



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN

“Perfil de Ácidos Grasos en Leche de Cabra”

## **TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA:

GARCÍA ESTUDILLO VIRIDIANA ADERITH

ASESOR:

Dra. Maria Magdaleno Guerrero Cruz.

CUAUTILAN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2017



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLÁN  
ASUNTO: VOTO APROBATORIO



**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales  
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

**"Perfil De Ácidos Grasos En Leche De Cabra"**

Que presenta la pasante: VIRIDIANA ADERITH GARCÍA ESTUDILLO

Con número de cuenta: 09700488-2 para obtener el Título de la carrera: Medicina Veterinaria y Zootecnia

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

**ATENTAMENTE**

**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 06 de octubre de 2017.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	M.V.Z. Rubén Trejo Rodríguez	
<b>VOCAL</b>	Dra. María Magdalena Guerrero Cruz	
<b>SECRETARIO</b>	M.V.Z. Silvia Leticia Bonilla Orozco	
<b>1er. SUPLENTE</b>	M.V.Z. Gustavo Díaz Manríquez	
<b>2do. SUPLENTE</b>	Dra. Ma de los Ángeles Ortiz Rubio	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/ntm\*

## **TABLA DE CONTENIDO**

• RESUMEN .....	7
INTRODUCCIÓN .....	8
• HIPOTESIS.....	8
OBJETIVO(S) DEL TRABAJO. ....	8
• REVISIÓN DE LA LITERATURA. ....	9
• PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CABRAS PRODUCTORAS DE LECHE .....	9
• SITUACIÓN CAPRINA LECHERA Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN MÉXICO.....	9
• <b>Sistemas de producción</b> .....	11
• Sistema silvopastoril.....	11
• ALGUNAS CONSIDERACIONES ACERCA DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES. 11	
• TIPOS DE SISTEMAS SILVOPASTORILES. ....	12
• CERCAS VIVAS. ....	12
• ÁRBOLES DISPERSOS EN POTREROS .....	13
• CORTINAS ROMPEVIENTOS .....	13
• BARRERAS .....	14
• PLANTAS LEÑOSAS Y PASTOS EN CALLEJONES .....	14
• VENTAJAS DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES. ....	15
• ANTECEDENTES DE LA LECHE DE CABRA.....	16

- FACTORES GENÉTICOS Y AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN LÁCTEA.  
18
- RAZA ..... 19
- EDAD AL PARTO Y NÚMERO DE LACTANCIA ..... 19
- DURACIÓN DE LA LACTANCIA ..... 20
- ANTECEDENTES DE LA CALIDAD DE LA LECHE. .... 21
- **REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA LA CABRA LECHERA.** ..... 25
- **GLÁNDULA MAMARIA DE LA CABRA** ..... 26
- MORFOLOGÍA..... 26
- **FISIOLOGÍA** ..... 28
- **SÍNTESIS Y SECRECIÓN DE COMPONENTES NUTRICIONALES DE LA LECHE** ..... 28
- **LECHE DE CABRA**..... 31
- GENERALIDADES..... 31
  - LACTOSA Y OLIGOSACÁRIDOS ..... 32
- LÍPIDOS ..... 34
  - CLASIFICACION. .... 34
  - FUNCIONES PRINCIPALES ..... 35
- Ácidos Grasos (AG) ..... 36
  - CONSTITUCIÓN QUÍMICA Y NOMENCLATURA ..... 36
- EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS Y LA PROPORCIÓN DE ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS  
OMEGA 6: OMEGA 3..... 41
- DIGESTIÓN Y METABOLISMO RUMINAL DE LOS LÍPIDOS. .... 44
  - LIPÓLISIS ..... 44
- BIOHIDROGENACIÓN..... 45
  - BIOQUÍMICA DEL PROCESO DE BIOHIDROGENACIÓN..... 47
  - DESCRIPCIÓN DEL MECANISMO DE LA BIOHIDROGENACIÓN DE LOS ÁCIDOS  
GRASOS INSATURADOS: ..... 48
  - SÍNTESIS MICROBIANA DE ÁCIDOS GRASOS. .... 52
  - DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN INTESTINAL..... 52
  - TRANSPORTE SÉRICOS DE LÍPIDOS EN EL RUMIANTE. .... 52
- **LIPOPROTEINAS EN LA SÍNTESIS LÁCTEA** ..... 53
- **COLESTEROL**..... 54
- **SÍNTESIS** ..... 56
- **PROBIÓTICOS** ..... 58

• EMPLEO DE PROBIÓTICOS EN LOS ANIMALES. ....	58
INTRODUCCIÓN. ....	58
• QUE SON LOS PROBIÓTICOS. ....	58
• CRITERIO DE UN PROBIÓTICO. ....	59
• MECANISMO DE ACCIÓN. ....	60
• COMO FUNCIONAN LOS PROBIÓTICOS. ....	60
• <b>VENTAJAS DE USAR PROIÓTICOS</b> ....	62
• BENEFICIOS ....	62
• VENTAJAS PARA LOS RUMIANTES. ....	64
• TIPOS DE PROBIÓTICOS. ....	65
• MATERIALES Y METODOS. ....	68
• DISEÑO EXPERIMENTAL. ....	68
• ANIMALES EXPERIMENTALES. ....	68
EXTRACCIÓN DE LA GRASA: ....	69
PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS: ....	69
<b>RESULTADOS</b> . ....	71
<i>DISCUSIÓN</i> . ....	74
<b>CONCLUSIONES</b> . ....	77
<i>BIBLIOGRAFIA</i> . ....	78



## RESUMEN.

Los promotores de la fermentación (PF) han permitido mayor utilización de forrajes fibrosos, mejorando la digestibilidad, se hace una revisión del desarrollo y utilización de los PF y probióticos (LAB) sobre el perfil de ácidos grasos en pastoreo. Un hato de 55 cabras (51+- 1.2 kg) en la mitad de la lactación, cruza de Alpina, sobre un sistema silvopastoril (SP). Los animales salieron a pastoreas 8 horas en el bosque caudicifolio del semiárido durante los meses de junio a agosto utilizando 20ha de agostadero con 300 g del PF, adicionado 150 g al día, de lactobacilos como suplemento (LAB). El área de pastoreo fue de 20ha. Otro hato de 48 animales (51.4 +- 1.4 kg) en sistema silvopastoril utilizando 18.5 ha suplementados con 300 g/d de PF. Finalmente 33 animales (2.5 +- 1.6 kg) se le administraron 600 g de concentrado comercial de 160 g de PB (COM) y alfalfa *ad libitum*. El promedio de producción fue de 1.850 kg para LAB de 1.450 kg/d SP y 1.630 kg en COM (\*P<0.05). Los ácidos grasos polinsaturados; el omega 3 y el ALC (ácido linoleico conjugado) fueron, un 31%; 63% y 74% mayor que en COM; SP y LAB comparado con LE. Los resultados han demostrado que pastoreo de forrajes frescos verdes y diversos, mejoran la calidad de la leche, debido al incremento de AGNS, LAB permito una disminución en biohidrogenación (BH). Las leches de mayor cantidad de omega 3 fueron LAB y SP (0.68 t 0.40%).



## INTRODUCCIÓN.

La cabra probablemente fue el primer rumiante en ser domesticado, hace aproximadamente 7000 años en las montañas del Zagreb, entre las fronteras de Irán e Irak (Mason, 1981a). Desde la más remota antigüedad, la cabra ha aportado al humano carne y leche para alimentarse, piel y pelo para confeccionar su vestimenta, e incluso inspiración poética y religiosa. En la literatura antigua del Medio Oriente y Europa son frecuentes las referencias a las cabras asociadas con objetos de culto; así, entre los griegos, Amaltea fue la cabra nodriza de Zeus. La cubierta del tabernáculo se tejió con pelo de cabra en recuerdo de la aparición de Yahveh a Moisés en el monte Sinaí, acompañada de rayos y truenos.

La cabra pertenece a la tribu Caprini de la familia Bovide, del sub orden Ruminantia. En los Caprini destacan los géneros Capra y Ovis, a los cuales pertenecen las cabras y las ovejas, respectivamente; existen otros géneros de la misma tribu, como el del borrego azul (Pseudois), el audal o barbari (Ammotragus) y la cabra de las montañas Rocallosas (Oreamnos), con más parecido a un antílope (Mason, 1981a).

La **clasificación taxonómica** de la cabra montés ha sufrido varios cambios desde que fue descrita por Schinz en 1838. Según Granados y colaboradores (2001) incluye cuatro subespecies, sin embargo, esta clasificación, sustentada en criterios morfológicos y geográficos, sigue siendo controvertida ya que el tipo de caracteres en que se basa, como el tamaño corporal y características del cuerno están directamente influenciados por la disponibilidad de alimento y las condiciones ambientales.

La cabra montés es una **especie silvestre** de importancia **cinagética** (de caza) en España, es un **bóvido** adaptado a hábitats de montaña, es **gregario** (anda en grupos) y presenta **dimorfismo sexual** (la hembra y el macho tienen características que los hace distinguibles). Son **polígamos** y en época reproductiva (finales del otoño europeo) los machos son muy agresivos. La biología de estos animales es muy interesante, pero quiero detenerme en su alimentación. (GRANADOS, 2001)

## HIPOTESIS.

Los productos de pastoreo tienen un perfil superior en cantidad y calidad de ácidos grasos no saturados que los provenientes de animales en estabulación.

## **OBJETIVO(S) DEL TRABAJO.**

Medir la cantidad de ácidos grasos insaturados depositados en la leche de cabras que se encontraran en tres regímenes de alimentación (Pastoreo con promotores de la fermentación, pastoreo con probióticos y estabulación).

## REVISIÓN DE LA LITERATURA.

### PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CABRAS PRODUCTORAS DE LECHE

La cabra es un rumiante capaz de adaptarse a una gran variedad de condiciones ambientales, desarrollándose tanto en zonas desérticas como montañosas. Dicha especie se ha establecido, principalmente, en países donde predominan climas extremos ya que se adapta perfectamente al pastoreo en matorrales y otras especies vegetales, además de mostrar altos índices de fertilidad y un aspecto sumamente importante para la población infantil de estos países, la eficiente producción láctea (Galina, 1992, Galina et al., 1995a).

La cabra ocupa el cuarto lugar en el mundo, numéricamente hablando, como especie doméstica. El país con mayor número de cabras lo tiene la India (117,000), seguido de China (95,530), contando ambos con el 40% de la población mundial caprina. Se han observado cambios significativos que demuestran el aumento de cabras en casi 50% a nivel mundial, mientras que los bovinos han disminuido más del 9%, lo cual parece deberse en parte a los sistemas de cuotas lecheras de los países europeos y al aumento de consumo de queso de cabra. Europa produce 17% de leche de cabra en el mundo, ubicándose la mayor producción en Grecia, España, Italia y Francia. La industria de la transformación de esta leche en Francia y España se ha desarrollado de manera considerable, siendo utilizada para la elaboración de quesos destinados al mercado de exportación (Morand-Fehr y Boyazoglu, 1999; CEFRAPIT, 1998).

### SITUACIÓN CAPRINA LECHERA Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN MÉXICO

México ocupa, junto con Brasil, el lugar más importante en número de cabras en Latinoamérica. Según el censo de 2001, con 8,701,861 cabras, distribuidas en los diferentes estados.

En lo que respecta a la producción de leche de cabra en México, esta se incrementa durante la época de lluvias, sin embargo, puede observarse que aún en estas épocas se han obtenido niveles bajos de producción, por lo que se ha propuesto diversas alternativas tecnológicas para incrementarla, tales como el uso de esquilmo, arbustivas como base forrajera y la utilización de niveles de suplementación estratégica (Galina et al., 1998; Galina, 1992; Peraza, 1980).

**Cuadro 1: Población Ganadera 2004-2014.**

Estado/Delegación	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014 <sup>P</sup>
Aguascalientes	20,375	28,830	30,708	32,610	31,265	33,154	35,740	33,672	32,948	32,982
Baja California	20,398	21,028	23,970	22,673	24,667	27,848	29,542	26,850	26,856	26,938
Baja California Sur	113,056	113,066	120,818	122,468	122,107	121,650	122,623	128,754	121,647	123,904
Campeche	4,835	5,283	5,721	5,418	5,561	5,693	5,739	5,746	6,576	6,472
Coahuila	615,623	610,550	653,289	656,555	657,234	657,298	658,349	663,661	643,305	646,009
Colima	11,307	11,651	11,824	12,418	16,466	12,899	13,041	13,980	13,823	13,911
Chiapas	5,359	N.S.								
Chihuahua	236,480	241,421	240,188	228,770	228,589	228,354	228,126	175,657	153,569	153,900
Distrito Federal	64	N.S.								
Durango	332,136	336,809	328,168	333,614	321,614	316,586	323,299	315,165	311,191	310,854
Guanajuato	506,473	511,267	540,170	559,239	571,218	572,496	573,068	573,862	573,510	572,849
Guerrero	672,757	679,760	674,937	676,613	662,238	662,458	676,577	652,810	660,347	673,732
Hidalgo	269,780	274,780	270,688	267,961	263,576	263,395	260,526	229,507	200,059	199,462
Jalisco	261,771	258,609	263,443	266,049	260,952	262,071	275,412	238,366	219,687	217,358
México	129,937	121,842	136,890	126,059	122,584	122,986	131,232	124,901	124,451	124,993
Michoacán	456,817	480,327	478,886	482,717	465,890	465,922	466,388	455,457	460,709	461,522
Morelos	32,883	34,388	29,856	31,349	40,872	40,114	45,194	45,102	57,321	56,853
Nayarit	160,228	169,104	177,840	159,019	150,322	150,202	129,151	127,345	123,347	122,922
Nuevo León	363,269	357,509	301,956	344,962	390,011	394,374	415,163	407,627	408,096	408,238
Oaxaca	1,154,964	1,141,163	1,180,885	1,186,789	1,206,183	1,206,421	1,208,834	1,193,426	1,249,487	1,251,122
Puebla	1,392,177	1,336,185	1,396,831	1,438,577	1,454,041	1,454,274	1,345,728	1,291,119	1,218,318	1,219,910
Querétaro	97,587	95,544	93,858	92,379	107,734	97,130	97,421	98,547	97,421	98,560
Quintana Roo	3,902	3,173	3,200	3,918	4,271	4,564	4,930	4,985	3,247	3,561
San Luis Potosí	729,612	712,247	606,093	610,334	618,118	616,379	616,995	616,751	615,673	616,749
Sinaloa	160,249	160,020	147,445	153,411	148,842	148,796	156,010	155,939	165,961	165,837
Sonora	36,250	45,675	38,648	24,982	23,743	20,506	23,875	27,983	29,643	30,375
Tabasco	N.S.									
Tamaulipas	272,989	264,807	262,251	256,615	241,322	257,823	284,625	260,747	265,902	266,741
Tlaxcala	110,974	143,877	146,877	147,611	130,006	129,986	126,996	125,541	115,324	115,114
Veracruz	147,986	144,506	143,172	146,290	150,658	150,306	150,005	149,736	150,840	149,745
Yucatán	69	N.S.								
Zacatecas	550,005	586,963	576,503	562,744	569,178	569,536	599,788	600,713	615,355	617,201
<b>Total Nacional</b>	<b>8,870,312</b>	<b>8,890,384</b>	<b>8,885,115</b>	<b>8,952,144</b>	<b>8,989,262</b>	<b>8,993,221</b>	<b>9,004,377</b>	<b>8,743,949</b>	<b>8,664,613</b>	<b>8,687,814</b>
Región Lagunera	440,956	434,214	432,328	446,400	427,022	423,437	430,381	419,137	411,376	413,414
Laguna Coahuila	189,100	181,944	186,530	195,856	196,479	196,498	197,088	193,175	189,598	192,082
Laguna Durango	251,856	252,270	245,798	250,544	230,543	226,939	233,293	225,962	221,778	221,332
Coahuila Delegación	426,523	428,606	466,759	460,699	460,755	460,800	461,261	470,486	453,707	453,927
Durango Delegación	80,280	84,539	82,370	83,070	91,071	89,647	90,006	89,203	89,413	89,522

Fuente. (SIAP con información de la Delegación de SAGARPA.)

## **Sistemas de producción**

Los sistemas de producción están determinados por el clima, la vegetación y las exigencias del mercado. Los hatos más numerosos están en las regiones Norte y Mixteca, con sistemas extensivos muy peculiares. El sistema intensivo se encuentra en varias partes del país, donde se produce gran cantidad de forraje con riego, como en el Bajío y La Laguna.

### **Sistema silvopastoril.**

Un sistema silvopastoril es una opción de producción pecuaria en la cual las plantas leñosas perennes (árboles y/o arbustos) interactúan con los componentes tradicionales (animales y plantas forrajeras herbáceas) bajo un sistema de manejo integral.

### **ALGUNAS CONSIDERACIONES ACERCA DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES.**

Para que un sistema ganadero sea considerado como silvopastoril no es un requisito que los árboles o arbustos cumplan un propósito forrajero. Las leñosas perennes pueden estar presentes cumpliendo otras funciones y aunque no constituyan un recurso alimenticio el sistema seguirá siendo silvopastoril. Esos otros beneficios pueden ser algunos de los siguientes:

- Incrementar la productividad del recurso suelo y el beneficio neto del sistema a largo plazo,
- Reducir el riego a través de la diversificación de productos y servicios del sistema, y
- Atenuar los efectos detrimentales del estrés climático sobre plantas y animales.

Tampoco es necesario que los distintos componentes del sistema ocupen tan simultáneamente el mismo terreno para que se considere como silvopastoril.

### 🌿 **TIPOS DE SISTEMAS SILVOPASTORILES.**

Hay muchas posibles combinaciones de plantas leñosas perennes con pasturas herbáceas y animales, lo que da lugar a diferentes tipos de sistemas silvopastoriles. El diseño de estos sistemas está orientado a obtener un beneficio económico, social o ecológico de las interacciones entre todos los componentes.

Entre las opciones silvopastoriles que se pueden encontrar en sistemas de producción ganadera, se pueden citar las siguientes:

### 🌿 **CERCAS VIVAS.**

Esta es una de las prácticas más utilizadas en las áreas tropicales. Consiste en el establecimiento de árboles o arbustos para la delimitación de potreros o propiedades. Su establecimiento es hasta un 50% más barato que el de las cercas convencionales.

Por otro lado, las cercas reducen la presión que existe sobre el bosque para la obtención de postes y leña. (Benavides, J.E. (ed). 1994)



*Fuente: Benavides, J.E. (ed). 1994.*

### 🌳 **ÁRBOLES DISPERSOS EN POTREROS**

Una práctica muy extendida entre los ganaderos. Consiste en dejar crecer o sembrar de forma dispersa árboles, arbustos y/o palmas en los potreros. Para esto se escogen plantas leñosas –dependiendo del tipo de suelo y de nuestras necesidades como productores– pensando en los diversos servicios y productos que proporcionan y en los resultados que podemos obtener a un corto, mediano y largo plazo. (Benavides, J.E. (ed). 1994)



*Fuente: Benavides, J.E. (ed). 1994*

### 🌳 **CORTINAS ROMPEVIENTOS**

Las cortinas rompevientos son una variante de las llamadas cercas vivas, cuya función es proteger al ganado y a los cultivos frutales de las ráfagas de viento. Las cortinas rompevientos están compuestas por filas de uno a tres árboles altos intercaladas con hileras de árboles chicos. Por ejemplo, en las zonas frías y altas de Chiapas, los campesinos alinean pinos, chopos y noc`k. En las zonas cálidas se siembran árboles altos maderables como pochotes, melinas, carne de caballo, bayaltés, palo hueso mangos, jobos, guanacastes, lloira sangre, palo amargo y la especie como palo gordo o guajil.

Los árboles de menor tamaño y los arbustos, si son intercalados con maderables, deberían ser leguminosos, o dependiendo de nuestras preferencias, pueden ser forrajeros para el ganado o espinosos. A saber: guácimo, kanchix, guax, timbre, espino, nacedero y capulín. (Benavides, J.E. (ed). 1994)

## **BARRERAS**

Las barreras se utilizan en suelos con pendiente para prevenir la erosión. Se emplean plantas arbóreas que retienen y fertilizan el suelo como guax, chalum, cuajinicuil, kanchix, timbre, espino, y otros útiles y con buen crecimiento en pendientes como capulín, laurel, bambú, etc.

La distancia entre árboles debe ser de 50-75 centímetros. Mientras más grande es la pendiente, menor debe ser la distancia entre hileras (5-10 metros). (Benavides, J.E. (ed). 1994)



*Fuente: (Benavides, J.E. (ed). 1994)*

## **PLANTAS LEÑOSAS Y PASTOS EN CALLEJONES**

En este sistema sembramos los árboles en franjas paralelas entre pastos de corte o pastoreo. Este método bien diseñado puede también servir para el pastoreo rotacional. El objetivo es mejorar la fertilidad del suelo, elevar la calidad de las pasturas, aumentar la cantidad de forraje y reducir el pisoteo de los animales.

Los árboles que fijan nitrógeno, como el cocoite, el guash y el u`kum, han sido preferidos para los sistemas ganaderos; así podemos tener una doble fuente de forraje: de los pastos y del follaje de los árboles. En algunas regiones ganaderas de Chiapas como Palenque, Valle del Tulija y Villa Flores, se acostumbra sembrar hileras de árboles de cuajilote y aprovechar los frutos como suplemento energético para el ganado. (Benavides, J.E. (ed). 1994).

## **VENTAJAS DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES.**

### **REGULACIÓN DEL ESTRÉS CLIMÁTICO.**

La temperatura bajo los árboles en condiciones tropicales es de 2 a 3 °C por debajo de la de zonas abiertas, y en ocasiones puede ser hasta casi 10 °C menos. Esta reducción en la temperatura favorece la eliminación de calor por evaporación y reduce la carga calórica de los animales, con lo que se incrementa la productividad animal. La sombra también tiene implicaciones directas sobre el comportamiento, la reproducción y la sobrevivencia de los animales, como las siguientes:

- ❖ Mayor tiempo dedicado a pastorear y rumiar y mayor consumo de alimentos,
- ❖ Disminución en los requerimientos de agua,
- ❖ Incremento en la eficiencia de conversión alimenticia,
- ❖ Mejora en ganancia de peso y producción de leche,
- ❖ Pubertad más temprana, mayor fertilidad, regularidad en los ciclos estrales,
- ❖ Alargamiento de la vida reproductiva útil, y
- ❖ Reducción de la tasa de mortalidad de animales jóvenes.

### **SUMINISTRO DE ALIMENTO.**

Muchos árboles y arbustos son ampliamente utilizados como forraje para los animales. La contribución de las plantas leñosas perennes a la dieta de los animales es muy alta en los ecosistemas semiáridos y en los subhúmedos, sobre todo durante el periodo seco.

La biomasa comestible de las plantas perennes, en especial de las leguminosas, es rica en proteína cruda, vitaminas y la mayoría de los minerales. La suplementación con follajes de leñosas en la época seca puede evitar la pérdida de peso o incluso lograr ganancias de peso.

También se pueden obtener niveles aceptables de producción de leche sin que los animales hagan uso de sus reservas corporales. (Pezo, D. y M. Ibrahim. 1998)

Los animales también tienen beneficios para las plantas leñosas:

- ❖ Los animales actúan como dispersores de semillas, las que al pasar por el aparato digestivo, de aquellos son escarificadas y su germinación se ve favorecida
- ❖ El consumo de la vegetación herbácea elimina un material potencialmente combustible
- ❖ Se reducen los costos de establecimiento y manejo de árboles ya que el control de la vegetación competitiva se lleva a cabo mediante el pastoreo y los animales permiten obtener ingresos mientras los árboles alcanzan su condición explotable.

Los efectos positivos de las plantas leñosas sobre las pasturas son:

- ❖ Regulación de estrés térmico e incremento de la humedad relativa, aunque de poca relevancia una reducción de 2 a 3° C no es significativa para el crecimiento de gramíneas y leguminosas herbáceas.
- ❖ Más importante es el amortiguamiento del estrés hídrico y la protección contra el viento. Las pasturas bajo árboles tienen menores pérdidas de agua por transpiración y el suelo presenta una menor evaporación. El retraso en la incidencia del estrés hídrico adelanta el inicio del período de crecimiento.

### ANTECEDENTES DE LA LECHE DE CABRA.

La leche, sin lugar a dudas es considerada como el alimento más completo que existe en la naturaleza, principalmente por el valor biológico de sus constituyentes. Una definición común es: «la leche es el líquido segregado por las hembras de los mamíferos a través de las glándulas mamarias, cuya finalidad básica es alimentar a su cría durante un determinado tiempo; su importancia se basa en su alto valor nutritivo, ya que sus componentes se encuentran en la forma y en las proporciones adecuadas, de tal manera que cada una de las leches representa el alimento más balanceado y propio para sus correspondientes crías.

En el sistema de producción de leche hay un atributo particular de calidad que es indispensable: la inocuidad. Todo es importante, la alimentación, el manejo, la higiene, el control de enfermedades de los animales, así como también la capacitación e higiene del personal involucrado en el sistema de producción, pero lo más importante es que los alimentos no representen un riesgo para la salud de los consumidores. La necesidad de asegurar la inocuidad de los alimentos es considerar todos los segmentos de la cadena alimentaria, donde cada elemento tiene potencial de influir sobre la inocuidad del producto, de esa manera es posible aplicar el principio de «la seguridad de la granja a la mesa.

La producción de leche caprina en México, se caracteriza por ser un sistema de producción extensivo y en pocos casos existe la producción estabulada. Desgraciadamente en la mayoría de las explotaciones, se carece de adecuados esquemas de alimentación, se observan deficiencias en la salud e higiene de las cabras, fallas en las prácticas de manejo, falta de control de las enfermedades transmisibles al hombre, deficiente capacitación del personal del establo, entre otras causas. Aunado a lo anterior, la falta de conocimiento del consumidor de las ventajas nutritivas y de salud que representa el consumo de leche de cabra versus leche de vaca, han hecho que la leche de cabra sea destinada principalmente para la elaboración de dulces y derivados. De esta forma, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación a través del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria.

Estados Unidos y Nueva Zelanda principalmente, en México prácticamente de los 16 millones de litros que se consumen al día, por los más de 100 millones de mexicanos, 5 millones provienen de la importación o sea el 31.7% mientras que se producen 11 millones o sea el 68.3% del consumo nacional, con una política de subsidio para las clases marginadas a costa de los productores, que no tienen sostenibilidad económica, por ello a las grandes industrializadoras de leche, se les dan cuotas de importación de leche en polvo, para regular la oferta, con perjuicio de los ganaderos. Si los productores exigen un mejor precio, los industrializadores recurren a sus cuotas de importación de leche en polvo, manteniendo los precios bajos a los creadores, que en ocasiones han tirado volúmenes importantes de leche para demostrar su descontento (Galina, 2014).

El pequeño ganadero, no es solamente como se ha discutido anteriormente un ser económico, es un ente social, el abandono del campo incrementa la inseguridad, afecta las vías de comunicación, disminuye la mano de obra de los campesinos, que se van en la obligación de migrar hacia el extranjero o hacia las grandes urbes en busca de trabajo. La mayor parte de las fuentes de trabajo en el campo en México la genera los pequeños productores agrícolas o ganaderos, siendo en muchas ocasiones mano de obra familiar (Galina, 2014).

Es importante resaltar que los ovinos y los caprinos poseen índices de producción que generan la posibilidad de obtener carne y leche a más corto plazo pues su periodo reproductivo es mucho menor, el número de crías es un 50 a 60 por ciento mayor por parto/año, y a su vez, tiene un 50 por ciento más de partos lo cual genera poblaciones con mayor índice de crecimiento.

Además, puede generar tres veces más cantidad de producto terminado por hectárea, como es el caso de la carne ovina que produce 500Kg/ha/año de animal en pie en producciones extensivas, que comparando con el caso bovino se tendría los mismos resultados pero en tres años; esto es el triple de tiempo por la misma cantidad de producto y a menor valor. Eso sí sin olvidar las grandes ventajas nutricionales que poseen, pues son las carnes más limpias, con mayores valores nutricionales y con menor cantidad de grasas perjudiciales para el ser humano.

En el caso de la capricultura la relación de capacidad de carga es similar a la de la especie ovina y la producción de leche se relaciona con promedios de 2,5 a 5 litros por hembra, con lactancias de 305 días, que comparadas con la especie bovina genera una relación a favor de la cabra de 25 a 50 litros de leche/a con producciones corregidas a 305 días entre 7.625 litros a 15.250 litros de leche, versus la bovina que genera producciones cercanas a 9.000 litros de leche por lactancia corregida a 305 días. Además, las cualidades nutricionales que posee la leche caprina son aprovechadas en el mundo entero como sustituto lácteo para la población infantil y es consumida por la población que presenta intolerancia a la lactosa, pues esta leche no ocasiona ningún efecto adverso en la salud humana.

🐐 FACTORES GENÉTICOS Y AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN LÁCTEA.

El proceso de selección y los efectos acumulados debidos al azar en sus frecuencias génicas han determinado en parte la diferencia en producción láctea de las razas caprinas. Algunos autores en diferentes países han valorado el potencial de producción lechera de las principales razas en condiciones diversas de explotación.

Cuadro 2: Producción de leche por lactancia de las principales razas caprinas en diferentes condiciones de explotación.

Raza	# de Lac.	Días Lac.	Prod. Leche (Kg)	Sistema de Prod.	País	Autor
Alpina	1	305	906 ± 21	Intensivo	USA	Browning, Jr, et al., 1995.
	2	305	960 ± 24			
	3	305	864 ± 29			
	4	305	893 ± 40			
	5	305	765 ± 49			
Alpina		305	952.3 ± 304.8	Intensivo	USA	Grossman and Wiggans, 1980.
Nubia		305	805.7 ± 254.4			
Saanen		305	962.2 ± 312.8			
Toggenburg		305	921.1 ± 280.2			
Alpina		252 ± 4	462 ± 11	Intensivo	México	Montaldo y col, 1978.
Nubia		236 ± 5	344 ± 13			
Saanen		267 ± 5	508 ± 17	Intensivo	México	Dobler, 1999.
Toggenburg		264 ± 5	498 ± 19			
Saanen		285 ± 33	798 ± 252			
Alpina		229 ± 11	256 ± 16	Intensivo	India	Jan y Gupta, 1992.
Nubia		213 ± 16	229 ± 24			
Saanen		305	317.9 ± 120.6	Estabulado	China	Songjia y col. 1992
Alpina		569	1568	Intensivo	Francia	Gendron y Reveau, 1995.

FUENTE: (Gall, 1981).

## **RAZA**

Sigwald (1993), demostró que la raza influye en la producción láctea al obtener producciones en una curva de lactación de 300 días, de 665 Kg en Alpinas y 709 Kg en Saanen, siendo notoria la diferencia, según el genotipo utilizado, a favor de la Saanen y en segundo término para la Alpina. Esto podría indicar que la diferencia en cada raza con respecto a la producción de leche, está determinada tal vez en el proceso de selección.

Montaldo et al. (1981), realizaron mediciones sobre la capacidad genética de las cabras de México, indicando que el potencial para la producción de leche se mejora por medio de cruza absorbentes de la cabra criolla mayoritariamente Granadina con distintas razas especializadas (Nubia, Toggenburg, Saanen y Alpina). Además, indican aumentos de producción cuando el grado de pureza es mayor en un sistema estabulado en el cual se realizaba dos ordeñas al día y los animales eran alimentados con forrajes de corte y grano, en el centro caprino de Tlahualillo, Durango, México.

Palma (1995), observó que los grupos raciales Toggenburg y Saanen sobresalían con una producción media de  $383.3 + 29.0$  y  $380.8 + 16.0$  Kg respectivamente, en comparación con los grupos raciales Alpina, Nubia y Granadina.

## **EDAD AL PARTO Y NÚMERO DE LACTANCIA**

El grado de madurez influye para que la cabra tenga una buena producción de leche, con la finalidad de acumular un mayor número de lactancias en su vida productiva que pueden ser de una a ocho, en las cuales la mayor cantidad de leche se obtiene entre la segunda y cuarta lactancia, esto dependerá de la raza, la edad al primer parto, así como el manejo nutricional de los animales. La edad es también un factor determinante en el envejecimiento progresivo de los tejidos y del ritmo metabólico ya que, este disminuyen con el envejecimiento del animal (Gall, 1981; Knigt y Peaker, 1982a).

En sistemas intensivos la edad al primer parto se obtiene aproximadamente al año de edad y alrededor de los dos años en el caso de sistemas semi-intensivo y extensivos (Boyazoglu y Morand-Fehr, 1987).

El estudio de la edad con relación a la época de parto fue abordado por Iloeje et al (1980) y por Montaldo y Sánchez (1991), quienes registraron mayores producciones cuando los animales tenían de 3 a 4 años de vida, es decir, cuando estas cabras presentaban su tercera o cuarta lactancia y declinaba su producción después de los 5 años, esto fue determinado en las razas Alpina, Nubia, Saanen y Toggenburg en los Estados Unidos de América y México.

En México, Mellado et al. (1991) indicaron que en la cuarta lactancia se presentan las mayores producciones lácteas para cabras nativas en condiciones de pastoreo. Sin embargo, en otro estudio se reporta que la mayor producción de leche se presentó en la cuarta y quinta lactancia, habiendo una menor producción en las cabras de primera y segunda lactancia (Palma, 1995).

### DURACIÓN DE LA LACTANCIA

De la misma forma que la producción de leche, la duración de la lactancia depende de la raza utilizada y de las condiciones ambientales provistas para los animales, de esta forma se han señalado intervalos de 200 a 300 días de duración con una o dos ordeñas al día (Gall, 1981).

Cuadro 3. Duración de la lactancia en diferentes razas caprinas en dos diferentes sistemas de producción

Raza	Duración de la lactación (días)	Sistema de producción	Numero de lactancia	Referencia
Alpina, Nubia, Saanen y Toggenburg	276	Semi-intensivas		Peraza (1983)
Saanen y Alpina	246	Intensivo	Primera	Mioc (1991)
Alpina	290	Intensivo	Primera	Cisar (1991)
Alpina	245	Intensivo	Segunda a quinta	Cisar (1991)
Alpina, Nubia, Saanen y Toggenburg	224 a 288	Semi-intensivas		Galina (1992)
Alpina	248	Intensivo		Sigwald (1993)
Saanen	255	Intensivo		Sigwald (1993)
Toggenburg	206	Semi-intensivo	Cuarta y quinta	Palma (1995)
Saanen	206	Semi-intensivo	Cuarta y quinta	Palma (1995)

FUENTE: (Gall, 1981).

## ANTECEDENTES DE LA CALIDAD DE LA LECHE.

Se han realizado por investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México una serie de trabajos sobre la calidad nutricional de la leche en México, que ha permitido certificar las bondades del pastoreo tanto en vacas, como en cabras y recientemente en borregas (Galina et al., 2012; 2013). Un contenido mínimo de ácidos grasos saturados (AGS) se observó en la leche procedente de los animales en pastoreo, contrastado con una presencia significativa de AGS en leche de animales en estabulación (Galina et al., 2012; 2013; 2014a; 2014b). Recientemente ha sido probado en la literatura que un menor contenido de AGS favorece la salud humana, debido a su papel en las enfermedades coronarias (Pfeuffer., Schrezenmeir., 2000). Los resultados de investigaciones en México, permiten suponer que el sistema de alimentación, en general, y en particular el pastoreo libre, en un ambiente silvopastoril, permite que cada vaca como individuo, componer una dieta de acuerdo a sus propias necesidades, que tienen un efecto positivo sobre el aroma, sabor y características nutricionales de la leche (Galina et al., 2012; 2013). Un resultado interesante fue que se demostró un mayor contenido de ácidos grasos trans, presentes en la leche de pastoreo. Hasta hace poco un efecto negativo de los ácidos grasos trans en la salud fueron considerados similares a los documentados para los ácidos grasos saturados (Pedersen, 2001; Secchiari, 2008). Los efectos negativos de los ácidos grasos trans en patología coronaria y citotoxicidad, se determinaron a partir de observaciones de los ácidos grasos hidrogenados, producidos durante la manufactura de alimentos industriales. Los trans derivados de los procesos de biohidrogenación ruminal, como los producidos por el rumen, han mostrado en cambio, efectos positivos sobre la salud humana (Váradyová et al., 2008a; 2008b). Por lo tanto, a la luz de este conocimiento relativamente novedosos, el papel de los ácidos grasos trans en el sistema de alimentación de los rumiantes en pastoreo libre tienen que ser revaluados en el marco de producir una “mejor” leche desde el punto de vista de la salud del consumidor. Salud, que en México, es una gran preocupación debido a que una parte significativa de la población del 65% al 70% sufre de obesidad o sobrepeso (ENSNUT, 2014), que se traduce en las enfermedades crónico degenerativas, particularmente los trastornos coronarios.

Para este grupo de investigación en México, un primer objetivo fue certificar si la leche de pastoreo tenía calidad similar a la reportada en numerosos estudios en Europa, particularmente en Italia, donde habían probado el nivel de calidad de la leche y queso como la expresión de una serie de moléculas aromáticas: terpenos, fenoles, flavonoides, antioxidantes, vitaminas y ácidos grasos insaturados (Galina et al., 2007). Todos estos componentes dependen esencialmente de la cantidad de pasto que el animal ingiere, y, aún más, el número de hierbas, ya que, como ha sido señalado en numerosos estudios, cada hierba trae diferentes componentes de la leche. De hecho, la mayoría de las hierbas en los animales en libre pastoreo, son silvestres, denominadas genéricamente "malas hierbas", esta

complejidad es importante porque se refleja en una leche “diferente”, de calidad superior en su perfil de ácidos grasos esenciales, el consumidor poco a poco empieza a diferenciar entre una leche de pastoreo y una de estabulación, por su aroma y sabor (Rubino, 2014).

Una primera premisa demostrada es que los sistemas de producción ganaderos que se manejan en pastoreo, pueden impactar en forma positiva en la salud de la población, produciendo leche, queso o carne de mejor calidad nutricional para el consumidor (Galina et al., 2009a; 2009b; 2009c). Los alimentos de origen animal provenientes de estos sistemas, pueden ser considerados como alimentos funcionales y/o como fuente de compuestos nutraceuticos (Galina et al., 2007; 2014a; 2014b). En segundo lugar ha sido ampliamente demostrado en la literatura científica la insostenibilidad de los sistemas productivos de estabulación con vacas productoras de 40 litros o más por día, desde el punto de vista de calidad de la leche, o de bienestar animal, para lograr una oferta de mayor calidad nutricional a los consumidores, evitando paralelamente la destrucción y degradación de los ecosistemas (Galina, 2014).

En trabajos previos se ha demostrado que los sistemas silvopastoriles son una alternativa biosostenible de producción que permite una repoblación vegetal de gramíneas y leguminosas dentro de un entorno biodiverso que contribuye a la protección y mejoramiento del medio ambiente (Galina et al., 2012). Otra premisa estudiada sería la producción orgánica, que ha surgido como respuesta a la degradación del medio ambiente, para sostener los sistemas ha sido desarrollada una alternativa orgánica con formación de proteína de los microorganismos ruminales y liberación de la energía de los forrajes fibrosos, con sistemas de soporte, debido al natural desbalance de energía de los sistemas silvopastoriles producto de la alternancia de una producción abundante de biomasa forrajera en la época de lluvias, contrastada con la escasez de la época de secas (Galina et al., 2009a; 2009b).

Otro mecanismo que pudiera contribuir a la producción de leche de calidad sería la suplementación con probióticos de bacterias lácticas (LAB). Esto se debe a su efecto sobre la biohidrogenación (BH) ruminal, fenómeno que se traduce en una saturación de los ácidos grasos no saturados, abundantes en las plantas, para ello suplementamos con LAB, que no BH, o lo hacen en menor volumen (Galina et al., 2012; 2013). Los resultados de biohidrogenación con LAB fueron similares a los obtenidos en dietas suplementadas con ácidos orgánicos o plantas con aceites (Váradyová et al., 2008b) lo que permite suponer que las bacterias lácticas tienen una forma de fermentación ruminal que permite tener el mismo efecto, que se traduce en una mejor calidad de la leche, (Galina et al., 2012). Para ello se han realizado varias observaciones comparando sistema de alimentación en estabulación o pastoreo con o sin el uso de suplementos de bacterias lácticas. Las diferencias significativas en el perfil de ácidos grasos esenciales entre las leches de pastoreo con la adición de un suplemento de bacterias lácticas comparados con la leche comercial, demostraron la importancia de la biohidrogenación en el metabolismo ruminal, para la calidad de la leche,

en relación a la salud del consumidor, desde luego los animales en sistema silvopastoril con suplementación de promotores de la fermentación y probióticos, fueron las que significativamente produjeron una leche de mejor calidad comparadas con las de pastoreo sin probióticos o las de estabulación con o sin probióticos, (Galina et al., 2013).

Otros factores como la presencia de flavonoides, antioxidantes y ácidos aromáticos aumentan significativamente en pastoreo, particularmente en sistemas silvopastoril. Cuando se habla de calidad de la leche, la ordeñada de animales en pastoreo presenta un contenido variado, pero en general más bajo en elementos como el colesterol, porque proviene de un origen vegetal diverso comparado con productos de animales en estabulación, contenido que se podría sintetizar en:

La Leche de animales en pastoreo tiene un contenido de ácidos grasos no saturados mayor que el de animales en estabulación. Los ácidos grasos saturados son los implicados en la mayor parte de las enfermedades cardiovasculares asociados con la obesidad, disminuyendo la concentración de alfa tocoferol en los tejidos de los animales en pastoreo. La calidad de los productos pecuarios, leche o carne es superior cuando los rumiantes son manejados en pastoreo, superando significativamente a los animales en estabulación (Secchiari et al., 2008).

- El ácido linoleico conjugado que tiene propiedades antitumorales, y anticolesterémicas, se encuentra solamente en productos de origen animal, particularmente en la leche y carne de animales en pastoreo, en concentraciones cuatro veces mayor que en animales en estabulación. Se acumula particularmente en el queso. (Rubino, 2014; Rubino et al., 2012).
- Siempre la leche de pastoreo contiene un nivel inferior de colesterol y un nivel mayor de antioxidantes. Esto se traduce en una capacidad antioxidante mayor, uno de los elementos probados contra el crecimiento de tumores, acompañados de derivados del alcohol como los monoterpenos que reducen la formación de células tumorales (Cuchillo, 2004; Cuchillo et al., 2009).
- El componente aromático es mucho más fuerte en la leche de pastoreo (Rubino, 2014).

En trabajos previos se ha demostrado que los sistemas silvopastoriles son una alternativa biosostenible de producción que permite una repoblación vegetal de gramíneas y leguminosas dentro de un entorno biodiverso que contribuye a la protección y mejoramiento del medio ambiente (Rubino et al., 2012).

Otra premisa sería la de apoyo a la producción orgánica, que ha surgido como respuesta a la degradación del medio ambiente, para sostener los sistemas ha sido desarrollada una alternativa orgánica con formación de proteína de los microorganismos ruminales y liberación de la energía de los forrajes fibrosos, con sistemas de soporte, debido al natural

desbalance de energía de los sistemas silvopastoriles producto de la alternancia de una producción abundante de biomasa forrajera en la época de lluvias, contrastada con la escasez de la época de secas (Galina et al., 2009a; 2009b; 2009c).

Otro mecanismo que pudiera contribuir a la producción de leche de calidad sería la suplementación con prebióticos. Esto se debe a su efecto sobre la biohidrogenación (BH) ruminal, que se traduce en una disminución en la saturación de los ácidos grasos no saturados, abundantes en las plantas, para ello suplementamos con un probiótico de bacterias lácticas (LAB) que no BH, o lo hacen en menor volumen (Galina et al., 2012; 2013).

Si bien diversas investigaciones han mostrado la asociación entre la ingesta de ácidos grasos saturados (AG) en la dieta, con los niveles de colesterol sérico y las enfermedades cardio vasculares (ECV), en las últimas décadas ha quedado demostrado que no todos los AG tienen los mismos efectos. En estudios metabólicos se ha observado que los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) disminuyen los niveles de colesterol mientras que los ácidos grasos saturados (AGS) lo aumentan (Rubino., 2014).

En el aparato digestivo de los rumiantes el alimento experimenta una fermentación pre gástrica muy extensa. Esta fermentación es de naturaleza anaerobia, en el rumen podemos encontrar un gran número de bacterias, la cantidad promedio se halla alrededor de 25 a 50 millones por ml de líquido ruminal . Los forrajes fibrosos son el principal sustrato para los rumiantes, por ello se ha generado un conocimiento preciso de la degradación de la fibra, permitiendo desarrollar mejores sistemas de suplementación (Galina et al., 2008). El consumo de lípidos por los animales es bajo a causa de que la mayoría de los forrajes contienen solo cantidades limitadas de dichos compuestos, estos lípidos son en un alto porcentaje ácidos grasos insaturados, lo que significa que uno o más carbonos de su estructura lineal están unidos por un doble enlace, eliminando el hidrogeno.

La flora microbiana del rumen, sirve para desdoblar los nutrientes, para ser absorbidos en el intestino. Por ello se han desarrollado diferentes manipulaciones de las actividades microbiológicas del rumen (Newbold et al., 2005). Bifidobacteria y Lactobacilli se constituyen probablemente los microorganismos más hábiles en sobrevivir el paso por el ambiente ácido del estómago, y en general dominan todos los compartimentos a lo largo del tracto gastrointestinal. Entre estas bacterias ácido lácticas se ha encontrado que es Bifidobacteria la más dominante a nivel de flora cecal, reportando hasta un 10% de los conteos de bacterias totales. Los probióticos lácticos (LAB) podrían ser una alternativa para los rumiantes (Galina et al., 2008). Particularmente considerando el perfil de ácidos grasos no saturados del producto (Galina et al., 2012).

### **REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA LA CABRA LECHERA.**

Al inicio de la lactación, el apetito de la cabra generalmente es insuficiente para cubrir los gastos energéticos de mantenimiento y producción de leche, por lo que se utilizan las reservas corporales (grasa y proteína). La energía movilizada se utiliza para la síntesis de leche con una eficiencia aproximada del 80%. El valor promedio de las necesidades por cada Kg de ganancia para los animales lecheros es de 9 Mcal de energía metabolizable (EM). Asimismo, se estima que son necesarias 1.6 Mcal de EM por cada litro de leche producido con una densidad de 3.5% de grasa (INRA, 1988; Galina et al., 1995b).

La mayoría de los aminoácidos es absorbida en el intestino delgado a partir de dos fuentes: las proteínas alimenticias que han escapado de la degradación microbiana y las proteínas de los microorganismos sintetizadas en rumen . Se necesitan 60 g de proteína digestible por cada 100 Kg de peso vivo o por cada Kg de leche producida (INRA, 1988).



*Fuente: (INRA, 1988).*

## 🐐 GLÁNDULA MAMARIA DE LA CABRA

### 🐾 MORFOLOGÍA

Le Jaouen (1981), describe las ubres caprinas en tres clases de acuerdo a su forma. Estas formas son: 1) de pera alargada en donde las tetas se distinguen muy poco de la parte glandular, 2) oval o tipo alpino las cuales se inserta bien al abdomen y son tetas voluminosas bien separadas de la parte glandular, ligeramente inclinadas hacia el frente y 3) globular o tipo Saanen que están bien insertas en el abdomen, algunas veces tan anchas como altas y con las tetas más pequeñas que los otros tipos.

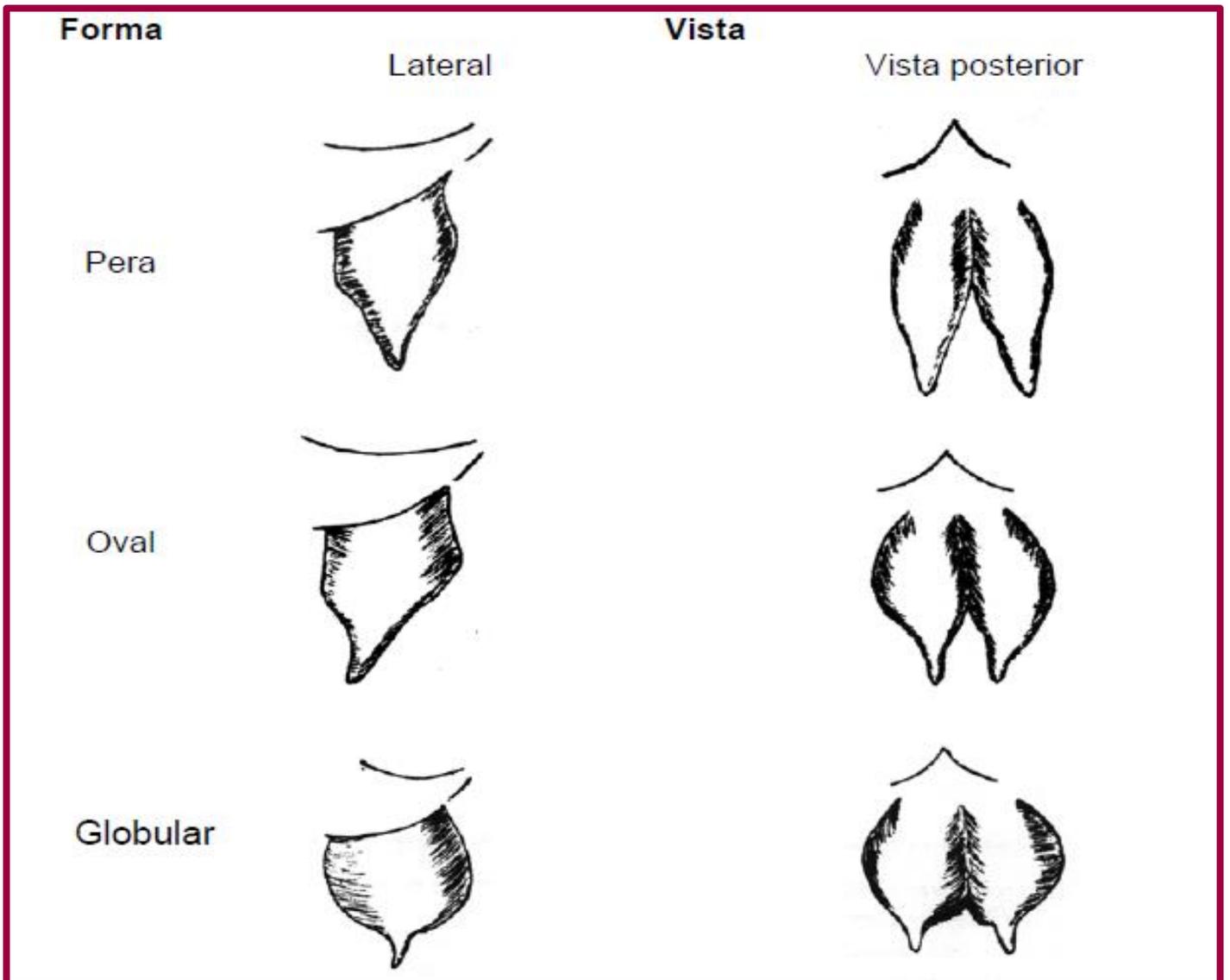


Figura 1. Formas de la ubre en cabras. (Le Jaouen, 1981)

De la cisterna de la glándula parten una serie de conductos los cuales se ramifican muchas veces hasta llegar a un conducto pequeño que drena cada alvéolo. Los microscópicos conductos terminales y los alvéolos se componen de una sola capa de células epiteliales.

La función de estas células en los alvéolos es remover nutrientes de la sangre, transformarlos a leche y descargarla en el lumen de cada alvéolo. Los conductos galactóforos o listados, son los conductos por los cuales viaja la leche de la glándula mamaria al neonato cuando mama, es importante resaltar que la cabra presenta un sólo galactóforo por teta (Ruckebush et al., 1994; Cunningham, 1999).

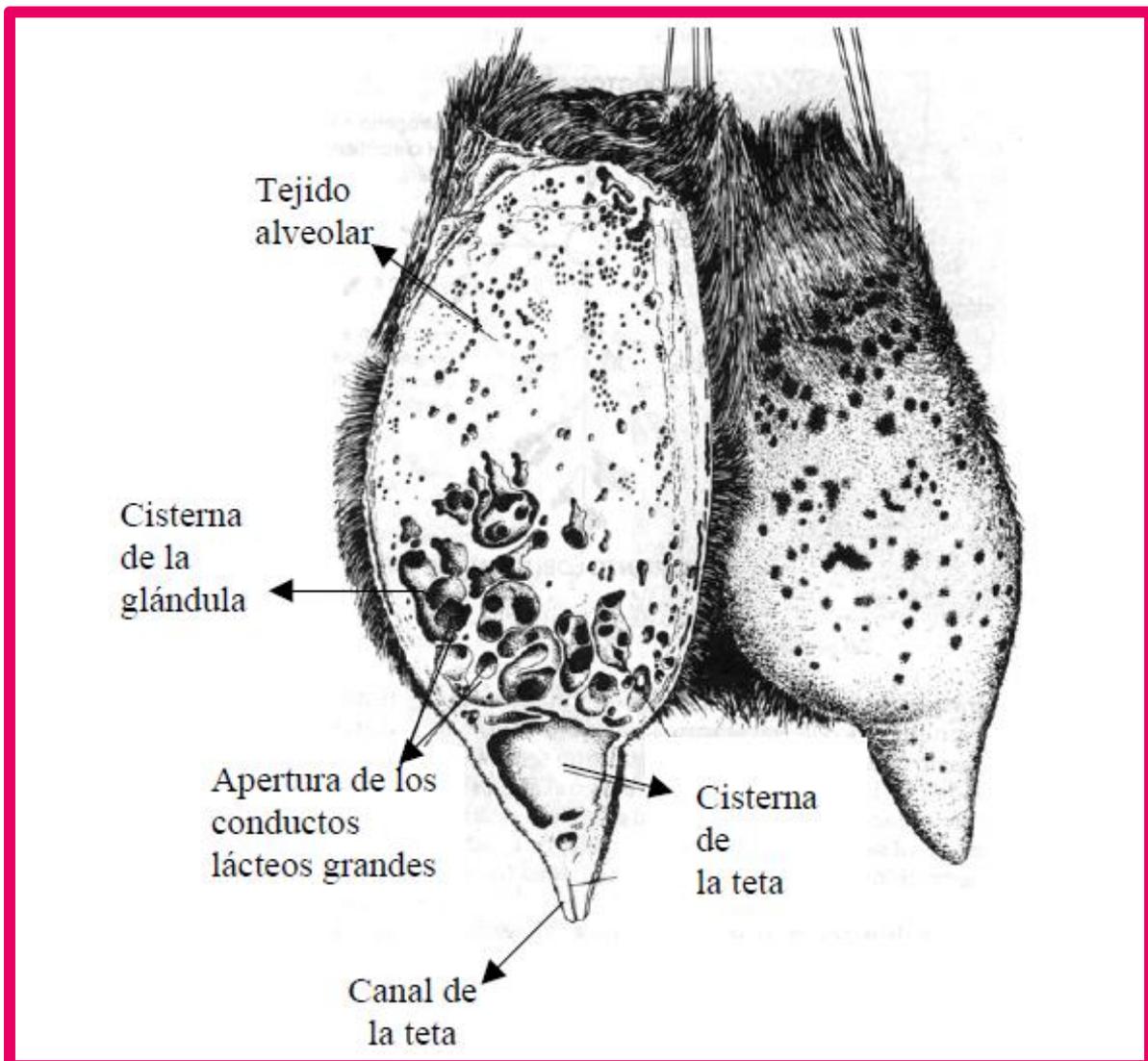


Figura 2. Corte transversal de la glándula mamaria en cabras. (Cunningham, 1999.)

## FISIOLÓGÍA

Después del nacimiento de las cabras, el sistema de conductos primarios se agranda y ramifica, en su mayor parte después de la pubertad, esto es gracias a cada oleada hormonal de estrógenos y progesterona de los recurrentes ciclos estrales. Las células mioepiteliales que rodean al alvéolo se contraen en respuesta a la oxitocina, hormona neurohipofisiaria liberada por reflejos neuroendocrinos provocando la expulsión de la leche. (Ruckebusch et al., 1994; Gordon, 1972).

Los reflejos neuroendocrinos se inician por la percepción de la cabra de un estímulo y la conducción de esta información a los centros nerviosos superiores. Estos estímulos se originan por la manipulación de la ubre antes de la ordeña, además de los estímulos visuales, olfatorios y acústicos que prevalecen en el lugar de la ordeña.

Los impulsos nerviosos ascienden al cordón espinal y de ahí llegan al núcleo paraventricular del hipotálamo y viajando después a la glándula pituitaria posterior, donde causan la liberación de la oxitocina hacia la corriente sanguínea. Al llegar la oxitocina a la ubre, se difunde en los capilares y causa la contracción de las células. Esta acción de exprimir los alvéolos causa un aumento en la presión intramamaria, forzando a la leche a pasar a los conductos así como a las cisternas de la glándula y de la teta. Normalmente y si el animal no es perturbado, la oxitocina llega a la glándula mamaria en aproximadamente 25 segundos (Knight y Peaker, 1982a, Cunningham, 1999.)

Durante la lactancia, las hormonas requeridas para su sustentación incluyen la prolactina, hormona del crecimiento, hormonas de la tiroides y paratiroides así como esteroides adrenales. De las hormonas anteriores, la prolactina puede variar en amplios límites sin afectar seriamente la producción de leche por lo que es posible que el papel principal de esta sea en el inicio de la lactación más que en el mantenimiento de la secreción de leche. (Randall et al., 1997; Cunningham, 1999; Eckert, 1988).

## SÍNTESIS Y SECRECIÓN DE COMPONENTES NUTRICIONALES DE LA LECHE

Los componentes de la leche son sintetizados a partir de precursores presentes en el plasma sanguíneo, los cuales son utilizados por la glándula mamaria. Para llevar a cabo esta síntesis, las células de la glándula mamaria requieren todos los elementos necesarios para su metabolismo y especialmente los metabolitos como glucosa, acetato y ácidos grasos no esterificados (AGNE).

Estos metabolitos son utilizados por la ubre como precursores en la síntesis de componentes de la leche o como substratos que se catabolizan para proporcionar energía en dicha síntesis (Knight y Peaker, 1982a).

- La glucosa es el único precursor de la lactosa (que es el principal azúcar de la leche). Para que la síntesis respectiva se lleve a cabo se necesitan dos moléculas de glucosa. Una de las unidades de glucosa es isomerizada en galactosa y la condensación de estas dos moléculas es catalizada por la enzima lactosa sintetasa (Ruckebush et al., 1994).
- Los triglicéridos de la leche se forman a partir de glicerol y ácidos grasos sintetizados de novo en las células mamarias en los alvéolos o tomados directamente de la sangre. Cuando este último es el caso, se requiere la acción de la lipasa-lipoproteína para inducir la hidrólisis de quilomicrones y triglicérido lipoproteínas. La lipasa-lipoproteína se encuentra en la sangre venosa de la glándula y en el tejido mamario. De los ácidos grasos hidrolizados por esta enzima solo una pequeña porción es tomada por la ubre lo mismo que el glicerol libre (Chilliard, 1980).
- Referente a la síntesis de ácidos grasos, se ha demostrado que esta se lleva a cabo en las células alveolares de la glándula mamaria y se produce a partir de acetato y  $\beta$ -hidroxibutirato. Entre todos los precursores de los ácidos grasos de la leche de cabra, la contribución de acetato representa el 12% y el  $\beta$ -hidroxibutirato el 9.4%. Los metabolitos anteriores son activados a Acetil CoA y  $\beta$ -hidroxibutirato. Las enzimas ácido graso sintetetasas, alargan las cadenas de carbonos a través de la condensación de unidades de dos carbonos partiendo de Malonil CoA. Los ácidos grasos que proceden del plasma sanguíneo o que son sintetizados en la ubre son casi todos esterificados en la forma de triglicérido en los microsomas o mitocondrias y estos triglicéridos en el tejido de la glándula mamaria son principalmente proporcionados a través de la ruta  $\alpha$ -glicerofosfato. Después de que los triglicéridos han sido sintetizados, estos se acumulan en pequeñas gotas estabilizadas por una capa exterior de fosfolípidos. Los triglicéridos son entonces secretados por exocitosis (Cuninham, 1999).
- Han señalado que la absorción de aminoácidos del plasma sanguíneo por la ubre, es adecuada para la elaboración de las proteínas sintetizadas en ésta. Aunque los aminoácidos esenciales son absorbidos en cantidades adecuadas, excepto en los primeros 30 o 45 días de lactancia, la absorción de aquellos que no son esenciales varía por su parte de hora en hora y de animal a animal, existiendo un déficit, las células secretoras de la volátiles, especialmente acetato y propionato, glucosa u otros aminoácidos.

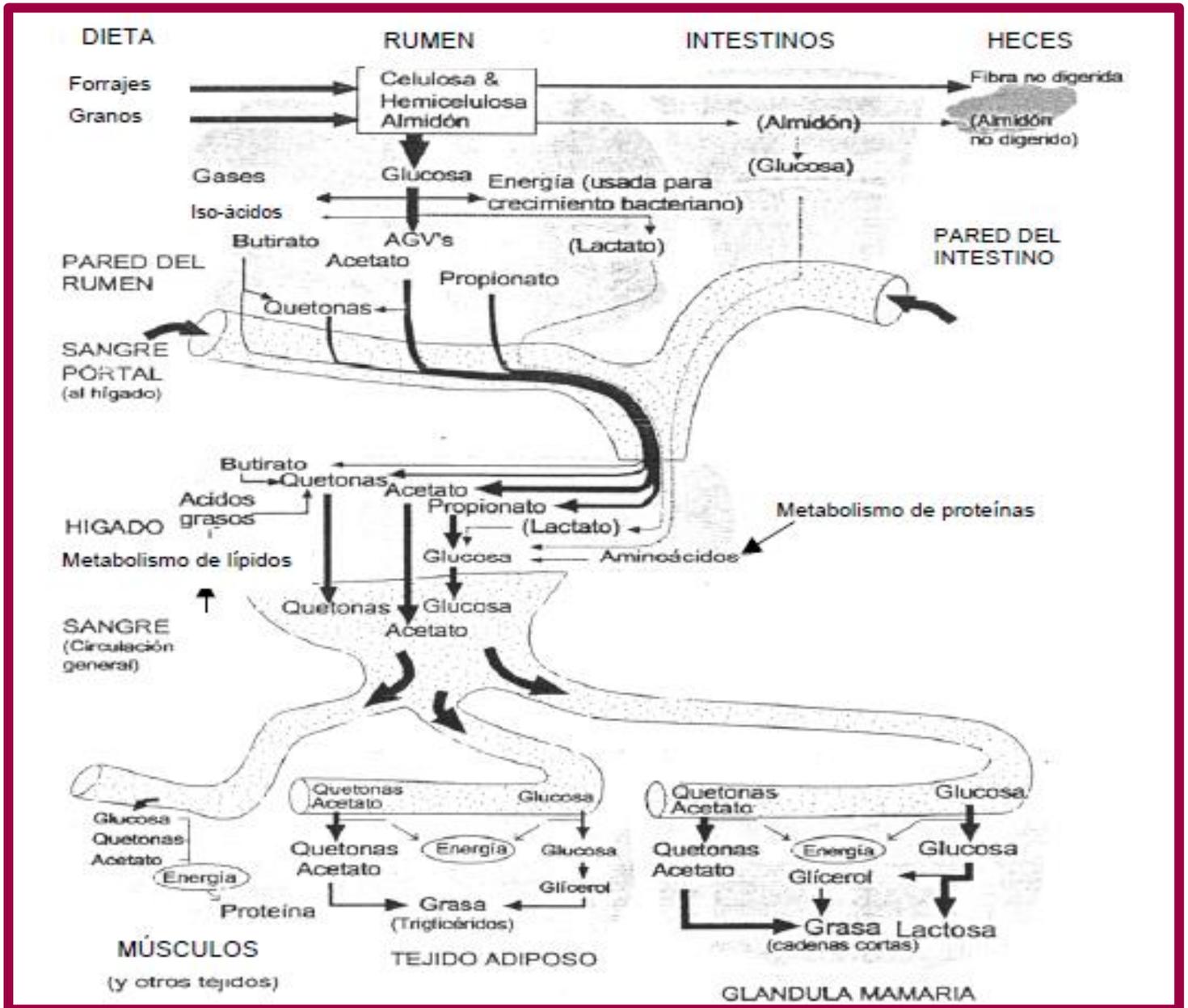


Figura 3. Metabolismo de los nutrientes en la glándula mamaria de la cabra. (Annison y Lewis, 1981; Murray et al., 2001).

## LECHE DE CABRA

### GENERALIDADES

El conocimiento de los componentes de la leche de cabra es fundamental para el desarrollo de la industria caprina, ya que finalmente de la calidad nutricional que tenga el producto, dependerán en gran medida el rendimiento, la productividad y la aceptación por parte del consumidor.

La composición de la leche de cabra es diferente a la del ganado ovino, bovino y a la leche humana, pero puede variar por múltiples factores, entre ellos, tipo de alimentación, medioambiente, manejo, sistema productivo, etapa de lactancia e, inclusive, estado sanitario de los animales<sup>5</sup>. Sin embargo, el estudio de cada componente y el conocimiento de los valores promedio de cada uno de ellos permiten una mejor comprensión alrededor de la producción de leche caprina.

CUADRO 4. Composición promedio de los nutrientes básicos en leche de cabra, oveja, vaca y humano.

Composición	Cabra	Oveja	Vaca	Humano
Grasa %	7.9	7.9	3.6	
Sólidos no grasos %	8.9	12	9	8.9
Lactosa %	4.1	4.9	4.7	6.9
Proteína %	3.4	6.2	3.2	1.3
Caseína %	2.4	4.2	2.6	0.4
Albumina, glubulina %	0.6	1	0.6	0.7
N no proteico %	0.4	0.8	0.2	0.5
Cenizas %	0.8	0.9	0.7	0.3
Caloría/100 ml	70	105	69	68

*Fuente: Park 2006.*

## LACTOSA Y OLIGOSACÁRIDOS

Al igual que en la leche de las hembras bovinas y ovinas, la lactosa es el mayor carbohidrato presente en la leche de cabra, y su valor promedio se encuentra en el orden del 4.1%, menor que el valor reportado en bovinos, que puede estar por el 4.7%<sup>6</sup>. La lactosa es sintetizada a partir de glucosa en la glándula mamaria con la participación activa de la proteína  $\alpha$ -lactoalbúmina y favorece la absorción intestinal de calcio, magnesio y fósforo, y la utilización de la vitamina D.

Sin embargo, la importancia de este carbohidrato radica en el mantenimiento del equilibrio osmótico entre el torrente sanguíneo y las células alveolares de la glándula mamaria durante la síntesis de la leche, razón por la cual es un componente que varía según el nivel de producción láctea y no por efecto directo del tipo de dieta suministrada. (LUDEÑA, Op.

Por otro lado, los oligosacáridos de la leche caprina, al igual que la lactosa, fueron recientemente reportados<sup>8</sup> al encontrar que las cantidades de oligosacáridos que están presentes en la leche de caprinos fluctúan en un rango de 250 a 300 mg/L, lo cual representa 4 o 5 veces más que los valores encontrados en la leche de vaca, pero menos que los presentes en la leche humana.

Cuadro 5 . Cantidad total de oligosacáridos y lactosa en leche de cabra, vaca, oveja y humana

Origen	Oligosacáridos (g/L)	Lactosa (g/L)
Leche de cabra	0.25-0.30	45
Leche de oveja	0.03-0.06	46
Leche de vaca	0.02-0.04	48
Leche humana	0.5-0.8	68

Fuente: *Martínez Ferez et al., (2004).*

## PROTEÍNA DE LA LECHE DE CABRA

La leche contiene cientos de tipos de proteínas, la mayoría de ellas en muy pequeñas cantidades. Estas pueden ser clasificadas de varias formas, de acuerdo con sus propiedades físicas o químicas, así como también con sus funciones biológicas. Entre las principales proteínas presentes en la leche de los mamíferos se encuentran la  $\alpha$ 1-CN,  $\alpha$ 2-CN, B-CN,  $\beta$ -CN y las k-Caseínas, indispensables para el aprovechamiento industrial de los productos lácteos; se encuentran valores promedio de proteína en la leche de cabra de 4,5%, superiores a los valores para ganado bovino (3,3%), pero inferiores a los del ganado ovino (5,8%). (PARK, Y. W. 2007).

## **GRASA DE LA LECHE DE CABRA**

El componente lipídico es reconocido como el más importante de la leche en términos de costo, de nutrición y de características físicas y sensoriales del producto. Dentro del componente lipídico, los triglicéridos representan cerca del 98%, pero en la leche de cabra también se encuentran algunos lípidos simples como los diacilgliceroles y los ésteres de colesterol, así como fosfolípidos y compuestos liposolubles como los esteroides y el colesterol. (PARK, Y.W, 2007)

Los lípidos en la leche de cabra se encuentran de manera abundante en forma de glóbulos con un tamaño de menos de 3  $\mu\text{m}$ , lo cual permite una mayor digestibilidad y una mayor eficiencia en el metabolismo lipídico comparado con la leche de vaca (HAENLEIN, G.2004) ; en este sentido la grasa de la leche caprina no contiene aglutinina, que es una proteína encargada de concentrar los glóbulos grasos para generar estructuras más complejas y de mayores dimensiones, y por esta razón los glóbulos permanecen dispersos y pueden ser atacados más fácilmente por las enzimas digestivas. (RODDEN, D. 2004)

Adicionalmente, la concentración de los ácidos grasos en la leche de cabra difiere bastante de la leche bovina, lo cual puede impactar positiva o negativamente la calidad del producto. Sobre este aspecto se ha reportado que en la leche de cabra los ácidos grasos libres de cadena corta y media como el C6:0 y el C9:0 son responsables en parte del llamado “Sabor Caprino” que suele ser tan particular en la leche de los pequeños rumiantes, y en el mismo sentido algunos autores afirman que cuando la tasa de lipólisis en la leche es muy alta, en ella puede aparecer un sabor desagradable del cual el ácido butírico C4:0 es directamente responsable. (HAENLEIN, EKNAES. 2006)

En la actualidad existe un gran interés por aumentar la proporción de ácidos poliinsaturados y el ácido linoleico conjugado (CLA) cuyo principal isómero, el ácido ruménico (C18:2 cis9, trans11) con alrededor del 85% de los isómeros, está relacionado con efectos anti-aterogénico, anticarcinogénico, anti-inflamatorio, inmunoestimulante y de modulación de la resistencia a la insulina. El t10, c12-CLA con alrededor del 2% de los isómeros del CLA, posee propiedades beneficiosas anti-carcinogénicas y anti-obesidad. (KÖHLER OSMARI, E. 2007).

El método más extendido para aumentar el contenido de CLA en la leche consiste en añadir aceites o granos oleaginosos ricos en ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) a la ración.

La cantidad y el tipo de complemento de AGPI influye en el metabolismo lipídico ruminal y en la producción de CLA en la leche. Además, la composición lipídica de la leche de cabra es fundamental para su rendimiento en quesos, para la textura, sabor y olor de los derivados<sup>1</sup>. (CHILLIARD, Y. y FERLAY, A. 2004).

## 🦄 LÍPIDOS

Según la antigua definición de lípidos, postula a los mismos, como un conjunto bastante amplio y variado de compuestos orgánicos de origen biológico, formados en su mayoría por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno, y con la característica en común de ser solubles en disolventes orgánicos. No obstante debido a la imprecisión de esta definición, en 2005 (Fahy et. al.) se propuso definir químicamente a los lípidos como moléculas hidrófobas que pueden originarse completamente o en parte a través de condensaciones de tioésteres o unidades de isopreno.

### 🦄 CLASIFICACION.

La última clasificación de los lípidos biológicos, los cataloga por sus propiedades físico-químicas y por su estructura molecular, de este modo son ocho las categorías para estos compuestos.

#### Clasificación de lípidos y ejemplos más comunes

Categoría	Ejemplo
Acidos grasos	Acido oleico
Glicerolípidos	Triglicéridos
Glicerofosfolípidos	Fotidilcolina
Esfingolípidos	Esfingosina
Esteroles	Colesterol
Isoprenoides	Farnesol
Glucolípidos	UDP-3-O-(3 hidroxitetradecanol)-N-acetilglucosamina
Policétidos	Aflatoxina

Fuente: Fahy 2005 por Uauy R. Gerber M.

Los lípidos más importantes que intervienen en la absorción y metabolismo humano son los siguientes:

- 🍷 Ácidos grasos: Químicamente son cadenas hidrocarbonadas de longitud variable, con un grupo carboxilo en su extremo y que pueden ser saturados como insaturados, por otro lado son constituyentes tanto de los triglicéridos, lípidos complejos o pueden hallarse en forma libre, además pueden esterificar el colesterol. Este tipo lípidos son una importante fuente de energía para las células, ya que pueden oxidarse hasta obtener ATP. (Fahy et. Al 2005 por Palou A.)
  
- 🍷 Triacilgliceroles: Siendo mayoritarios en la dieta, son compuestos formados por tres ácidos grasos unidos a una molécula de glicerol, de modo que por hidrólisis, se obtiene glicerol y ácidos grasos, últimos que producen grandes cantidades de energía, la que equivale a 9 Kcal/g. (Fahy et. Al 2005 por Mataix V. J.)
  
- 🍷 Lípidos de membrana o lípidos complejos: Se debe tomar en cuenta que aunque no tengan tanta importancia nutricional estos compuestos tales como los glicerofosfolípidos, los esfingolípidos y el colesterol determinan las propiedades físicas de las biomembranas, como la fluidez, el transporte y la señalización. (Fahy et. Al 2005 por Ortega R.M.)
  
- 🍷 Otros lípidos: En este apartado se incluyen las hormonas esteroideas, las vitaminas liposolubles A, D, E y K y los esteroides (colesterol, esteroides vegetales y fitoesteroides) los mismos que cumplen con una función reguladora y que derivan de ácidos grasos esenciales. (Fahy et. Al 2005 por Palou A.)

## 🍷 FUNCIONES PRINCIPALES

Como está dicho anteriormente, la ausencia de lípidos puede producir diversas alteraciones, debido a que muchos de ellos realizan funciones estructurales y reguladoras, las cuales son. (Fahy et. Al 2005 por Ortega R.M.)

- 🍷 Mediante la betaoxidación, las grasas pueden ser fuente de energía inmediata para las células, excepto las del sistema nervioso central y los eritrocitos, o servir como un reservorio de energía para cubrir las necesidades a largo plazo.
- 🍷 Existen ácidos grasos esenciales que no pueden ser sintetizados por el organismo, por lo que deben ser ingeridos en la dieta diaria, tales son ácido araquidónico, linoleico y linolénico.

- 🐼 Los fosfolípidos, colesterol y proteínas establecen las características fisicoquímicas de la membrana, las cuales son: reconocimiento celular, transmisión de mensajes, transporte de nutrientes, metabolitos y diversas actividades enzimáticas.
- 🐼 Protegen los órganos y el cuerpo de traumas y ayuda en la regulación de temperatura.
- 🐼 A nivel digestivo retrasan el vaciado del estómago, de modo que producen un efecto de saciedad. Por otro lado el ácido oleico por ejemplo, estimula la liberación de hormonas gastrointestinales como la colescistoquinina, el polipéptido pancreático (PP) y la sustancia P.
- 🐼 Ayudan en el transporte de vitaminas liposolubles y en su absorción.

## 🐼 Ácidos Grasos (AG)

### 🐼 **CONSTITUCIÓN QUÍMICA Y NOMENCLATURA**

Los ácidos grasos son constituyentes tanto de los triglicéridos como de los lípidos complejos y pueden esterificar también el colesterol. Los ácidos grasos de interés biológico son ácidos carboxílicos de número par de átomos de carbono (fundamentalmente entre 4 y 26). Son compuestos muy insolubles en agua y ricos en energía metabólica. Se puede clasificar en cuatro grupos de acuerdo con la longitud de su cadena:

- 🐼 Ácidos grasos de cadena corta (4-6 carbonos)
- 🐼 Ácidos grasos de cadena media (8-12 carbonos)
- 🐼 Ácidos grasos de cadena larga (14-20 carbonos)
- 🐼 Ácidos grasos de cadena muy larga (22 a más carbonos)

Los ácidos grasos pueden ser saturados, tener un doble enlace (monoinsaturados o monoenoico) o más dobles enlaces (poliinsaturados o polienoicos). En los ácidos grasos naturales, la disposición especial de los hidrógenos en los enlaces simples es “trans” mientras que los dobles enlaces adoptan casi siempre una conformación de tipo “cis”. Característicamente, cuando hay más de un doble enlace, nunca se disponen en forma conjugada, sino que siempre aparece un metileno entre ellos.

Como cada enlace origina un ángulo en la estructura especial, al aumentar su número se origina una importante curvatura en la molécula del ácido graso. Esto tiene naturalmente importantes repercusiones en la conformación de los triglicéridos y fosfolípidos que lo contiene. (Fahy et. Al 2005 por Ortega R.M.)

Aunque no son mayoritarios, también hay ácidos grasos con dobles enlaces en posición “trans”. Estos ácidos grasos proceden de modo natural de la grasa de la leche y de la carne de rumiantes en cuyo comportamiento gástrico se forman por efecto de la flora natural. También se pueden originar por transformación química de los ácidos grasos naturales que tienen dobles enlaces “cis” en determinados procesos tecnológicos.

Los ácidos grasos son cadenas de hidrocarburos que terminan en un grupo carboxilo en un extremo y un grupo metilo en el otro. Se les puede clasificar por la longitud de su cadena en cortos con 4 a 6 átomos de carbono, medianos con 8 a 12 átomos de carbono y largos con 14 o más átomos de carbono. También se clasifican por el grado de saturación; agrupándose en ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados; en los saturados no existen dobles ligaduras en la cadena de hidrocarburos, los mono insaturados tienen una doble ligadura en la cadena y poliinsaturados con dos o más dobles ligaduras en la cadena (Chow., 2000).

#### ACIDOS GRASOS SATURADOS COMUNES.

<b>Estructura</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Se encuentra en</b>
<b>C 4:0</b>	butírico	leche de rumiantes
<b>C 6:0</b>	caproico	leche de rumiantes
<b>C 8:0</b>	caprílico	leche de rumiantes, aceite de coco
<b>C 10:0</b>	cáprico	leche de rumiantes, aceite de coco
<b>C 12:0</b>	láurico	aceite de coco, aceite de nuez de palma
<b>C 14:0</b>	mirístico	coco, nuez de palma, otros aceites vegetales
<b>C 16:0</b>	palmítico	abundante en todas las grasas
<b>C 18:0</b>	esteárico	grasas animales, cacao

*Cuadro 6: Ácidos grasos más frecuentes en alimentos de consumo habitual. (Chow., 2000)*

#### ACIDOS GRASOS MONOINSATURADOS.

Estructura	Nombre común	Se encuentra en
C 10:1 n-1	caproleico	leche de rumiantes
C 12:1 n-3	lauroleico	leche de vaca
C 16:1 n-7	palmitoleico	nuez de macadamia, aceites de pescado
C 18:1 n-9	oleico	aceites vegetales (muy extendido en la naturaleza)
C 18:1 n-7	vaccénico	grasas de rumiantes
C 20:1 n-11	gadoleico	aceites de pescado
C 22:1 n-11	cetoleico	aceites de pescado
C 22:1 n-9	erúcico	aceite de colza

*Cuadro 7: Ácidos grasos más frecuentes en alimentos de consumo habitual. (Chow., 2000)*

#### ACIDOS GRASOS POLIINSATURADOS.

Estructura	Nombre común	Se encuentra en
C 18:2 n-6	linoleico	Aceites vegetales (girasol, maíz, soja, algodón, cacahuete..)
C 18: 3 n-3	linolénico	soja, otros aceites vegetales
C 18:3 n-6	gamma linolénico	aceite de onagra, borraja
C 18:4 n-3	estearidónico	, aceites de pescado, semillas de borraja, onagra
C 20:4 n-6	araquidónico	aceites de pescado
C 22:5 n-3	clupanodónico	aceites de pescado
C 22:6 n-3	docosahexaenoico	aceites de pescado

*Cuadro 8: Ácidos grasos más frecuentes en alimentos de consumo habitual. (Chow., 2000).*

#### ACIDOS GRASOS SATURADOS RAROS.

Estructura	Nombre común	Se encuentra en
C 20:0	araquídico	aceite de cacahuete
C 22:0	behénico	Ceras
C 24:0	lignocérico	aceite de cacahuete
C 26:0	cerótico	cera de abejas

*Cuadro 9 Ácidos grasos más frecuentes en alimentos de consumo habitual. (Chow., 2000).*

ACIDOS GRASOS PECULIARES.

Estructura	Nombre común	Se encuentra en
C 17:0	margárico	grasas de rumiantes
C 18:1 n-9 trans	elaídico	grasas hidrogenadas

Cuadro 10: Ácidos grasos más frecuentes en alimentos de consumo habitual. (Chow., 2000).

La mayoría de los ácidos grasos naturales contienen un número par de átomos de carbono, también contienen solo un grupo carboxilo y son de cadena lineal que puede ser saturada o insaturada. La existencia de un doble enlace en la molécula de un ácido graso significa que pueden existir dos formas dependiendo de la disposición de los átomos de hidrogeno unidos a los átomos de carbono del doble enlace. Si los átomos de hidrogeno se encuentran del mismo lado del doble enlace se trata de la configuración cis, y se llama configuración trans cuando se encuentran de ambos lados (Mc Donald., 2006).

Para expresarlos se emplean notaciones cortas, indicando el número de carbonos, el número de enlaces y la posición en que se encuentra la primera doble ligadura. La letra griega omega ( $\omega$ ) es usada para indicar la localización de la primera doble ligadura a partir del carbón metílico (CH<sub>3</sub>) terminal de la molécula del ácido graso (Figura 2). Las familias más importantes son los AG  $\omega$ -3 a la cual pertenecen el ácido alfa-linolenico 18:3 (ALA), ácido eicosapentaenoico 20:5 (EPA) y el ácido docosahexaenoico 22:6 (DHA) y los AG  $\omega$ -6 entre los que destacan el ácido linoleico 18:2 (LA) y el ácido araquidónico 20:4 (AA) (Ronayne., 2000).

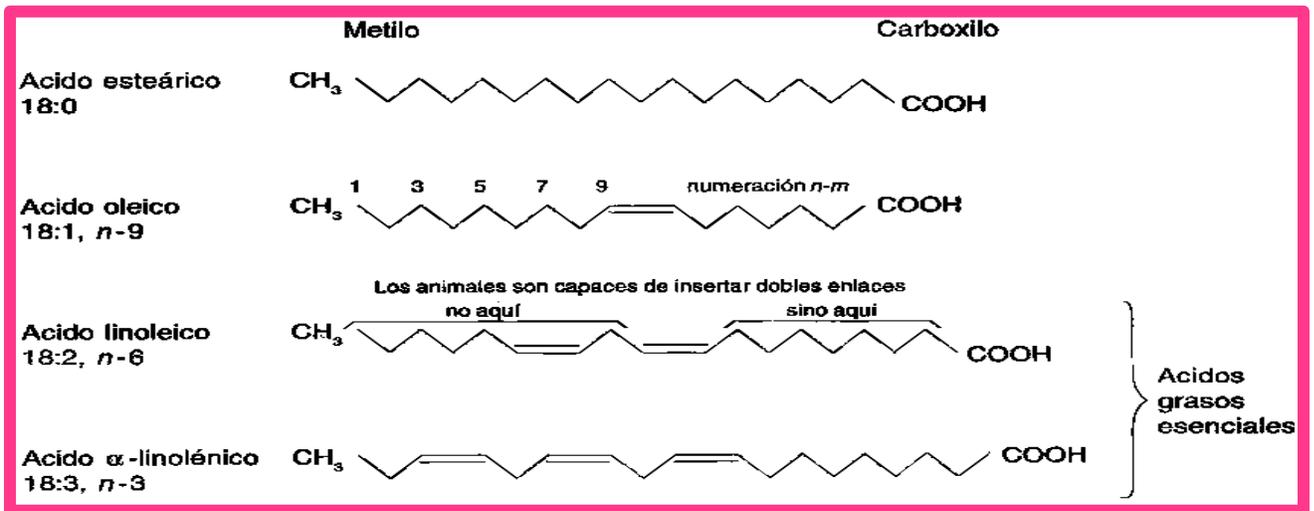


Figura 6: Ácidos grasos esenciales. (Ronayne., 2000).

Los ácidos grasos naturales más frecuentes suelen tener un nombre común, además del nombre sistemático. Así, el ácido graso saturado de 16 átomos de carbono, cuyo nombre sistemático es hexadecanoico, se suele conocer como ácido palmítico o, abreviadamente, 16:0 (16 átomos de carbono y ninguno de doble enlace). Cuando existen dobles enlaces la nomenclatura sistemática tradicional indica el carácter cis o trans y su posición contando a partir del grupo carboxílico. Así, el ácido linoleico se denomina sistemáticamente como ácido cis, cis9, 12 octadecadienoico.

Sin embargo, atendiendo a razones fisiológicas, resulta mucho más útil y simple indicar exclusivamente el número átomos de carbono, el número de dobles enlaces y la posición del primero de ellos contando a partir del carbono terminal no carboxílico, añadiendo omega o n. Por ejemplo, el ácido linoleico viene representado por 18:2 ω6 o 18:2 n-6.

Esta forma de nombrar a los ácidos grasos insaturados comenzando por el extremo metílico y no por el carboxílico resulta más fisiológica.

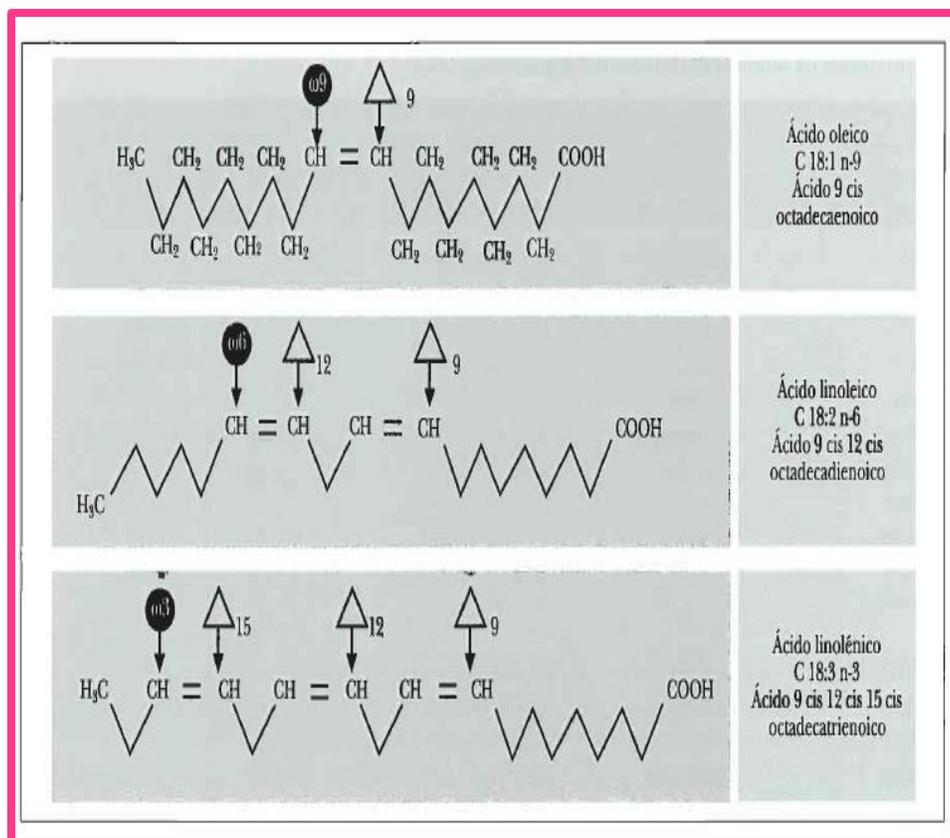


Figura7: Nomenclatura tradicional y fisiológica de los ácidos oleico, linoleico y α-linolénico. (Ronayne., 2000).

## 🐄 EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS Y LA PROPORCIÓN DE ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS OMEGA 6: OMEGA 3.

Como es conocido, el perfil de ácidos grasos de la leche y derivados es muy diferente de la recomendada por los nutricionistas en la dieta diaria del hombre, que incluye una ingesta de ácidos grasos saturados que no exceda de 25% y un alto consumo de mono y poliinsaturado. El uso de los pastos y las dietas altas en forraje puede mejorar la relación de la leche no saturada como se ha demostrado en muchos estudios (Bailoni et al, 2005a; Secchiari et al, 2008.).

Dos ácidos grasos de bajo peso molecular butírico y caproico se encuentran en cantidades importantes en la grasa de la leche de los rumiantes. Los triacilgliceroles se denominan de acuerdo a los ácidos grasos que contienen, la configuración de los triacilgliceroles que componen la grasa puede influir en la magnitud en que son digeridas.

La grasa de la leche de los rumiantes se caracteriza por un alto contenido de ácidos grasos de bajo peso molecular representando hasta el 20% del total de ácidos grasos, como consecuencia son menos consistentes que las de los depósitos de los mismos animales, aunque no son tan blandas como las grasas de origen vegetal o la de los animales marinos

La hidrólisis de los triglicéridos (triacilgliceroles) produce glicerol y ácidos grasos que constituyen fuentes de energía, la variación entre fuentes de grasa en cuanto a cantidad de energía que contiene se relaciona con la digestibilidad

Los ácidos linoleicos (c18:2) y (c18:3) no son sintetizados por los tejido animales o al menos en cantidades necesarias para prevenir patologías, por los que deben de suministrarse en la dieta. El ácido araquidónico puede sintetizarse a partir de (C18:2) por lo que solo se adiciona en la dieta si no se dispone del (C18:2).

Las prostaglandinas se biosintetizan a partir del ácido araquidónico y tienen una amplia variedad de efectos metabólicos como disminución de la presión sanguínea, estimulación de la contracción del músculo liso, inhibición de la liberación de ácidos grasos del tejido adiposo

En la leche, además, la ingesta de ácidos grasos omega-3 de la serie, y en concreto de EPA y DHA, que realizan importantes acciones en los seres humanos, con especial atención a la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares, es muy bajo. La adopción de estrategias nutricionales capaces de cambiar la proporción de omega 6: omega 3 en la leche es un tema de investigación actual de gran interés. La proporción de omega 6: omega 3 es más favorable en la leche procedente de animales de montaña en pastoreo, en comparación a la de las vacas en estabulación de las grandes empresas con un mayor uso de concentrados de 1:6 a 1:1 en pastoreo y estabulación respectivamente (Bailoni et al., 2005b).

El uso de alimentos ricos en ácidos grasos omega 3 puede mejorar el contenido de estos ácidos grasos en la leche y el queso, como se ha demostrado recientemente por Cattani et al. (2011; 2014). En esta prueba, con la adición a la dieta de las vacas lactantes de 500 g/d de semilla de lino extrusionada en la leche se ha reducido la proporción de ácidos grasos omega 6 y omega 3, que pasó de 9:6 a 5:5 en comparación con la dieta control.

Niveles de inclusión de semilla de lino extrusionada más alto (1 kg/d) no produjo una mejora adicional de esta relación, lo que indica la forma en la transferencia de los ácidos grasos omega 3 los ácidos de los alimentos a la leche está relacionada linealmente con la cantidad de ácidos grasos omega 3 en la dieta.

Respuestas bastante comparables a los obtenidos en la leche se observaron en el queso elaborado con procesos estandarizados después de 90 días de maduración. Debe tenerse en cuenta que, tanto en la leche y el queso, la administración de suplementos de semillas de lino, sin embargo, nunca dejan que alcance los niveles mínimos de los ácidos grasos omega 3 (0,3 gramos de ácido alfa-linolénico por 100 g de alimento) indicados por el Reglamento de la UE. 116/2010 para poder escribir en el envase la declaración "fuente de ácidos grasos omega-3."

La relación omega 3/omega 6 es importante porque nos da la medida del grado de protección de colesterol de la oxidación por radicales libres (con el mismo contenido de colesterol de sus aumentos oxidabilidad con la disminución en el GPA).

El segundo se estudia mucho en el mundo de la medicina de manera que ahora se ha señalado también el valor recomendado para la salud humana. Un estudio estadounidense reciente ha detenido la barra de 2.8:1, que se considera ideal para observarse efectos benéficos de antioxidación.

Se sabía que era necesario para mantenerse por debajo del 5:1. Posteriormente se recomienda casi universalmente alrededor de 3:1, por lo que hemos reducido el valor de la relación de 4 omega6 por 1 de omega3 Falta referencia.

En el hígado, el LA es metabolizado hacia AA y el ALA hacia EPA y DHA, aumentando el largo de la cadena y el grado de insaturación mediante agregación de dobles ligaduras al grupo carboxilo, como se observa en la Figura 3 (Chow., 2000).

Se ha observado que la ingestión de ácidos grasos  $\omega$ -6:  $\omega$ -3 en una relación 10:1 puede paralizar la formación de EPA y DHA por lo que será importante tomar en consideración esta recomendación durante la formulación y administración de los alimentos (Roach., Benyon., 2004).

El ALA está presente en el aceite de linaza y en los vegetales de hojas verdes. El EPA y el DHA se encuentran principalmente en peces de aguas frías, en sus aceites y en las algas marinas.

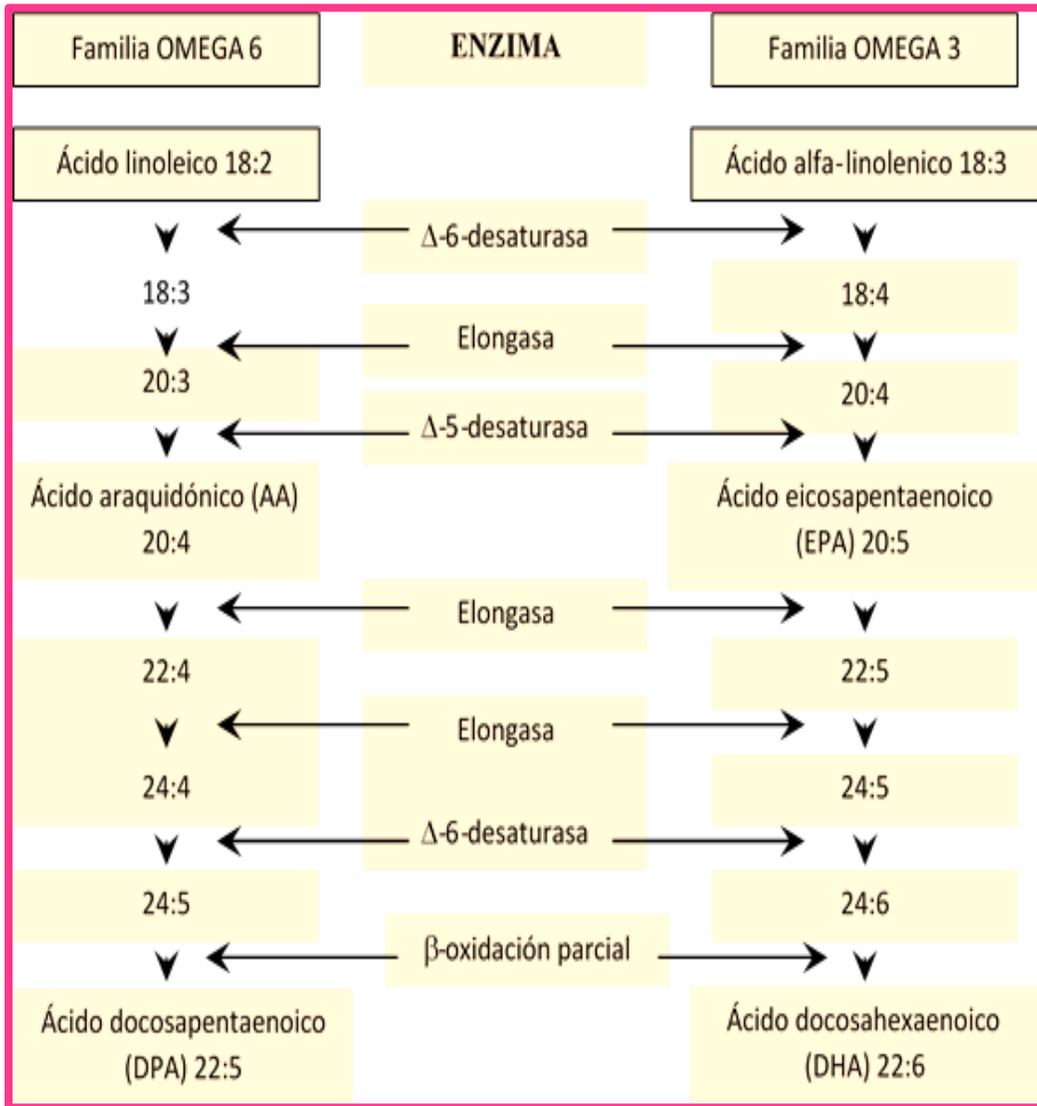


Figura 8: Metabolismo de los ácidos grasos  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6 (elongación y desaturación).  
Fuente: Ronayne, 2000

El LA es abundante en el maíz, cacahuate, semillas de algodón, fríjol de soya y casi todas las semillas de las plantas; es abundante por lo tanto, en aceites vegetales como maíz o girasol. El AA se encuentra principalmente en el cacahuate y es componente importante en los fosfolípidos de animales alimentados con granos (Chow., 2000).

## DIGESTIÓN Y METABOLISMO RUMINAL DE LOS LÍPIDOS.

Existen dos fenómenos importantes en el rumiante con respecto a la grasa ingerida dentro de la ración: la lipólisis y la biohidrogenación.

Dependiendo el grado de saturación de los ácidos grasos consumidos, estos seguirán rutas diferentes en la digestión, los saturados sufrirán el proceso de lipólisis y seguirán su destino metabólico hasta el abomaso e intestino, a diferencia de los poliinsaturados los cuales al inicio serán biohidrogenados por la microbiota ruminal con la consecuente reducción de dobles enlaces, para continuar con el mismo proceso que los ácidos grasos saturados (Lehninger., 1995; Castro 2002).

Los microorganismos ruminales tienen la capacidad de realizar una síntesis de novo de ácidos grasos a partir de los carbohidratos, por lo que al duodeno llegan ácidos grasos de origen dietario y microbiano, existiendo diversas formas para modificar el aporte de grasas en la leche y así mejorar la calidad del queso, por ejemplo en animales que pastorean durante el verano aumenta el consumo de AG poliinsaturados y monoinsaturados incrementando la proporción de ácido oleico y de otros ácidos en configuración trans (productos del metabolismo ruminal) por lo que se observa una disminución en la concentración de AG saturados (Lehninger., 1995).

### LIPÓLISIS

Después de la ingesta, los lípidos que se encuentran esterificados son hidrolizados por lipasas microbianas dentro del rumen, causando la liberación de ácidos grasos libres y glicerol (Figura 4) estos productos son fermentados rápidamente hasta ácido propiónico en dietas ricas en cereales, a diferencia de las que tienen como principal componente al forraje, las cuales tendrán como producto final al ácido acético (Lehninger., 1995).

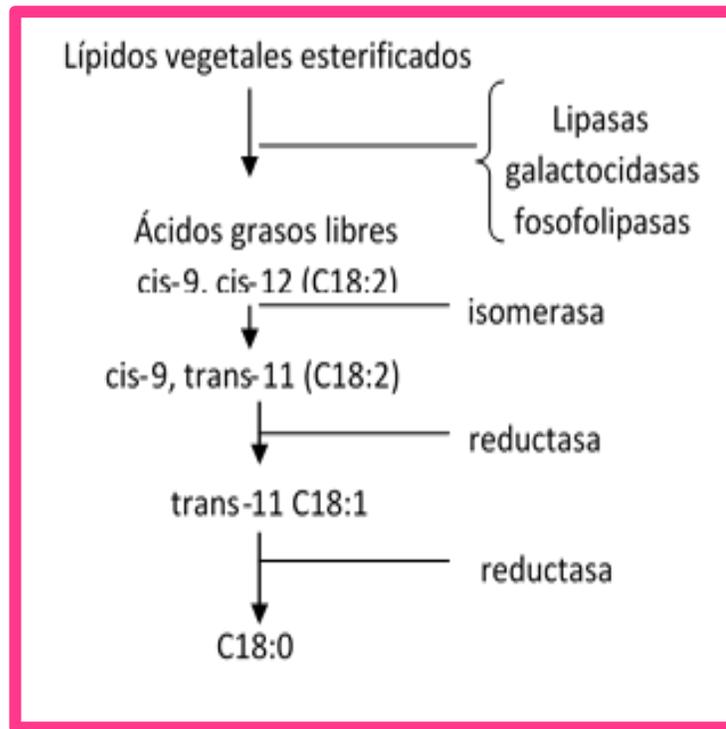


Figura 9: Lipólisis en rumiantes. Fuente: . Lehninger., 1995

### BIOHIDROGENACIÓN.

Este proceso es el resultado de la adición de un hidrógeno a los AG con dobles enlaces, constituye un mecanismo importante a través del cual los microorganismos pueden disponer de hidrógeno. Si éste proceso se completa, todos los dobles enlaces se convierten en sencillos y los AG quedan saturados (Chilliard et al., 2003).

Casi todos los AG vegetales insaturados presentan configuración cis entre los átomos de carbono insaturados, sin embargo la microbiota ruminal produce una variedad de isómeros trans de los AG, así como alteraciones en el largo de la cadena, cambios en la posición de los dobles enlaces y producción de AG de cadenas impares o ramificadas, todos los cuales hacen que la grasa ingerida por un rumiante sea diferente de la depositada (Chilliard et al., 2003).

Las grasas de las raciones consumidas por los rumiantes experimentan una hidrólisis en el rumen seguida de la biohidrogenación de los ácidos grasos insaturados libres. La biohidrogenación da lugar a la producción de ácidos saturados y también a los ácidos trans. Además tiene lugar una redistribución de los dobles enlaces de la cadena del ácido graso, lo que explica la presencia en los rumiantes de grasas como son los ácidos vaccenoico (trans-11,18:1) y elaidico (trans-9,18:1) .

Las ácidos grasos insaturados tienen una vida promedio corta dentro del ambiente ruminal, debido a que son hidrogenados rápidamente, hacia compuestos saturados o productos finales. La biohidrogenación de estos compuestos puede ser bloqueada por la presencia de grandes cantidades de ácido linoleico y otros AG poliinsaturados, debido a que estos son tóxicos para los microorganismos ruminal, como sucede en los animales en dietas de pastero (Aro et al., 1998). En este proceso, se puede dar origen a una serie de isómeros como productos intermedios; se considera que solamente un 10 a 30% de estos AG escapa al proceso de biohidrogenación; continuando su camino hacia el tracto gastrointestinal posterior, para ser metabolizados y absorbidos (Lehninger., 1995; Aro et al., 1998).

La hidrogenación es un proceso de endurecimiento que tiene gran importancia industrial en la obtención de grasas firmes a partir de los aceites vegetales y de pescado para la obtención de margarina este proceso tiene la ventaja de que prolonga el mantenimiento de la calidad de las grasas .

Los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), particularmente, el ácido linoléico C18:2 cis-9, cis-12, ALi) y el ácido alfa-linolénico (C18:3 cis-9, cis-12, cis-15, ALn), se encuentran en altas proporciones en los lípidos de los forrajes y de algunos suplementos (Bauman et al. 1999; Kelly et al. 1998; Shen et al. 2011; Zened et al. 2013).

Estos ácidos forman parte de la dieta de los rumiantes y dependiendo de su concentración en la dieta, modifican el perfil de ácidos grasos de la leche y la carne. La composición de ácidos grasos en la leche y en la carne de los rumiantes, se caracteriza por la presencia de una mayor concentración de ácidos grasos saturados que insaturados, debido al proceso de biohidrogenación (BH) en el rumen (Ashes et al. 1992; Bauman et al. 1999; Bauman, 1999; Dhiman et al. 2000; Abughazaleh., Jacobson, 2007; Shen et al. 2011; Zened et al. 2013). Es por esto, que el conocimiento del proceso de BH, se considera un punto crítico para modificar la relación entre ácidos grasos saturados e insaturados, en la leche y en la carne. El bloqueo de la biohidrogenación de el ALA y la producción de ácidos grasos conjugados, en general benéficos para la salud por las bacterias lacticas ha sido revisado por Ogawa et al., (2005)

Se han estudiado diversos factores que afectan el proceso de BH del ALi y ALn, como también estrategias nutricionales que muestran resultados positivos en el incremento de ácido transvaccénico (C18:1 trans-11, ATV) y ácido linoléico conjugado (C18:2 cis-9, trans-11, ALC), en la leche y en la carne. Se ha reportado que estos compuestos tienen efectos potencialmente benéficos para la salud humana (Harfoot.,Hazlewood.,; O'shea et al. 1998; Khanal, 2004; Herrera et al. 2004; Perfield et al. 2007).

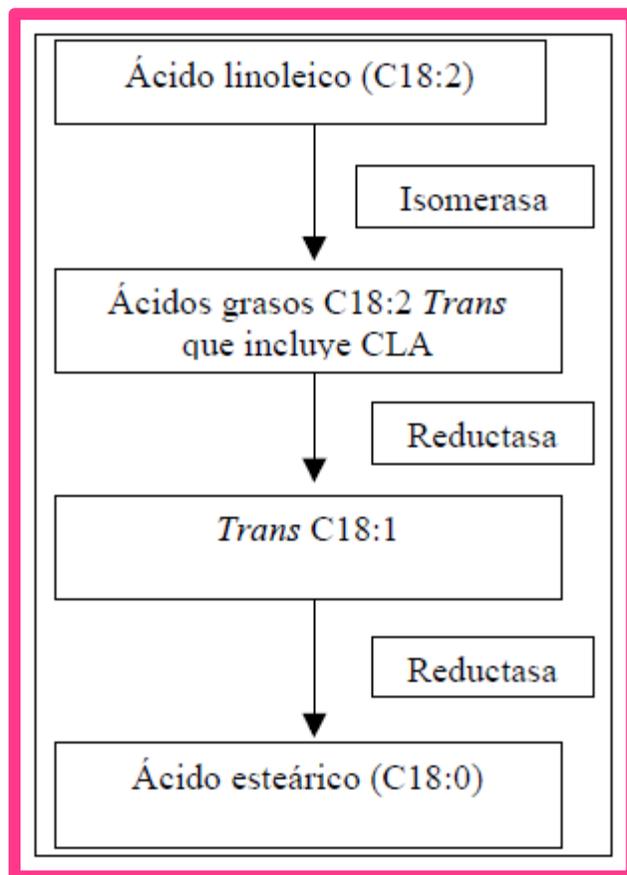


Figura 10: Biohidrogenación del ácido linoleico. Fuente: . Herrera et al. 2004.

### BIOQUÍMICA DEL PROCESO DE BIOHIDROGENACIÓN.

Hace aproximadamente 81 años, se encontró que los lípidos que forman los tejidos de los rumiantes eran más saturados que los de los no rumiantes y, por muchos años, se creyó que el proceso de BH de los lípidos ocurría en los tejidos. En la actualidad, se sabe que este proceso ocurre en el rumen por acción de los microorganismos y, en una pequeña proporción, en el tracto intestinal posterior ( Lee., Jenkins, 2011).

Wright (1959) encontró que las bacterias son los microorganismos más importantes en el proceso de BH, lo cual, también fue demostrado por Dawson., Kemp (1969) y Singh., Hawke (1979). En otros estudios, se halló que, aproximadamente, la mitad de los microorganismos involucrados en la digestión de los lípidos se encuentran asociados a la porción líquida del rumen (BAL) y los restantes se hallaban adheridos a las superficies del alimento (BAS) .

Las mezclas bacterianas pueden biohidrogenar totalmente al ácido linoleico y es posible que la biohidrogenación total de los enlaces dobles dependa mucho de las especies de los microorganismos ruminales y que cada especie solo pueda hidrogenar determinados enlaces dobles. Tanto las bacterias como los protozoarios pueden actuar como enzimas hidrogenando los ácidos grasos no saturados.

Utilizando contenidos ruminales, se evidenció que la presencia de partículas del alimento aumenta la velocidad del proceso de biohidrogenación (Herrera et al. 2004). Notaron que el proceso de BH del ALi en el rumen ocurre por la adhesión del ALi a las partículas de alimento.

Legay-Carmier., Bauchart (1989) encontraron que en una dieta para vacas suplementada con aceite de soya, el 70% en masa de las bacterias eran BAS y, solamente un 7%, BAL; el restante 23% era de bacterias pobremente adheridas a la superficie o se transferían, de manera constante, desde las partículas al medio líquido ruminal.

Se puede concluir que después de la lipólisis y de la liberación de ácidos grasos, éstos se adhieren a las partículas sólidas de alimento y son hidrogenados de manera preferencial por las BAS, pudiéndose generar competencia entre las partículas y las bacterias .

### DESCRIPCIÓN DEL MECANISMO DE LA BIOHIDROGENACIÓN DE LOS ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS:

La lipólisis constituye un paso obligado antes de la BH y las bacterias son las principales responsables del proceso de BH, aunque los hongos y los protozoos pueden participar en la biohidrogenación (Harfoot., Hazlewood, 1997; Maia et al. 2007; Váradyová et al. 2008a; 2008b; Buccioni et al. 2012).

Sachan., Davis (1969) hallaron que la especie *Borrelia* B25 biohidrogenaba el ALi, pero no el ácido oléico (C18:1 cis-9, AOI). Registraron tres especies bacteriales implicadas en la biohidrogenación de los ácidos grasos insaturados, siendo estas *Ruminococcus albus*, *Eubacterium* spp y *Fusocillus* spp.

La especie *Fusocillus* biohidrogenó el AOI y ALi hasta ácido esteárico (C18:0) y el ALn hasta C18:1 cis-15. La especie *R. albus* y la de *Eubacterium* no biohidrogenaron el AOI, pero sí convirtieron el ALi y ALn en una mezcla de ácidos octadecenóicos, donde el ATV fue el isómero predominante

La identificación de los intermediarios producidos y de los diferentes microorganismos ruminales que participan en el proceso de BH ruminal, ha permitido establecer su mecanismo (Bauman et al. 1999; Lee., Jenkins, 2011; Buccioni et al. 2012). El proceso de BH involucra varios pasos bioquímicos, con velocidades, intermediarios y especies bacteriales características diferenciados (Bauman et al. 1999).

Para los pasos principales, dividieron las bacterias en dos grupos, considerando las reacciones químicas en que intervenían y los productos de la BH. El grupo A es el responsable de transformar el ALi hasta el ATV; por su parte, el grupo B transforma el ATV en C18:0. Para el ALn, la BH es más compleja e involucra los dos grupos de bacterias en todos los pasos. Ambos mecanismos presentan, como paso inicial, la isomerización del enlace cis-12, de lo cual, resulta la formación de un intermediario químico con un sistema conjugado con isomería geométrica cis-9, trans-11 (Harfoot.,Hazlewood, 1997; Buccioni et al. 2012).

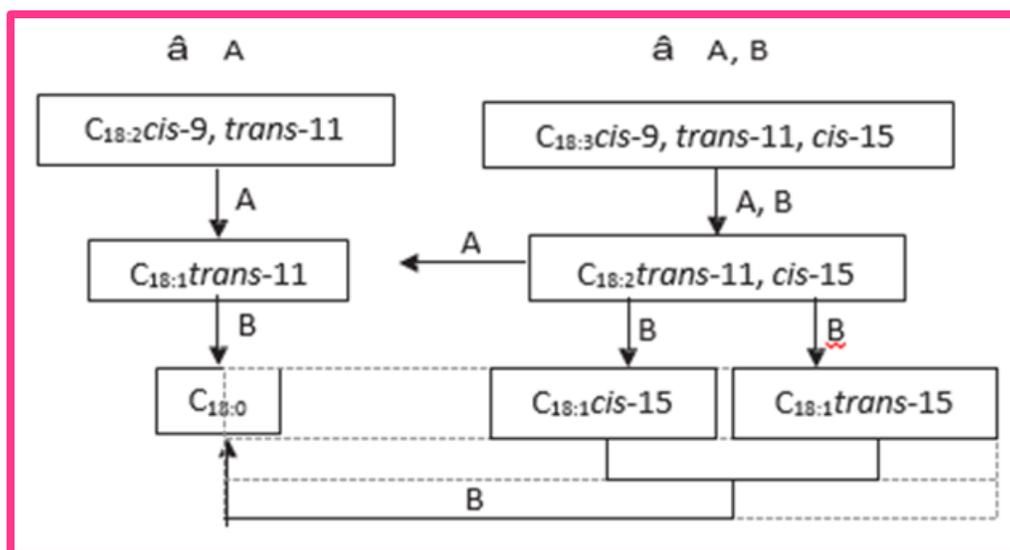


Figura 11. Rutas principales de la biohidrogenación del ácido linoléico y alfa-linolénico en el rumen, junto con los grupos de microorganismos implicados (Buccioni et al. 2012). Las letras A y B indican los dos grupos bacteriales implicados en el proceso.

Los mecanismos de isomerización mejor conocidos son los de las isomerasas producidas por *Butirivibrio fibrisolvens* (IBF), *Propionobacterium filicina* (IPF) y *P. acnes* (IPA). Se tiene conocimiento para el ALi, que la IPA transfiere un hidrógeno del carbono 11 con estereoquímica R al carbono 9, con la misma estereoquímica R.

Termodinámicamente, la isomerización de ALi en C18:2 trans-10, cis-12 es un proceso que demanda energía, por que se requiere la ruptura de un enlace C-H, como paso previo a la isomerización del doble enlace. Para la formación del intermediario alílico, se requiere, aproximadamente,  $+16,7\text{kJ}\cdot\text{M}^{-1}$ , haciendo de esta reacción, un proceso termodinámicamente irreversible. Aunque no se tiene claro cómo es suministrada esta energía para las IBF e IPF, para la IPA se sabe que la activación y la transferencia del hidrógeno de la posición 11, es mediada por el FAD. La energía libre de Gibbs ( $\Delta G_{rxn}$ ) a  $37^\circ\text{C}$ , para la isomerización del ALi ( $-4,856\text{ kcal/mol}$ ) y ALn ( $-754\text{ kcal/mol}$ ), a sus intermediarios conjugados, permite definir que dichos procesos se constituyen como termodinámicamente favorables, según los valores calculados en Colombia (Castillo et al., 2013).

El mecanismo de biosíntesis del ALC, se inicia con la abstracción del H del carbono 11 del ALi, formándose un radical termodinámicamente inestable, en el cual, se produce la translocación del doble enlace, de la posición 12 a la posición 11, con cambio de geometría cis a trans, con lo que se forma un radical, cuyo electrón desapareado se ubica en el carbono 13. A partir de marcación isotópica y mediante espectrometría de masas, se sugirió que los isómeros geométricos del ALC que presentaban insaturaciones en las posiciones 10 y 12, eran sintetizados por un mecanismo que difiere de la síntesis de los isómeros 9, 11. Finalmente, un átomo de hidrógeno es proporcionado por una molécula de agua al carbono 13, para producir ALC (Castillo et al., 2013).

El segundo paso en el proceso de BH es la reducción del enlace cis-9 del sistema conjugado, para producir el ATV a partir del ALi y el C18:2 trans-11, cis-15 a partir del ALn. Este paso involucra la adición de dos hidrógenos al enlace cis-9 del sistema dieno conjugado cis-9, trans-11, por la enzima cis-9, trans-11 octadecadienoato reductasa (EC 1.3.1.-), la cual, ha sido aislada y purificada de *B. fibrisolvens* (Hughes et al. 1982; Jenkins et al. 2008; Sterk et al. 2010).

La enzima es una glicoproteína con 10 moles de fucosa y 12 de galactosa por mol de enzima y que presenta  $\text{Fe}^{3+}$  coordinado, indispensable para su actividad enzimática y se encuentra involucrado directamente en el proceso de reducción (Harfoot., Hazlewood, 1997; Buccioni et al. 2012).

El segundo paso de la BH en el rumen, ha sido estudiado para la especie *B. fibrisolvens* (Rosenfeld., Tove, 1971; Lee., Jenkins, 2011). Yamazaki., Tove (1979) aislaron, a partir de *B. fibrisolvens*, un electrodonor para la BH del enlace *cis*-9, que fue identificado como alfa-tocoferolquinol (TQH2) (Hughes., Tove, 1980a). Los mismos autores (1980b), sugirieron que dos moléculas de TQH2 fueron oxidadas a dos semiquinonas (TQH), aportando así cada una, un electrón para la reducción del enlace *cis* del sistema conjugado (Castillo et al., 2013).

Estudios *in vitro* usando ALi marcado mostraron que la isomerización del enlace *cis*-12 involucra la rápida BH del ALC hasta ATV. La BH del ATV (tercer paso de la BH) ocurre más lentamente y, por lo tanto, se acumula y puede aumentar su disponibilidad para su absorción (Singh., Hawke, 1979; Moate et al. 2008; Buccioni et al. 2012).

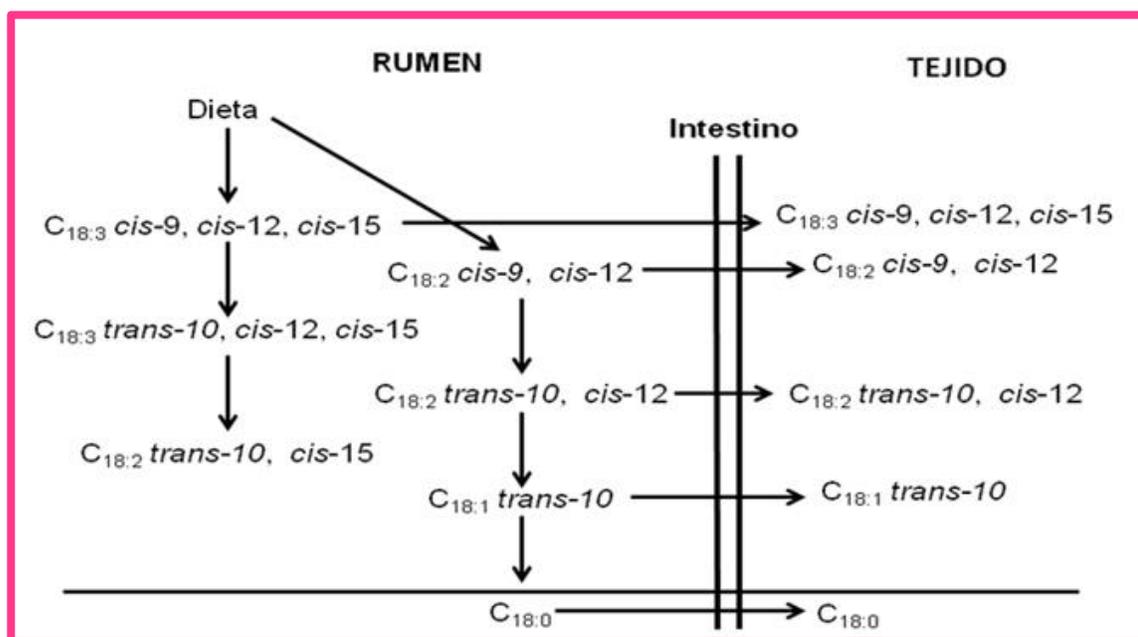


Figura 12. Biohidrogenación de ácidos grasos insaturados en el rumen, a pH bajo (adaptado de Buccioni et al. 2012).

### **SÍNTESIS MICROBIANA DE ÁCIDOS GRASOS.**

Los microorganismos ruminales tienen la capacidad de realizar la síntesis de ácidos grasos saturados, principalmente ácido esteárico y palmítico; así como de monoinsaturados; donde, los más representativos son los ácidos palmitoléico y oleico. Este proceso es conocido como síntesis de novo y es considerado como un aporte lipídico endógeno. Los ácidos grasos poliinsaturados no son sintetizados por los microorganismos ruminales, éstos provienen de la dieta básicamente (Lehninger., 1995; Aro et al., 1998).

### **DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN INTESTINAL.**

La digestión de los ácidos grasos en el duodeno, se inicia con su disociación a partir de las partículas del alimento por medio de la acción detergente de las sales biliares, en un medio relativamente ácido. En ausencia de la formación de monoglicéridos, la lisolecitina y el ácido oléico funcionan como sustancias anfipáticas que causan la formación de micelas solubles. Por otra parte, se ha observado que la actividad lipolítica de la lipasa pancreática es suficiente, y no constituye un factor limitante en la digestión de triglicéridos que escapan del rumen (Aro et al., 1998; Byers., 1993).

Conforme aumenta el pH en el trayecto intestinal proximal; la actividad de la lipasa y fosfolipasa pancreática aumenta, el contenido de ácido oleico y lisolecitina mejoran aun el proceso de micelización y absorción de los AG, aunque se ha observado que existe absorción de AG en el rumen, su importancia fisiológica en comparación con el grado de absorción que ocurre en el yeyuno, es muy limitada.

A este respecto se ha identificado a la región intermedia y distal del yeyuno como el principal sitio de absorción de lípidos (Aro et al., 1998; Byers., 1993).

### **TRANSPORTE SÉRICOS DE LÍPIDOS EN EL RUMIANTE.**

A nivel intestinal, una vez realizada la absorción de las micelas. Los AG de más de 14 carbonos son re-esterificados, por la vía del glicerofosfato, siendo la glucosa el precursor del glicerol; dando origen a los triglicéridos (TG), iniciando su transporte en pequeñas cantidades de mono y di glicéridos, además de fosfolípidos y colesterol uniéndose a las lipoproteínas, saliendo por la base y lados de la célula intestinal hacia la lámina propia, conductos linfáticos y finalmente hacia los vasos sanguíneos portales (Chow., 2000; Byers., 1993). Por su parte los AG inferiores a esta longitud, entran directamente al torrente sanguíneo y son transportados en forma libre hacia el músculo, tejido adiposo y/o glándula mamaria (Byers., 1993).

Estos elementos en el torrente sanguíneo son transportados en asociación con proteínas, debido a su baja solubilidad, formándose complejos denominados lipoproteínas; Las cuales de acuerdo a su densidad, se dividen en 5 clases: quilomicrones, lipoproteínas de muy baja, intermedia, baja y alta densidad, siendo también conocidas como VLDL, IDL, LDL y HDL por su siglas en inglés, respectivamente (Aro et al., 1998).

Los quilomicrones transportan AG libres; siendo sintetizados en el intestino, aumentan su concentración cuando la dietas es rica en AG poliinsaturados y disminuyen con la presencia de grasas saturadas. Por su parte, las lipoproteínas VLDL son las principales transportadoras de lípidos hacia hígado, tejido adiposo y glándula mamaria en los rumiantes a pesar de su baja concentración (Aro et al., 1998).

Por otra parte, las lipoproteínas conocidas como IDL, se generan a partir de la lipólisis de las VLDL, como producto intermedio en la formación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL). Estas últimas están directamente implicadas en la distribución del colesterol a los tejidos; incluyendo a la glándula mamaria (Aro et al., 1998). Por su parte, las lipoproteínas de alta densidad (HDL) se encuentran en mayor proporción que las anteriores, son sintetizadas y secretadas por el hígado e intestino encargándose de incorporar el exceso de colesterol circulante hacia el hígado, para su excreción biliar y subsecuente síntesis de VLDL (Aro et al., 1998).

### LIPOPROTEINAS EN LA SÍNTESIS LÁCTEA

Aunque existen informes contradictorios sobre la síntesis de grasa de la leche realizados en diferentes tipos de animales y con diferentes dietas, parece ser que los quilomicrones y las VLDL son los principales agentes transportadores de los AG; aproximadamente un 50% de éstos son sintetizados de novo en la glándula mamaria y de ellos la sexta parte es a partir de beta-hidroxibutirato, siendo la mayoría a partir de acetato (Byers., 1993).

Así mismo, se considera que aproximadamente el 44% de los AG de origen dietario, principalmente palmítico (C:16) y esteárico (C:18) se obtienen a partir de los triglicéridos de la sangre por medio de la lipoprotein-lipasa, siendo desaturados en la glándula mamaria (Figura 7). Por otra parte, se ha señalado que una dieta rica en grasas poliinsaturadas disminuye la síntesis de novo en la glándula mamaria de AG de cadena corta (C4-C14), ocasionando un aumento en la actividad de la lipoprotein-lipasa, lo que aumentará la captación de AG de cadena larga (Castro., 2002; Aro et al., 1998; Byers., 1993).

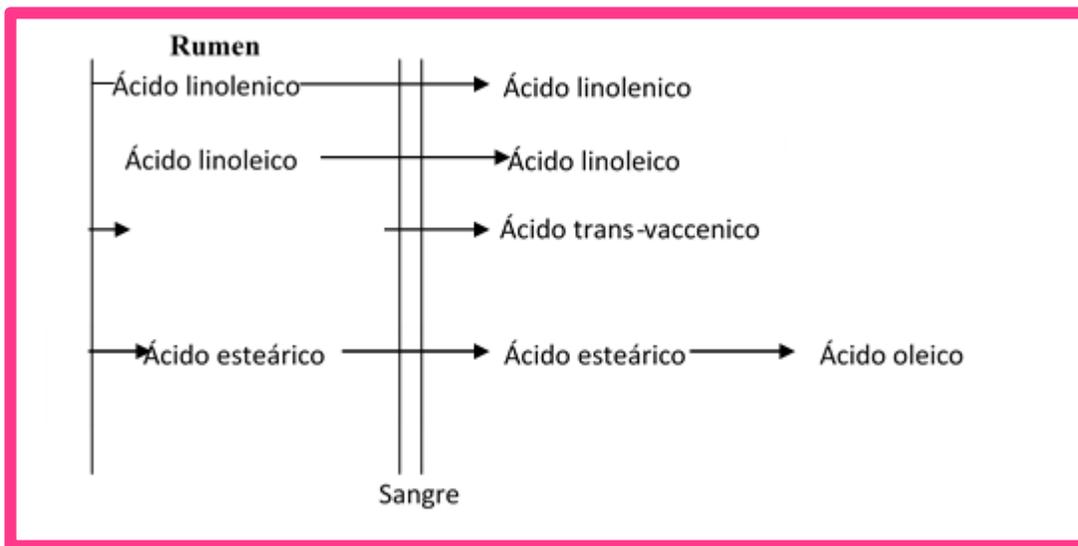


Figura 13. Desaturación de ácidos grasos en la glándula mamaria. Fuente: Chilliard, 1993.

Aunque podría parecer que puede aumentarse la grasa de la leche con el simple consumo de una mayor cantidad de grasa. La captación de grasa por la glándula mamaria inhibe la síntesis de novo, impidiendo de forma efectiva cualquier incremento en la grasa total de la leche. Probablemente la única excepción suceda cuando se consume grasa protegida que eleva los contenidos de VLDL en plasma lo suficiente para exceder la retroalimentación negativa de grasas de cadena larga para la síntesis de grasa mamaria. En este caso suele aumentar la grasa total de la leche. (Chilliard et al., 2003).

### COLESTEROL

El colesterol pertenece al grupo esteroide de las grasas, es una molécula de 27 carbonos que estructuralmente es un núcleo derivado del ciclopentanoperhidrofenantreno (Guevara., 1994).

Puede ser de origen exógeno principalmente de los fosfolípidos de las plantas o endógeno. El colesterol es sintetizado por el mismo organismo principalmente en el hígado, aunque se sabe que otros tejidos como intestino, piel, corteza adrenal y pared arterial entre otros, también participan en éste proceso. Es un componente esencial de las membranas celulares, precursor de la vitamina D, de los ácidos biliares, de adrenocorticoides y de algunas hormonas como los andrógenos, estrógenos, etc. El 75% es transportado en la sangre a través de lipoproteínas de las cuales las LDL son las que llevan a cabo esta acción en mayor proporción; las HDL eliminan el colesterol de las paredes arteriales, devolviéndolo al hígado donde es degradado por los hepatocitos siendo utilizado para la síntesis de ácidos biliares, también puede ser transformado a ésteres de colesterol por medio de la LCAT (lecitina colesterol acil transferasa) para volver a sintetizar lipoproteínas (Guevara., 1994).

La dieta influirá en el contenido de colesterol en leche debido al balance energético en el que se encuentren los animales. Es decir, si un rumiante se encuentra en balance energético negativo debido a un deficiente aporte nutricional, iniciará la movilización de lípidos almacenados, causando elevación en sangre y leche, tanto de AG como del colesterol (Guevara., 1994).

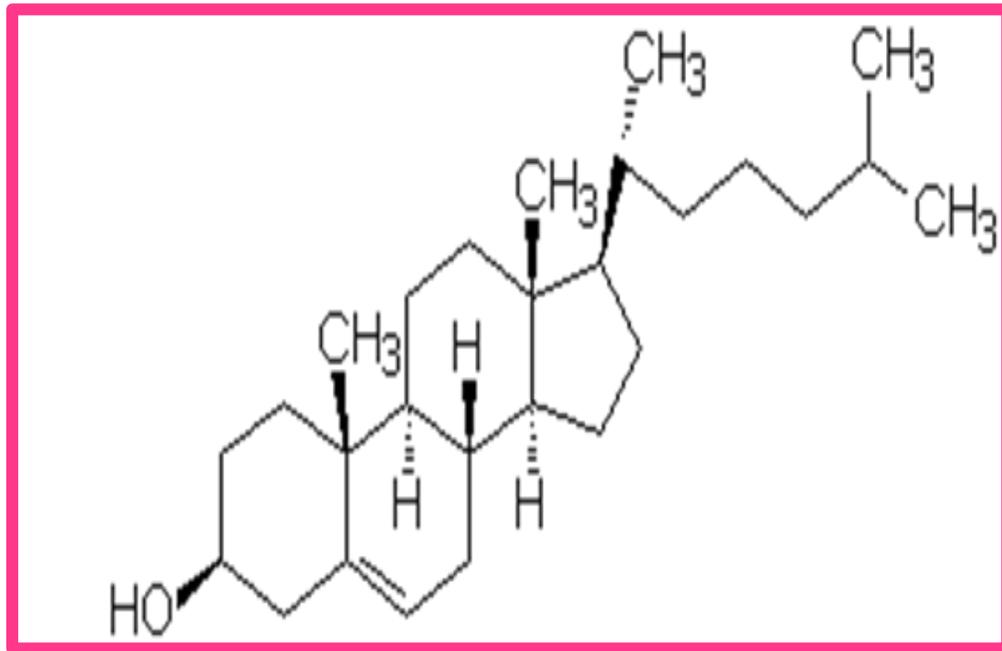


Figura 14. Estructura del colesterol. Fuente: Guevara., 1994.

## 🐝 SÍNTESIS

La síntesis de colesterol se realiza en el citosol celular, aunque algunas enzimas se encuentran en el retículo endoplásmico. La manera más sencilla de entender éste proceso es separándolo en dos estadios esquematizándose en la Figura 9 (Guevara., 1994).

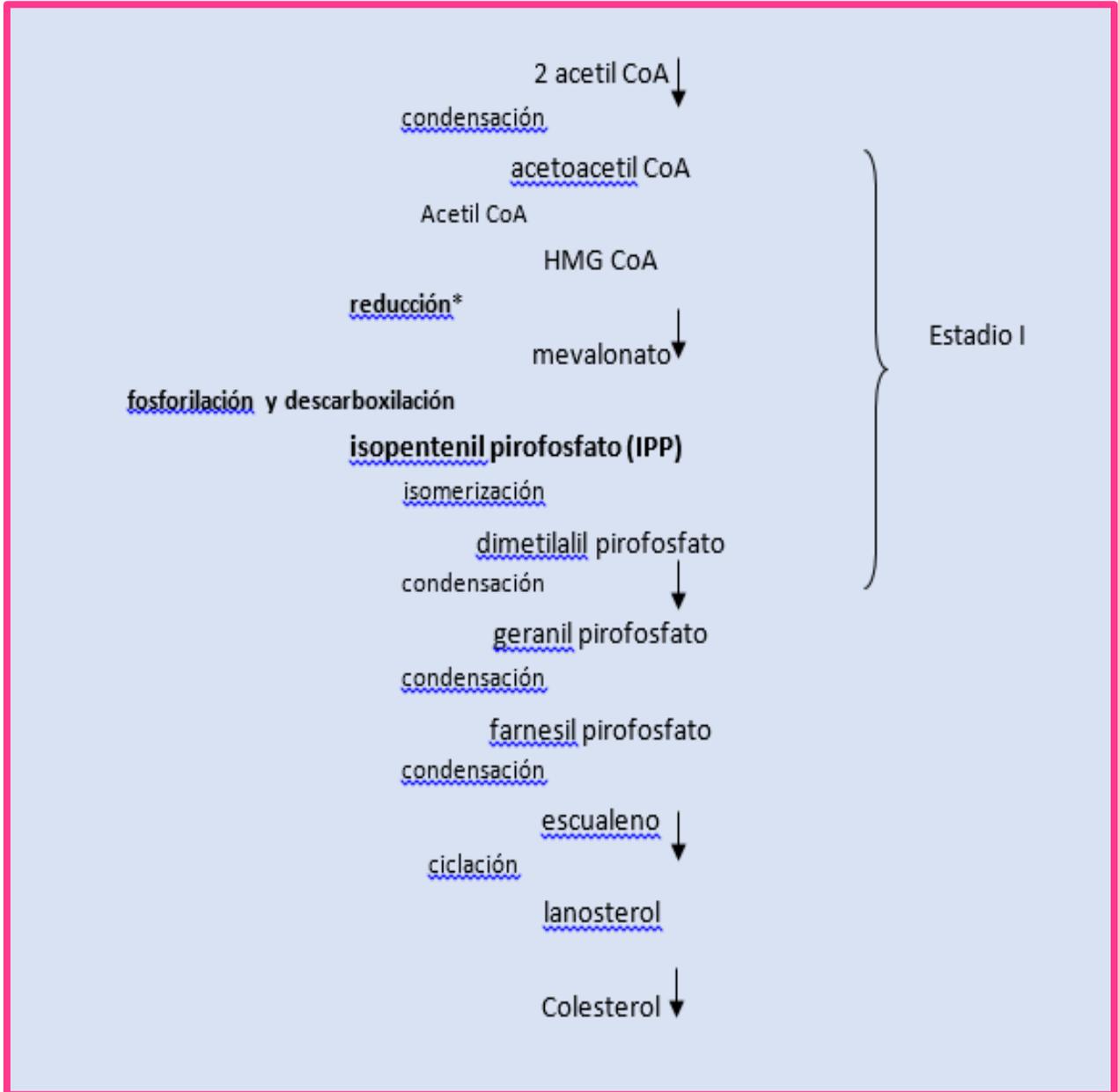


Figura 14. Síntesis de colesterol. Fuente: Guevara., 1994.

Los ácidos grasos no saturados producidos por hidrólisis de los lípidos, son saturados por los microorganismos rúminales, mediante biohidrogenación (BH), proceso que requiere H<sub>2</sub> (Jin et al., 2008). Una manipulación de la fermentación podría incrementar el ácido linoleico conjugado (ALC) (Newbold et al., 2005). La remoción de ALC depende de la BH, quizás sería posible disminuirla, proveyendo receptores de electrones, las bacterias lácticas pueden proveer estos electrones, disminuyendo la BH (Galina et al., 2014).

Los tejidos de los rumiantes contienen cantidades relativamente grandes de ácidos grasos insaturados como resultado de la fermentación ruminal y su posterior absorción y depósito, estos almacenes pueden ser modificados para que exista aun mayor cantidad de estos ácidos grasos insaturados si se protegen de la BH .

Los AGS son aquellos AG que en su estructura química sólo poseen enlaces simples. Los AGS más comunes en la dieta son los de 14, 16 y 18 átomos de carbono, excepto en el caso de la leche y el aceite de coco en que encontramos AGS que tienen entre 4 y 12 átomos de carbono. Dada su estructura los AGS son sustancias extremadamente estables desde el punto de vista químico.

	Esqueleto carbonado	Estructura*	Nombre sistemático†	Nombre común (etimología)	Punto de fusión (°C)
<b>SATURADOS</b>	12:0	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> COOH	Ácido <i>n</i> -dodecanoico	Ácido láurico (del latín <i>laurus</i> , laurel)	44,2
	14:0	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>12</sub> COOH	Ácido <i>n</i> -tetradecanoico	Ácido mirístico (del latín <i>Myristica</i> , género de la nuez moscada)	53,9
	16:0	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> COOH	Ácido <i>n</i> -hexadecanoico	Ácido palmítico (del griego <i>palma</i> , palmera)	63,1
	18:0	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> COOH	Ácido <i>n</i> -octadecanoico	Ácido esteárico (del griego, <i>stear</i> , grasa dura)	69,6
	20:0	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>18</sub> COOH	Ácido <i>n</i> -icosanoico	Ácido araquídico (del latín <i>Arachis</i> , género de legumbre)	76,5
	24:0	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>22</sub> COOH	Ácido <i>n</i> -tetracosanoico	Ácido lignocérico	86,0

*Lehninger Principles of Biochemistry. 5e. Freeman 2009*

 EMPLEO DE PROBIÓTICOS EN LOS ANIMALES.

**INTRODUCCIÓN.**

En la producción animal se persigue siempre conseguir una buena situación sanitaria y un buen rendimiento en carne para obtener resultados económicos rentables. Se sabe que hay una relación directa entre el funcionamiento del tracto intestinal y la tasa de crecimiento, índice de conversión y diversas enfermedades. Para evitar las enfermedades, se somete a los animales a tratamientos de antibióticos o quimio-terapéuticos, capaces de eliminar no solo a los elementos patógenos sino también a la flora bacteriana necesaria para el buen funcionamiento del aparato digestivo (Lozano J.A., 2002).

La solución más adecuada para asegurar el rendimiento de la alimentación, con la consecuente ganancia de peso y aumento de la inmunología natural del animal, es la prevención de las variaciones de la flora, asegurando la presencia de un número suficiente de bacterias beneficiosas capaces de dominar el medio e inhibir el desarrollo de los patógenos (Carcelén. F. et al, 2005). Fue con un trabajo de Metchnikoff datado en 1908, cuando se relataron las facetas benefactoras de los lactobacilos, para posteriormente, en 1974, proponer el término de "probióticos" en contraposición al de antibióticos, ya que la primera acepción hace referencia a los efectos favorables de la vida.

 QUE SON LOS PROBIÓTICOS.

Los probióticos son microorganismos vivos (amistosos o beneficiosos) en una preparación o producto definidos viables (como las bacterias lácticas y las bifidobacterias) en diferentes formas, los cuales contienen cultivos de productos de su metabolismo que si se consumen regularmente en cantidades suficientes, pueden modificar el equilibrio bacteriano en el intestino, la microflora de la cavidad oral, vagina y piel (por implantación o colonización) en un compartimiento del huésped y tienen efectos beneficiosos para la salud, disminuyen en algunos casos la presencia de bacterias patógenas, estos pueden añadirse a los alimentos, la composición es a base de bacterias Gram (+) y (-), levaduras u hongos, como yogures y otros productos lácteos fermentados, o tomarse como suplementos (María A. Brizuela; Castro, 2002; Campo, 200)

<b>Género <i>Lactobacillus</i></b>	<b>Género <i>Saccharomyces</i></b>	<b>Género <i>Leuconostoc</i></b>
Lb. johnsonii Lb. acidophilus Lb. kefirgranum Lb. helvetius Lb. delbrueckii sp. Bulgaricus	S. cerevisiae S. unisporus	Ln. latis Ln. mesentroides sp. Mesentroides Ln. mesentroides sp. Cremoris Ln. mesentroides sp. dextranicum
Lb. kefiranofaciens	<b>Género <i>Kluyveromyces</i></b>	<b>Otros géneros</b>
Lb. casei Lb. rhamnosus Lb. zeae	K. marxianus sp. Marxianus K. marxianus sp. lactis	Candida kefir Torulaspora delbrueckii Geotrichum candidum Link
Lb. plantarum Lb. brevis Lb. buchneri Lb. fermentum Lb. kefir Lb. parakefir	<b>Género <i>Lactococcus</i></b> L. lactis sp. Lactis L. lactis sp. Cremoris L. lactis sp. Lactis biovar diacetylactis	<b>Otras bacterias</b> Streptococcus thermophilus

Figura 15: Tipos de probióticos. Fuente: Castro, 2002.

#### CRITERIO DE UN PROBIÓTICO

Un probiótico debe reunir las siguientes características:

- ♣ Las cepas utilizadas en los probióticos deben tener una historia de no ser patógenas, especialmente para personas con inmunocompromiso, no ir asociadas con enfermedades como endocarditis infecciosa y/o trastornos gastrointestinales.
- ♣ No ser sensible a las enzimas proteolíticas.
- ♣ Ser capaces de sobrevivir el tránsito gástrico.
- ♣ Deben ser estables frente a ácidos y bilis, y no conjugarse con las sales biliares. • Tener capacidad para adherirse a las superficies epiteliales.
- ♣ Sobrevivir en el ecosistema intestinal.
- ♣ Ser capaces de producir componentes antimicrobianos.

- ♣ Deben permanecer vivas y estables durante su empleo.
- ♣ Deben tener un mecanismo específico de adhesión al intestino humano.
- ♣ Deben ser capaces de un crecimiento rápido en las condiciones del ciego.
- ♣ Deben ser capaces de inmunoestimulación pero sin efectos proinflamatorios.

Los probióticos pueden también funcionar sintetizando ciertos compuestos o produciendo subproductos metabólicos que pueden tener una acción protectora o inducir efectos positivos (Pino A, Dihigo L. E. 2007).

### ♣ MECANISMO DE ACCIÓN.

Los Aditivos o probióticos son sustancias o compuestos usados en la formulación de alimentos para animales, con el objeto de:

- ♣ Complementar las necesidades nutricionales para mejorar la producción animal, en particular afectando la flora gastrointestinal o mejorando digestibilidad de otros ingredientes.
- ♣ Afectan favorablemente las características de los ingredientes de la dieta.
- ♣ Previenen o reducen el efecto dañino causado por la excreción de los animales mejorando el medio ambiente.
- ♣ Crear condiciones favorables en el intestino delgado bajo el control o modulación de la población bacteriana de los animales para mejorar la digestión de los alimentos.
- ♣ Mejoran el olor, sabor y la preservación de los alimentos para personas y animales (Santamaría, L., 2004).
- ♣ También ayudan a mantener bajo control a organismos potencialmente dañinos en los intestinos (bacterias dañinas y levaduras).
- ♣ Actúan colonizando el intestino delgado y desplazando los organismos causantes de enfermedades, por lo cual restauran el equilibrio adecuado de la flora intestinal.
- ♣ Compiten con los organismos dañinos por los nutrientes y también pueden producir sustancias que inhiben el crecimiento de organismos dañinos en el intestino.
- ♣ Estimulan el sistema inmunológico del cuerpo; también pueden ayudar a combatir varias enfermedades gas-trointestinales (Santamaría .L. 2004)

### ♣ COMO FUNCIONAN LOS PROBIÓTICOS.

¿Cuáles son las bases de los efectos beneficiosos de los probióticos sobre nuestra salud?

- ❶ Consiguen la fermentación de alimentos, que serían indigestibles de otro modo, consiguiendo la obtención de metabolitos beneficiosos a partir de ellos.
- ❷ Mejoran el proceso normal de la digestión, incrementando la absorción de minerales (entre ellos el calcio, lo que es interesante para evitar la osteoporosis), la producción de vitaminas (sobre todo las de tipo B, como nia-cina, ácido fólico, biotina y vitamina B6), y la recuperación de componentes valiosos (como los ácidos grasos de cadena corta).
- ❸ Lucha protectora ecológica contra bacterias, hongos y virus patógenos, impidiendo que colonicen nuestro tracto gastrointestinal (como sucede con la bacteria *Helicobacter Pylori* causante de úlceras y cánceres gástri-cos).
- ❹ Regularización del sistema digestivo, reduciendo procesos inflamatorios, producción de gases intestinales, etcétera.
- ❺ Papel inmunomodulador, mejorando la actuación de nuestro sistema inmunológico.
- ❻ Intolerancia a la lactasa, el azúcar de la leche, que afecta a una mayoría de poblaciones, como las bacterias presentes en el yogur poseen la enzima lactasa, de la que son deficientes los enfermos, éstos pueden resolver el problema y volver a ingerir productos lácteos, sin molestias, siempre que los acompañen con el consumo de yogures ricos en tales bacterias.
- ❼ Ingerido por el animal y debido a su alta concentración, los microorganismos contenidos en los probióticos se ocupan de colonizar el intestino creando el ambiente necesario de flora útil y homogénea, estas bacterias son fundamentalmente productoras de ácido láctico, garantizando en el intestino un pH suficientemente bajo, en el cuál los patógenos (coliformes, salmonellas, estófilos y Gram negativos en general) no tienen capacidad de desarrollarse.
- ❽ Por la competencia biológica y por la capacidad de acidificar el medio, las bacterias presentes en el probióti-co, primero desalojan y luego impiden una nueva implantación de patógenos (Drisko J.A. et al, 2003).

La presencia masiva de cualquiera de estos patógenos tiene como efectos perniciosos los siguientes:

- ☛ Aumentan el pH del intestino y generan el "tránsito acelerado" de los alimentos, con lo cual los mismos son evacuados sin estar totalmente absorbidos sus nutrientes. Así se pierde rendimiento del alimento formulado y además se debilita la capacidad inmunológica del animal carente de nutrientes suficientes. El animal se vuelve susceptible a la aparición de enfermedades pulmonares.
- ☛ El "tránsito acelerado" que en principio es difícil de observar porque solo se manifiesta en un incremento de peso no optimizado, deriva finalmente, cuando los patógenos son masivos en diarreas que deben ser frenadas con el uso de antibióticos. Estos antibióticos que eliminan la flora intestinal, sin discriminar la beneficiosa y necesaria de la patógena, provocan un debilitamiento general del animal por los mismos motivos expuestos y esta caída es difícil de levantar sobre todo si hay otros enfermos próximos que provocan la repetición del ciclo

## VENTAJAS DE USAR PROBIÓTICOS

### BENEFICIOS

Los científicos creen que existen más de cuatro millones de especies bacterianas diferentes, de las que, hasta ahora, se han identificado unas cuatro mil. Muchas de ellas son patógenas, originadoras de enfermedades, por lo que es muy útil contar con medios para controlarlas o combatir las. Uno de los medios más eficaces es la lucha ecológica que contra ellas puede realizar nuestra propia flora intestinal (Drisko J.A. et al, 2003).

De entre los centenares de especies que contamos para ello son tres nuestras principales guardianas:

- ☛ Las *Lactobacillus acidophilus*, que fermentan los azúcares hasta ácido láctico, acidificando el medio, siendo capaces de vivir en medios relativamente ácidos. Serían los eficaces guardianes de nuestro intestino delgado.
- ☛ Las Bifidobacterias, que de modo aun más eficaz que las anteriores producen diversas vitaminas B siendo unas magníficas protectoras de nuestro intestino grueso.
- ☛ Las *Lactobacillus bulgaricum* suelen ser bacterias viajeras transitorias que ayudan a las anteriores durante su tránsito por nuestro sistema gastrointestinal.

- ☛ Por todo lo expuesto, se consiguen entre otros los siguientes beneficios con la administración constante del producto:
- ☛ Prevención de las diarreas por inhibición de la flora causante y la consiguiente disminución de la mortalidad que estas diarreas provocan en animales de corta edad.
- ☛ Prevención de las enfermedades en general y principalmente pulmonares, anorexias, entre otras, ligadas al estado sanitario deficiente del animal con tránsito intestinal acelerado o que ha padecido diarreas.
- ☛ Mejor absorción de los nutrientes de los formulados alimenticios con el consiguiente aumento del índice de conversión y su significado económico en ganancia de peso.
- ☛ Control higiénico ambiental de las naves de producción, esto se debe a que al ser las heces provenientes de intestinos no contaminados, se evita el reciclado permanente de bacterias nocivas entre animales. Además, al realizarse correctas fermentaciones intestinales, se logra homogeneizar y mejorar la textura y olor de las heces siendo estas aptas como fertilizantes.
- ☛ Al mejorar la resistencia inmunológica del animal, se disminuye la utilización abusiva de antibióticos, su costo y dificultad de administración.
- ☛ Particularmente en el tratamiento de aves ponedoras, se evita la transmisión de salmonelosis a través de los huevos.
- ☛ También en aves ponedoras se verifica rápidamente un engrosamiento en la pared de los huevos contra su espesor habitual, debido al incremento de calcificación del animal mejor nutrido.
- ☛ Los probióticos ayudan en el proceso de la digestión, porque contienen enzimas (p.ej. lactasa) que ayudan a digerir la comida.
- ☛ Las bacterias probióticas frenan el crecimiento de organismos patógenos en el tracto gastro-intestinal, luchan por los alimentos disponibles y el espacio disponible y segregan entonces sustancias como ácido láctico y otros ácidos orgánicos, y sustancias que funcionan como antibióticos, que se conocen por el nombre bacteriocinas, de esta manera se crea un medio en el que los elementos patógenos se encuentran a gusto y no pueden crecer. Las investigaciones realizadas demuestran el funcionamiento antagónico de los probióticos y los microbios patógenos, y la capacidad para curar infecciones intestinales, causadas por estos organismos nocivos.
- ☛ La flora probiótica en el intestino delgado tiene un efecto fuerte sobre el sistema inmunitario al reforzar la respuesta inmunológica, tanto la celular como la humoral, estas bacterias probióticas aumentan el número de glóbulos blancos circulantes, estimulan la fagocitosis, aumentan los niveles de anticuerpos específicamente antígenos, y regulan la producción de los citocinas como gamma-interferona.

- ♣ Las bacterias probióticas convierten el colesterol en una forma menos absorbible, por lo cual la absorción del colesterol en el tracto gastrointestinal disminuye y el nivel de colesterol en el suero baja.
- ♣ Muchas enzimas en el cuerpo necesitan para su funcionamiento B-vitaminas como co-enzima, las Bífido bacterias probióticas pueden producir un número de estas vitaminas, entre otras, las vitaminas B1, B6, B12, el ácido fólico, la biotina y diferentes aminoácidos, también la vitamina K puede ser producida en el intestino, además, las bacterias *Lactobacillus acidophilus* probióticas frenan algunas otras bacterias que son responsables de la desintegración de la vitamina B1.
- ♣ Se ha comprobado que el intestino de los animales nacidos de madres tratadas con probióticos están libres de patógenos, lo que optimiza la capacidad de sobre vida en las primeras 72 horas de vida.

#### 🌸 VENTAJAS PARA LOS RUMIANTES.

- ♣ Estimulación del crecimiento de microorganismos benéficos en el rumen (bacterias anaeróbicas, celulolíticas, utilizadores del ácido láctico).
- ♣ Se requieren células de levadura metabólicamente activas para estimulación del rumen.
- ♣ Influencia sobre el metabolismo del ácido láctico.
  - ❖ bacterias que digieren la fibra producen ácido acético (ácido débil)
  - ❖ bacterias que consumen el lactato remueven el ácido láctico (ácido fuerte)
  - ❖ A consecuencia, el pH se estabiliza y mejora la digestión.
- ♣ La estimulación de la actividad ruminal aumenta el consumo de alimento y agua y mejora el rendimiento del animal.
- ♣ Estimulación de la síntesis proteica (ganado leche o carne) aumento del flujo de proteína microbiana del rumen (conversión más eficiente del N del NH<sub>3</sub> hacia proteína bacteriana).
- ♣ En el vacuno de alta producción al comienzo de la lactación su empleo activa la digestión ruminal, con repercusiones positivas en el apetito, en la eficiencia alimenticia, en la producción de leche y en las tasas butirométricas y proteicas, además aumentan la actividad celulolítica de las bacterias ruminales y ciertos minerales u oligoelementos pueden operar como probióticos en el metabolismo ruminal.
- ♣ El ácido fítico de los cereales (trigo), se transforma en fósforo asimilable por la acción de determinados pro-bióticos, la digestibilidad se incrementa, potenciando la actividad de la flora ruminal, en una mejor digestión de la

celulosa, así como favorecen el desarrollo de las bacterias productivas de gas metano, con fines neta-mente productivos (María Teresa de Jesús García Lara, 1997).

## 🌿 TIPOS DE PROBIÓTICOS.

- 🌿 **BIOMIN ® Poultry5star.** El simbiótico para la vida: que contiene microorganismos de alimentación directa que están presentes en la naturaleza, es multi-cepa, los cuales están clasificados y categorizados como sanos, estas cepas probióticas de BIOMIN son utilizadas para pollitos de un día, que están desprovistos de bacterias benéficas en el TGI, lo que incrementa el riesgo de invasiones patógenos, se aplica los tres primeros días de nacido, en el agua de bebida a razón de 20 g/1000 aves/día, también se usa después de una terapia de antibióticos y durante fases de estrés(González. S., 2007).
- 🌿 **El yogur** que contiene *Lactobacillus acidophylus* y otras dos clases de bacterias beneficiosas que son: el *Lac-tobacillus bulgaricus* y el *Streptococcus thermophilus*, que ayudan en la digestión de los carbohidratos de la leche, propiedad deseada para aquellas personas que sufren de intolerancia a la proteína de la leche (lactosa).
- 🌿 **HYDROYEAST** es una mezcla de levadura activa y viva, incrementa el conteo de bacterias totales en el ru-men con enzimas y Probióticos, diseñada para raciones de bovinos, con el propósito de mejorar la eficiencia del alimento y la calidad del animal.
- 🌿 **Tri-Start** es un probióticos de consumo directo que ayudará a estimular la ingestión de alimento y lograr que su inversión regrese a los niveles más altos de producción.
- 🌿 **Tri- Start jr.** Este de probióticos de consumo directo, está fabricado en bolos y puede darse tanto a terneros de razas lecheras como de carne.
- 🌿 **Tri- MicWD** aseguran que el ternero reciba el más alto nivel de microbios vivos, viables necesarios para la vida. Para usar diariamente o en momentos de estrés.
- 🌿 **Tri-Mic 1:50** usa métodos patentados de estabilización y empaque para asegurar microbios vivos, viables y de acción rápida para un máximo desempeño. Contiene la más alta concentración de bacterias específicas del rumen y está formulado para la aplicación a la totalidad del hato, bien sobre el alimento o como parte de su ración total mezclada (TMR).

- ❁ **Biomate Yeast Plus** Levadura viva estabilizada, altamente concentrada y práctica de usar, es fuente de vitaminas B, proteínas y otros nutrientes esenciales, estimula la microflora del rumen, la fermentación ruminal y la palatabilidad, ayuda en la digestión de la fibra, mejora la eficiencia alimenticia y maximiza el desempeño animal.
  
- ❁ **Biomax 5** Es un inoculante bacteriano diseñado específicamente para incrementar la estabilidad aeróbica de ensilajes con alto contenido de carbohidratos solubles, alarga la vida útil y mantiene el valor del ensilaje, controla y dirige la fermentación, produce un alto nivel de ácido láctico, inhibe el crecimiento de hongos y levaduras (ensilaje más estable), mayor vida en el comedero, mejor palatabilidad y mayor consumo, mayor conservación de nutrientes, menor descomposición en la cara del silo, menor desperdicio de ensilaje. Disminuye rápidamente el pH del ensilaje, probado en amplia gama de híbridos, manejos y condiciones de almacena-miento.
  
- ❁ **Bio-Sile Seco** Inoculante para ensilaje, proporciona una óptima cantidad de bacterias ácido-lácticas vivas y homofermentativas que aceleran el proceso de preservación, minimizan la pérdida de nutrientes y ayudan a producir forraje de alta calidad.
  
- ❁ **Probios.** Se recomienda usar Probios para:
  - ❖ Proporcionar una fuente de microorganismos vivos naturalmente presentes en el rumen.
  - ❖ Mantener un balance microbiano saludable en el tracto digestivo.
  - ❖ Proveer microorganismos deseables a las beceras recién nacidas.
  - ❖ Como parte de un programa de mantenimiento de la salud que muestra resultados positivos en producción de leche, proteína y grasa en la leche, consumo de alimento, ganancia de peso, eficiencia alimenticia, diarrea, desarrollo y función del rumen y morbilidad.

Por otro lado los probióticos lácticos (LAB) han sido utilizados en la alimentación de los rumiantes, por su habilidad para degradar la fibra, el bloqueo de la biohidrogenación, la no producción de metano y la formación de proteína bacteriana (Galina et al., 2013).

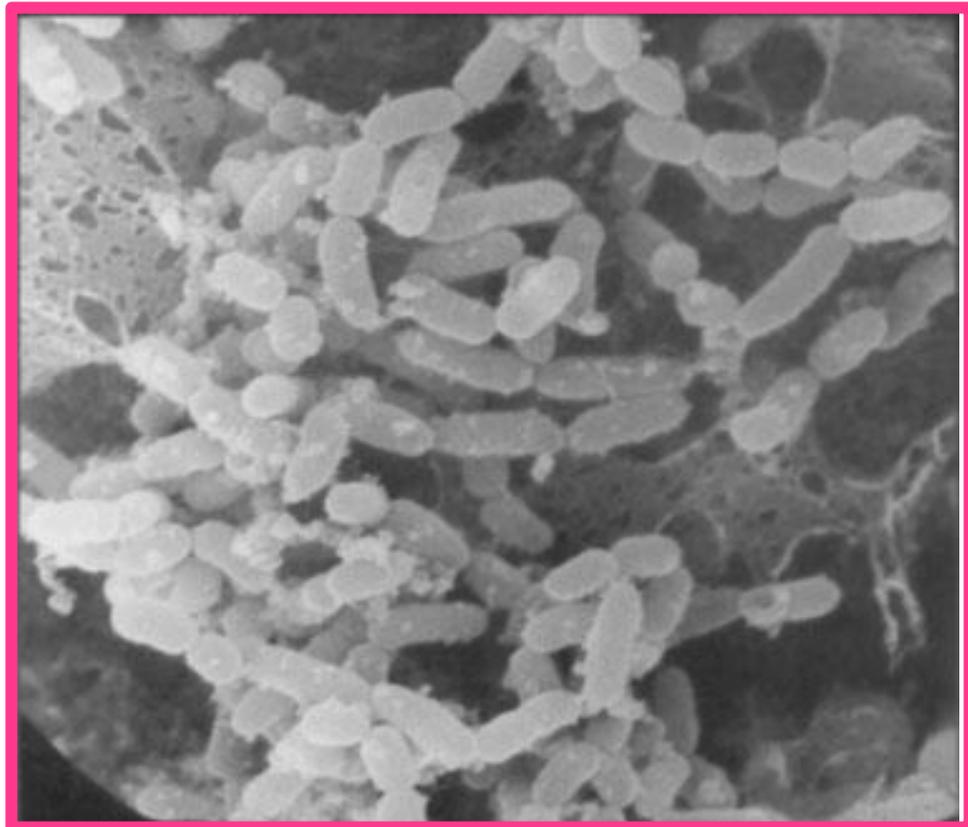
Particularmente si se toma en consideración el perfil de AGNS del producto, debido a la disminución de la biohidrogenación de los AGNS en el rumen, fenómeno mediante el cual la microflora los transforma en AGS, (Galina et al., 2013).

En los rumiantes, los microorganismos, sirven para digerir la mayoría de los nutrientes, los cuales después son absorbidos en el intestino (Newbold et al., 2005). Por ello se han desarrollado diferentes sistemas biotecnológicos para manipular las actividades microbiológicas de fermentación de los bovinos (Newbold et al., 2005).

Los AGNS que se producen durante la hidrólisis de los lípidos de la dieta, son saturados por los microorganismos, mediante biohidrogenación (BH), proceso que requiere de H<sub>2</sub> (Jin et al., 2008). El mayor intermediario para la BH son los ácidos grasos polinsaturados (AGPI), metabolizados por las bacterias ruminales en ácido linoleico (AL, C 18:2) y ácido trans-vaccénico (trans 11 C18:1 TVA). El ALC se deriva del ácido linoleico (C 18:2) y el ácido  $\alpha$  linoleico (C 18:3). Una manipulación recomendable de la fermentación ruminal podría incrementar las principales formas de ALC – ácido linoleico conjugado isómero cis 19, trans 11 y ALC 18:2; isómero cis 9, trans 11 (Newbold et al., 2005).

Debido a que la remoción de ALC como intermediario depende de la BH, se podría bloquear este proceso, proveyendo alternativamente receptores de electrones, las bacterias lácticas en el rumen pueden utilizar el hidrógeno disminuyendo la BH. Finalmente un simbiótico es la asociación de un probiótico, generalmente de bacterias lácticas, con un suplemento que mejore la fermentación ruminal (Galina et al., 2014).

Por eso la importancia de estudiar el efecto de una dieta rica en AGNS (pastoreo) y la reducción de la BH por los simbióticos, tanto para la producción de leche, como para mejorar el perfil de ácidos grasos de la leche y el queso (Galina et al., 2014; 2007).



*Fuente: (Newbold et al., 2005)*

## 🐾 MATERIALES Y METODOS.

### 🏠 DISEÑO EXPERIMENTAL.

#### 📍 LUGAR DE TRABAJO.

El estudio se llevó a cabo en la “Granja Puma” en Cerro Prieto Querétaro, México, a los 29°39’19” latitud norte y 100°17’%1” longitud oeste. Con una altitud de 1950 msnm, con clima clasificado como BS 1 Kw (w) (e) descrito como seco, estepario, semiárido con lluvias escasas en el invierno, con una precipitación pluvial anual promedio total de 40 mm y un periodo de sequía de 6 a 8 meses.

#### 🐐 ANIMALES EXPERIMENTALES.

Se mantuvieron a 55 cabras (51 +/- 1.2 kg) en la mitad de la gestación, cruce de Alpina, sobre un sistema silvopastoril (SP), los animales salieron a pastorear 8 horas en el bosque caducifilo del semiárido durante los meses de junio a agosto utilizando 20 ha de agostadero con 300g de promotor de la fermentación (PF), adicionando 150 g al día de probiótico de bacterias lácticas (LAB) como suplemento. Un hato de 48 animales (51.4 +/- 1.4 kg) en un sistema silvopastoril los cuales salieron a pastorear 8 horas utilizando 18.5 ha suplementados con 3000 g/d de PF. Las cuales durante el pastoreo fueron alimentadas con: *Bouteloua curtipendula* (Banderilla, Pajón), *Chloris virgata* (Zacate lagunero, Barbas de indio), *Bothriochla saccharoides* (Popotillo), *Leptochola dubia* (Zacate gigante), *Rhynchelytrum roseum* (Pasta ilisión), *Panicum obtusum* (Panizo), *Bouteloua repens* (Kuzuc), *Aristida adscensionis* (Zacate de agua), *Setaria parviflora* (Triguillo), *Prosopis laevigata* (Zacate sabanilla), *Acacia farnesiana* (Espinillo blanco), *Acacia schaffneri* (Huizachillo), *Mimosa biuncifera* (Uña de gato); *Celtis pallida* (Granjero amarillo), *Jatropha dioica* (Sangregado), (Galina et al.1998). Otro hato de 33 animales (52.5 +/- 1.6 kg) en un sistema de estabulación se les administraron 600 g de concentrado comercial y alfalfa *ad libitum*. El acceso al agua para los tres hatos de cabras fue *ad libitum*.

La administración de suplementos de probióticos (LAB) contenía aproximadamente 4 x 10<sup>7</sup> ufc de bacterias lácticas, compuesto por *Lactobacillus plantarum*, *L. delbrueckii*, *L. helveticus*; *Lactobacillus lactis*, *Leuconostoc mesenteroides*, y *Bifidus spp*, sobre una mezcla de 35% melaza y 65% suero de quesería.

El promotor de la fermentación (kg/d) contenía una mezcla de melaza (18%) harina de algodón, (16%) cascarilla de arroz, (10%) maíz, (14%) pollinaza, (10%) harina de pescado, (8%) cebo de res, (5%) sal común, (4%) cal, carbonato cálcico (3%); cemento (1%), sales minerales (2%), ortofosfato cálcico (2%), urea (5%) y sulfato de amonio (2%). Se

calcularon los volúmenes de materia seca ingerida (MSI) por cabra de acuerdo a la metodología de unidades forrajeras leche desarrollada por el INRA (1995).

Los análisis del (Fatty Acid Methyl Esters) FAMES (Metodo de metil-esterificación) fueron realizados por extracción por separado, utilizando cromatografía de gases (Varian modelo 3800) equipado con un muestreo automático (CP 8410) equipado con un detector de ionización de llama (FID Flame Ionization Detector). El cromatógrafo tenía una columna capilar de sílice fundida (60m, 0.25 mm (di) 0.25 micras; película DB 23, (J.W.Supelco). Para lo cual primero deben ser separados de las moléculas de glicerol y posteriormente metil esterificados. Los picos FAME fueron identificados por comparación con los tiempos de retención, con los de una mezcla conocida de estándares de ácidos grasos (Sigma-Aldrich).

### **EXTRACCIÓN DE LA GRASA:**

Para la extracción de la grasa, se pesaron 20kg de leche. A la cual se le añadieron 100g de hexano grado cromatográfico (J.T Baker, Center Valley, PA) y la mezcla se dejó en agitación durante una hora usando un agitador magnético C-MAGHS7 (IKA, Wilmington, N). Transcurrido el tiempo de la mezcla se centrifugó a 10000 rpm durante 10 min 40 °C. Se recogió la fase orgánica y se colocó en un matraz, donde la muestra se sometió a una corriente de nitrógeno para la evaporación del hexano utilizando un evaporador Mini Vap 22979 (Supelco, Bellefonte, PA) por un periodo de treinta minutos.

La grasa obtenida fue transferida a viales de borosilicato desactivado de 20 ml (I-CHEM modelo C126-0020; Thermo Scientific, Alemania), purgados con nitrógeno y posteriormente almacenados a -17°C hasta el momento de la esterificación.

### **PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS:**

Se realizó de acuerdo a la metodología Ce 1-62 (AOCS, 2005). Se pesaron 500 mg de grasa de leche en un matraz de fondo redondo (24740, KIMBLE CHASE, VINELAND, NJ), se adicionaron 8 ml de hidróxido de sodio 0.5 en metanol (BAKER), posteriormente el matraz se conectó a un refrigerante y se dejó en reflujo por 15 min utilizando un nido de calentamiento (Thermo Fisher Scientific, Maryland), después se agregaron 2 ml de hexano y se continuó en ebullición por 1 min.

Finalmente se detuvo el calentamiento, se retiró el matraz con la muestra y posteriormente se añadieron 15 ml de solución saturada de cloruro de sodio (Baker), se tapó el matraz y se agitó por 15 segundos. Se continuó añadiendo solución saturada de cloruro de sodio hasta que la muestra alcanzó el cuello del matraz.

Se transfirió 1 ml de la muestra a un vial de 20 ml y se hicieron las diluciones pertinentes para después analizar por cromatografía de gases. El análisis se realizó en un cromatógrafo

de gases (Varian modelo 3800) equipado con un muestreo automático (CP 8410) equipado con un detector FID. El cromatógrafo tenía una columna capilar de sílice fundida (60m, 0.25 mm (di) 0.25 micras; película DB 23, con helio como gas acarreador a un flujo constante de 1 ml/min.

El programa de temperatura del horno fue: 80°C, 5°C/min hasta 230°C ( 5 min), 30°C/min hasta 280°C (8 min. El espectrometro de masas, fue operado en el modo de impacto de electrones ( 70eV). El rango de masa utilizado fue 30 a 400 uma, las temperaturas de línea de transferencia, fuente de ionización y cuadrupolo fueron 280, 230, y 150°C respectivamente.

La identificación de los metil ésteres se realizó a través de su espectro de masas, tomando como identificación positiva a un 80% de parecido al localizado en la base de datos NIST/EPA/NIH Mass Spectra Libery, versión 1.7, (NIST, Gaithersburg, MA). Los picos FAME fueron identificados por comparación de los tiempos de retención con los de la mezcla conocida de estándares de ácidos grasos (Sigma-Aldrich). El estándar de ALC (cis-9, trans-10, cis-12 3%) se obtuvo de Larodan (Malmö, Suecia).

Los resultados fueron calculados por el método de ANDEVA bajo un arreglo totalmente aleatorizado:  $Y_{ij} = \mu + t_i + E_j$ .

$Y_{ij}$ = valor de ácidos grasos                       $i = 1, 2, \dots, 4$      $j = 1, 2, \dots, 8$

$\mu$ = Es una medida general

$t_i$ = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$E_j$ =Efecto del error aleatorio

 **RESULTADOS.**

El promedio de producción de leche en los tres tratamientos fue de 1.850 kg/d LAB, 1.450 kg/d (SP) y 1.630 kg/d (COM estabulación) ( $P < 0.05$ ). El sistema de alimentación afectó significativamente el perfil de ácidos grasos en porcentajes de saturados e insaturados (LAB) 61.64:53.52%; (SP) 61.64:38.33%; (COM estabulación) 70.90:29.64%.

Cuadro 11: Porcentajes de ácidos grasos en la leche de tres tratamientos silvopastoriles con probiótico LAB; Silvopastoril SP; Alfalfa con concentrado comercial COM

			LAB	SP	COM
<b>Saturado</b>	Capríco	C6	0.51b	0.54b	0.75a
<b>Saturado</b>	Caprílico	C8	0.50c	0.70b	1.26a
<b>Saturado</b>	Capríco	C10	3.44b	3.28b	6.29a
<b>Saturado</b>	Laúrico	C12	2.60b	2.52b	3.75a
<b>Mono</b>	Mirostoleico	C14.1	0.13b	0.11b	0.22a
<b>Saturado</b>	Mirístico	C14	9.70b	9.30b	13.12a
<b>Saturado</b>	Pantodecílico	C15	1.58	1.5	1.76
<b>Mono</b>	Palmitoleico	C16.1	1.43b	1.42b	1.29c
<b>Saturado</b>	Palmítico	C16	32.75a	33.94a	31.85b
<b>Saturado</b>	Margarico	C17	1.82a	1.80a	1.11b
<b>Poli</b>	Linoléico omega 6	C18.2	2.39a	2.38a	2.43a
<b>Mono</b>	Oléico	C18.1	30.89b	33.94a	25.46c
<b>Saturado</b>	Esteaárico	C18	10.81b	10.55b	11.13b
<b>Poli</b>	A linoleico omega 3	C18.3	0.68a	0.49b	0.26c
<b>Saturado</b>	Arquídico	C20	0.90	0.86	0.89
			100.21	100.05	100.27

<b>Relación omega 3:omega 6</b>	3.50c	4.89b	9.34b
<b>Saturados</b>	64.62b	61.64b	70.90a
<b>No saturados</b>	35.52a	38.33a	29.64b
<b>Mono</b>	32.32a	35.35a	26.74c
<b>Poli</b>	3.07a	2.87b	2.68b

*A, b, c literales distintas en la misma hilera indican diferencia estadística ( $P < 0.05\%$ ).*

*LBA Leche de pastoreo con probiótico; leche de pastoreo; COM estabulación.*

El contenido de ácidos grasos poliinsaturados, **omega-3** fueron. (LAB) 0.68%; (SP) 0.42%, superiores a las de las leches con alfalfa y concentrado que tuvieron en promedio un 0.26% (COM estabulación). Los resultados de **omega-6** fueron: 2.39% (LAB), 2.38% (SP), 2.43 (COM estabulación) ( $P < 0.05$ ).

La relación de omega-6 : omega-3 fue de 3.50:1 (LAB); 4.89:1 (SP), 9.34:1 (COM estabulación). Con respecto a los ácidos grasos saturados la leche con alfalfa y alimento comercial (COM estabulación) fueron superiores a las de las leches en sistema silvopastoril, que no mostraron diferencias ( $P < 0.05$ ), los no saturados se comportaron en forma similar pero (silvopastoril LAB) y (SP promotor de la fermentación) fueron superiores a (COM estabulación).

Las diferencias entre las tres leches fue en el porcentaje de poliinsaturados siendo mayor para (silvopastoril LAB), intermedia para (SP promotor de la fermentación) y (COM estabulación).

A través del análisis de varianza se observó que el sistema de alimentación sólo modificó la concentración de AG poliinsaturados ( $P < 0.01$ ), por lo contrario los AG monoinsaturados solo fueron afectados ( $P < 0.01$ ) entre (LAB) y (SP) comparados con (COM estabulación).

Si observamos los ácidos grasos poliinsaturados, tanto de (LAB) fue mayor ( $P < 0.05$ ) en porcentaje (3.07%) siendo superior a los demás tipos de leche.

Se observó efecto significativo ( $P < 0.01$ ) del sistema de alimentación sobre los diferentes tipos de leche. A través de análisis de varianza se observó que existe interacción de los factores ( $P < 0.01$ ) sobre el contenido de AG omega-3, omega-6, así como en relación que guardan éstos elementos, además de efecto por el sistema de alimentación sea en leche o queso.

Al analizar el contenido de colesterol en los diferentes tipos de muestras se observó en (LAB) un contenido de 83.2 mg/100ml y (SP) 84.4mg/100ml, mostrando diferencias significativas con (COM estabulación) 87.5mg/100ml.

Un elemento de primordial importancia es la relación omega-6/omega-3 que en la presente observación fue de 3.50:1 para (LAB) y 4.88:1 (SP) ligeramente dentro de los márgenes menores a 5 mientras que el mismo sistema de estabulación al ser con concentrado comercial (COM estabulación) tiene una relación de 9.34:1 probablemente bloqueando el efecto benéfico del omega 3.

*Cuadro 12: concentración total de ácidos grasos en la leche de pastoreo con diferente suplementación (porcentaje).*

	<b>LAB</b>	<b>SP</b>	<b>COM</b>
<b>Saturados</b>	66.17a	64.82b	67.97a
<b>No saturados</b>	34.04	34.23	32.30
<b>Monosaturados</b>	31.76	32.31a	30.53b
<b>Poliinsaturados</b>	2.28a	1.92b	1.77c
<b>Omega 3</b>	0.68a	0.49b	0.26b
<b>Omega 6</b>	2.39a	2.38a	2.43a
<b>Relación omega6:omega 3</b>	3.50c	4.89c	934b
<b>Colesterol (mg/100ml)</b>	83.2b	84.4b	87.5a

*a,b,c: literales en la misma hilera indican diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ).*

*LBA leche pastoreo probiótico; SP leche pastoreo; COM estabulación.*

## **DISCUSIÓN.**

Al analizar el medio ruminal, los valores de pH obtenidos con el uso de PF (+6.9), aun cuando no existe un consenso único del valor de pH donde se optimice el fundamento ruminal, las cifras encontradas en la totalidad de los tratamientos se mantienen entre los límites fisiológicos de 6.0 y 7.2 (Elias, 1971; 1983; Calsamiglia et al., 2002, Krause ), como valores óptimos para garantizar la digestión de la celulosa, y posibilitar incremento del ritmo de crecimiento de los microorganismos celulolíticos/ hemicelulolíticos, favoreciendo su actividad enzimática, y con ello, los productos de su metabolismo (Marrero, 2005). Los valores de pH alcanzado con los PF tienen un efecto positivo que ejercen los activadores microbianos al estimular el crecimiento bacteriano y contribuir al mayor consumo de MS, fundamentalmente FDM (Puga et al., 2001<sup>a</sup>; 2001b; 2001c.)

Según Smith (1995), a partir de las concentraciones AVGs, es posible estimar la masa microbiana del rumen. Trabajo en Cuba determinaron el nivel óptimo de 6 ml kg PV-1 de LAB en la reacción, para obtener una mayor producción de biomasa microbiana (Gutiérrez et al., 2012<sup>a</sup>; 2012b). Esto evidencia mejor fermentación ruminal y, como consecuencia, mayor degradación de los forrajes ricos en paredes celulares, masa microbiana, que se convierte en parte de la digesta como proteína de sobrepaso de excelente composición aminoácídica, sale del rumen y se absorbe en el intestino delgado (López, 2009)

Aunque existen numerosos estudios *in-vivo* que describe mejoras en la tasa de degradación de la MS en la dieta de vacunos que consumen básicamente fibra, con la adición de aditivos microbianos a partir de cultivos mixtos de levaduras y *Lactobacilos*, como los realizados por (Flores 2000) al utilizar el 1% de cepas de *Lactobacillus* en una dieta básica elaborada a partir de concentrados y alfalfa, donde se obtuvieron mejoras en la digestibilidad, otros estudios desarrollados por (Castillo 2009), (Galindo et al., 2001) y (Merrero, 2005).

(Gutiérrez et al., 2012<sup>a</sup>; 2012b) en cabras documentaron al respecto, que la totalidad de sus tratamientos con probióticos en los diferentes tiempos, durante la cinética de incubación, se observó que a pesar del alto contenido de fibra, se encontraron niveles altos de degradación de la MS; esto a pesar que con anterioridad se había observado que en forrajes fibrosos se tenía baja digestibilidad, definidos como materiales de bajo valor nutritivo (Pérez-Infante. 2010), con altos niveles de FDN..

Aunque, según (Offer et al. 2003) la degradabilidad de la MS en el rumen con materiales similares, oscilan en un rango entre el 20% y 55%; por otro lado los resultados en digestibilidad de forrajes fibrosos en otros trabajos utilizaron FR fueron cercanos al 70% debido probablemente en un incremento de la población celulolítica del rumen, con liberación de la energía contenida en las paredes celulares y la formación de proteína microbiana (Puga et al; 2004<sup>a</sup>; 2004b; 2004c; Ortiz et al. 2007; Galina et al. 2009b).

En trabajos de (Gutierrez et al., 2012<sup>a</sup>; 2012b) utilizando probióticos, la respuesta a las características durante la cinética degradativa de la MS mostro que para fracción solubles (A) fue la misma en todos los tratamientos, debido fundamentalmente a que el material fibrosos incubado era el mismo (heno de *B. brizantha*). Indicador que se estimó a partir del material perdido durante el lavado de la bolsa, a la hora cero, sin incubación ruminal. Al respecto, se pudiera argumentar que los valores de la degradación potencial (A+B) estuvieron determinados, básicamente, por la fracción insoluble, pero degradable (B).

Esta fracción, según (Ortiz-Rubio et al., 2007) en trabajos desarrollados con gramíneas, expresa el tipo de permanencia de este tipo de alimento en el rumen, y está relacionado con el tiempo de adaptación y colonización de los microorganismos para degradar esta fracción.

A la vez, que se presenta una alta velocidad de degradación ©, de la fracción insoluble (B) con valores de 29 h<sup>-1</sup>, de igual manera, el mayor valor de la degradabilidad efectiva (DE) de la fracción potencialmente degradable estuvo determinado por la menor tasa de recambio ruminal (2%h).

De acuerdo con lo anterior, los parámetros calculados para la utilización de probióticos en un volumen de 6ml kg PV-1 con respecto al resto, podrían estar asociados a los resultados positivos obtenidos en la degradabilidad de MS y su velocidad de degradación (Gutierrez et al., 2001<sup>a</sup>; 2012b).

Esto se pudiera reflejar con el menor tiempo de retención del alimento en el rumen. A lo que se podría argumentar, que la degradación de la MS en gramíneas tropicales de mediana a baja calidad, se relaciona, en general, con la composición de paredes celulares el bajo contenido de nitrógeno, factores que afectan negativamente el mejoramiento de la digestión ruminal de los nutrientes presentes en forrajes (Ramírez et al., 2002 y Ku Vera, 2010), tal como ocurrió en este experimento.

Lo que demuestra que mejorar y estabilizar las condiciones del ecosistema ruminal es prioritario para el desarrollo de microorganismos fibrolíticos como agentes deslignificantes, particularmente los *Lactobacillus* (Elías, 1983 y Galina et al. 2010; 2013), puede ser, no solo una función directa del sustrato que llegó al rumen, de su composición y balance, sino también, de un efecto sincronizado y de sinergia de utilización del sustrato por los microorganismos y el manejo del a reacción (Elías et al., 2010). Esto depende de los niveles empleados del aditivo microbiano en la reacción (Marrero, 2005; Gutierrez, 2005 y Elías et al. 2010).

En lo que respecta a la calidad de producto en el contenido mínimo de ácidos grasos saturados (AGS) se observó en la leche procedente de los animales en pastoreo, siendo significativamente superior cuando se agregó el probiótico, es reconocido en la literatura que un menor contenido de (AGS) parece favorecer la salud humana, debido a la información acumulada sobre el efecto de bloqueo de los vasos sanguíneos en las

enfermedades coronarias, (Pfeuffer y Schrezenmeir., 2000); la inhibición del crecimiento de células cancerígenas (Ha et al., 1987; 1990), la prevención de los efectos catabólicos de la estimulación inmune (Cook et al., 1993; Miller et al., 1994), y por modificar la baja densidad7alta densidad lipoproteína del colesterol disminuyendo este metabolito (Lee et al., 1994).

Los resultados del presente trabajopermiten suponer que el sistema de alimentación, en general, y en específico el pastoreo libre en un ambiente silvopastoril, permite que cada cabra, particularmente en la diversidad de forrajes, formar una dieta de acuerdo a sus propias necesidades, que tienen un efecto sobre la características nutricionales de la leche, favorece la salud. El mayor contenido de ácidos grasos trans, estuvieron presentes en la leche de pastoreo.

Hasta hace poco un efecto negativo de los ácidos grasos trans en la salud fueron consideraros similares a los ácidos grasos saturados (Sicchiari, 2008). Los efectos negativos de los ácidos grasos trans en patologías coronarias y citotoxicidad, se determinó a partir de observaciones sobre el metabolismo de los ácidos grasos hidrogenados, producidos durante la manufactura de los alimentos industriales.

Los trans derivados de los procesos de biohidrogenación ruminal, como los producidos por el rumen, han mostrado en cambio, efectos positivos sobre la salud humana (Wencelová et al., 2015). En el presente trabajo se observó, de hecho, para la mayoría de los C18:1 trans vaccénicos.

Esto último, a través de la acción de la 9 desaturación. Donde se metaboliza en C18:2 11 trans 9 cis que presenta uno de los precursores más importantes del ALC benéfico (Castillo et al., 20013). Por lo tanto, a la luz de este conocimiento relativamente novedoso, el papel de los ácidos grasos trans en el sistema de alimentación de los rumiantes en pastoreo libre, tienen que ser reevaluados en el marco de producir una “mejor” leche desde el punto de vista de la salud del consumidor.

La diferencia significativa en el perfil de ácidos grasos benéficos entre las leches de pastoreo con o sin la adición de un suplemento de bacterias lácticas comparados con la leche comercial, para la calidad de la leche, en relación a la salud del consumidos (Galina et al., 2013).

La suplementación de probióticos de bacterias lácticas (LAB) puede probablemente disminuir la biohidrogenación (BH) ruminal, fenómeno que se traduce en una saturación de los AGNS, abundantes en las plantas, para ello suplementos con LAB, que BH anudado a que son bacterias metanogénicas, permite no solamente mejorar el perfil de AGV, sino disminuir la concentración ambiental (Galina et al., 2012; 2013)

## **CONCLUSIONES.**

Los resultados han demostrado que los dos sistemas de alimentación en pastoreo, incluso si ambos se componen principalmente de forrajes frescos verdes, mejoran la calidad de lácteo probablemente debido a un aumento de AGNS de la dieta. No obstante que por la disminución de BH utilizando LAB se produce una leche de mayor calidad, fue posible identificar los principales ácidos grasos de la leche, incluyendo los omega 3 y omega 6, por lo que la metodología utilizada en este trabajo tuvo resultados positivos.

## BIBLIOGRAFIA.

**Annison, E.F. y Lewis, D. 1981. El metabolismo del rumen. Ed. Unión Tipográfica. México. pp. 200.**

**Aro A, Antoine J M, Pizzoferrato L, Reykdal O., Van Poppel G. 1998. Trans fatty acids in dairy and meat products from European countries: the TRANSFAIR study. J. Food Comp. Anal ; 11:150-160.**

**Ashes, J.R.; Siebert, B.D.; Gulati, S.K.; Cuth- Bertson, A.Z.; Scott, T.W. 1992. Incorporation of n-3 fatty acids of fish oil into tissue and serum lipids of ruminants. Lipids. 27:629-631.**

**Bailoni L., Prevedello G., Schiavon S., Mantovani R., Bittante G. (2005b). CLA content and n-3/n-6 ratio in dairy milk as affected by farm size and management . In: Hocquette J.F; Gigli, S. Indicators of milk and beef quality. EAAP Publication No. 112, Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, p. 333- 338.**

**Bauman, D.E.; Baumgard, L.H.; Corl, B.A.; Griinari, J.M. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. J. Anim Sci. 77:1-15.**

**Boyazoglu, J. and Morand-Fehr, P. 1987. Systems of goat production and the environment. IV International Conference on Goats. Brazilia, Brasil. Vol. I. pp. 95-106.**

**Buccioni, A.; Decandia, M.; Minieri, S.; Molle, G.; Cabiddu, A. 2012. Lipid metabolism in the rumen: New insights on lipolysis and biohydrogenation with an emphasis on the role of endogenous plant factors. Anim. Feed Sci. Technol. 174:1-25.**

**Byers F M., Schelling G T. Capítulo 15. 1993. Los lípidos en la nutrición de los rumiantes. En: Church D C editor. El rumiante: Fisiología digestiva y nutrición. España: Acribia, 1993; 339-356.**

**Calsamiglia, S.; Ferret, A. & Devant, M. 2002. Effects of pH and pH fluctuations on microbial fermentatation and nutrient flow from a dual-flow continuous culture system. J. Anim. Sci. 85:574.**

**Carcelén. F; Torres. M; Ara. M. 2005. Efecto de probióticos en el alimento de marranas sobre los parámetros productivos de lechones. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, Vol.16 n.2. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php>. Obtenida el 21 Abr 2008.**

Castillo, J., Olivera, M., & Carulla, F. 2013. Descripción del mecanismo bioquímico de la biohidrogenación en el rumen de ácidos grasos poliinsaturados: Una revisión. *Rev. U.D.C.A. Act & Div. Cient* 16 (2): 459-468.

Castro G. M. Ácidos grasos  $\omega$ 3: beneficios y fuentes. *Interciencia* 2002; 27: 128-136.

Castro. M. 2002. Promotores del Crecimiento. *Tendencias Actuales*. ACPA 4/2002. p- 19.

CEFRAPIT (Centro Francés de Prensa Industrial y Técnica). 1998.

CERUTTI, G; CIAPELLANO, S.; GALEAZZI, R. 1992. Mineral composition of goats' milk. *Latte* 17 (7) 636- 639.

Chilliard Y, Ferlay A, Rouel J y Lamberet G. 2003. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *J. Dairy Sci*; 86: 1751– 1770.

Chilliard, Y. 1980. Variations physiologiques des activités lipasiques et de la lipolyse spontanée dans les laits de vache, de chèvre et de femme: revue bibliographique. *Lait* 62:1 et 126.

CHILLIARD, Y. y FERLAY, A. Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *En: Reproduction Nutrition and Development*. 2004. Vol. 44. p. 467-492.

Chow C. 2000. *Fatty acids in foods and their health implications*. USA: Marcel Dekker..

Cook, M.E., Miller, C.C., Park, M.W., Pariza, M.W. 1993. Immune modulation by altered nutrient metabolism: nutritional control of immune-induced growth depression. *Poult. Sci*. 72: 1301-1305.

Cuchillo H. M. 2004. Efecto de suplementación sobre el consumo de alimento, la fermentación ruminal y la cinética de la desaparición *in situ*, en ovinos alimentados con rastrojo de maíz (*Zea mays*) y heno de alfalfa (*Medicago sativa*). FES-Cuautitlán UNAM

Cuchillo, H.M., Puga, D.C., Galina, M.A., Pérez-Gil, R.F. 2009. Influence of semiarid summer browsing on chemical composition in Goat's milk cheeses. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 11:25-28.

Cuninham, G.J. 1999. *Fisiología Veterinaria*. 2ª ed. Ed. McGraw-Hill Interamericana. México. pp. 716.

Dhiman, T.R.; Satter, L.D.; Pariza, M.W.; Galli, M.P.; Albright, K.; Tolosa, M.X. 2000. Conjugated linoleic acid (ALC) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid. *J. Dairy Sci.* 83:1016-1027.

DOSTALOYA, J. 1994. Goats milk. *Vyziva* 49 (2): 43-44.

Drisko JA, Giles CK, Bischoff BJ. 2003. Probiotics in health maintenance and disease prevention. Disponible en: *Natural Standard Monograph* ([www.naturalstandard.com](http://www.naturalstandard.com)). Obtenida el 21 Abr 2008.

Eckert, R. 1988. *Fisiología animal. Mecanismos y adaptaciones.* 3ª ed. Ed. Interamericana McGraw-Hill. España. pp. 253.

EKNAES, Margrate, et al. Changes in body reserves and milk quality throughout lactation in dairy goats. En: *Small Ruminant Research.* May 2006. Vol. 63, no. 1. p. 1-11.

Elias, A. & Herrera, F.R. 2008. El VITAFERT en el tracto gastro intestinal. En: *Producción de alimentos para animales a través de procesos biotecnológicos sencillos con el empleo de microorganismos beneficiosos activados (MEBA)* p. 8.

Elias, A. 1971. *The rumen bacteria of animáis feed on molases-urea diet.* Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias. Universidad Aberdeen. Escocia, p. 180.

Elias, A. 1983. *Digestión de pastos y forrajes tropicales.* En: *Los pastos en Cuba.* Tomo 2. Instituto de Ciencia Animal. Cuba. p. 187.

Elias, A.; Chilbroste, P.; Michelena, J.B.; Iriñiz, J. & Rodríguez, D. 2010. *Evaluación de ACTIVIOL y MEBA con ensilaje de sorgo y despunte de caña de azúcar: valor nutritivo, fermentabilidad in- vivo e in- vitro y pruebas con animales en crecimiento y vacas lecheras. Informe de avance Proyecto: "Potencial de uso de forrajes de baja calidad en la alimentación de rumiantes, con énfasis en subproductos de la caña de azúcar"* República de Uruguay.

ENSNUT. 2014. *Encuesta Nacional sobre Nutrición.* Instituto de Ciencias Médicas y Nutrición Slavador Zubirán, México.

Galina M.A., M.A. Ortiz-Rubio, Mondragón, F., Delgado-Pertiñez, M., Elías A. 2009a. *Rendimiento de terneros alimentados con silo de maíz o láctico con un promotor de la fermentación ruminal.* *Archivos de Zootec* 58

Galina M.A., M.A. Ortiz-Rubio, Mondragón, F., Delgado-Pertiñez, M y Elías A. 2009b. *Rendimiento de terneros alimentados con silo de maíz o láctico con un promotor de la fermentación ruminal.* *Archivos de Zootec.* 58

Galina, H.M. 1992. *Caprinotecnia.* FES-Cuautitlán, UNAM. México. pp. 76.

**Galina, M. 2014. El modelo de "Latte Nobile" una vía alternativa para la producción de leche de calidad en México. En "Il modelo latte Nobile. Un'altra via e possibile. R. Rubino ed. Casesus ISBN 978-88-901965-7-7: 71-86.**

**Galina, M., F. Perez-Gil, F., Hummel, J.D., Ortiz, R.M.A. & Orskov, E.R., 2003. Effect of slow intake urea supplementation on fattening of steers feed sugar cañe tops (*Saccarum officinarum*) and maize (*Zea mays*) with or without SIUS, ruminal fermentation, feed intake and digestibility. *Lives Prod Sci.* 83 (1): 1-1.**

**Galina, M., Guerro M., Puga, D.C. & Haenlein, G.F.W. 2004a. Effect of slow intake urea supplementation on Goat kids pasturing natural Mexican rangeland. *Ruminal fermentation, feed intake and digestibility. Small Rum. Res. Vol 55:85-95.***

**Galina, M., Pineda, J., Guerro, M., Ortíz, M.A. 2014 b. Perfil de ácidos grasos de queso de oveja en pastoreo. *Memorias del XXXVIII Congreso Nacional de Buiatría, Villahermosa, Tabasco: 481-484***

**Galina, M., Pineda, J., Guerrero, Ortíz, M. 2013. Efecto del pastoreo sobre la calidad del queso de oveja. *Memorias XXIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal, ALPA. La Habana, Cuba: F-038 2682-2690.***

**Galina, M., Ruiz, G. & Ortiz, M.A. 2002. Ceba de bovinos con punta de caña y planta de maíz suplementados con bloque de urea o concentrado. *Fermentación ruminal, consumo y digestibilidad. Pastos y Forrajes. 25 (3) 209-221.***

**Galina, M.; Pineda, L.J. & Morales, R. 2010. Suplementación en pastoreo de cabras lecheras con una fuente de liberación lenta de nitrógeno (SLNN) con o sin la adición de un probiótico de bacterias lácticas. *III Congreso de Producción Animal Tropical y I Simposio FOCAL. La Habana. Cuba. Memoria en soporte electrónico. ISBN: 978-959- 7171-31-7.***

**Galina, M.A, Ortiz-Rubio, M.A., Delgado-Pertiñez, M., Pineda, L.J. 2009c. Effect of a lactic probiotic supplementation on goat kids growth. *J. Options Méditerranées Serie A No 85: 309-314.***

**Galina, M.A., Guerrero, C.M., Serrano, G., Morales, R. & Haenlein, G. 2000. Effect. complex catalytic supplementation with non protein nitrogen on ruminal ecosystem of growing goats pasturing shrub land in México. *Small Rum. Res. (36):23-42.***

**Galina, M.A., Guerrero, M., Pineda, J., Ortíz, Ma., Osnaya, F. 2012. Efecto de la biohidrogenación ruminal de probióticos lácticos en la calidad de la leche. *XXXVI Congreso Nacional de Buiatría Mérida, Yucatán, México. Memorias: 753-761.***

**Galina, M.A., Guerrero, M., Puga, D.C. & Haenlein, G.F.W. 2004b. Effect of a slow intake urea supplementation on growing kids feed com stubble or alfalfa with a balanced concéntrate. Small Rum Res.Vol 53, Núm 1-2:29-38.**

**Galina, M.A., Guerrero, M., Puga D.C. 2007b. Fattening Pelibuey lambs with sugar cane tops and corn complemented with or without Slow Intake Urea Supplement. Small Rum Res.70:101-109.**

**Galina, M.A., Hummel, J. Sánchez, M., & Haenlein, G. 2004c. Fattening rambouillet lambs with com stubble or alfalfa hay, slow urea intake supplementation or balanced concéntrate. Small Rum Res.Vol 53, Núm 1-2:89-98.**

**Galina, M.A., Morales, A.R., Jimenez, S. and Haenlein, G.F.W. 1998. Performance of dairy goats pasturing Shrubland in Mexico supplemented with a urea molasses mineral block. Adv. Agric. Res. 7(3): 15-22**

**Galina, M.A., Osnaya, F., Cuchillo, H.M., Haenlein G.F.W. 2007a. Cheese quality from milk of grazing or indoor fed Zebu cows and Alpine crossbred goats Small Rum Res 71:264-272**

**Galina, M.A., Palma, J.M. y Morales, R. 1995b. Potencial de la especie caprina para la producción de carne y leche en los trópicos. Conferencias XXX Aniversario Instituto de Ciencia Animal (ICA). La Habana, Cuba. 25-27 Octubre. pp. 118-122**

**Galina, M.A., Puga, D.C., Pineda, J., Hummel, J.D., Ortíz, R.M., Haenlein, G.F.W. 2014 a. Effect of Lactobacilli symbiotic on rumen, blood, urinary parameters and milk production of Jersey cattle during late pregnancy and early lactacion. Cuban Journal of Animal Science 54:65-72.**

**Galina, M; Palma, J.M; Morales, R; Aguilar, R and Hummel, J.1995a. Voluntary dry matter intake by dairy goats grazing on rangeland or on agricultural by-products in Mexico. S. R. Res. 15:127-137**

**Galindo, J.; Marrero Y.; González, N. & Sosa, A. 2001. Uso de microorganismos viables y productos microbiales. En Manipulación de la fermentación microbiana ruminal. pp. 70- 83.**

**Gall, C. 1981. Milk production. Academic Press. London. p. 619.**

**Guevara A E. 1994. Utilización de ácidos grasos saponificados en la alimentación de ovinos. (tesis de maestría). Distrito Federal (México):Universidad Nacional Autónoma de México.**

Gutierrez,D., Elias, A., Galina,M., García, R., Herrera, F., Jordán, H., & Sarduy, L. 2012a. Efecto del aditivo VITAFERT en el consumo de la materia seca y fibra en detergente neutro de cabras alimentadas con heno de *Brachiaria Brizanta*. I I Foro internacional de Ciencia e Innovación Tecnológica: FOCAL, Colima, México. Memorias. 318-322 ISBN 978-607-95853-7-2.

Gutierrez,D., Elias, A., Galina,M., García, R., Herrera, F., Jordán, H., & Sarduy, L. 2012b. Influencia de un aditivo microbiano en el consumo voluntario de materia seca e indicadores de la fermentación ruminal en cabras alimentadas con heno de *Brachiaria Brizanta*. I I Foro internacional de Ciencia e Innovación Tecnológica: FOCAL, Colima, México. Memorias. 312-317 ISBN 978-607-95853-7-2.

Ha, Y.L., Grimm, N.K., Pariza, M.W. 1987. Anticarcinogens from fried ground beef heataltered derivatives of linoleic acid. *Cancerogenesis* 8:1881-1887.

Ha, Y.L., Storkson, J., Pariza, M.W. 1990. Inhibition of benzo (a) pyrene-induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. *Cáncer Res.* 50:1097-1101.

HAENLEIN, G. Goat milk in human nutrition. En: *Small Ruminant Research*. 2004. Vol. 51. p. 154-163.

Hartfoot, C.G. & Hazlewood, G.P. 1997. Lipid metabolism in the rumen. In: Hobson, P.N., Stewart, C.S., (eds). *The rumen Microbial Ecosystem*, Ed Chapman and Hall, London, U.K: 382-426

Herrera, J.A.; Shahabudin, A.K.M.; Faisal, M.; Ersheng, G.; Wei, J.; Lixia, D.; Gandaho, T.; Lopez, P. 2004. Efectos de la suplementación oral con Calcio y ácido linoléico conjugado en primigrávidas de alto riesgo. *Colombia Médica*. 35(1):1-8.

Iloje, M., Rounsaville, T., McDowell, R., Wiggans, G and Vleck van, L. 1980. Age-Season adjustment factors for Alpine, LaMancha, Nubian, Saanen and Toggenburg dairy goats. *J. Dairy Sci.* 63: 1309-1316.

INRA, 1995. *Nutritions de ruminants domestiques. Ingestión et digestión*. INRA. Paris 905 p.

INRA. 1988. *Tables de l'alimentation des bovins, ovins et caprins*. Paris, France.

Ip,C., Chin, S.F., Scimeca, J.A., Pariza, M.W. 1991. Mammary cancer prevention by conjugated dienoic derivative of linoleic acid. *Cáncer. Res.* 51:6118-6124.

Jin,G.L., Choi, S.H., Lee, H.G., Kim, Y.J., & Song, M.K. 2008. Effects of monensin and fish oil on conjugated linoleic acid production by rumen microbes in Holstein cows

fed diets supplemented with soybean oil and sodium bicarbonate. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 21:1728-1735.

Kelly, M.L.; Kolver, E.S.; Bauman, D.E.; Van Amburgh, M.E.; Muller, L.D. 1998. Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81:1630-1636.

Khanal, R.C. 2004. Potential health benefits of conjugated linoleic acid (CLA): A review. *Asian- Australasian J. Anim. Sci.* 17(9):1315-1328.

Knight, C.H. and Peaker, M. 1982 (a). Development of the mammary gland. *J. Reprod. Fert.* 65: 521-526.

KÖHLER OSMARI, E. *Produção e Qualidade do Leite em Cabras ½ boerSaanen, em Lactação, Suplementadas com Diferentes Volumosos. Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de mestre em Zootecnia. Universidade Estadual de Maringá. Centro de ciências agrárias. 2007.*

Krause, K. M. & Oetzel, G. R. 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Animal. Feed Sci. and Techn.* 126: 215-236.

Ku Vera, J.C. 2010. *Requerimientos de energía en ruminates en el trópico. Implicaciones del concepto de mantenimiento. Taller de fisiología y procesos fermentativos. III Congreso de Producción Animal Tropical y I Simposio FOCAL. La Habana. Cuba. Memoria en soporte electrónico. ISBN: 978-959-7171-31-7.*

Le Jaouen, J.C. 1981. *Milking and the technology of milk and milk products. En Goat Production. Academic Press. pp. 231.*

Lee, Y.; Jenkins, T.C. 2011. Biohydrogenation of linolenic acid to stearic acid by the rumen microbial population yields multiple intermediate conjugated diene isomers. *J. Nutr.* 141(8):1445-1450.

Legay-Carmier, F.; Bauchart, D. 1989. Distribution of bacteria in the rumen contents of dairy cows given a diet supplemented with soya-bean oil. *Br. J. Nutr.* 61:725-740.

Lehninger A.L. 1995. *Bioquímica. 2ª. ed. Barcelona (España): Ediciones Omega.*

León. H. Ma C. *Estudio en la ingesta de lípidos en la Comunidad Autónoma Canaria. [Tesis doctoral] Servicio de Publicaciones, Universidad de la Laguna, [acceso 7 de marzo de 2014]. Disponible en: <ftp://tesis.bbtik.ull.es/ccppytec/cp29.pdf> [ Links ]*

Lozano J.A. 2002. *Probióticos: Lo favorable: Alimentos probióticos. Disponible en: <http://www.murciaopina.org/modules.php>. Obtenida el 16 Abr 2008.*

**LUDEÑA, Op. cit., P. 17-25 MARTÍNEZ FÉREZ, A. Obtención de oligosacaridos de leche de diferentes especies por tecnología de membranas. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 2004.**

**MAREE, H.P. 1978. Goat milk an its use as hypo-allergenic infant food. Dairy Goat Journal 43:363-365.**

**María A. Brizuela; Lourdes Bueno, J. P. Guyot, Nieves García; Quintans.P. Paloma López. 2001. Evaluación fisiológica y tecnológica de cepas de Lactobacillus con potencialidades probióticas. Revista Cubana de Ciencia Avícola. Vol 25. No- 1.p- 16.**

**María Teresa de Jesús García Lara. 1997. La digestión ruminal y su pilotaje. Disponible en: Monografías.com. Obtenida el 4 Junio 2008.**

**Marrero, Y.R. 2005. Las levaduras como mejoradoras de la fermentación ruminal de dietas con alto contenido de fibra. Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en Ciencia Veterinaria. Inst. Ciencia Animal. Habana. Cuba. pp. 93-104.**

**Mason, I. L. 1981a. Wild goats and their domestication. In: C. Gall (ed.). Goat production. Academic. London. UK. pp. 35-55.**

**Mason, I. L. 1981b. Breeds. In: C. Gall (ed.). Goat production. Academic. London. UK. pp. 57-110.**

**Mataix V. J., Sánchez de Medina F. Lípidos. Universidad de Córdoba [sede web]. [acceso7 de marzo de 2014]. Disponible en: [http://www.uco.es/master\\_nutricion/nb/Mataix/lipidos.pdf](http://www.uco.es/master_nutricion/nb/Mataix/lipidos.pdf) [ Links ]**

**Mellado, M., Foot, R. and Borrego, E. 1991. Lactational performance, prolificacy and relationship to parity and body weight in crossbred native goats in northern Mexico. Small Rum. Res. 6:167-174.**

**Montaldo, H y Sánchez, F. 1991. Curvas de lactancia y su ajuste en cabras lecheras. En Memorias del Simposium de Reproducción y Genética en Caprinos Productores de Leche. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM y Asociación Mexicana de Producción Caprina A.C. pp. 10-21.**

**Montaldo, H; Tapia, G. y Juárez, A. 1981. Algunos factores genéticos y ambientales que influyen sobre la producción de leche y el intervalo entre partos en cabras. Tec. Pec. Mex. 41: 32-44.**

**Morand-Fehr, P. and Boyazoglu, J. 1999. Present state and future outlook of the small ruminant sector. Small Rum. Res. 34:175-188.**

Murray, R.K., Mayes, P.A., Granner, D.K. y Rodwell, V.W. 2001. *Bioquímica de Harper*. 15ª ed. Ed. Manual Moderno. México. pp. 104.

Nava GM, Davila V.2004. Nuevas perspectivas en la selección y evaluación de probióticos. *Revista Chilena de nutrición*. Vol. 21, Suplemento N° 1, Noviembre 2004, obtenida el 21 Abr 2008.p-184-185.

Newbold, C.J., López, S., Nelson, N., Ouda, J.O., Wallace, R.J., Moss, A.R. 2005. *Propionate precursors and other metabolic intermediates as posible alternative electron acceptors to methanogenesis in ruminal fermentation in vitro*. *Br. J. Nutr.* 94:27-35.

Newbold, C.J., López, S., Nelson, N., Ouda, J.O., Wallace, R.J., & Moss, A.R. 2005. *Propionate precursors and other metabolic intermediates as posible alternative electrón acceptors to methanogénesis in ruminal fermentation in vitro*. *Br. J. Nutr.* 94:27-35.

O'Shea, M.; Lawless, F.; Staton, C.; Devery, R. 1998. *Conjugated linoleic acid in bovine milk fat: a food based approach to cáncer chemoprevention*. *Trends in Food Sci. & Technol.* 9:192-196.

Offer, N.W.; Bach, A. & Sauvant, D. 2003. *Quantitative review of in situ starch degradation in the rumen*. *Anim. Feed. Sci: Techn.* 106:81.

Ogawa, J., Kishino, S., Ando, A., Sugimoto, A., Mihara, K., Shimizu, S. 2005. *Production of conjugated fatty acids by Lactic Bacteria*. *J. Of Bioscience and Bioengineering (100)* 4:355-364

Ogawa, J., Kishino, S., Ando, A., Sugimoto, S., Mihara, K., Shimizu, S: 2005. *Production of conjugated fatty acid by Lactic acid bacteria*. *J. of Bioscience and Bioengineering 100 (4):* 355-364.

Ortega R.M., Pérez J. F., Bultó S. L., Quesada E. M. *Prejuicios y verdades sobre las grasas y otros alimentos*. Sociedad Española de Dietética y Ciencias en alimentación [sede web]. [acceso7 de marzo de 2014]. Disponible en: [http://www.nutricion.org/publicaciones/pdf/prejuicios\\_y\\_verdades\\_sobre\\_grasas.pdf](http://www.nutricion.org/publicaciones/pdf/prejuicios_y_verdades_sobre_grasas.pdf) [ Links ]

Ortiz-Rubio M. A., Orskov, E. R., Milne, J., & Galina, M. A. 2007. *Effect of different sources of nitrogen on in situ degradability and feed intake of Zebú cattle fed sugarcane tops (Saccharum officinarum)* *Feed Science and Technology*. (139) 143-158.

Palma, G.J.M. 1995. Factores que influyen en la producción lechera de un hato caprino en el semiarido mexicano. Tesis de Doctorado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Colima. Colima, México. pp. 109.

Palou A. O., Picó C. S., Bonet P. Ma L., Serra V. F., Oliver V. P., Rodríguez G. A. Ma, et al. El libro blanco de las grasas en la alimentación funcional. España. Unilever España. 5-30. [acceso 7 de marzo de 2014] Disponible en: <http://www.institutoflora.com/pdf/Grasas-en-la-Alimentacion-Funcional-Libro-Blanco-Instituto-Flora.pdf> [ Links ]

PARK, Y. W., et al. Phisico-Chemical characteristics of goat and sheep milk. En: *Small Ruminant Research*. 2007. Vol. 68. p. 88-113.

PARK, Y. W. Goat milk—chemistry and nutrition. En: Park Y.W, Haenlein G.F.W. (Eds.), *Handbook of Milk of Non-bovine Mammals*. Blackwell Publishing Professional, Oxford, UK/Ames, Iowa, 2006. p.34–58..

Pedersen, J.I. 2001. More on trans fatty acids. *British Journal Nutrition*, 85 (3):249-250.

Peraza, C. 1980. Algunas consideraciones actuales sobre la alimentación de la cabra lechera. *Primer Encuentro Internacional para impulsar la producción de leche de cabra*. Torreón, Coahuila. México. pp. 1-17.

Pérez-Infante, F. 2010. Estimado de la calidad del pasto y los forrajes verdes cuando la disponibilidad no es limitante. En: *Ganadería del Futuro Producción y Eficiencia*. Ed. Palcogra. La Habana. Cuba. p. 33.

Perfield, J.W.; Lock, A.L.; Griinari, J.M.; Sæbø, A.; Delmonte, P.; Dwyer, D.A.; Bauman, D.E. 2007. Trans-9, cis-11 conjugated linoleic acid reduces milk fat synthesis in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90: 2211–2218.

Pfeuffer, M. & Schrezenmeir, J., 2000. Bioactive substances in milk with properties decreasing risk of cardiovascular diseases. *British Journal of Nutrition*, 84, 155-159.

Pfeuffer, M., Schrezenmeir, J., 2000. Bioactive substances in milk with properties decreasing risk of cardiovascular diseases. *British Journal of Nutrition*, 84, 155–159.

Piedra A. Ma I. Grasas. *Guías alimentarias para la educación nutricional en Costa Rica*. Ministerio de Salud de Costa Rica [sede Web]. [acceso 7 de marzo de 2014]. Disponible en: [http://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores\\_en\\_salud/guiasalimentarias/grasas.pdf](http://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores_en_salud/guiasalimentarias/grasas.pdf) [ Links ]

Pino A, Dihigo L. E. 2007. Ensayo sobre el efecto de los probióticos en la fisiología animal. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Disponible en: Monografías.com. Obtenida el 4 Junio 2008.

Puga, D.C, Galina, M., Pérez-Gil, R. F., Sanguinés, G.L., Aguilera, B. A., Haenlein, G.F.W., Barajas, C.R. & Herrera, H.J. 2001b. Effect of a controlled-release urea supplementation on feed intake, digestibility, nitrogen balanced and ruminal kinetics of sheep fed low quality tropical forage. *Small Rum. Res.* 41 (1):9-18.

Puga, D.C, Galina, M.A., Pérez-Gil, R.F., Sanguinés, G.L., Aguilera, B.A. & Haenlein, G.F.W. 2001a. Effect of a controlled-release urea supplement on rumen fermentation in sheep fed a diet of sugar tops (*saccharum officinarum*), corn (*Zea mays*) and king grass (*Pennisetum purpureum*). *Small Rum. Res.* 39 (3):269-276.

Puga, D.C. Galina, M.A., Pérez-Gil, F., Rosado, J., Murillo, J.C. 2001c. Efecto de un Alimento Complejo Catalítico sobre el pH, amoníaco (N-NH<sub>3</sub>) ruminal y la desaparición in situ de *Cynodon nlemfuensis*, *Cynodondactylon*, *Panicum maximum* y *Brachiaria brizantha* en bovinos en Pastoreo en el Trópico Mexicano. *Pastos y Forrajes Cuba*. Vol 24, Número 2:157-166.

Ralph, L.C. 1978. *Introductory animal physiology*. 1ª ed. Ed. McGraw-Hill. USA. pp. 586.

Ramírez, R.O.; Gonzalo, R. L. & López, F.G. 2002. Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan la digestibilidad. *CIENCIA UANL*. 2: 180.

Randall, D., Burggren, W. And French, K. 1997. *Erket Animal Physiology. Mechanisms and adaptations*. 4th. ed. Ed. Freeman. USA. pp. 728.

RODDEN, D. *Dairy goat composition*. [En línea]. California, Estados Unidos: Davis, 2004. [Citado el 16 de noviembre de 2004]. Disponible en <http://drinc.ucdavis.edu/html/milk-1.shtml>.

Ronayne F P. 2000. Importancia de los ácidos grasos poliinsaturados en la alimentación del lactante. *Arch. Argent. Pediatr.*; 98: 231-238.

Rubino, R. 2014. *Il modello latte nobile. Un'altra via é possibile*. Casueus Edit. Anfosc. Italia 191 p.

Rubino, R. 2014. *Il modello Latte Nobile. Un'altra via è possibile*. ANFOSC, Italia. 7-35.

Rubino, R., Galina, M., Pizzillo, M., Masoero, G. 2012. La leche es un alimento importante, su calidad cambia en función de la alimentación y puede ser medida por métodos veloces. Conferencia Magistral II Foro internacional de Ciencia e

**Innovación Tecnológica: FOCAL, Colima, México. Memorias. 38-46 ISBN 978-607-95853-7-2.**

**Ruckebusch, Y., Phaneuf, L.P. y Dunlop, R. 1994. Fisiología de pequeñas y grandes especies. 1ª ed. Ed. El Manual Moderno. México. pp. 862.**

**SAGARPA, 2014. Estadísticas de Producción de leche, Secretaría de Agricultura y Ganadería, Gobierno de México.**

**Santamaría .L. 2004. Uso de Aditivos en la Alimentación Avícola. Pdf. Disponible en: Natural Standard Monograph (www.naturalstandard.com). Obtenida el 21 Abr 2008.**

**Secchiari, P.L. 2008. Nutritional and nutraceutical value of foods of animal origin. Italian Journal Agronomy, 1,73-101.**

**Shen, X., Dannenberger, D., Nuernberg, K., Nuernberg, G., & Zhao, R. 2011. Trans 18:1 and CLA isomers in rumen and duodenal digesta of bulls fed n-3 and n-6PUFA- based diet. Lipids, 46:831-841.**

**Shen, X.; Dannenberger, D.; Nuernberg, K.; Nuernberg, G.; Zhao, R. 2011. Trans-18:1 and CLA isomers in rumen and duodenal digesta of bulls fed n-3 and n-6PUFA-based diets. Lipids. 46:831- 841.**

**SIAP-SAGARPA (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera con Información de las delegaciones de la SAGARPA). 2001.**

**Sigwald, J.P. 1993. Contrôle laitier resultats 91-92. La Chevre. Julliet/Aout 197:26-27.**

**Silva, M.P. et al. 2000. Valoración Nutritiva del fruto de algarrobo blanco (*Prosopis chilensis*) bajo distintos tipos de almacenamiento. Multequina 9: 65-74.**

**SINGH, V.B.; SINGH, S.N. 1985. amino-acid composition of casein of four Indian goat breeds during lactation. Asian-Journal-of-Dairy-Research 3(4): 187-192.**

**Smith, M.C.; D.M. Sherman. 1994. Goat medicine. Lippincott Williams & Wilkins. Baltimore, MA. USA. 620 p.**

**Uauy R. Gerber M. Grasas y ácidos grasos en nutrición humana. Consulta de expertos. Estudio FAO Alimentación y Nutrición. 2012. [acceso 7 de marzo de 2014]. Traducción al español. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/017/i1953s/i1953s.pdf> [ Links ]**

**Váradyová, Z., Kišidayová, S., Siroka, P., Jalč, D. 2008a. Comparison of fatty acid composition of bacterial and protozoal fractions in rumen fluid of sheep fed diet**

supplemented with sunflower, rapeseed and linseed oils. *Animal Feed Sci. Technol.* 144:44-54

Váradyová, Z.; Kišidayová, P.S.; Dušan, J. 2008b. Comparison of fatty acid composition of bacterial and protozoal fractions in rumen fluid of sheep fed diet supplemented with sunflower, rapeseed and linseed oils. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 144:44-54.

Vera, F.M.2007. Aplicaciones de Prebióticos y Probióticos. Disponible en: <http://www.universodontologico.550m.Monografías.com>. Obtenida el 21 Abr 2008.

Vergara-López, J. y Araujo-Febres, O. 2006: Producción, composición química y degradabilidad ruminal in-situ de *Brachiaria humidicola* (rendle) schweick en el bosque seco tropical. *Revista Científica. FCV-LUZ .Venezuela.* 16:3 pp. 239-248.

Wencelová, M., Várdayová, M., Mihalikova, Z., Cobanová, K., Placha, I., Pristas, P., Jalac, D., & Kisidayová, S. 2015. Rumen fermentation pattern, lipid metabolism and the microbial community of sheep fed a high-concentrate diet supplemented with a mix of medicinal plants. *Small Rum Res on Une.*

Wright, D.E. 1959. Hydrogenation of lipids by rumen protozoa. *Nature.* 184:875-876.

Zened, A.; Enjalbert, F.; Nicot, M.C.; Troege- Ler-Meynadier, A. 2013. Starch plus sunflower oil addition to the diet of dry dairy cows results in a trans-11 to trans-10 shift of biohydrogenation. *J. Dairy Sci.* 96:451-459.

*Lehninger Principles of Biochemistry.* 5ª ed. Freeman, 2009. Caps 10, 11.

Granados y colaboradores. 2001. LA CABRA MONTÉS (*Capra pyrenaica*, SCHINZ 1838). *Galemys* 13(1): 3-37.