

FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA EFICIENCIA DE CONVERSIÓN (ALIMENTO EN LECHE) Y EN LA COMPOSICIÓN DE LA LECHE

Aníbal Fernández Mayer¹

La actividad lechera está influenciada por factores ambientales, tamaño animal, lactancia, de manejo, calidad y oferta de las dietas, etc. que influyen directamente en la **composición y eficiencia de conversión** (kg alimento: litros de leche). En este trabajo se sintetizan diferentes factores, algunos modificables y otros no, que permitirán mejorar la respuesta productiva y económica de los sistemas lecheros pastoriles (Gráfico I).

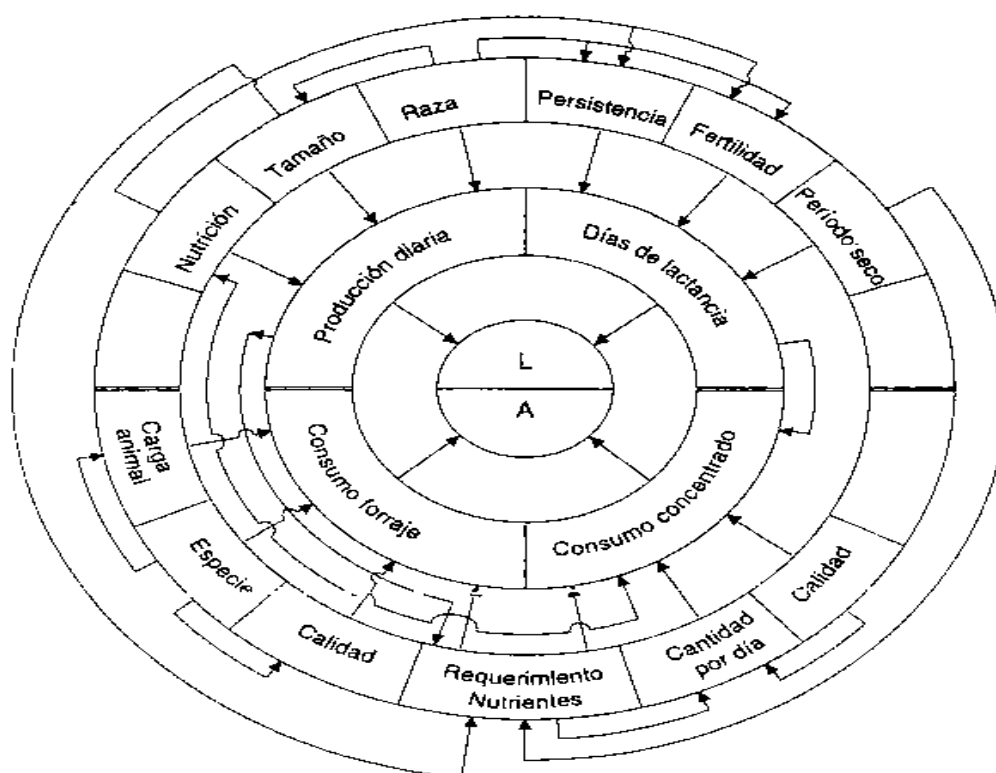


Gráfico I: Eficiencia biológica de la producción animal. 2012. FAO

1.- Eficiencia de conversión (alimentos: leche)

Del análisis e impacto de todos los factores que influyen sobre la Eficiencia de Conversión (EC) del alimento en leche, dependerá un uso más eficiente de los recursos alimenticios (forrajes frescos, reservas y concentrados) y permitirá mejorar, productiva y económicamente, el resultado final.

$EC = \text{Leche producida (l/VO/día)} / \text{Consumo de alimento (kg MS/VO/día)}$
--

1) Doctor en Ciencias Veterinarias especializado en Nutrición Animal (Ing. Agr. M.Sc. PhD) Director Ejecutivo de la Consultora Internacional de Producción y Nutrición de bovinos (carne y leche) **WhatsApp: +5492923641420** afmayer56@yahoo.com.ar //resalancursos@gmail.com. www.nutriciondebovinos.ar

2.1.- Eficiencia de Conversión en función del momento de lactancia.

- a) **Inicio de lactancia** (Primeros 90 días): Los valores normales se ubican entre **1,5 y 1,6 kg de leche por cada kg MS de alimento suministrado**. En esta etapa, se debe balancear muy bien las dietas (energía y proteína), ya que tendrá un impacto positivo en el resto de la lactancia.
- b) **Mitad de lactancia** (100 a 200 días post parto): En esta etapa es esperable una conversión de **1,3 a 1,4 kg de leche por cada kg MS de alimento consumido**.
- c) **Fin de lactancia** (210 a 300 días post parto): Los valores normales son entre **1,1 y 1,3 kg de leche por cada kg MS de alimento consumido**. Este comportamiento se debe a una mayor capacidad de consumo, eficiencia de utilización de la energía y menor producción de leche. Todo esto afecta negativamente la EC.

2.2.- Factores que afectan la eficiencia de conversión en pastoreo

- a) **Merito genético:** Las vacas de mayor mérito convierten más eficientemente alimentos en leche.
- b) **Gastos de mantenimiento:** El gasto de mantenimiento (metabolismo basal de ayuno) está correlacionado directamente con el tamaño del animal. En otras palabras, se requiere mayor cantidad de alimento para “cubrir” los gastos de energía y proteína a medida que se incrementa el peso vivo.

Ejemplo:

Una vaca de **400 kg de peso vivo (PV)** requiere para cubrir su gasto de mantenimiento:

- Consumo de alimento: **10.0 kg Materia seca (MS)/vaca/día**
- Consumo de proteína: **1.0 kg PB/vaca/día (EC: 10 kg alimento/kg PB)**
- Consumo de Energía neta: **9.3 Mcal EN/vaca/día (EC: 1.07 kg/Mcal EN)**
- Consumo de Energía metabolizable: **15.26 Mcal EM/vaca/día (EC: 0.65 kg /Mcal EM)**

Una vaca de **500 kg de PV** requiere para cubrir su gasto de mantenimiento:

- Consumo de alimento: **12.5 kg MS/vaca/día**
- Consumo de proteína: **1.2 kg PB/vaca/día (EC: 10.4 kg alimento/kg PB)**
- Consumo de EN: **11.0 Mcal EN/vaca/día (EC: 1.14 kg/Mcal EN)**
- Consumo de EM: **18.04 Mcal EM/vaca/día (EC: 0.7 kg /Mcal EM)**

Una vaca de **600 kg de PV** requiere para cubrir su gasto de mantenimiento:

- Consumo de alimento: **15.0 kg MS/vaca/día**
- Consumo de proteína: **1.4 kg PB/vaca/día (EC: 10.4 kg alimento/kg PB)**
- Consumo de EN: **12.61 Mcal EN/vaca/día (EC: 1.2 kg/Mcal EN)**
- Consumo de EM: **20.68 Mcal EM/vaca/día (EC: 0.73 kg /Mcal EM)**

Una vaca de **700 kg de PV** requiere para cubrir su gasto de mantenimiento:

- Consumo de alimento: **17.5 kg MS/vaca/día**
- Consumo de proteína: **1.5 kg PB/vaca/día (EC: 11.7 kg alimento/kg PB)**
- Consumo de EN: **14.15 Mcal EN/vaca/día (EC: 1.24 kg/Mcal EN)**
- Consumo de EM: **23.21 Mcal EM/vaca/día (EC: 0.75 kg /Mcal EM)**

- c) **Variación en el consumo de MS y la calidad de los forrajes frescos:** Este es uno de los principales problemas que tiene la producción lechera en sistemas pastoriles. La cantidad y calidad de los forrajes frescos varían, en forma significativa, de una semana a otra. A veces por problemas ambientales (lluvias o sequías), presencia de enfermedades (royas) o por cambios en la fisiología de los vegetales que hacen variar la composición de nutrientes (materia seca, proteína y energía). En todos los casos se afecta el consumo de MS y con él, la producción láctea modificándose la EC.
- d) **Acidosis clínica y sub-clínica o alimentos contaminados (micotoxinas):** En todos los casos se afecta la producción y calidad de la leche y con ellas la EC.
- e) **Calidad del agua:** El agua es el nutriente de mayor importancia para las vacas lecheras. La calidad del agua impacta sobre el consumo, la producción de leche y, por ende, sobre la EC.

A medida que varíe la calidad del agua, ya sea por exceso o falta de **sales totales** -ST- (mayor 4 o menor 1 g ST/l, respectivamente) o se incrementan algunos parámetros claves (sulfatos, sodio, magnesio, flúor, arsénico, etc.) la vaca consume menos agua y, por ende, se reduce significativamente el consumo de MS de alimentos y la producción de leche. Todo ello afecta negativamente la EC.

En los Cuadros 1, 2 y 3 se observan los consumos de agua por kg de MS consumido, según temperatura del aire y del agua y con o sin Silaje de planta entera.

Cuadro 1: Límites máximos de agua (de alta calidad) para una vaca lechera

	pH	ST (mg/l)	CO ₃ ⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	As ⁺ (mg/l)	F ⁻ (mg/l)
Vaca lechera	6-8	2000-4000	<90	<500	<1.500	<200	<250	<2000	<2000	<100	<10	<0.2	<1.5

Referencias: pH: potencial hidrógeno, ST: sales totales, CO₃⁻: carbonatos, HCO₃⁻: bicarbonatos, Ca⁺⁺: calcio, Mg⁺⁺: magnesio, Cl⁻: cloruros, Na⁺: sodio, NO₃⁻: nitratos, NO₂⁻: nitritos, As⁺: arsénico, F⁻: flúor

Cuadro 2: Consumo de agua (de alta calidad) de una vaca lechera con y sin Silaje de planta entera

	Consumo de MS (kg MS/VO/día)	Consumo de agua/kg MS -Sin Silaje de planta entera- (l agua/kg MS)	Consumo total de agua -Sin Silaje de planta entera- (l/VO/día)	Consumo de agua/kg MS -Con Silaje de planta entera- (l/kg MS)	Consumo total de agua ¹⁻² -Con Silaje de planta entera- (l/VO/día)
Vaca lechera (27-30 l/VO/día)	20 kg MS	±3.0 l/kg MS	55-60 l agua/VO/día	±4.5 l/kg MS	65-70 l agua/VO/día

- 1) Consumo de Silaje (±6 kg MS/VO/día) como ejemplo: 6 kg MS x 4.5 l/kg=27 l agua/VO/día
14 kg MS (resto de la dieta) x 3.0 l/kg= 42 l agua/VO/día. Total= 69 l de agua/VO/día

Cuadro 3: Requerimientos de agua según la temperatura del agua o aire

Temperatura del aire y del agua	Requerimientos de agua (Litro/kg MS ingerida)
> 35 °C	4-8 l/kg
15-25 °C	3-5 l/kg
-5-15 °C	2-4 l/kg
< -5 °C	< 2-3 l/kg

Fuente: Requerimientos de nutrientes (NRC, 2015.)

Por ello, es imprescindible que se realicen en forma periódica (cada 2 o 3 años, como mínimo) un análisis completo del agua que toman los animales y se hagan las correcciones que corresponda para no afectar, significativamente, la producción láctea y con ella la EC, ya que se afectará finalmente el resultado económico de la empresa.

2.- Componentes nutricionales de la leche

Cada raza de ganado lechero se caracteriza por la diferente proporción de cada uno de los componentes (Cuadro 4).

Cuadro 4: Composición promedio de la leche (%) por raza

Raza	Grasa	Proteína	Lactosa	SNG	ST
Ayrshire	3,9	3,3	4,6	8,6	12,5
Pardo Suizo	4,0	3,5	4,8	9,0	13,0
Guernsey	4,6	3,6	4,8	9,2	13,8
Holstein	3,6	3,15	4,6	8,5	12,0
Jersey	4,8	3,8	4,8	9,4	14,2

SNG: sólidos no grasos ST: sólidos totales

Existen dos términos generales que clasifican a los componentes de la leche. Estos son los **sólidos no grasos** que agrupan a las *proteínas, la lactosa y los minerales* y los **sólidos totales** que incluyen los no grasos más la **fracción grasosa** de la leche.

La cantidad relativa de componentes de la leche que una célula es capaz de producir, está determinada genéticamente; sin embargo, la cantidad real producida depende de la disponibilidad de precursores necesarios para sintetizar cada componente.

En la síntesis de estos componentes, la **lactosa** y los **minerales** no cambian mucho en respuesta a la selección genética o al manejo nutricional; mientras estos dos factores, si pueden producir grandes cambios en la concentración de la grasa y de la proteína de la leche. La mayor manipulación se obtiene en la cantidad de grasa por medio de un manejo alimenticio.

La lactosa y los minerales regulan la presión osmótica de las células del alveolo lácteo. Debido a su mayor estabilidad dentro de la leche es difícil de manipular. No ocurre lo mismo con la grasa y la proteína que tienen grandes variaciones de acuerdo a las características genéticas (raza), la alimentación y el manejo.

a) Lactosa

La lactosa se le conoce como el azúcar de la leche. La cantidad de lactosa que sintetiza una célula, determina la cantidad de agua secretada por la misma, o sea la cantidad de leche producida por la vaca, pues el agua es el principal componente de la leche (86-88%).

La lactosa se sintetiza en las células de la glándula mamaria creando un desbalance osmótico que se corrige mediante la absorción de agua. La síntesis de lactosa es el producto de la extracción de glucosa de la sangre (dentro de la glándula mamaria) con la participación de la enzima *alfa-Lactoalbúmina* y la *beta-lactoglobulina* es esencial para la formación de la cuajada en la fabricación del queso.

Otras proteínas de la leche como las inmunoglobulinas son importantes durante el período de producción de calostro, ya que transmiten inmunidad pasiva al ternero recién nacido. Estas proteínas no son sintetizadas en la glándula mamaria, son tomadas directamente de la sangre. La leche también contiene nitrógeno no proteico (NNP) como urea y otros compuestos, en menor cantidad (Cuadro 5).

De ahí que a mayor consumo de proteína de los forrajes frescos y/o concentrados, se incrementan estas 2 enzimas y, por ende, la producción de leche (litros/vaca/día).

Cuadro 5: Proteínas de la leche.

Proteína	Concentración (g/kg)
Caseínas	
α -caseína	20,0
β -caseína	6,2
χ -caseína	3,7
γ -caseína	1,2
Total de caseína: +-31,1 g/kg (3,11%)	
Proteína del suero	
Inmunoglobulinas ¹	0,6
α - Lactoalbúmina	0,7
β - Lactoglobulinas	0,3

1) Aumentan con la mastitis

b) Grasa butirosa

La grasa de la leche está compuesta principalmente por triglicéridos (ácidos grasos libres y colesterol). Aproximadamente un 50% de la grasa de la leche es sintetizada en la glándula mamaria a partir del ácido acético y butírico, que provienen de la fermentación ruminal de los alimentos. Los otros componentes de la grasa se originan de grasas de origen dietético o proveniente de depósitos grasos de la vaca.

Estas dos fuentes contribuyen a los ácidos grasos de cadena larga de la leche y son incorporados directamente a la leche. La relación acetato: propionato es la principal responsable de los cambios en el porcentaje de grasa en la leche por su efecto en el pH ruminal.

c) Proteínas

Las proteínas verdaderas de la leche (caseína, lactoalbúminas y lactoglobulinas) representan un 95% de la proteína total, el resto es nitrógeno no proteico (NNP).

Las proteínas verdaderas son sintetizadas en la glándula mamaria a partir de aminoácidos esenciales y no esenciales, glucosa y ácido propiónico absorbido de la sangre. En contraste con la síntesis de grasa en la glándula mamaria, la formación de las proteínas de la leche es muy estricta en términos de precursores usados y la secuencia de su inclusión en la molécula.

La rigidez en la cantidad de aminoácidos (AA) usados puede ser explicada bajo el concepto de limitancia. Si un aminoácido no está presente en el sitio de la síntesis de la proteína en el momento oportuno, la falta de ese aminoácido limita o evita la síntesis de la molécula entera de la proteína. Por lo tanto, la capacidad genética para la síntesis de una proteína, puede afectarse por la ausencia de un único o simple AA.

A su vez, proveer un exceso de un AA a la glándula mamaria, hace que otro AA se vuelva limitante en término de producción de proteínas. Excesos o deficiencias de proteína en la dieta de una vaca puede afectar la producción óptima de este compuesto.

El principal objetivo en el manejo nutricional de las vacas es proveer a las células de la glándula mamaria, la cantidad adecuada de cada AA individual, con el fin que se le permita utilizar al máximo su habilidad para sintetizar la proteína. El primero y el segundo AA limitante son la lisina y metionina, respectivamente.

d) Minerales

El contenido de minerales es bastante constante por su efecto sobre la presión osmótica, como se dijera más arriba. El contenido promedio en la leche es de 0.74%, donde el **calcio (0.12%)**, el **potasio (0-15%)**, **cloro (0.11%)**, **fósforo (0.10%)** y **sodio (0.05%)**. La mayoría de los minerales que están presentes en la leche, se encuentran en la forma de complejos orgánicos y la concentración de algunos de ellos es mayor en la fase lipídica o grasosa de la leche.

2.- Composición de la leche. Factores que influyen

Entre los principales factores que influyen sobre la composición de los componentes de la leche se destacan:

2.1.- Mejoramiento genético

El mejoramiento genético es una forma permanente pero lenta de producir cambios en los constituyentes de la leche, sin embargo, con el desarrollo de nuevas técnicas de manipulación genética, se puede obtener un progreso más rápido.

La **heredabilidad** para los **componentes de la leche** es **alta** y nos sirve para indicar que porcentaje de variación para un componente se debe a diferencias genéticas. La **heredabilidad** para el **porcentaje de grasa** varía de **50 a 70%**; para **proteína** de **40 a 50%** y para **sólidos no grasos** de **50%** para todas las razas.

El porcentaje de los componentes de la leche observados en una lactancia son similares a los que se observan en las subsecuentes lactancias. La **repetibilidad** en las **vacas Holstein** para el porcentaje de **grasa** es de **0.76**; **0.60** para la **proteína** y **0.61** para el porcentaje de **SNG**. Las otras razas tienen una repetibilidad muy similar a la Holstein.

2.2.- Factor ambiental

El factor ambiental lo componen la **edad de la vaca**, **temperatura ambiental**, **manejo al ordeño**, **salud de la vaca** y **manejo alimenticio**. De estos factores, el único que en forma práctica puede cambiar la cantidad de los componentes de la leche, es el manejo alimenticio, los otros factores pueden influir cuando no están en forma adecuada.

2.3.- Factores Nutricionales

Los factores nutricionales son los principales responsables de los cambios en el contenido de los diferentes componentes de la leche. Estos cambios los podemos dividir en tres categorías:

- I) Efecto sobre el contenido de grasa
- II) Efecto sobre el contenido de proteína
- III) Efecto sobre la concentración los sólidos totales.

I) Efecto sobre el contenido de la grasa

De todos los componentes de la leche, el porcentaje de grasa es el más variable por factores genéticos, fisiológicos y nutricionales.

Los ácidos grasos volátiles (AGV), especialmente el ácido acético, producidos en el rumen son los responsables de la variación en el contenido de grasa en la leche. Las dietas ricas en grano no disminuyen la producción de acetato, sino que se incrementa la concentración molar de propionato, afectando la relación acetato: propionato, lo que reduce el contenido de grasa en la leche. A diferencia de la fracción fibrosa de la dieta (henos, silajes, campo natural) que genera una mayor proporción de acetatos, y por ende, estimula la producción de grasa butirosa.

Otro agente alcalinizante es el **óxido de magnesio**, que ha demostrado producir un efecto positivo sobre la producción de leche y el porcentaje de grasa. El efecto de este producto se relaciona a que aumenta la transferencia de los lípidos sanguíneos a la glándula mamaria. La suplementación normal es de 50 a 100 g óx. Mg/vaca ordeño/día. La combinación de 2 partes de bicarbonato y una parte de óxido de magnesio es más efectiva que cada uno en forma separada.

II) Efecto sobre el contenido de proteína

Entre los principales factores que afectan la síntesis de proteína láctea están:

- a) Consumo de energía
- b) Carbohidratos no estructurales
- c) Grasa dietética
- d) Proteína dietética

a) Consumo de energía

El consumo de energía es el principal factor nutricional que afecta el porcentaje de proteína en la leche. Un aumento en el consumo de energía produce un aumento en el contenido de proteína. La cantidad de energía consumida, la densidad energética de la dieta y la fuente de energía de la dieta son los factores que más influyen el nivel de proteína en la leche.

Bachman (1994) establece que el porcentaje de proteína en la leche aumenta en 0.015% unidades por cada megacaloría de energía neta adicional consumida. El efecto del consumo de energía sobre el porcentaje de proteína se debe a una mayor producción de propionato, lo que favorece la disponibilidad de algunos AA, especialmente la del ácido glutámico, el cual tiene un papel importante en la transaminación de AA, aumentando la síntesis de AA no esenciales. Existe una correlación alta positiva entre la producción de propionato y la proteína en la leche.

b) Carbohidratos no estructurales (CNE)

La digestión de los almidones por los microorganismos del rumen resulta en una mayor producción de ácido propiónico.

Una cantidad mínima de CNE, especialmente almidones, es necesaria para evitar una reducción en la digestión ruminal y síntesis de proteína.

Vacas de alta producción de leche necesitan comer un nivel de CNE entre 30 a 40% en la dieta de las vacas en lactación.

La tasa de degradación de los almidones es muy importante en el contenido total de sólidos de la leche. Si la degradación es muy rápida, se produce acidosis y el porcentaje de grasa se disminuye. Si es muy lenta se reduce la digestión microbiana y la síntesis de proteína. Los almidones de la cebada o del trigo se digieren más rápidamente que los del maíz. Una buena práctica usada en muchos tambos de alta producción es la combinación de granos de cereal de diferente degradación ruminal (ej: cebada y maíz). El molido fino, las hojuelas con vapor y el contenido de humedad de los granos aceleran la degradación de los almidones.

c) Grasa dietética

La adición de grasa a una dieta generalmente produce una disminución en el porcentaje de proteína entre 0.1 a 0.3% unidades. Este fenómeno se debe a que los microorganismos del rumen no son capaces de utilizar los lípidos para su crecimiento y como consecuencia se reduce la síntesis de proteína ruminal. Aunque la producción de leche aumenta, el porcentaje de proteína disminuye al no haber suficientes aminoácidos provenientes de la proteína microbiana.

Cuando se utilizan **grasas protegidas**, el nivel de proteína sobrepasante debe ser mayor del 6% del total de proteína de la dieta, para evitar una disminución en la cantidad de proteína en la leche.

d) Proteína dietética

El nivel de proteína en la dieta tiene un efecto positivo sobre la cantidad de este nutriente en la leche, producto de un mayor suministro de AA para su síntesis en la glándula mamaria. La fuente de estos AA puede provenir de la proteína ruminal, AA protegidos y de la proteína sobrepasante.

En resumen, existen muchos factores (ambientales, metabólicos, etc.) que alteran la producción de proteína de la leche. Esto hace muy difícil establecer, a ciencia cierta, un criterio y definir cuál es el mejor mecanismo que asegure un incremento “estable” en la proteína.

III) Efecto sobre la concentración de sólidos totales

La definición de sólidos totales (ST) es la suma de los cuatro componentes, lactosa, grasa, proteínas y minerales. Por lo que una disminución en alguno de estos constituyentes puede influenciar el contenido total de los sólidos.

En general podemos decir que el factor que más influencia el porcentaje de ST es el contenido de grasa, debido a su gran variabilidad. Aunque existen otros factores que pueden influenciar sobre los ST, como:

- a) Estado de lactación
- b) Edad de la vaca
- c) Temperatura ambiental
- d) Estado sanitario

a) Estado de lactación

Al *inicio de la lactancia* la cantidad de ST es *alta*, por una mayor proporción de proteína y de grasa. Sin embargo, se reduce a medida que avanza la lactancia, alcanzando un nivel *mínimo* entre el *segundo y tercer mes* para luego *aumentar al final* de la misma. Esto es producto de una relación inversa entre la producción de leche y los componentes de la leche.

b) Edad de la vaca

La cantidad de leche y composición de nutrientes aumenta con el número de lactancias hasta la 4° o 5° y luego se reduce. Esto es producto de un aumento en el peso corporal (mayor capacidad ruminal) que le permite tener un sistema digestivo y mamario más grande para la producción de leche. Por arriba de la 5° lactancia se produce una disminución gradual en el porcentaje de grasa y de sólidos no grasos (SNG).

c) Temperatura ambiental

La temperatura ambiental tiene un efecto sobre el contenido de componentes de la leche. El contenido de *ST aumenta* cuando la *temperatura disminuye a menos de 25°C*. Muchos de estos cambios son producto de diferentes consumos de materia seca, que afectan el consumo de los precursores de estos componentes.

