \pm 0,07 \%$ ) provenientes de madres que consumieron ración rica en AGPLC luego del parto presentó un porcentaje mayor de DHA que los corderos de los demás grupos experimentales. Cuando se analizaron las muestras de DHA de músculo de corderos de cada grupo (A, B y C), primero se compararon la primera y segunda muestra obtenidas de los corderos nacidos de madres suplementadas hasta el parto y luego las muestras obtenidas de los corderos nacidos de ovejas suplementada post parto. Al compararse las muestras obtenidas hasta el parto no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tres grupos experimentales, al igual que las muestras post parto. Luego se compararon las todas las primeras muestras entre sí obtenidas de cada grupo experimental y posteriormente se realizó el análisis de las segundas muestras de cada uno de los grupos. Los resultados entre las dos primeras muestras no mostraron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los grupos, mientras que si se mostraron diferencias significativas en el estudio de las segundas muestras de animales provenientes de madres que consumieron ración luego del parto el grupo B ( $p=0,019$ ). Al estudiar todas las segundas muestras de músculo de corderos provenientes de madres que se alimentaron con ración luego del parto, se encontraron diferencias significativas, estas diferencias se desprenden de comparar los grupos A y B ( $p=0,000$ ) y los grupos B y C ( $p=0,001$ ).

Los porcentajes de AG  $\Omega$ -6 en músculo de corderos, de los tres grupos experimentales se muestran en la tabla 8.

**TABLA 8. Porcentajes (peso seco) de AGLC Ω-6 en músculo de corderos**

AG	Grupo A				Grupo B				Grupo C			
	Hasta el parto		Post Parto		Hasta el parto		Post Parto		Hasta el parto		Post Parto	
	1º M	2º M	1º M	2º M	1º M	2º M	1º M	2º M	1º M	2º M	1º M	2º M
<b>Ω-6</b>	6,21±0,39 <sup>3</sup>	6,82±1,61 <sup>5</sup>	9,86±1,24 <sup>1</sup>	5,52±0,73 <sup>2</sup>	5,86±1,13	5,73±0,79 <sup>7</sup>	5,91±1,54 <sup>8</sup>	4,82±0,65	4,75±0,57 <sup>4</sup>	4,64±0,51 <sup>6</sup>	4,10±0,82 <sup>9</sup>	4,21±0,75 <sup>10</sup>
<b>AL</b>	3,95±0,12 <sup>11</sup>	3,45±0,51 <sup>12</sup>	5,6±1,20 <sup>13</sup>	3,71±0,11 <sup>16</sup>	3,03±1,01	2,9±0,97	3,94±0,65 <sup>14</sup>	3,09±0,82	3,09±0,87	2,85±0,96	2,72±0,42 <sup>15</sup>	2,58±0,79 <sup>17</sup>
<b>AA</b>	1,35±0,47 <sup>20</sup>	1,03±0,32	2,24±0,74 <sup>18</sup>	0,86±0,29 <sup>19</sup>	1,14±0,19	1,18±0,26	1,59±0,47 <sup>24</sup>	0,99±0,59	1,21±0,42	1,12±0,25 <sup>21</sup>	0,89±0,36 <sup>23</sup>	0,57±0,12 <sup>22</sup>

Medias ± DS de los valores de Omega 6, AL (Ác. Linoléico) y AA (Ác. Araquidónico), expresados en porcentaje de peso seco de músculo

<sup>12</sup>p=0,0012; <sup>1-3</sup>p=0,0004; <sup>3-4</sup>p=0,0004; <sup>5-6</sup>p=0,019; <sup>6-7</sup>p=0,0017; <sup>1-8</sup>p=0,0006; <sup>1-9</sup>p=0,000002; <sup>8-9</sup>p=0,029; <sup>2-10</sup>p=0,012

<sup>11-12</sup>p=0,03; <sup>13-14</sup>p=0,009; <sup>11-13</sup>p=0,020; <sup>13-15</sup>p=0,0013; <sup>14-15</sup>p=0,003; <sup>16-17</sup>p=0,001

<sup>17-19</sup>p=0,0074; <sup>18-20</sup>p=0,03; <sup>21-22</sup>p=0,0007; <sup>18-23</sup>p=0,002; <sup>23-24</sup>p=0,016

La primera muestra de musculo de los corderos del grupo A provenientes de madres que consumieron ración rica en AGPLC luego del parto presentó un porcentaje mayor de omega 6 que los corderos de los demás grupos experimentales. Cuando se analizaron las muestras de omega 6 de músculo de corderos de cada grupo (A, B y C), primero se compararon la primera y segunda muestra obtenidas de los corderos nacidos de madres suplementadas hasta el parto y luego las muestras obtenidas de los corderos nacidos de ovejas suplementada post parto. Al compararse las muestras obtenidas hasta el parto no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tres grupos experimentales. En las muestras post parto obtenidas de corderos del grupo A, se observó un mayor porcentaje de este AG ( $9,86 \pm 1,24$  %) en la primera muestra, al compararla con la segunda muestra ( $5,5 \pm 0,73$  %), siendo esta diferencia estadísticamente significativa ( $p=0,001$ ). Luego se compararon todas las primeras muestras entre sí obtenidas de cada grupo experimental y posteriormente se realizó el análisis de las segundas muestras de cada uno de los grupos. Los resultados entre las dos primeras muestras mostraron diferencias estadísticamente significativas en las muestras del grupo A ( $p=0,000$ ). Luego, los resultados del estudio de las segundas muestras no mostraron diferencias significativas en ninguno de los grupos. Posteriormente se observo diferencias significativas al estudiar todas las primeras muestras de músculo de corderos provenientes de madres que se alimentaron con ración hasta del parto, estas diferencias se desprenden de comparar los grupos A y C ( $p=0,000$ ). Luego se encontraron diferencias significativas al comparar las segundas muestras de todos los grupos que provenían de madres alimentadas con ración hasta del parto, donde se evidencian cambios significativos al comparar los grupos A y C ( $p=0,019$ ) y los grupos B y C ( $p=0,001$ ). Posteriormente se mostraron diferencias significativas al estudiar todas las primeras muestras de músculo de corderos provenientes de madres que se alimentaron con ración luego del parto, encontrándose diferencias significativas al estudiar los grupos A y B ( $p=0,000$ ), el grupo A y C ( $p=0,000$ ) y el grupo B y C ( $p=0,029$ ). También al estudiar todas las segundas muestras de músculo de corderos provenientes de madres que se alimentaron con ración luego del parto, encontrándose diferencias significativas entre los grupos A y C ( $p=0,012$ ).

La primera muestra de musculo de los corderos del grupo A provenientes de madres que consumieron ración rica en AGPLC luego del parto presentó un porcentaje mayor de AL que los corderos de los demás grupos experimentales. Cuando se analizaron las muestras de AL de músculo de corderos de cada grupo (A, B y C), primero se compararon la primera y segunda muestra obtenidas de los corderos nacidos de madres suplementadas hasta el parto y luego las muestras obtenidas de los corderos nacidos de ovejas suplementada post parto. Al compararse las muestras obtenidas hasta el parto no se

encontraron diferencias significativas en los grupos experimentales excepto en el grupo A ( $p=0,03$ ). En las muestras post parto obtenidas de corderos del grupo A, se observó un mayor porcentaje de este AG ( $5,59 \pm 1,20$  %) en la primera muestra, al compararla con la segunda muestra ( $3,71 \pm 0,11$  %), siendo esta diferencia estadísticamente significativa ( $p=0,009$ ). Luego se compararon todas las primeras muestras entre sí obtenidas de cada grupo experimental y posteriormente se realizó el análisis de las segundas muestras de cada uno de los grupos. Los resultados entre las dos primeras muestras mostraron diferencias estadísticamente significativas en las muestras del grupo A ( $p=0,020$ ). Posteriormente se mostraron diferencias significativas al estudiar todas las primeras muestras de músculo de corderos provenientes de madres que se alimentaron con ración luego del parto, encontrándose diferencias significativas al estudiar los grupos A y B ( $p=0,013$ ), el grupo A y C ( $p=0,001$ ) y el grupo B y C ( $p=0,003$ ). También al estudiar todas las segundas muestras de músculo de corderos provenientes de madres que se alimentaron con ración luego del parto, encontrándose diferencias significativas entre los grupos A y C ( $p=0,001$ ).

La primera muestra de musculo de los corderos del grupo A provenientes de madres que consumieron ración rica en AGPLC luego del parto presentó un porcentaje mayor de AA que los corderos de los demás grupos experimentales. Cuando se analizaron las muestras de AA de músculo de corderos de cada grupo (A, B y C), primero se compararon la primera y segunda muestra obtenidas de los corderos nacidos de madres suplementadas hasta el parto y luego las muestras obtenidas de los corderos nacidos de ovejas suplementada post parto. Al compararse las muestras obtenidas hasta el parto no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los tres grupos experimentales. En las muestras post parto obtenidas de corderos del grupo A, se observó un mayor porcentaje de este AG ( $2,23 \pm 0,74$  %) en la primera muestra, al compararla con la segunda muestra ( $0,86 \pm 0,29$  %), siendo esta diferencia estadísticamente significativa ( $p=0,007$ ). Luego se compararon todas las primeras muestras entre sí obtenidas de cada grupo experimental y posteriormente se realizó el análisis de las segundas muestras de cada uno de los grupos. Los resultados entre las dos primeras muestras mostraron diferencias estadísticamente significativas en las muestras del grupo A ( $p=0,03$ ). Luego, los resultados del estudio de las segundas muestras no mostraron diferencias significativas en los grupos, excepto en los del grupo C ( $p=0,000$ ). Posteriormente se observo diferencias significativas al estudiar todas las primeras muestras de músculo de corderos provenientes de madres que se alimentaron con ración luego del parto, estas diferencias se desprenden de comparar los grupos A y C ( $p=0,002$ ) y los grupos B y C ( $p=0,016$ ).

## DISCUSIÓN

### **CALOSTRO**

La suplementación de la dieta de las ovejas en los tres grupos experimentales no provocó cambios en el porcentaje de materia grasa del calostro, resultados similares a los propuestos por Althaus y col. (2001) en ovejas Corriedale. Si bien no hay diferencias significativas, los grupos (A y B) suplementados con ácidos grasos, presentaron un mayor porcentaje de Materia Grasa en el calostro. El porcentaje de proteínas obtenidos en el calostro de las ovejas de nuestro ensayo fue menor al reportado por estos mismos autores ( $9,12 \pm 2,78$ ). Asimismo el porcentaje de lactosa del calostro de los tres grupos experimentales de nuestro ensayo fue sensiblemente superior al reportado por Althaus y col. (2001) ( $3,11 \pm 1,41$ ). Esto se podría explicar si tenemos en cuenta que la alimentación de todas las ovejas se suplementó con ración a partir del día 100 de gestación. Cal Pereyra y col (2011), quienes suplementaron con ración a un grupo de ovejas Corriedale en el último tercio de la gestación, obtuvieron resultados similares, atribuyéndolo a un aumento de la glicemia de las madres en respuesta a la suplementación. Este aumento de lactosa en el calostro sería beneficioso para el cordero, ya que en opinión de Banchemo y col (2004) y Banchemo y col (2005) el volumen de calostro producido se relaciona con la disponibilidad de glucosa para la síntesis de lactosa, la cual al ser un azúcar osmóticamente activo incrementa el paso de líquido hacia la glándula mamaria, y por tanto produciendo una mayor cantidad y una consistencia mucho más líquida del calostro, facilitando así al amamantamiento del cordero. Existe una relación positiva entre el consumo de energía y el flujo sanguíneo hacia el hígado, lo que da lugar a un mayor catabolismo de hormonas antagónicas a la producción de lactosa, como puede ser la progesterona.

Esta hormona inhibe la síntesis de lactosa y, por ende, su disminución provoca un mayor volumen de calostro acumulado (Banchemo y col 2004).

Las ovejas que recibieron una suplementación con aceite de pescado (grupo B) fueron las que presentaron un mayor porcentaje de AGLPC de la serie 3 (omega 3) en la materia grasa del calostro, lo cual se explica al tener en cuenta que la fuente principal de AGLPC de la serie 3 se encuentra en peces de agua fría y salada (Castro, 2002). Al analizar el porcentaje del ácido graso precursor de los Omega 3, el ALN, se evidenció que el mayor porcentaje de este se encontró en las ovejas del grupo A, cuya alimentación se suplementó con una ración rica en lino, una de las fuentes alimentarias ricas en este precursor, como lo reportan Dewhursty King (1998). Martínez Marín y col, (2013) reportan que la semilla de lino contienen un porcentaje de 4,29 y 16,8 % de ácido linoléico y  $\alpha$ -linolénico respectivamente.

Así como en el caso del AL el grupo que consumió ración rica en AGLPC fue el que presento mejores valores de EPA. Sin embargo los mejores valores de DHA fueron registrados por el grupo que recibió aceite de pescado.

En cuanto a los valores de  $\Omega$ -6 los animales que se alimentaron con ración rica en AGPLC fueron los que obtuvieron los mayores porcentajes de estos. Dichos valores presentaron diferencias significativas con el grupo suplementado con aceite de pescado y con las ovejas alimentadas con ración comercial.

El AL presentó el mismo comportamiento que el ácido  $\Omega$ -6, es decir que en ambos casos se logran mejores resultados con ración rica en AGPLC que con aceite de pescado.

Sin embargo el AA no presenta diferencias estadísticamente significativas, presentando en este caso la ración rica en AGPLC valores levemente superiores con respecto al resto de los grupos experimentales los cuales no presentaron diferencias entre sí, por lo que para el caso puntual del AA los resultados obtenidos en nuestro ensayo, demuestran que la concentración de éste AG no dependería de la alimentación suministrada a las ovejas al final de la gestación.

## **LECHE**

En cuanto al porcentaje de materia grasa en nuestro ensayo experimental no tuvimos diferencias estadísticamente significativas, siendo estos valores muy similares a los obtenidos por Althaus y col (2001). En nuestro experimento la leche de las ovejas alimentadas con ración comercial hasta el parto y luego del mismo solo con pasturas naturales fueron las que presentaron un valor levemente superior, concluyéndose que el porcentaje de materia grasa disminuyó en los animales suplementados con ración rica en AGPLC y en los que recibieron aceite de pescado. Según Palmquist (1996), los efectos de la suplementación con grasa sobre la producción de leche son frecuentemente variables y pequeños, lo que hace difícil encontrarles un significado. Nuestros hallazgos se contradicen con los propuestos por Palmquist (1996) quien establece que la secreción de grasa y el contenido de la misma en la leche aumenta marcadamente en ovejas en respuesta a la suplementación de la dieta con grasas. Palmquist (1996), establece que el porcentaje de grasa de la leche está influenciado en gran medida por la cantidad y grado de instauración de la grasa añadida y por la calidad de la dieta para permitir una fermentación ruminal adecuada. Palmquist (1996) recomienda suministrar tanta grasa como la que el animal produce en la leche.

Sin embargo nuestros resultados coinciden con los reportados por Fernández Navarro (2007), quien establece que la suplementación de la dieta con aceites poliinsaturados y en general todos los ácidos grasos de cadena larga, conducen a una disminución de la concentración total de grasa en leche.

Con respecto a las proteínas los valores obtenidos en nuestro experimento discrepan con los de Althaus y col (2001), quienes obtuvieron porcentajes de  $4,88 \pm 0,53$ , siendo nuestros resultados menores que los obtenidos en su trabajo.

Según Fernández Navarro (2007) la suplementación con grasa disminuye el contenido de proteína en la leche, debido a un efecto de dilución ya que la producción de leche aumenta en estos casos; otra posible causa sería el efecto negativo de los lípidos de la dieta debido a un efecto indirecto sobre el flujo de proteína microbiana. Estos argumentos reafirman los resultados de Toral

(2009b, 2011) quien realizo una suplementación con aceite de girasol (rica en ácido linoléico). En cambio los datos obtenidos en nuestro ensayo experimental discrepan ya que en nuestro caso se observó aumento de dicho componente en todos los grupos, siendo el valor más alto en los suplementados con aceite de pescado aun luego del parto.

Además Fernández Navarro (2007) establece que la grasa de la dieta tiene una influencia mayor sobre la síntesis de componentes no nitrogenados de la leche (lactosa y grasa) que sobre la de proteína. La disminución del contenido proteico de la leche podría deberse a una síntesis más eficiente de la lactosa.

Fernández Navarro (2007) también aseveró que algunos suplementos lipídicos, particularmente los ácidos grasos poliinsaturados, ejercen un efecto antimicrobiano que da lugar a una reducción de la digestibilidad de la fibra y por tanto de la relación acetato/propiónico en el rumen.

Los valores de lactosa obtenidos en nuestro trabajo fueron similares a los obtenidos por Althaus y col (2001). El aumento se vio en todos los grupos, fundamentalmente en los que fueron suplementados con aceite de pescado luego del parto. En cambio en los resultados de Toral (2011) no mostraron diferencias con la suplementación con aceite de girasol.

Fernández Navarro (2007), demostró que la producción de leche en animales con suplementación no se ve afectada, dato que coincide con el aportado por Toral (2011) y por Hervás (2007). Sin embargo los datos de nuestro experimento no coinciden con los propuestos por estos autores, dado que se podría estimar la producción de leche por el mayor porcentaje de lactosa y de ser así la producción aumentaría en los animales que recibieron suplementación, debido a que la lactosa es un constituyente osmótico de gran importancia en la leche, a medida que la síntesis de lactosa aumenta, la producción de leche también lo hace.

La evidencia científica indica claramente que el consumo de AGS aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares en los humanos, y que el consumo de AGPLC  $\Omega$  6, como el AL, deben reducirse en beneficio de los AGPLC  $\Omega$  3 como el ALN (Martínez Marín y col, 2013).

Hervás (2007), Toral (2011) y Martínez Marín y col (2013) afirman que la utilización de aceites lipídicos reduce el contenido de varios AGS no deseables y aumenta los ácidos grasos de cadena larga, entre los que se destacan algunos AGI con propiedades potencialmente saludables.

De forma positiva estas variaciones reducen el índice aterogénico de la grasa de la leche (un indicador del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares).

Para estas diferencias en los AG, Martínez Marín y col (2013) reporta que puede tener un doble origen; por un lado, la disminución de la producción de AGV en el rumen por efecto de los AGI sobre la fermentación microbiana de las paredes vegetales, que reduciría la cantidad de sustrato (acetato) disponible para la síntesis de *novo* de AGS de cadena corta y media en las células mamarias. Por otra parte, la actividad de las enzimas responsables de la síntesis de *novo* podría inhibirse por el aumento de la disponibilidad de AG de cadena larga para la ubre debido a su mayor absorción por el intestino.

Según Palmquist (1996) las dietas con alto contenido en fibra y proteínas

mantiene fermentaciones normales y biohidrogenaciones completas hasta ácido esteárico, generalmente si la fermentación ruminal es normal el suministro de grasa aumenta el porcentaje de la grasa de la leche.

La incorporación de semilla de lino aumentaría las moléculas de ácido linolénico que escapan de la BH y que son transferidos a la glándula mamaria, donde pueden ser metabolizados por desaturación y elongación para formar AGPLC, siendo los mayores AG producidos el EPA y el DHA (Gallardo García, 2013).

Jellali (2015) establece que los productos de los rumiantes son pobres en AG  $\Omega 3$  para la dieta humana. Por ello un gran número de estudios han intentado enriquecer el contenido de estos AG mediante la inclusión de lípidos de origen marino en la ración de los rumiantes con el objetivo de aumentar los niveles de ácidos grasos omega 3 en la leche de la oveja.

Según Gallardo García (2013) el aceite de pescado es el suplemento lipídico idóneo en la dieta de las ovejas para aumentar los porcentajes de EPA y DHA en la leche, lo que coincide con los resultados obtenidos en nuestro ensayo experimental.

Nuestros resultados también son coincidentes con los publicados por Gallardo García (2013), quien propone que la suplementación de la dieta con una fuente de grasa rica en ALN como es la semilla de lino, aumenta la concentración de ALN en la grasa de la leche, a pesar de que su índice de transferencia de la dieta a la leche es muy bajo.

Jellali (2015) reporta que aunque los lípidos marinos son ricos en EPA y DHA, la eficiencia de la transferencia de estos desde la dieta a la leche es limitada, dato similar al aportado por Gómez Cortes (2010) quien obtuvo resultados de baja transferencia, por lo que concluyo que económicamente no es viable. Sin embargo en el presente ensayo al emplear el aceite de pescado en la suplementación de la dieta de las ovejas, se evidencian valores realmente superiores en los porcentajes de los AGPLC en la leche, el EPA aumenta dos veces y el DHA aumenta cuatro veces.

En cambio al analizar la concentración de EPA y DHA en la leche de las ovejas suplementadas con una ración rica en AGPLC no se evidenciaron diferencias, lo que se contradice con Gallardo García (2013) quien argumenta que los aumentos de EPA y DHA en la leche de ovinos suplementados con semilla de lino podrían atribuirse a moléculas de linolénico que escapan de la biohidrogenación y que son transferidos a la glándula mamaria, donde pueden ser metabolizados por desaturación y elongación.

La relación recomendada en leche por la FAO y la OMS (2003) entre la serie omega 3 y omega 6 es de 4:1. Martínez Marín y col (2013) sugieren que la relación entre los ácidos AL y ALN es por término medio superior a 5 cuando las dietas suministradas están compuestas por forrajes y alimentos concentrados. En nuestro ensayo se logró revertir el perfil de estos ácidos grasos en la leche de las ovejas, en los animales que recibieron una dieta suplementada con AGPLC (lino) la relación entre AL y ALN fue de 1,6/1, mientras que las ovejas que recibieron una dieta suplementada con aceite de pescado esta relación fue de 1,4/1. La Sociedad Internacional para el estudio de Ácidos Grasos y Lípidos sugiere la cantidad 0,65 g/día de DHA y 1 g/día de LNA. Por otra parte, la Sociedad Americana del Corazón recomienda el consumo de 1g diario de EPA más DHA procedentes de aceite de pescado o



suplementos para pacientes con enfermedad coronaria.

## CARNE

Según Martínez Marín (2007, 2008) a través de la nutrición de los animales se puede modificar el contenido de los diferentes AG en la musculatura y alterar las proporciones entre ellos haciéndola más saludable. Esta aseveración coincide con los datos obtenidos en nuestro experimento, con la salvedad de que en nuestro ensayo experimental no se alimentó directamente a los corderos sino a las hembras en el último tercio de la gestación y durante la lactación.

Datos similares fueron aportados por Manso y Col (2010) quienes afirman que los cambios en el perfil de los AG de la grasa de la leche, producida por las ovejas podrían provocar cambios en las características y composición de la grasa de la canal de los corderos, ofreciendo la posibilidad de mejorar la calidad desde el punto de vista nutricional y funcional.

Los datos obtenidos en este experimento indican que existe variación en los niveles de omega 3 en musculo de los corderos en función de la alimentación que recibió la madre durante la gestación. Los animales que consumieron ración rica en AGPLC fueron los que presentaron corderos con mayores valores de omega 3, seguido de los hijos de hembras que recibieron suplementación con aceite de pescado. Estos resultados coinciden con Wachira y col (2002) y Martínez Marín (2008) quienes duplicaron la proporción de omega 3 en el *longuissimus dorsi* mediante una suplementación con lino, este hallazgo es coincidente con los datos aportados por Mateos y col (1996) quien publico la composición del lino estableciendo porcentaje de 13% para el AL y 51 % para ALN.

Sin embargo al evaluar el ALN los mayores porcentajes de este ácido graso fueron encontrados en musculo de corderos hijos de hembras que recibieron aceite de pescado, estos resultados no coinciden con los obtenidos por Pannampalam y col (2002) quienes suplementando la dieta de los corderos con aceite de pescado y harina de pescado no tuvieron cambios en el contenido de ALN medido a nivel del *longissimus*, obteniendo sí un incremento en los valores de EPA y DHA, lo cual coincide con los resultados en nuestro ensayo.

Al analizar los valores de DHA en musculo de los animales de los tres grupos experimentales se encontró que la alimentación de las madres que lograron mayores depósitos de este AGPLC fue aquella que fue suplementada con aceite de pescado, en segundo lugar se aprecian beneficios en la ración rica en AGPLC al compararlo con el grupo control que en este caso es alimentado con una ración comercial. Estos resultados coinciden con Wachira y col (2002) quienes realizaron una suplementación con aceite de pescado y con lino y obtuvieron mejores resultados en los animales alimentados con aceite de pescado y en segundo lugar en los alimentados con lino. Esto se fundamenta con las conclusiones obtenidas por Martínez Marín (2007) quien determino que al aumentar la cantidad de EPA y DHA en rumen, puros o en forma de aceites de pescado, se reduce la tasa de lipólisis ocasionando un aumento de estos ácidos grasos en forma libre, lo que provoca una reducción de su propia BH,

estos datos coinciden con lo propuesto por Castillo (2013) en cuanto a la inhibición de la BH.

La presencia en el medio ruminal de EPA y DHA inhibe intensamente la reducción del VA pero también la del AL resultando en la acumulación de dichos ácidos en el rumen, lo que aumenta la cantidad de los mismos que pasan al intestino y quedan disponibles para ser absorbidos. Los ácidos EPA y DHA absorbidos en el intestino son incorporados preferentemente a los fosfolípidos musculares Martínez Marín (2007).

A su vez Fernández Navarro (2007) determina que los valores de EPA y DHA son superiores en la grasa intramuscular de los cabritos nacidos de las madres que fueron suplementadas con aceite de pescado, resultados similares obtuvo Gallardo García (2013), quien suplemento con aceite de origen marino y con semilla de lino obteniendo valores superiores de EPA y DHA en la grasa intramuscular al emplear dicha suplementación.

Este aumento de EPA y DHA en la leche y en la grasa intramuscular de los corderos según Gallardo García (2013) confirma una fuerte relación entre el perfil de AG de la leche y la carne.

Martínez Marín (2008) afirma que la medida más efectiva para aumentar la cantidad de EPA y DHA en los rumiantes ha sido la incorporación a la ración de fuentes de grasa ricas en dichos ácidos grasos, hecho que coincide con nuestros resultados, siendo el aceite de pescado la fuente que aporta más EPA y DHA a la dieta.

Brito (2005) y Montossi (2013) afirman que el tejido muscular de los animales terminados a pastura contiene mayores porcentajes de ácidos grasos omega 3 mientras que los músculos de los animales terminados a base de concentrados contienen mayor porcentaje de  $\Omega$ -6, estas diferencias en la composición de ácidos grasos entre los tejidos terminados a pasturas o a base de granos, resultan de la composición de los ácidos grasos de la dieta. Los granos contienen más del 50 % del total de ácidos grasos como AL mientras que los forrajes lo presentan en la forma de ALN, estos resultados se reflejan en nuestro grupo control siendo esta comparación posible ya que en ambos casos no se utilizó suplementación grasa.

La cantidad de  $\Omega$ -3 en musculo de corderos cuyas madres fueron suplementadas con AGPLC y con aceite de pescado fue aproximadamente 2,5 veces superior a la cantidad detectada en los músculos de corderos del grupo control, hecho similar al reportado por Fernández Navarro (2007) quien trabajo con cabritos y suplemento a las madres, en tal estudio obtuvo diferencias que fueron 2 veces superior.

Fernández Navarro (2007) encontró que la cantidad de EPA y DHA fue aproximadamente 3,7 veces superior en los animales del grupo experimental (aceite de pescado), mientras que en nuestro ensayo encontramos que este incremento fue de 2,8 y 2 veces superior para el EPA y el DHA respectivamente.

Desde el punto de vista nutricional los valores de la relación omega 6 y omega 3 de los alimentos recomendados para el consumo humano son inferiores a 4. Como consecuencia, la incorporación de aceite de pescado y semilla de lino en la ración de las ovejas permite mejorar el perfil de la composición de la grasa muscular de los corderos lactantes dese el punto de vista nutricional (Gallardo García, 2013). En el presente ensayo se comprueba que la relación

puede verse beneficiada al incluir la suplementación de aceite de pescado en la dieta de las hembras gestantes, arrojando una relación de 0,83/1, relación que se beneficia asimismo al alimentar a las ovejas con una ración rica en semilla de lino, con la cual se obtuvo una relación de 1,38/1.

En cuanto a los valores de  $\Omega$ -6 en el músculo de los corderos, los que presentaron mejores resultados fueron los hijos de madres alimentados con ración rica en AGPLC. Según Wachira y col (2002) lograron obtener resultados de linoléico más alto en el grupo de los alimentados con lino, siendo este valor menor en los alimentados con aceite de pescado, lo cual también coincide con nuestros resultados.

La grasa extra añadida a la ración de los rumiantes puede ser grasa libre, grasa protegida mediante procedimientos físicos o químicos (encapsulación, hidrogenación, ésteres de calcio, amidas) o semillas oleaginosas enteras. Las grasas libres normalmente son más utilizadas como suplementos grasos en las raciones de los rumiantes son de origen vegetal o animal. Las grasas libres sobre todo las ricas en AGPLC no se pueden utilizar a grandes dosis porque son tóxicas para ciertas especies de bacterias ruminales, lo que causa un impacto negativo en la digestión ruminal, particularmente sobre la fermentación de la fibra. Sin embargo el aporte de lípidos a la ración en forma de grasas protegidas es una vía para incrementar los AG disponibles para la absorción intestinal sin afectar la flora microbiana ruminal (Martínez Marín, 2007).

Las fuentes suplementarias de grasa con mayor contenido de AGPLC  $\Omega$ 3 son las semillas de lino (ricas en ALN) y la harina de pescado, aceite de pescado y las algas marinas (ricas en EPA y DHA). La incorporación a la ración de la semilla de lino permite aumentar el contenido de ALN de la grasa intramuscular desde 1,4 a 3,1 en los corderos (Martínez Marín, 2007).

Es recomendable que estos estén protegidos para evitar así a BH ruminal y que estén disponibles para ser absorbidos en el intestino delgado y ser depositados como tal en los diferentes tejidos (Martínez Marín, 2007). En nuestro trabajo no fue posible la protección de los AG incorporados, por lo cual según la extensa bibliografía consultada deducimos que dichos AG siguieron una ruta de BH convencional con la posterior formación de CLA.

Los resultados obtenidos en este ensayo permiten visualizar que la concentración de todos los AGPLC en el músculo de los corderos nacidos de madres suplantadas fue menor a los 120 días de vida. Esto podría deberse a que la acumulación de cada uno de los ácidos grasos estudiados se reduce en músculo a medida que pasa del tiempo o bien disminuyen estos en leche. No se encontraron datos en referencia a este tema en la bibliografía.

## **CONCLUSIONES**

Se concluye que:

El aporte de AGLC en la ración y la suplementación con aceite de pescado en la alimentación de las ovejas provocó un aumento de la lactosa de la leche, lo cual podría ser beneficioso para el cordero.

La alimentación recibida por las ovejas en la lactación influyó favorablemente en el perfil lipídico de la carne, aumentando la concentración de los AGLC omega 3 y 6.

El aumento de ALN, AL, EPA y DHA en la leche de las ovejas y en la grasa intramuscular de los corderos confirma una fuerte relación entre el perfil de estos AG de la leche y la carne.

La suplementación de las ovejas con aceite de pescado y una ración rica en AGLC produjo un cambio en la relación entre AL/ALN, mejorando el perfil de estos ácidos grasos en leche y carne

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Althaus, R. L., Sosa, J., Gapel, C., Scaglione, L., Moreyra, E., Coraza, M. (2005). Leche y Calostro de Ovejas Corriedale: Composición Química y Mineral. FAVE, 15(1): 7-13.
2. Aranceta, J., Serra, L. (2008). Guía de alimentos funcionales. Sociedad Española Nutrición Comunitaria. Disponible en: [http://www.fesnad.org/publicaciones/pdf/guia\\_alimentos\\_funcionales.pdf](http://www.fesnad.org/publicaciones/pdf/guia_alimentos_funcionales.pdf) fecha de consulta 17/9/2015
3. Banchemo, G. (2005). Alimentación estratégica para mejorar la lactogénesis y el comportamiento de la oveja al parto. [http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/tt/ad/2005/ad\\_401.pdf](http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/tt/ad/2005/ad_401.pdf) fecha de consulta 4/6/2015.
4. Banchemo, G. E., Clariget, R. P., Bencini, R., Lindsay, D. R., Milton, J. T., & Martin, G. B. (2006). Endocrine and metabolic factors involved in the effect of nutrition on the production of colostrum in female sheep. *Reproduction nutrition development*, 46(4): 447-460.
5. Banchemo, G. E., Quintans, G., Martin, G. B., Lindsay, D. R., & Milton, J. T. B. (2004). Nutrition and colostrum production in sheep. 1. Metabolic and hormonal responses to a high-energy supplement in the final stages of pregnancy. *Reproduction, Fertility and Development*, 16(6): 633-643.
6. Bouwstra, H., Dijck-Brouwer, D. J., Wildeman, J. A., Tjoonk, H. M., van der Heide, J. C., Boersma, E. R., Hadders-Algra, M. (2003). Long-chain polyunsaturated fatty acids have a positive effect on the quality of general movements of healthy term infants. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78(2): 313-318.
7. Brenner, R. R., Peluffo, R. O. (1969). Regulation of unsaturated fatty acids biosynthesis 1. Effect of unsaturated fatty acid of 18 carbons on the microsomal desaturation of linoleic acid into  $\gamma$ -linolenic acid. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Lipids and Lipid Metabolism*, 176(3): 471-479.
8. Brito, G. (2005). Diferenciación y valorización de las carnes bovinas y ovinas del Uruguay a partir de su caracterización nutricional y su influencia en la salud humana y la conservación del producto. Disponible en [innova-uy.info](http://innova-uy.info) fecha de consulta: 26/12/2015

9. Buckrell BC (1988). Application of ultrasonography in reproduction in sheep and goats. *Theriogenology*, 29: 11-20.
10. Cal-Pereyra, L., Benech, A., Da Silva, S., Martín, A., & González-Montaña, J. R. (2011). Metabolismo energético en ovejas gestantes esquiladas y no esquiladas sometidas a dos planos nutricionales: Efecto sobre las reservas energéticas de sus corderos. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 43(3): 277-285.
11. Capper, J. L., Wilkinson, R. G., Mackenzie, A. M., & Sinclair, L. A. (2006). Polyunsaturated fatty acid supplementation during pregnancy alters neonatal behavior in sheep. *The Journal of Nutrition*, 136(2): 397-403.
12. Carrero, J. J., Martín-Bautista, E., Baró, L., Fonollá, J., Jiménez, J., Boza, J. J., & López-Huertas, E. (2005). Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta. *Nutrición Hospitalaria*, 20(1): 63-69.
13. Carrié, I. Clément, M., de Javel, D., Francès, H., & Bourre, J. M. (2000). Specific phospholipid fatty acid composition of brain regions in mice: effects of n-3 polyunsaturated fatty acid deficiency and phospholipid supplementation. *Journal of Lipid Research* 41(3): 465-472.
14. Castillo, J., Olivera, M., Carulla, J. (2013) Descripción del mecanismo bioquímico de la biohidrogenación en el rumen de ácidos grasos poliinsaturados: una revisión. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v16n2/v16n2a21.pdf> fecha de consulta: 26/11/2015
15. Castro González, M. I. (2002). Ácidos grasos omega-3: beneficios y fuentes. *Interciencia*, 27(3): 128-136.
16. Champoux M, Hibblen J, Shannon C, Majchrzak S, Supmi S, Salem N, Higley J (2002). Fatty acid formula supplementation and neuromotor development in Rhesus monkey neonates. *Pediatric Research*, 51(3): 273-281.
17. Chikunya S, Demirel G, Enser M, Wood JD, Wilkinson RG, Sinclair LA (2004). Biohydrogenation of dietary n-3 PUFA and stability of ingested vitamin E in the rumen, and their effects on microbial activity in sheep. *British Journal of Nutrition*, 91(04): 539-550.
18. Chilliard, Y., Glasser, F., Enjalbert, F., Ferlay, A., Bocquier, F., & Schmidely, P. (2007). Resultados recientes sobre los efectos de la alimentación en la composición en ácidos grasos de la leche de vaca,

- cabra y oveja. Recent data on effects of feeding factors on milk fatty acid composition in cow, goat and ewe. *Revista Argentina de Producción Animal*. 27(3): 197-213.
19. Cockburn F (2003). Role of infants dietary long – chain polyunsaturated fatty acid, soluble vitamins, cholesterol and lecithin of psychomotor development. *Acta Pædiatrica*, 92(s442): 19-33.
20. Cooper SL, Sinclair LA, Wilkinson RG, Enser M, Wood JD (2004). Manipulation of the n-3 polyunsaturated fatty acid content of muscle and adipose tissue in lambs. *Journal of animal science*, 82(5): 1461-1470.
21. Couet C, Delarve J, Fitz P, Antoine JM, Lamisse F (1997). Effect of dietary fish oil on the body fat mass and basal fat oxidation in healthy adults. *journal of the International Association for the Study of Obesity*, 21(8): 637-643.
22. Dewhurst RJ and PJ King (1998). Effects of extended wilting, shading and chemical additives of the fatty acid in laboratory grass silages. *Grass and Forage Science*, 53(3): 219-224.
23. Dijck – Brower DA, Hadders – Algra M Bouwstra H, Decsi T, Boehm G, Martini IA, Boersma ER, Muskiet FAJ (2005). Lower fetal status of docosahexaenoic acid, arachidonic acid and essential fatty acids in associated with less favorable neonatal neurological condition. *Prostaglandins, leukotrienes and essential fatty acids*, 72(1): 21-28.
24. Dwyer, C. M., & Morgan, C. A. (2006). Maintenance of body temperature in the neonatal lamb: Effects of breed, birth weight, and litter size. *Journal of Animal Science*, 84(5): 1093-1101.
25. Fernández Navarro, J. R. (2007). Suplementación de la dieta con aceite de pescado rico en ácidos grasos poliinsaturados n-3. <http://hera.ugr.es/tesisugr/16783220.pdf> fecha de consulta 1/10/2015
26. Gallardo García, B. (2013). Utilización de diferentes fuentes lipídicas en la ración de ovejas churras en lactación: Efecto sobre los rendimientos y calidad de los productos. Disponible en <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/4162/1/TESIS428-140113.pdf> fecha de consulta: 15/10/2015

27. García, M., García, A., & Gil Hernández, A. (2006). Importancia de los lípidos en el tratamiento nutricional de las patologías de base inflamatoria. *Nutrición Hospitalaria*, 21: 30-43.
28. George J, Woods M, Clayton DF (1995). Characterization of a novel protein regulated during the critical period for song learning in the zebra fish. *Neuron* 15:361-372.
29. Givens DI, Cottrill BR, Davies M, Lee PA, Mansbridge RJ, Moss AR (2001). Source of n-3 polyunsaturated fatty acids additional to fish oil for livestock diets – a review. *Nutrition Abstracts and Reviews. Series B, Livestock Feeds and Feeding* 70, (1): 1-19.
30. Gómez Cortés, P. (2010). Efecto de la suplementación de la dieta ovina con distintas fuentes lipídicas sobre el perfil de ácidos grasos de la leche. Disponible en <http://eprints.ucm.es/11253/1/T32129.pdf>, fecha de consulta: 7/09/2015
31. Herrera, M. C., Vega, S., León, R. G. T., Fernández, B. G., González, G. D. (2006). Los ácidos grasos omega-3 y omega-6: Nutrición, Bioquímica y Salud. *Revista de Educación Bioquímica*, 25(3): 72-79.
32. Hervás, G., Gómez-Cortés, P., Frutos, P., Juárez, M., & Mantecón, Á. R. (2008). Complementación de la dieta de ovejas lecheras con aceite de soja: efecto sobre el rendimiento productivo de los animales y el perfil de ácidos grasos de la leche. *Albéitar*, 121: 52-54.
33. Hervás, G., Gómez-Cortés, P., Frutos, P., Juárez, M., & Mantecón, Á. R. (2007). Efecto de la suplementación de la dieta de ovejas lecheras con aceite de soja sobre el rendimiento productivo de los animales y el perfil de ácidos grasos y la composición de CLA de la leche. Disponible en [digital.csic.es](http://digital.csic.es), fecha de consulta: 11/07/2015.
34. Ide T, Kobayashi H, Ashakumary L, Rouyer IA, Takahashi I, Aoyama T, Hashimoto T, Mizugaki M (2000). Comparative effect of perilla and fish oil on the activity and gene expression of fatty acid oxidation enzymes in rat liver. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1485(1): 23-35.
35. Ikeda I, Cha JY, Yamagita T, Nakatami N, Oogami K, Imaizumi K, Yazama K (1998). Effect of dietary alpha linolenic, eicosapentanoic, and docosahexaenoic acids on hepatic lipogenesis and beta – oxidation in rat. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 62(4): 675-680.



36. Jefferies, BC (1961). Body condition scoring and its use in management. *Tasmanian Journal of Agriculture* 32:19-21
37. Jellali, S. (2015). Efecto de la suplementación de la dieta con taninos y aceite de pescado sobre la biohidrogenación de los ácidos grasos y la fermentación ruminal in vitro. Disponible en [digital.csic.es](http://digital.csic.es), fecha de consulta: 13/08/2015.
38. Jumpsen J, Lien E, Goh Y, Clandini T (1997). Small changes of dietary (n-6) and (n-3) / fatty acid content ratio alter phosphatidylethanolamine and phosphatidylcholine fatty acid composition during development of neuronal and glial cells in rat. *The Journal of Nutrition*, 127(5): 724-731.
39. Kumar, V., Abbas, A., Fausto, N., Aster, J. R., & Cotran, P. E. (2010). *Patología Estructural y Funcional*. 8ª ed. Madrid. Elsevier. 1449 p
40. Lim SY, Suzuki H (1999). Intakes of dietary docosahexaenoic acid ethyl ester and eggs phosphatidylcholine improve maze – learning ability in young and old mice. *The Journal of Nutrition*, 130(6): 1629-1632.
41. Luquet, F. M., Keilling, J., De Wilde, R. (1991). *Leche y productos lácteos: vaca-oveja-cabra*. Acribia. Madrid. 390 p.
42. Manso, T., Bodas, R., Vieira, C., Castro, T., Gallardo, B., & Mantecón, Á. R. (2010). Uso de aceites vegetales en raciones de ovejas de raza Churra: efectos sobre el engrasamiento, el color y la composición de la grasa subcutánea de los lechazos. Disponible en [http://digital.csic.es/bitstream/10261/29391/1/35\\_jornadas\\_seoc%20Reg.%20446.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/29391/1/35_jornadas_seoc%20Reg.%20446.pdf), fecha de consulta: 21/08/2015.
43. Martínez Marín, A. L. (2008). Nutrición y calidad de la carne de los rumiantes-Nutrition. REDVET. *Revista electrónica de Veterinaria*, 9(10): 1-21.
44. Martínez Marín, A. L., Pérez Hernández, M., Alba, P., Luis, M., Carrión Pardo, D., Gómez Castro, G. Ana, I. (2013). Efecto de los aceites y semillas en dietas para rumiantes sobre el perfil de ácidos grasos de la leche. *Revisión. Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 4(3): 319-338.
45. Martínez Marín, A. L., Pérez Hernández, M., Pérez Alba, L. M., Carrión-Pardo, D., & Gómez-Castro, A. G. (2010). Metabolismo de los lípidos en los rumiantes. Disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080810/081004.pdf>, fecha de consulta: 23/07/2015.

46. Mateos, G. G., Rebollar, P. G., & Medel, P. (1996). Utilización de grasas y productos lipídicos en alimentación animal: grasas puras y mezclas. XII Curso de especialización FEDNA. Madrid. Disponible en [fagro.edu.uy](http://fagro.edu.uy), fecha de consulta: 19/08/2015.
47. Matiné Marín AL (2007). Influencia de la nutrición sobre el contenido y tipo de ácidos grasos en la carne de los rumiantes. Disponible en [helvia.uco.es](http://helvia.uco.es), consultado el 24/07/2015.
48. Montossi, F., Font-i-Furnols, M., del Campo, M., San Julián, R., Brito, G., Sañudo, C. (2013). Producción sostenible de carne ovina y las tendencias en las preferencias de los consumidores: compatibilidades, contradicciones y dilemas sin resolver. Producción de carne ovina de calidad, Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/cons>, fecha de consulta: 14/09/2015.
49. Moore SA, Yoder E, Murphy S (1991). Astrocytes non neurons produce docosahexaenoic acid and arachidonic acid. *Journal of Neurochemistry*, 56(2): 518-524.
50. Moriguchi T, Sheaff R, Salem M (2000). Behavior deficit associated with dietary induction of decreased brain docosahexaenoic acid concentration. *Journal of Neurochemistry*, 75(6): 2563-2573.
51. Mozzon M, Frega NG, Fronte B, Tocchini M (2002). Effect of dietary fish oil supplements on levels of n-3 polyunsaturated fatty acids, trans acids and conjugated linoleic acids in ewe milk. *Food Technology. Biotechnology*. 40 (3): 213-219.
52. Muriana, F. J. G. (2014) Los ácidos grasos omega-3 en la alimentación del paciente oncológico. Efectos anticancerígenos. Disponible en [seom.org](http://seom.org), fecha de consulta: 15/08/2015.
53. Nakashima Y, Yuasa S, Hukamizu Y, Okushama H, Ohhara T, Kameyama T, Nabeshima T (1993). Effect of high Inoleate and high alpha linoleate diet on general behavior and drug sensivity in mice. *Journal Lipids Res*. 34:239-247.
54. Nieto Aquino, R. (2014). Influencia de la harina y aceite de pescado en las variables reproductivas, características embrionarias y perfil hormonal de ovejas. Disponible en <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/2403>, fecha de consulta: 3/07/2015.
55. Olsen SF, Hansen HS, Jensen B (1990). Fish oil versus arachis oil food supplementation in relation to pregnancy duration in rats. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids, 40(4): 255-260.

56. Palmquist, D. L. (1996). Utilización de lípidos en dietas de rumiantes. Anales XII Curso de especialización FEDNA. Disponible en: [researchgate.net](http://researchgate.net), fecha de consulta: 06/09/2015.
57. Pattinson, S. E., & Thomas, E. W. (2004). The effect of sire breed on colostrum production of crossbred ewes. *Livestock Production Science*, 86(1): 47-53.
58. Pérez-Cruz, E., Asbun-Bojalil, J., Reyes-Marín, A., Rodríguez-Wong, U., Ruiz-Pérez, N. J., Sánchez-Navarrete, J. & Cruz-Rico, J. Efecto de los ácidos grasos poliinsaturados omega-3 en pacientes con cáncer. Disponible en [medigraphic.com](http://medigraphic.com), fecha de consulta: 19/07/2015.
59. Ponnampalam, E. N., Sinclair, A. J., Egan, A. R., Ferrier, G. R., Leury, B. J. (2002). Dietary manipulation of muscle long-chain omega-3 and omega-6 fatty acids and sensory properties of lamb meat. *Meat Science*, 60(2): 125-132.
60. Ríos, A. G., Álvarez, M. E. M., Martínez, P. P., & Jiménez, F. P. (2009). Omega-3 y enfermedad cardiovascular: más allá de los factores de riesgo. *Nutrición clínica y dietética hospitalaria*, 29(1): 4-16.
61. Rojas, C. V., Martinez, J. I., Flores, I., Hoffman, D. R., & Uauy, R. (2003). Gene expression analysis in human fetal retinal explants treated with docosahexaenoic acid. *Investigative Ophthalmology Visual Science*, 44(7): 3170-3177.
62. Rooke JA, Sinclair AG, Edwards SA, Cordoba R, Pkiyach S, Penny PC, Penny P, Finch AM, Horgan GW (2001b). The effect of feeding salmon oil to sows throughout pregnancy on pre-weaning mortality of piglets. *Animal Science*. 73:489-500.
63. Rooke JA, Sinclair AG, Edwards SA (2001a). Feeding tuna oil to the sow at different times during pregnancy has different effects on piglets long-chain polyunsaturated fatty acid composition at birth and subsequent growth. *British Journal of Nutrition*, 86(01): 21-30.
64. Sanhueza, J., Nieto, S., & Valenzuela, A. (2004). Acido docosahexaenoico (DHA), desarrollo cerebral, memoria y aprendizaje: la importancia de la suplementación perinatal. *Revista chilena de nutrición*, 31(2): 84-92.
65. Sastry P (1985). Lipids in the nervous tissue: composition and metabolism *Progress in Lipid Research*, 24(2): 69-176.

66. Sellmayer A, Koletzko B (1999). Long chain polyunsaturated fatty acids and eicosanoids in infants: Physiological and pathophysiological aspects, an open question. *Lipids* 34:199-205.
67. Simopoulos AP (1991). Omega-3 fatty acid in health and disease and in growth and development. *The American journal of clinical nutrition*, 54(3): 438-463.
68. Sinclair LA, Cooper SL, Chikunya S, Wilkinson RG, Hallett KG, Enser M, Wood JD (2005). Biohydrogenation of n-3 polyunsaturated fatty acid in the rumen and their effect on microbial metabolism and plasma fatty acid concentrations in sheep. *Animal Science*, 81(02): 239-248.
69. Smuts CM, Huang HS, Mundy D, Plasse T, Major S, Carlson SE (2003). A randomised trial of docosahexaenoic acid supplementation during the third trimester of pregnancy. *Obstetrics & Gynecology*, 101(3): 469-479.
70. Sprecher H, Luthria DL, Mohamed BC, Baykousheva SP (1995). Reevaluation of the pathways for the biosynthesis of polyunsaturated fatty acid. *Journal of Lipid Research*, 36(12): 2471-2477.
71. Stehr, A. M. G. Efecto de una suplementación alimenticia en el parto sobre la composición del calostro y metabolismo energético y proteico en ovejas. Disponible en [cybertesis.uach.cl](http://cybertesis.uach.cl), fecha de consulta: 29/09/2015.
72. Tinoco J, Babcock R, Hincenbergs I, Medwadowski B, Miljanich P (1978). Linoleic acid deficiency: Changes in fatty acids pattern in female and male rats raised on  $\alpha$ -linolenic acid deficient diet for two generations. *Lipids* 13:6-17.
73. Toral, P. G., Frutos, P., & Hervás, G. (2009)a Leche de oveja con más CLAse. Suplementación de la dieta de ovejas lecheras con distintas fuentes lipídicas. *Ganadería*, 62: 46-51.
74. Toral, P. G., Frutos, P., Belenguer, Á., & Hervás, G. (2011). Complementación de la dieta con aceite de girasol y lípidos marinos: nuevas estrategias de alimentación del ovino lechero. *Albítar*, 146(4): 58-60.
75. Toral, P. G., Gómez-Cortés, P., Frutos, P., Juárez, M., & Hervás, G. (2009)b. Efecto de la suplementación de la dieta con aceites de girasol y pescado sobre el rendimiento productivo de los animales y el perfil de ácidos grasos de la leche de ovejas. Disponible en [digital.csic.es](http://digital.csic.es), fecha de consulta: 04/09/2015.
76. Travieso, J. C. F. (2010). Ácidos grasos omega-3 y prevención cardiovascular. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 41(1): 3-15.

77. Valenzuela A, Nieto S (2001). Ácido docosahexaenoico (DHA) en el desarrollo fetal y en la nutrición materno – infantil. *Revista médica de Chile*, 129(10): 1203-1211.
78. Valenzuela, A., & Sanhueza, J. (2009). Aceites de origen marino; su importancia en la nutrición y en la ciencia de alimentos. *Revista Chilena de Nutrición*, 36(3): 246-257.
79. Valenzuela, B., & Nieto, K. A. H. N. (2003). Ácidos grasos omega-6 y omega-3 en la nutrición perinatal: su importancia en el desarrollo del sistema nervioso y visual. *Revista Chilena de Pediatría*, 74(2): 149-157.
80. Valenzuela, R., Bascuñan, K., Chamorro, R., & Valenzuela, A. (2011). Ácidos grasos omega-3 y cáncer, una alternativa nutricional para su prevención y tratamiento. *Revista Chilena de Nutrición*, 38(2): 219-226.
- .
81. Valenzuela, R., Tapia, G., González, M., Valenzuela, A. (2011). Ácidos grasos omega-3 (EPA y DHA) y su aplicación en diversas situaciones clínicas. *Revista Chilena de Nutrición*, 38(3): 356-367.
82. Van Houwelingen AC, Puls J, Howstra G (1992). Essential fatty acids status during early human development. *Early Human Development*, 31(2): 97-111.
83. Wachira AM, Sinclair LA, Wilkinson RG, Enser M, Wood JD, Fisher AV (2002). Effects of dietary fat source and breed on the carcass composition, n-3 polyunsaturated fatty acid and conjugated linoleic acid content of sheep meat and adipose tissue. *British Journal of Nutrition*, 88(06): 697-709.
84. Wainwright PE (1992). Do essential fatty acids play a role in brain and behavioral development? *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 16(2): 193-205.
85. Williard DE, Harmon S, Preuss M, Kaduce T, Moore S, Spector A (2001). Production and release of docosahexaenoic acid by differentiated rat brain astrocytes. *World Review of Nutrition Dietetics*; 88: 168-172.
86. Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., ... & Whittington, F. M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat science*, 78(4): 343-358.

