

VARIACIÓN ESTACIONAL EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y EN EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA LECHE DE VACA

Seasonal Variation in Chemical Composition and Fatty Acids Profile of Cows' Milk

A.I. ROCA-FERNÁNDEZ y A. GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ

Departamento de Producción Animal. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM). INGACAL. Xunta de Galicia. Apdo. 10 – 15080 La Coruña, anairf@ciam.es

Resumen: A pesar de que los ganaderos tratan de mantener una calidad homogénea de la leche para satisfacer los requerimientos de las industrias lácteas, la composición química y el perfil de ácidos grasos (AG) de la leche de vaca sufren variaciones estacionales debido a cambios en los integrantes de la ración. El objetivo de este estudio fue evaluar la variación estacional en la calidad de la leche en respuesta a cambios en la alimentación, motivados por variaciones en las condiciones climáticas (temperatura media y precipitación acumulada), cuando las vacas pasan de una ración con hierba fresca en pastoreo a otra con ensilado y concentrado en establo. Se determinaron los contenidos de proteína, grasa y AG saturados de la leche durante dos años en los Países Bajos encontrándose valores bajos en pastoreo ($p < 0,001$) de primavera-verano y altos con ensilado y concentrado ($p < 0,001$) en otoño-invierno. Lo contrario ocurrió con los AG insaturados y el ácido linoleico conjugado (CLA), que fueron superiores ($p < 0,001$) en primavera-verano con pasto que en otoño-invierno con ensilado y concentrado. Es importante analizar el efecto de las variaciones climáticas estacionales para poder actuar sobre la alimentación animal y la calidad de la leche de vaca en sistemas de pastoreo.

Palabras clave: vacuno, pastoreo, leche, ácido linoleico conjugado, fluctuaciones.

Abstract: Instead of the fact that producers try to keep homogeneous milk quality for satisfying dairy industry requirements, chemical composition and fatty acids (FA) profile of cow's milk undergoes seasonal variations due to changes in feed ingredients. The objective of this study was to evaluate seasonal variations in milk quality in response to changes on cows' nutrition, motivated by variations on weather conditions (average temperature and accumulated precipitation), when cows are moved from a ration with fresh forage at grazing to another with silage and concentrate in stable. Protein, fat and saturated FA content were measured in milk during two years in The Netherlands showing low values at grazing ($p < 0.001$) in spring-summer and high values when animals feed silage and concentrate ration ($p < 0.001$) in autumn-winter. The opposite occurred with unsaturated FA and conjugated linoleic acid (CLA) which were higher ($p < 0.001$) in spring-summer with fresh forage than in autumn-winter with silage and concentrate. It is important to analyze the effect of seasonal weather variations on milk quality to act on animal nutrition and cow's milk quality in grazing systems.

Keywords: cattle, grazing, milk, conjugated linoleic acid, fluctuations.

INTRODUCCIÓN

Los cambios en la alimentación animal y en el manejo del rebaño en pastoreo condicionan a corto plazo la calidad y el perfil de ácidos grasos de la leche, mientras que la raza de vaca y las variaciones climáticas estacionales lo hacen a largo plazo (Roca-Fernández, 2011). Se establece una correlación inversamente proporcional entre la temperatura ambiental y la cantidad de leche, proteína y grasa producidas (Ozrenk y Selcuk, 2008), ya que al parecer, los niveles de ácidos grasos saturados (AGS) en leche alcanzan valores máximos en invierno, cuando las vacas se estabulan y son alimentadas con ensilado y concentrado, mientras que en verano, cuando los animales están en pastoreo y se alimentan de hierba verde, los ácidos grasos insaturados (AGI), como el ácido linoleico conjugado (CLA, C18:2 cis-9, trans-11), muestran valores máximos. Estas oscilaciones periódicas en el perfil de ácidos grasos de la leche de vaca podrían ser explicadas porque las variaciones climáticas estacionales son un reflejo de cambios en la alimentación de los animales (Roca-Fernández, 2011). El objetivo de este estudio, realizado con recogida de datos en dos años en los Países Bajos, fue evaluar el efecto de las variaciones climáticas (temperatura media y precipitación acumulada) sobre la composición química (contenido en proteína y grasa) y el perfil de ácidos grasos de la leche de vaca (AGS, AGI y CLA) comparando dos sistemas de alimentación (pastoreo con hierba fresca en primavera-verano *vs.* establo con ensilado y concentrado en otoño-invierno).

Área de estudio. En 2005 se observó un descenso (25%) en el uso de las praderas permanentes para la producción de leche en las explotaciones de los Países Bajos, con relación a 1992 (Tabla 1) debido a un incremento en el uso de las praderas temporales (84%), el empleo del silo de maíz (7%) y el cultivo de cereales (3%). El área total de pastoreo fue la misma, pero aumentó (5%) la superficie dedicada a silo de hierba en 2005 con respecto a 1992 (<http://statline.cbs.nl/statweb>).

Tabla 1. Uso de la tierra en los Países Bajos en 1992 y 2005.

| | Área total bajo cultivo (x 1.000 ha) | | | | Área total a pasto (x 1.000 ha) | |
|------|---|---------------------|--------------|----------|------------------------------------|---------|
| | Praderas permanentes | Praderas temporales | Silo de maíz | Cereales | En pastoreo | Silo de |
| 1992 | 1.030 | 33 | 218 | 704 | 978 | 1.865 |
| 2005 | 771 | 205 | 235 | 727 | 980 | 1.965 |

Manejo del rebaño lechero. En 2005 descendió el número de explotaciones (41%) y el número de vacas lactantes (18%) con respecto a 1992 (Tabla 2), y aumentó (15%) la producción de leche por vaca, con un descenso en el número de vacas en pastoreo (13%) y un aumento de las alimentadas con silo de hierba (14%) en 2005.

Tabla 2. Manejo de las explotaciones lecheras de los Países Bajos en 1992 y 2005.

| | Nº (x 1.000) | Rebaño lechero (x 1.000) | | Producción de leche (kg/vaca/día) |
|------|-----------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| | | Vacas lactantes (nº cabezas) | Vacas no lactantes (nº cabezas) | |
| | | 1992 | 63 | |
| 2005 | 37 | 1.263 | 158 | 28,2 |

El alto potencial genético de las Holstein-Friesian y el mayor empleo del concentrado en las raciones aumentó la producción de leche (+4,3 kg/vaca/día) pero disminuyó la proporción de pasto en la ración en 2005 (12%), cuando en 1992 era del 34%, al tiempo que el uso del silo de maíz pasó del 15% al 25% (Van Bruggen, 2007).

MATERIAL Y MÉTODOS

Toma de muestras. Se recogieron un total de 52 muestras de leche anuales (1 muestra por semana), en cada uno de los años, de los tanques de refrigeración de una industria holandesa, que englobaba a 4 centrales lecheras en 1992 y a 17 en 2005.

Métodos de análisis. Se determinó el contenido de grasa en la leche de vaca por el método ISO 1211 (ISO, 1999) y la proteína por electroforesis capilar. El perfil de ácidos grasos de la leche se determinó por cromatografía de gases tras extracción de la grasa láctea siguiendo el protocolo establecido por la industria láctea.

Registro de variables climáticas. Se registraron semanalmente la temperatura media (°C) y la precipitación acumulada (mm) en la estación De Bilt.

Análisis estadístico. Para determinar la variación estacional en la composición química y en el perfil de ácidos grasos de la leche y relacionarla con las variables climáticas, se consideró al año y a la estación como efectos fijos aplicando un modelo lineal general multivariante (SAS, 2005). Las diferencias en los contenidos de proteína, grasa y ácidos grasos entre las estaciones se establecieron por ANOVA: $Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + Y_i S_j + \epsilon_{ijk}$. Donde: Y_{ijk} es la media de las semanas que delimitan cada estación; μ es el valor medio; T_i es el efecto del año, S_j es el efecto de

Tabla 4. Registro mensual del contenido de proteína y grasa (g/100 g de leche) y ácidos grasos saturados (AGS) (g/100 g de ácidos grasos) en 1992 y 2005.

| | Año | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Proteína | 1992 | 3,48 | 3,45 | 3,41 | 3,45 | 3,4 | 3,36 | 3,35 | 3,38 | 3,5 | 3,58 | 3,6 | 3,55 |
| | 2005 | 3,52 | 3,51 | 3,51 | 3,45 | 3,43 | 3,44 | 3,41 | 3,47 | 3,48 | 3,55 | 3,56 | 3,57 |
| Grasa | 1992 | 4,54 | 4,51 | 4,47 | 4,46 | 4,36 | 4,21 | 4,15 | 4,2 | 4,38 | 4,48 | 4,62 | 4,6 |
| | 2005 | 4,56 | 4,56 | 4,56 | 4,43 | 4,34 | 4,21 | 4,16 | 4,21 | 4,25 | 4,39 | 4,47 | 4,56 |
| Σ C4:0-18:0 ¹ | 1992 | 67,4 | 67,4 | 67,3 | 66,8 | 63,1 | 61 | 61,9 | 61,6 | 61,4 | 62,7 | 63,1 | 66,8 |
| | 2005 | 68,9 | 69,1 | 68,3 | 67,4 | 65,7 | 64,7 | 64,4 | 64,1 | 64,6 | 65,4 | 67,2 | 68,8 |

¹ Σ C4:0-C18:0= Sumatorio de C4:0 a C18:0 considerado como contenido total de AGS.

Variación estacional en composición química y perfil de ácidos grasos.

La variación estacional en el contenido de proteína y grasa en leche ($p < 0,001$) presenta unos valores máximos en otoño e invierno y mínimos en primavera y verano (Tabla 5) en pastoreo en ambos años, coincidiendo con las épocas de menor y mayor producción de leche, respectivamente (Lindmark-Månsson *et al.*, 2003).

Tabla 5. Variación estacional en el contenido de proteína y grasa en 1992 y 2005.

| (g/100 g leche) | Año | Invierno | Primavera | Verano | Otoño | Media | ESM ¹ | Año | Estación | Año*Est |
|-----------------|------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------|------------------|-------|----------|---------|
| Proteína | 1992 | 3,47 ^a | 3,40 ^b | 3,43 ^b | 3,60 ^a | 3,46 | 0,02 | 0,429 | 0 | 0,24 |
| | 2005 | 3,52 ^a | 3,42 ^b | 3,45 ^b | 3,54 ^a | 3,48 | 0,01 | | | |
| Grasa | 1992 | 4,52 ^a | 4,36 ^{ab} | 4,28 ^b | 4,62 ^a | 4,42 | 0,03 | 0,07 | 0 | 0,07 |
| | 2005 | 4,55 ^a | 4,34 ^{ab} | 4,21 ^b | 4,40 ^a | 4,38 | 0,01 | | | |

^{a-b}Medias con diferente superíndice en la misma fila difieren significativamente ($p < 0,001$).

¹ESM= Error estándar de la media.

La variación estacional en el contenido de AGS en leche ($p < 0,001$) para C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C14:0, C16:0, C18:0 y Σ C4:0-C18:0 en ambos años muestra valores máximos en otoño e invierno, cuando hay poco pastoreo, y valores mínimos de AGS en primavera y verano (Tabla 6) con elevado aprovechamiento del pasto. Resultados similares se obtuvieron en el CIAM (Roca-Fernández, 2011). Los contenidos de C4:0, C12:0 y C18:0 fueron superiores ($p < 0,001$) en 1992 que en 2005. En este último año la grasa láctea mostró niveles superiores ($p < 0,001$) de AGS (C14:0, C16:0 y Σ C4:0-C18:0), debido al descenso del pastoreo en relación a 1992, lo que se interpretará como un descenso de la calidad nutritiva de la leche en 2005 debido a una menor ingestión de pasto por el animal.

Sin embargo, la variación estacional de AGI (C18:1, C18:2 y Σ C18:1-C18:2) en ambos años, mostró valores máximos ($p < 0,001$) en primavera y verano, durante

la estación; $Y_i \times S_j$ es la interacción entre año y estación, y ε_{ijk} es el error residual. Se establecieron diferencias significativas ($p < 0,001$) mediante análisis Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variación mensual en variables climáticas. No se observaron diferencias entre la temperatura media registrada en 1992 (10,5°C) y 2005 (10,7°C) (Tabla 3). Los meses más fríos fueron Enero (2,7 °C) y Febrero (2,4°C) en 1992 y 2005. El mes más cálido fue Julio (18,3 y 17,7°C) en ambos años. En 1992, la temperatura fue superior de Mayo a Agosto e inferior en Enero, Abril, Octubre y Diciembre comparado con 2005. La precipitación total fue superior en 1992 (917 mm) que en 2005 (877 mm). Los meses más lluviosos fueron Agosto (159 mm) y Julio (156 mm) y los menos lluviosos Febrero (31 mm) y Marzo (49 mm) en 1992 y 2005.

Tabla 3. Registro mensual de las variables climáticas en 1992 y 2005.

| | Año | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---------------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| Temperatura | | | | | | | | | | | | | |
| media, °C | 1992 | 2,7 | 4,9 | 6,9 | 8,7 | 15,6 | 17,2 | 18,3 | 17,8 | 14,6 | 8 | 8 | 3,7 |
| | 2005 | 5,3 | 2,4 | 6,5 | 10,4 | 12,6 | 16,8 | 17,7 | 16,2 | 15,7 | 13,3 | 6,9 | 4 |
| Precipitación | | | | | | | | | | | | | |
| acumulada, mm | 1992 | 38 | 31 | 80 | 53 | 42 | 64 | 69 | 159 | 58 | 122 | 134 | 67 |
| | 2005 | 53 | 80 | 49 | 64 | 54 | 53 | 156 | 94 | 64 | 55 | 99 | 56 |

Variación mensual en composición química y perfil de ácidos grasos. No se observaron diferencias en el contenido de proteína y grasa entre 1992 (3,46 y 4,42 g/100 g de leche) y 2005 (3,48 y 4,38 g/100 g de leche) (Tabla 4). Estos valores fueron máximos en Noviembre de 1992 (3,60 y 4,62 g/100g de leche) y Diciembre de 2005 (3,57 y 4,56 g/100g de leche). Julio mostró valores mínimos de proteína (3,35 y 3,41 g/100g de leche) y grasa (4,15 y 4,16 g/100g de leche) en ambos años. El contenido de AGS ($\Sigma C4:0-18:0$) fue inferior ($p < 0,001$) en 1992 que en 2005 (64,20 y 66,56 g/100g de AG). Los valores más altos en AGS se obtuvieron en Febrero (67,4 y 69,1 g/100g de AG) y los más bajos en Junio (61,0 g/100 g de AG) y Agosto (64,1 g/100 g de AG) de 1992 y 2005. La variaciones más grandes en proteína, grasa y AGS se obtuvieron en 1992 (0,25 y 0,47 g/100 g de leche y 6,40 g/100 g de AG) comparado con 2005 (0,16 y 0,40 g/100 g de leche y 5,00 g/199 g de AG).

las épocas de máxima ingestión de pasto por el animal, y mínimos en otoño e invierno (Tabla 7), debido a un menor aprovechamiento del pasto y un incremento de la suplementación. Los contenidos de C18:1 y Σ C18:1-C18:2 fueron superiores ($p < 0,001$) en 1992 que en 2005, año con mayor ($p < 0,001$) nivel de C18:2 en la grasa.

Tabla 6. Variación estacional en ácidos grasos saturados en 1992 y 2005.

| (g/100 g AG) | | Invierno | Primavera | Verano | Otoño | Media | ESM [†] | Año | Estación | Año*Est |
|----------------------------------|------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------|------------------|-------|----------|---------|
| C4:0 | 1992 | 13,94 | 13,93 | 13,93 | 13,96 | 13,94 | 0,04 | 0 | 0,098 | 0,618 |
| | 2005 | 23,6 | 23,48 | 23,56 | 23,77 | 23,58 | 0,02 | | | |
| C6:0 | 1992 | 2,20 ^a | 2,18 ^a | 2,08 ^b | 2,19 ^a | 2,14 | 0,02 | 0,205 | 0 | 0,314 |
| | 2005 | 2,25 ^a | 2,13 ^b | 2,11 ^b | 2,28 ^a | 2,18 | 0,01 | | | |
| C8:0 | 1992 | 1,37 ^a | 1,35 ^a | 1,25 ^b | 1,35 ^a | 1,31 | 0,02 | 0,574 | 0 | 0,194 |
| | 2005 | 1,37 ^a | 1,30 ^b | 1,27 ^b | 1,38 ^a | 1,33 | 0,01 | | | |
| C10:0 | 1992 | 3,07 ^a | 2,99 ^b | 2,68 ^b | 2,96 ^a | 2,87 | 0,04 | 0,982 | 0 | 0,084 |
| | 2005 | 3,03 ^a | 2,84 ^b | 2,71 ^b | 2,98 ^a | 2,88 | 0,02 | | | |
| C12:0 | 1992 | ¹ 4,43 ^a | ¹ 3,92 ^b | ¹ 3,58 ^b | ¹ 4,29 ^a | 13,99 | 0,04 | 0,001 | 0 | 0 |
| | 2005 | ² 4,04 ^a | ² 3,81 ^b | ² 3,65 ^b | ² 3,92 ^a | 23,85 | 0,02 | | | |
| C14:0 | 1992 | ¹ 11,72 ^a | ¹ 10,57 ^b | ¹ 10,41 ^b | ¹ 11,35 ^a | 111 | 0,06 | 0 | 0 | 0 |
| | 2005 | ² 11,74 ^a | ² 11,21 ^b | ² 10,96 ^b | ² 11,41 ^a | 211,34 | 0,03 | | | |
| C16:0 | 1992 | ¹ 30,53 ^a | ¹ 26,80 ^b | ¹ 26,44 ^b | ¹ 28,92 ^a | 128,25 | 0,2 | 0 | 0 | 0,05 |
| | 2005 | ² 32,97 ^a | ² 30,46 ^b | ² 29,45 ^b | ² 31,04 ^a | 231,13 | 0,09 | | | |
| C18:0 | 1992 | ¹ 9,99 ^a | ¹ 11,33 ^b | ¹ 11,32 ^b | ¹ 10,09 ^a | 110,7 | 0,15 | 0,001 | 0 | 0,149 |
| | 2005 | ² 9,69 ^a | ² 10,75 ^b | ² 10,77 ^b | ² 9,86 ^a | 210,26 | 0,07 | | | |
| Σ C4:0-C18:0 [‡] | 1992 | ¹ 67,24 ^a | ¹ 63,05 ^b | ¹ 61,70 ^b | ¹ 65,11 ^a | 164,2 | 0,2 | 0 | 0 | 0 |
| | 2005 | ² 68,69 ^a | ² 65,99 ^b | ² 64,49 ^b | ² 66,67 ^a | 266,56 | 0,09 | | | |

^{a-b}Medias con diferente superíndice en la misma fila difieren significativamente ($p < 0,001$).

¹⁻²Medias con diferente superíndice en la misma columna difieren significativamente ($p < 0,001$).

[†]ESM= Error estándar de la media. [‡]C4:0-C18:0= Sumatorio considerado como contenido total de AGS.

Tabla 7. Variación estacional en ácidos grasos insaturados en 1992 y 2005.

| (g/100g AG) | Año | Invierno | Primavera | Verano | Otoño | Media | ESM [†] | Año | Estación | Año*Est |
|-----------------------------------|------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------|------------------|-----|----------|---------|
| C18:1 | 1992 | ¹ 21,48 ^a | ¹ 24,83 ^b | ¹ 26,02 ^b | ¹ 23,76 ^a | 124,02 | 0,19 | 0 | 0 | 0 |
| | 2005 | ² 18,90 ^a | ² 21,19 ^b | ² 22,28 ^b | ² 20,37 ^a | 220,69 | 0,08 | | | |
| C18:2 | 1992 | ¹ 1,57 ^a | ¹ 1,81 ^b | ¹ 1,69 ^b | ¹ 1,58 ^a | 11,63 | 0,04 | 0 | 0,002 | 0 |
| | 2005 | 21,67 | ² 1,85 ^b | ² 1,99 ^b | 21,8 | 21,83 | 0,02 | | | |
| Σ C18:1-C18:2 [‡] | 1992 | ¹ 23,16 ^a | ¹ 26,64 ^b | ¹ 27,59 ^b | ¹ 25,34 ^a | 125,64 | 0,19 | 0 | 0 | 0,004 |
| | 2005 | ² 20,57 ^a | ² 23,03 ^b | ² 24,27 ^b | ² 22,17 ^a | 222,45 | 0,09 | | | |

^{a-b}Medias con diferente superíndice en la misma fila difieren significativamente ($p < 0,001$).

¹⁻²Medias con diferente superíndice en la misma columna difieren significativamente ($p < 0,001$).

[†]ESM= Error estándar de la media. [‡] Σ C18:1-C18:2= Sumatorio considerado como contenido total de AGI.

Variación estacional en el contenido total de ácidos grasos saturados en leche. En la Figura 1 (a y b) se observa que el aumento en la temperatura media es paralelo a un descenso en los AGS en primavera y verano, coincidiendo con la época de máximo pastoreo para la producción de leche en los Países Bajos. El incremento de las precipitaciones en invierno supone un cambio en la alimentación de las vacas, al dejar la ración en pastoreo y pasar al establo con silo y concentrado,

lo que provocó un aumento de los AGS. La evolución del contenido de AGS en leche fue similar, para los dos años, pero con niveles superiores en 2005 que en 1992.

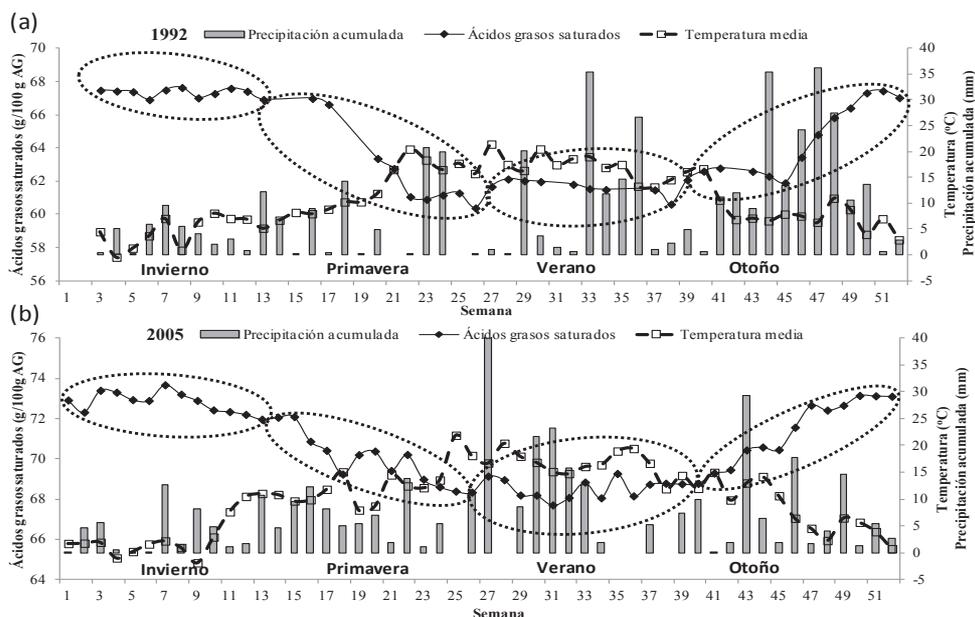


Figura 1. Variación estacional en el contenido de ácidos grasos saturados según la temperatura media y precipitación acumulada registrada en (a) 1992 y (b) 2005.

Variación estacional en el contenido de ácido linoleico conjugado en leche. El aumento de la temperatura provoca un incremento en CLA, tanto en primavera como en verano, coincidiendo con el máximo aprovechamiento del pasto para la producción de leche (Figura 2 a y b). El incremento de las precipitaciones en invierno es paralelo a un descenso en CLA, debido al paso del pastoreo a la alimentación con ensilado y concentrado. Las curvas que describen la evolución del contenido de CLA fueron similares, con niveles superiores en 1992 que en 2005.

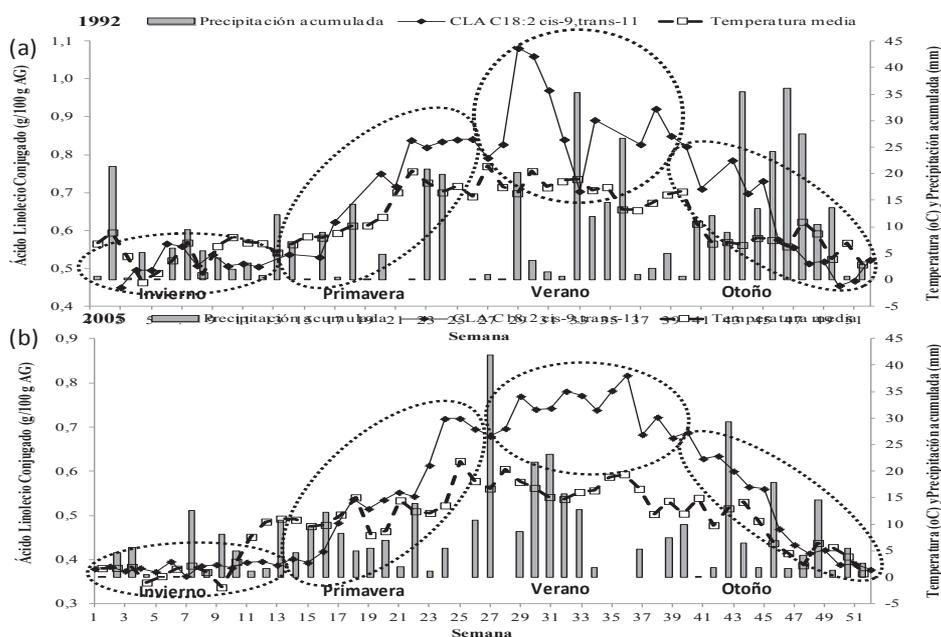


Figura 2. Variación estacional en el contenido de ácido linoleico conjugado según la temperatura media y precipitación acumulada registrada en (a) 1992 y (b) 2005.

CONCLUSIONES

Se debe evaluar el efecto de las variaciones climáticas estacionales para poder actuar sobre la alimentación animal y la calidad de la leche en sistemas de pastoreo.

AGRADECIMIENTOS

Al INIA por financiar el proyecto RTA2005-00204-00 y la estancia en el extranjero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ISO (1999) *Milk. Determination of fat content. Gravimetric method (Reference method)*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- LINDMARK-MÅNSSON H., FONDÉN R. Y PETERSSON H.E. (2003) Composition of Swedish dairy milk. *International Dairy Journal*, **13**, 409-425.
- OZRENK E. Y SELCUK S. (2008) The effect of seasonal variation on the composition of cow milk in Van Province. *Pakistan Journal of Nutrition*, **7**(1), 161-164.
- ROCA-FERNÁNDEZ A.I. (2011) *Sustainable milk production systems in humid areas using farm resources*. Lugo, España: Universidad de Santiago de Compostela.
- SAS (2005) *User's guide: Statistics*. Cary-North Carolina, USA: SAS Institute Inc.
- VAN BRUGGEN C. (2007) *Dierlijke mest en mineral en 2005*. Voorburg/Heerlen, The Netherlands: Central Bureau voor de Statistiek. <http://statline.cbs.nl/statweb> (Consultada el 07/12/2012)