



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**

---

**DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**

**Posgrado en Producción Animal**

**CALIDAD DE LECHE Y CUENTA DE CÉLULAS  
SÓMATICAS DE GANADO JERSEY Y HOLSTEIN EN  
MÉXICO**

**T E S I S**

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**P R E S E N T A**

**TERESA CASTILLO MARTÍNEZ**

**Bajo la dirección de: José Guadalupe García Muñiz, Ph. D.**



*Chapingo, Estado de México, Junio de 2007*

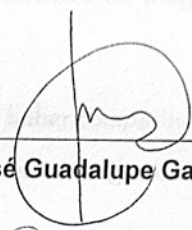
---

# "CALIDAD DE LECHE Y CUENTA DE CÉLULAS SOMÁTICAS DE GANADO JERSEY Y HOLSTEIN EN MÉXICO"

Tesis realizada por **TERESA CASTILLO MARTÍNEZ**, bajo la dirección del  
Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito  
parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

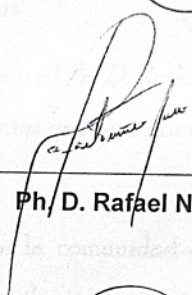
**DIRECTOR:**



---

**Ph. D. José Guadalupe García Muñiz**

**ASESOR:**



---

**Ph. D. Rafael Núñez Domínguez**

**ASESOR:**



---

**Ph. D. Rodolfo Ramírez Valverde**

A-1 3409

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios*, por darme la dicha de vivir, y brindarme la confianza y la oportunidad para poder llegar a este momento.

*A mi alma mater*, la Universidad Autónoma Chapingo y en particular al Posgrado en Producción Animal del Departamento de Zootecnia, por la oportunidad y las facilidades brindadas en mis estudios.

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)* de México por el apoyo económico para poder realizar mis estudios de posgrado y culminar la presente investigación.

*Al Ph. D. José Guadalupe García Muñiz*, por haber compartido su conocimiento y su valioso tiempo para poder llevar a cabo ésta investigación. Pero sobre todo por ser una gran persona, muchas gracias.

*Al Ph. D. Rafael Núñez Domínguez y al Ph. D. Rodolfo Ramírez Valverde*, por sus acertadas observaciones y sugerencias que ayudaron a mejorar y enriquecer esta investigación.

*A todos los maestros* que integran la comunidad del Posgrado en Producción Animal que de alguna manera contribuyeron en mi formación compartiendo sus valiosos conocimientos.

*A Miguel Juárez Nieto* por su colaboración en la fase de campo y en la recaudación de información para esta investigación, muchas gracias.

*A la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Jersey de Registro, A.C.* por las facilidades brindadas para la realización de la presente investigación.

*Sinceramente, Teresa Castillo Martínez*

## DEDICATORIAS

### *A mis padres*

Lidia Martínez Olivera y Marcial Castillo Vivanco por otorgarme el don de la vida, por su cariño y comprensión.

### *A mis hermanos*

Cristina, Sebastián †, Polo, Arturo, Aragón y Socorro por su apoyo moral para poder conquistar metas en mi vida.

### *A mis sobrinitos*

Karen y Kevin por ser una fuente de inspiración. Los quiero muchísimo.

*A Remedios Salinas Sánchez*, por su invaluable apoyo para la realización de la presente investigación. Pero sobre todo por el gran cariño y comprensión que siempre me ha brindado. Te amo muchísimo.

A todos los compañeros y amigos del Posgrado en Producción Animal: Maricela, Benigna, Mónica, Aurora, Alma, Román, Miguel, Ezequiel, J. Guadalupe, Edén y a todos aquellos que me faltó mencionarlos muchas gracias por su amistad, compañía y apoyo. Les deseo mucho éxito en cualquier proyecto que emprendan en su vida.

*Teresa Castillo Martínez*

# **DATOS BIOGRÁFICOS**

## **Datos personales**

Nombre: Teresa Castillo Martínez

Lugar y fecha de nacimiento: Oaxaca, 07 de Marzo de 1979.

Profesión: Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia

Cédula profesional: 4432630

## **Formación académica**

2005-2006 Maestría en Ciencias en Producción Animal del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo.

1999-2004 Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia- Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo.

1995-1998 Escuela Preparatoria Oficial No. 16 ubicada en Chimalhuacán Edo. de México.

1991-1994 Escuela Secundaria Técnica Agropecuaria No. 4 ubicada en Champusco, Puebla.

## ÍNDICE

|                                                                                   | Pág.      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| LISTA DE CUADROS .....                                                            | vii       |
| LISTA DE FIGURAS .....                                                            | x         |
| <b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL .....</b>                                     | <b>1</b>  |
| <b>CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>                                   | <b>4</b>  |
| Definición de leche.....                                                          | 4         |
| Calidad de leche.....                                                             | 4         |
| Composición de la leche y valor nutricional .....                                 | 7         |
| Propiedades fisicoquímicas de la leche cruda asociadas con su composición .....   | 22        |
| Componentes que influyen la calidad de leche .....                                | 23        |
| Factores que inciden en la composición de la leche .....                          | 25        |
| Literatura citada .....                                                           | 40        |
| <b>CAPÍTULO III. CALIDAD DE LECHE DE GANADO JERSEY Y HOLSTEIN EN MÉXICO .....</b> | <b>49</b> |
| RESUMEN .....                                                                     | 50        |
| ABSTRACT .....                                                                    | 51        |
| INTRODUCCIÓN .....                                                                | 52        |
| MATERIALES Y MÉTODOS.....                                                         | 54        |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                                                      | 60        |
| CONCLUSIONES .....                                                                | 66        |
| IMPLICACIÓN.....                                                                  | 66        |
| AGRADECIMIENTO .....                                                              | 66        |
| LITERATURA CITADA .....                                                           | 67        |

|                                                                                                                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>CAPÍTULO IV. EFECTOS AMBIENTALES E ÍNDICE DE CONSTANCIA PARA<br/>CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE LECHE DE GANADO JERSEY Y<br/>HOLSTEIN EN MÉXICO .....</b> | <b>69</b> |
| RESUMEN .....                                                                                                                                               | 70        |
| ABSTRACT .....                                                                                                                                              | 71        |
| INTRODUCCIÓN .....                                                                                                                                          | 72        |
| MATERIALES Y MÉTODOS .....                                                                                                                                  | 73        |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                                                                                                                                | 82        |
| CONCLUSIONES .....                                                                                                                                          | 114       |
| LITERATURA CITADA .....                                                                                                                                     | 116       |
| APÉNDICE 1.....                                                                                                                                             | 120       |
| APÉNDICE 2.....                                                                                                                                             | 133       |
| APÉNDICE 3.....                                                                                                                                             | 145       |
| APÉNDICE 4.....                                                                                                                                             | 151       |

## LISTA DE CUADROS

|                                                                                                                                      | Pág. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Cuadro 1. Parámetros de calidad de leche en México y otros países. ....                                                              | 6    |
| Cuadro 2. Composición de aminoácidos (%) en las proteínas de la leche de vaca. ....                                                  | 12   |
| Cuadro 3. Perfil lipídico de la leche de vaca. ....                                                                                  | 15   |
| Cuadro 4. Principales ácidos grasos de la leche de vaca. ....                                                                        | 16   |
| Cuadro 5. Contenido de vitaminas en la leche de vaca. ....                                                                           | 18   |
| Cuadro 6. Interpretación de los resultados de laboratorio sobre niveles de nitrógeno ureico en leche (MUN). ....                     | 21   |
| Cuadro 7. Composición media de la leche en las principales razas de bovinos productores de leche. ....                               | 29   |
| Cuadro 8. Valores de repetibilidad para producción de leche y de sus componentes en vacas Holstein. ....                             | 30   |
| Cuadro 9. Cambios en la composición de la leche asociados con una elevada cuenta de células somáticas (CCS). ....                    | 35   |
| Cuadro 10. Influencia del mes del año en los componentes de la leche de vaca (g/100 g de leche) de clima templado en México. ....    | 36   |
| Cuadro 11. Conversión del residuo de la mezcla leche - reactivo a cuenta de células somáticas (CCS), en la prueba de Winconsin. .... | 58   |
| Cuadro 12. Estándares de calidad de leche usados para calificar la calidad de leche cruda de vaca. ....                              | 59   |

|                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 13. Estadísticos descriptivos para cuenta de células somáticas (CCS), producción de leche, componentes y propiedades fisicoquímicas de la leche de vacas Holstein en confinamiento o en pastoreo. ....     | 61 |
| Cuadro 14. Estadísticos descriptivos para cuenta de células somáticas (CCS), producción de leche, componentes y propiedades fisicoquímicas de la leche de vacas Jersey en diferentes sistemas de producción. .... | 62 |
| Cuadro 15. Porcentaje de las muestras de leche por raza-sistema de alimentación que cumplieron con la normatividad nacional vigente para calificar como leche de la mejor calidad. ....                           | 64 |
| Cuadro 16. Descripción de las unidades experimentales en estudio para evaluar la calidad de la leche de hatos Holstein y Jersey en México. ....                                                                   | 76 |
| Cuadro 17. Estadísticos descriptivos para días en leche, componentes, metabolitos y propiedades fisicoquímicas de la leche de vacas Jersey y Holstein en México. ....                                             | 83 |
| Cuadro 18. Estadísticos descriptivos para la producción diaria de leche y de componentes de la leche en el día de muestreo de vacas Jersey y Holstein en México. ....                                             | 84 |
| Cuadro 19. Nivel de significancia (probabilidad) de los efectos considerados en las variables de concentración de componentes en la leche de vacas Jersey y Holstein en México. ....                              | 85 |
| Cuadro 20. Nivel de significancia (probabilidad) de los efectos considerados en las propiedades fisicoquímicas, metabolitos y cuenta de células somáticas en leche de vacas Jersey y Holstein en México. ....     | 86 |
| Cuadro 21. Nivel de significancia (probabilidad) de los efectos considerados en la producción de leche y de componentes en el día de muestreo de vacas Jersey y Holstein en México. ....                          | 87 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Cuadro 22. Medias de cuadrados mínimos ( $\pm$ EE) para los sistemas de producción y ranchos, en las variables de concentración de componentes en la leche de vacas Jersey en México.....                                                                                                              | 89  |
| Cuadro 23. Medias de cuadrados mínimos ( $\pm$ EE) para los sistemas de producción y ranchos en las propiedades fisicoquímicas, metabolitos y cuenta de células somáticas en leche de vacas Jersey y Holstein en México. ....                                                                          | 97  |
| Cuadro 24. Medias de cuadrados mínimos ( $\pm$ EE) para los sistemas de producción y ranchos en la producción de leche y de componentes en el día de muestreo de vacas Jersey y Holstein en México. ....                                                                                               | 105 |
| Cuadro 25. Estimadores de componentes de varianza y del índice de constancia ( $\hat{r}$ ) para variables de composición de la leche, producción diaria de leche y sus componentes, propiedades fisicoquímicas, metabolitos y cuenta de células somáticas de bovinos Jersey y Holstein en México. .... | 111 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                        | <b>Pág.</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Figura 1. Síntesis de la lactosa en la glándula mamaria de la vaca.....                                                                                                                                | 10          |
| Figura 2. Comportamiento de la producción de leche, y los porcentajes de grasa y proteína durante la lactancia.....                                                                                    | 32          |
| Figura 3. Efecto de la producción de leche en el día de muestreo sobre la concentración de grasa, proteína y lactosa en leche de vacas Holstein (a) y Jersey (b) en México. ....                       | 94          |
| Figura 4. Efecto de la producción de leche en el día de muestreo sobre la concentración de sólidos totales (ST) (a) y caseína (b) en leche de vacas Jersey en México. ....                             | 95          |
| Figura 5. Efecto de la producción de leche en el día de muestreo sobre la concentración de sólidos no grasos (SNG) y sólidos totales (ST) (a), y caseína (b) en leche de vacas Holstein en México..... | 95          |
| Figura 6. Efecto de la producción de leche en el día de muestreo sobre la densidad de la leche de vacas Jersey (a) y Holstein (b) en México. ....                                                      | 102         |
| Figura 7. Efecto de la producción de leche en el día de muestreo sobre la acidez de la leche de vacas Jersey (a) y Holstein (b) en México.....                                                         | 103         |
| Figura 8. Efecto de la producción de leche en el día de muestreo sobre el contenido de nitrógeno ureico en leche de vacas Jersey (a) y Holstein (b) en México.....                                     | 103         |
| Figura 9. Efecto de la producción de leche en el día de muestreo sobre la concentración de ácidos grasos libres (AGL) en leche de vacas Jersey (a) y Holstein (b) en México.....                       | 104         |

|                                                                                                                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 10. Efecto de la escala lineal de la cuenta de células somáticas (ELCCS) en el día de muestreo sobre la producción diaria de leche de ganado Holstein (a) y Jersey (b) en México. ....                         | 107 |
| Figura 11. Efecto de la escala lineal de la cuenta de células somáticas (ELCCS) en el día de muestreo sobre la producción de grasa (a) y proteína (b) de vacas Holstein en México. ....                               | 108 |
| Figura 12. Efecto de la escala lineal de la cuenta de células somáticas (ELCCS) en el día de muestreo sobre la producción de sólidos no grasos (SNG) (a) y sólidos totales (ST) (b) de vacas Holstein en México. .... | 109 |
| Figura 13. Efecto de la escala lineal de la cuenta de células somáticas (ELCCS) en el día de muestreo sobre la producción de lactosa (a) y caseína (b) de vacas Holstein en México. ....                              | 110 |

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN GENERAL

La leche es uno de los productos de origen animal más importantes para el consumo humano, sustentado por la gran diversidad e importancia de los compuestos esenciales que la integran, destacando las proteínas las cuales contienen gran cantidad de aminoácidos esenciales.

La calidad de la leche cruda es fundamental para obtener un producto final de alta calidad. La composición más deseable de la leche depende del punto de vista de cada consumidor. El mercado exige calidades distintas cuando la leche se va a destinar para consumo humano como leche fluida o cuando a usar en las diferentes formas de manufactura (Pérez, 1986). Desde esta perspectiva, se debe considerar que en la cadena de producción de leche y productos lácteos hasta su llegada al consumidor final están implicados los sectores primarios de producción (granjas), así como la industria transformadora.

La globalización de los mercados en el mundo hace necesario el establecimiento de requerimientos mínimos para la comercialización de los productos pecuarios. Una característica importante con relación a la calidad de la leche cruda es la cuenta de células somáticas (CCS) (Van *et al.*, 2002). Una CCS alta en un hato refleja algún grado de infección de la glándula mamaria de las vacas, aunque todavía no se sabe con precisión si una alta CCS afecta la salud del consumidor. En contraste, una baja CCS en un hato está relacionada con mayores rendimientos de leche y componentes de la misma, así como

mayor calidad de los derivados lácteos que de ella se generan, lo que se traduce en productos de mayor valor económico (Ma *et al.*, 2000).

Para el caso de México, los requerimientos de calidad de leche cruda se encuentran como especificaciones fisicoquímicas y sanitarias, publicados en la NMX-F-700-COFOCALEC-2004, publicada el 23 de junio de 2004 por la Comisión para el Fomento de la Calidad de Leche (COFOCALEC, 2004).

La raza mayoritariamente utilizada en el mundo es la Holstein, dada la elevada producción de leche como característica fundamental de esta raza. Sin embargo, la alta producción de leche conlleva a una menor concentración de sólidos en la misma, debido a las características mismas de la dieta que estos animales consumen. Esto se debe fundamentalmente a los altos requerimientos nutricionales de esta raza, que para cubrirlos con la dieta normalmente se incrementa la proporción de concentrado en la dieta a expensas de disminuir la cantidad de fibra efectiva proporcionada por los forrajes.

Actualmente en México y otras partes del mundo la raza Jersey ha estado aumentado su importancia en los sistemas de producción de leche, debido principalmente al pago de la leche con base en su contenido de sólidos. Esta característica sobresale en la raza Jersey más que en la Holstein, principalmente en lo referente a contenido de grasa y proteína. Por lo anteriormente señalado y dado que la mayoría de los países desarrollados tienen implementados sistemas de pago de la leche de acuerdo con el valor proteico, la leche de vacas Jersey es de gran valor para el consumidor y la

industria, con la ventaja adicional del ahorro en costos de transporte por contener menores volúmenes de agua (Camerón, 2003).

El propósito de este estudio fue evaluar la cuenta de células somáticas (CCS) y la calidad fisicoquímica de la leche de vacas Jersey y Holstein manejadas en sistemas de estabulación, mixto o pastoreo, así como estimar el índice de constancia y evaluar el efecto de algunos factores ambientales en las variables de calidad de la leche estudiadas. Para este fin, en el Capítulo II se presenta una revisión de la literatura científica en la cual se resume la información referente a la composición y propiedades fisicoquímicas de la leche de vaca, así como los componentes que influyen la calidad de la leche y los factores que inciden en la composición de la misma. En el Capítulo III se presenta un estudio en el que se evaluó la CCS y la calidad fisicoquímica de la leche de vacas Holstein y Jersey manejadas en los sistemas estabulación, pastoreo o mixto y se compararon con los estándares de la normatividad nacional vigente. Finalmente, en el Capítulo IV se presenta un segundo artículo en el cual se estimó el índice de constancia y se evaluó el efecto de algunos factores ambientales en la concentración y producción de componentes de la leche, propiedades fisicoquímicas, concentración de metabolitos, y cuenta de células somáticas en leche de vacas Jersey y Holstein en México.

# CAPÍTULO II

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Definición de leche

Wattiaux (2004) define a la leche como el producto normal de la secreción de la glándula mamaria, de composición compleja, color blanquecino y opaco, con un pH cercano al neutro, de sabor dulce y libre de calostro. En la NMX-F-700-COFOCALEC-2004, **leche cruda de vaca**, se define como la secreción natural de las glándulas mamarias, sin calostro y sin sustracción alguna de sus componentes, que no ha sido sometida a tratamientos térmicos. Otra definición es la presentada por Alais (1997), que define a la leche como un producto nutritivo complejo que posee más de 100 sustancias distintas y cuya función natural es la de ser alimento exclusivo de los mamíferos jóvenes durante el periodo crítico de su existencia, tras el nacimiento, cuando el desarrollo es rápido y no puede ser sustituida por otros alimentos.

### Calidad de leche

La calidad para el caso de la leche tiene un significado complejo, debido a que comprende varios aspectos como: ganado sano bien alimentado y criado, genética, instalaciones y equipo, personal, manejo, leche con una capacidad de conservación adecuada para su transporte a la industria y composición óptima.

La calidad se puede definir como el cumplimiento de un conjunto de requisitos que permiten la idoneidad para el uso de un producto o servicio determinado.

Esos requisitos corresponden a un conjunto de especificaciones ya establecidas y se relacionan directamente con las diferentes propiedades de cada producto, en particular las que pueden ser cuantificadas (Vega *et al.*, 2003). De esta forma y de acuerdo con la norma mexicana para leche cruda (NMX-F-700-COFOCALEC-2004), las características de calidad de la leche son un conjunto de propiedades de la leche de vaca, que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades implícitas o explícitas para su uso y consumo.

La calidad de la leche es uno de los pilares fundamentales de la industria lechera, lo cual trae beneficios tanto para el productor, al consumidor, como a la misma industria. Para el productor el beneficio se presenta en la forma de mayores ingresos económicos por una mayor producción de leche, evitando pérdidas y en los casos en que existe, pago de leche por calidad. En la industria, las mejoras se deben a que la calidad de los productos terminados será mejor. Para el consumidor las mejoras se traducen en productos de alto valor nutricional y sin riesgo para la salud.

Por lo anteriormente señalado se requiere establecer claramente un incentivo importante para que no tan sólo la industria lechera, sino al nivel gubernamental, se inclinen hacia la implementación de pago de leche de acuerdo con su calidad a nivel nacional, que ayude a obtener mayores beneficios, incentivando a los productores a mejorar su producto y poder ser más competitivos. En el Cuadro 1 se detallan los estándares de calidad de leche en México y otros países.

Cuadro 1. Parámetros de calidad de leche en México y otros países.

| Parámetro                                                                           | País                                                                                                              |                                                                                        |                                        |                         |                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                     | México <sup>12</sup>                                                                                              | España <sup>13</sup>                                                                   | U.S.A<br>Leche Grado 'A' <sup>14</sup> | Argentina <sup>15</sup> | Chile <sup>16</sup>                                                              |
| Densidad a 15°C (g/mL)                                                              | 1.0295 mínimo                                                                                                     |                                                                                        |                                        | 1.0280 a 1.0350         |                                                                                  |
| Grasa butírica (g/L)                                                                | Clase A: ≥ 32<br>Clase B: 31 mínimo<br>Clase C: 30 mínimo                                                         | Mínimo 32                                                                              |                                        | Mínimo 30               |                                                                                  |
| Proteínas totales (g/L)                                                             | Clase A: ≥ 31<br>Clase B: 30 a 30.9<br>Clase C: 28 a 29.9                                                         | Mínimo 30                                                                              |                                        |                         |                                                                                  |
| Lactosa (g/L)                                                                       | 43-50                                                                                                             |                                                                                        |                                        |                         |                                                                                  |
| Sólidos no grasos (g/L)                                                             | Mínimo 83                                                                                                         | Mínimo 82                                                                              |                                        | Mínimo 82               |                                                                                  |
| Punto Crioscópico °C (°H)                                                           | De -0.535 a -0.560 °H<br>De -0.515 y -0.536°C                                                                     |                                                                                        |                                        | -0.530 a -0.570°C±5%    | -0.530 a -0.570°C±5%                                                             |
| Acidez como ácido láctico (g/L)                                                     | 1.3 a 1.6                                                                                                         | Máximo 1.8                                                                             |                                        | 1.3 a 1.8               |                                                                                  |
| Prueba de alcohol al 72%                                                            | Negativa                                                                                                          |                                                                                        |                                        |                         |                                                                                  |
| Materia extraña                                                                     | Libre                                                                                                             |                                                                                        |                                        |                         |                                                                                  |
| Inhibidores                                                                         | Negativo                                                                                                          | Negativo                                                                               | Negativo                               |                         |                                                                                  |
| Cuenta total de bacterias (UFC/mL) y tiempo de reducción de azul de metileno (TRAM) | Clase 1: ≤ a 100,000<br>Clase 2: 101, 000 a 300,000<br>Clase 3: 301,000 a 599,000<br>Clase 4: 600,000 a 1,200,000 | 1: Hasta 200,000<br>2: De 201,000 a 700,000<br>3: 701,000 a 2,000,000<br>4: >2,000,000 | Individual ≤100,000<br>Mezcla ≤300,000 |                         | TRAM<br>Clase A: >3 Horas<br>Clase B: De 1 a < de 3 Horas<br>Clase C: < A 1 Hora |
| Cuenta de células somáticas (CCS) (Células/mL de leche)                             | Clase 1: ≤ a 400,000<br>Clase 2: 401,000 a 500,000<br>Clase 3: 501,000 a 749,000<br>Clase 4: 750,000 a 1, 000,000 | ≤ a 400,000                                                                            | No mayor a 750,000                     |                         | Clase 1, de 500 mil a 1 millón<br>Clase 2 ó 3 > 1 millón                         |

<sup>12</sup> Tomado de la norma mexicana para leche cruda, MX-F-700-COFOCALEC-2004; <sup>13</sup> Parámetros tomados de Ministerio de agricultura, Pesca y Alimentación, por la que se establece el pago de la leche en función de su composición y su calidad higiénica, BOE Núm. 162, Julio de 1985, España; <sup>14</sup> Tomado de National Dairy Council, 2000; <sup>15</sup> Tomado del Código Alimentario Argentino; <sup>16</sup> [http://www.science.oas.org/OEA\\_GTZ/LIBROS/LA\\_LECHE/le\\_html/cap11\\_leche.htm](http://www.science.oas.org/OEA_GTZ/LIBROS/LA_LECHE/le_html/cap11_leche.htm)

## **Composición de la leche y valor nutricional**

Los componentes nutricionales de la leche se encuentran en distintas fases ya sea en solución, suspensión o emulsión en agua. De esta manera, la caseína, que es la principal proteína de la leche, se encuentra dispersa como un gran número de partículas sólidas tan pequeñas que no sedimentan, y permanecen en suspensión. Estas partículas se llaman micelas y la dispersión de las mismas en la leche se llama suspensión coloidal (Wattiaux, 2004).

La grasa y las vitaminas solubles en grasa se encuentran en forma de emulsión: esto es, una suspensión de pequeños glóbulos líquidos que no se mezclan con el agua de la leche. La lactosa (azúcar de la leche), algunas proteínas (proteínas séricas), sales minerales y otras sustancias son solubles; esto significa que se encuentran totalmente disueltas en el agua de la leche.

Las micelas de caseína y los glóbulos grasos le dan a la leche la mayoría de sus características físicas, además de conferirle el sabor y olor a los derivados lácteos.

La composición de la leche varía considerablemente con la raza de la vaca, el estado de lactancia, la alimentación, la época del año y otros factores. A continuación se definen los principales componentes de la leche:

### **Agua**

El valor nutricional de la leche como un todo es mayor que el valor individual de los nutrientes que la componen debido a su balance nutricional único. La cantidad de agua en la leche refleja ese balance. En todos los animales, el agua

es el nutriente requerido en mayor cantidad y la leche suministra una gran cantidad de agua. Dependiendo de la raza, la cantidad de agua en la leche oscila entre 85 y 90% (Shearer, 1986). La cantidad de agua en la leche es regulada por la lactosa, que se sintetiza en las células secretoras de la glándula mamaria. El agua que aparece en la leche se transporta a la glándula mamaria por el torrente sanguíneo al interior del alveolo. La producción de leche es afectada rápidamente por una disminución en la cantidad de agua suministrada y cae el mismo día que su suministro es limitado o ésta no se encuentra disponible. Ésta es una de las razones por las que la vaca debe tener libre acceso a una fuente de agua abundante todo el tiempo (Wattiaux, 2004).

### **Sólidos totales**

Se da este nombre a todos los componentes de la leche, excepto al agua. El contenido de sólidos totales se asocia con la concentración de sólidos y como tal es un indicador de la riqueza de los componentes nutricionales necesarios para la comercialización de la leche cruda destinada a la elaboración de derivados lácteos (Shearer, 1986). La cantidad de sólidos totales depende de varios factores, entre los que destaca la raza de la vaca. Por ejemplo, en promedio las vacas de la raza Holstein producen leche con 11.9% de sólidos totales, las Jersey con 14.5% y las de la raza Suiza con 13.4% (Gasque y Blanco, 1995; SAGAR, 1996).

### **Sólidos no grasos**

Son todos los componentes de la leche, con excepción del agua y lípidos (Shearer, 1986). Los factores que tienen mayor influencia sobre los sólidos no

grasos (SNG) son la edad de la vaca, la etapa de lactancia, el estado general de salud de la vaca y la alimentación (Ramos, 1976).

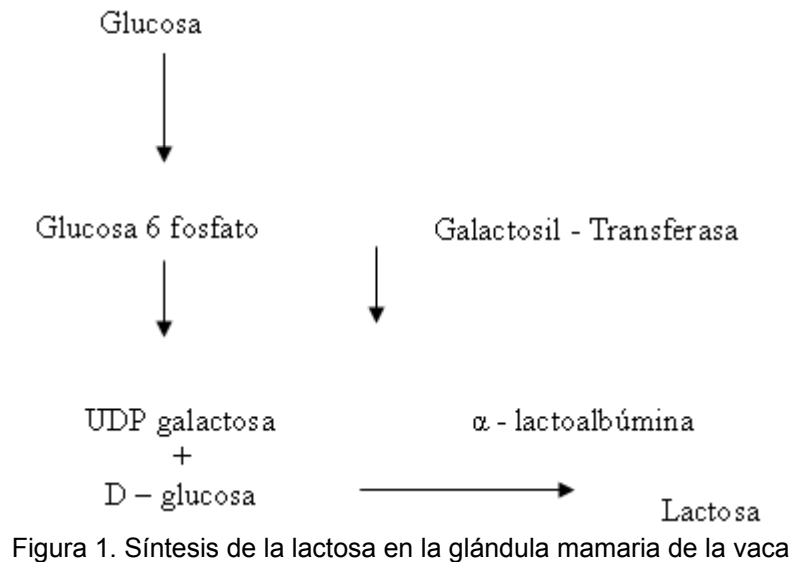
### **Carbohidratos**

Los carbohidratos de la leche de vaca están representados, en su mayor parte, por la lactosa. Ésta se encuentra en la leche en forma constante alrededor de 5% y, en menor cantidad, por la glucosa y la galactosa. La lactosa, disacárido sintetizado por las glándulas mamarias de los animales en lactación, es poco soluble y ayuda en la absorción del calcio (Schuette y Yasillo, 1991), y es el menos dulce de todos los azúcares, ya que contiene sólo 1/6 de la dulzura de la sacarosa.

La lactosa es un azúcar estrictamente específico de la leche, cuya síntesis y secreción está íntimamente relacionada con el volumen total de leche que producen los mamíferos. La glándula mamaria retiene en promedio 900 g de agua por cada 50 g de lactosa sintetizada, siendo el principal componente osmótico obtenido mediante un proceso activo de extracción de agua del torrente sanguíneo hacia las vesículas de Golgi, que es donde se lleva a cabo la síntesis de lactosa (Schuette y Yasillo, 1991).

Desde el punto de vista energético, la síntesis de lactosa consume hasta un 70% de toda la glucosa circulante en la vaca lechera, lo que representa una considerable carga metabólica para los rumiantes. En su síntesis (Figura 1) participan varios metabolitos como la propia glucosa o derivados de ésta, proceso que está regulado por un complejo enzimático conocido como lactosa-sintetasa, compuesto por dos proteínas: la proteína A o galactosil transferasa,

que se encuentra en diversos tejidos y la proteína  $\beta$  o  $\alpha$ -lactoalbúmina, que es una proteína sintetizada por las propias células epiteliales del tejido mamario (Luquet, 1995).



Algunas investigaciones recientes han señalado que en varias poblaciones del mundo, una parte importante de adolescentes y adultos son intolerantes a la lactosa. La explicación es que después del destete se inicia un proceso –común entre los mamíferos- de inactividad de la enzima lactasa. Otros estudios, sin embargo, no están de acuerdo con esos resultados, generando una polémica sobre la hipótesis. Esas investigaciones muestran que hay una reducción en la actividad de la lactasa con el transcurrir del tiempo, pero que el contenido residual es suficiente para digerir la cantidad promedio de leche que un adulto consume diariamente (De Angelis y Giuli, 1983; Orozco y De Angelis, 1987).

No todos los productos lácteos poseen proporciones similares de lactosa. La fermentación de la lactosa durante el proceso de transformación baja su

concentración en muchos productos, especialmente en yogures y quesos. Además, la leche pretratada con lactasa, que minimiza los problemas asociados con la intolerancia a la lactosa, se encuentra disponible en el mercado.

### **Proteínas**

Las proteínas son moléculas complejas de aminoácidos, de los cuales nueve aminoácidos son esenciales y tienen que ser proporcionadas por la alimentación. La mayor parte del nitrógeno de la leche se encuentra en forma de proteína. Las proteínas de la leche son de fácil digestión y también de elevado valor biológico, ya que contienen los aminoácidos esenciales en cantidad y proporción adecuadas. Por lo anterior, las proteínas son importantes en la alimentación de mamíferos, principalmente en la etapa del crecimiento hasta el destete, pues es posible obtener de la leche buena parte de las necesidades (Tetra Pak, 2000).

La concentración de proteína en la leche varía de 3 a 4% (30 a 40 gramos por litro). El porcentaje varía de acuerdo con la raza de la vaca y está en relación directa con la cantidad de grasa en la leche. Existe una estrecha relación entre la cantidad de grasa y la cantidad de proteína en la leche; cuanto mayor es la cantidad de grasa, mayor es la cantidad de proteína (McCormick *et al.*, 2001; Wattiaux, 2004).

Las principales proteínas de la leche son la caseína (80%) y proteínas séricas (20%), entre estas últimas están la  $\beta$ -Lactoglobulina (16%) y la  $\alpha$ -Lactoalbumina (4%) (Kansel, 1992). Otras proteínas, como las enzimas, las inmunoglobulinas y las hormonas, se encuentran en menores cantidades. Tanto la  $\beta$ -Lactoglobulina

como la  $\alpha$ -Lactoalbúmina son nutricionalmente de más calidad que la caseína, debido al mayor contenido de aminoácidos esenciales, como lisina, metionina y triptofano (Hermansen y Ostersen, 1994). En el Cuadro 2 se presenta la composición de aminoácidos de la leche de vaca.

Cuadro 2. Composición de aminoácidos (%) en las proteínas de la leche de vaca.

| Aminoácidos   | Proteína total | Caseína | $\alpha$ -Lactoalbumina | $\beta$ -Lactoglobulina |
|---------------|----------------|---------|-------------------------|-------------------------|
| Glicina       | 0.3            | 0.4     | 0.0                     | 1.5                     |
| Alanina       | 2.3            | 2.3     | 2.6                     | 7.1                     |
| Valina        | 6.9            | 7.0     | 5.0                     | 5.8                     |
| Leucina       | 10.8           | 10.8    | 14.1                    | 15.5                    |
| Isoleucina    | 6.4            | 6.1     | 5.1                     | 6.8                     |
| Serina        | 4.8            | 5.4     | 4.0                     | 4.4                     |
| Treonina      | 4.6            | 4.4     | 5.0                     | 5.3                     |
| Ác. Aspártico | 5.0            | 5.8     | 9.6                     | 11.0                    |
| Ác. Glutámico | 20.5           | 21.7    | 15.2                    | 1.8                     |
| Arginina      | 3.8            | 3.8     | 3.4                     | 2.9                     |
| Lisina        | 8.1            | 6.8     | 7.3                     | 11.3                    |
| Cisteína      | -              | -       | -                       | 1.1                     |
| Cistina       | 0.9            | 0.3     | 3.1                     | 4.0                     |
| Metionina     | 2.6            | 2.9     | 2.4                     | 3.2                     |
| Fenilalanina  | 5.2            | 5.5     | 4.1                     | 3.7                     |
| Tirosina      | 5.7            | 6.0     | 4.0                     | 3.7                     |
| Histidina     | 2.4            | 2.2     | 1.6                     | 1.6                     |
| Prolina       | 7.6            | 9.8     | 4.0                     | 4.7                     |
| Triptofano    | 1.8            | 1.2     | 2.1                     | 1.9                     |

Fuente: Tetra Pak, 2000.

El comportamiento de los diferentes tipos de caseínas ( $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\kappa$ ) en la leche al ser tratada con calor, diferente pH (acidez) y diferentes concentraciones de sal, proveen las características de los quesos, los productos de leche fermentada y las diferentes formas de la leche (condensada, en polvo, etc.) (Wattiaux, 2004).

### **Nitrógeno no proteico**

El nitrógeno no proteico es responsable de sólo el 6.0% del nitrógeno de la leche. Comprende urea y otras sustancias nitrogenadas no proteicas, sustancias que típicamente se encuentran en la sangre. El nitrógeno no proteico presente en la leche es de origen alimentario o metabólico. Su componente principal es la urea, que representa del 20 al 75% de esta fracción nitrogenada de la leche, en concentraciones de 50 a 200 mg de nitrógeno por litro de leche. La urea de la leche proviene de la sangre y su concentración es la misma en ambos líquidos. Es importante señalar que la urea constituye un importante indicador del balance energía/proteína en la dieta de la vaca lechera (Broderick y Clayton, 1997; Hof *et al.*, 1997).

El resto del nitrógeno no proteico incluye aminoácidos libres, entre los que se encuentran principalmente el ácido glutámico y la glicina, así como otros compuestos y residuos de la actividad de síntesis, como nucleótidos, bases nitrogenadas y ácido urótico (Amiot, 1994).

### **Grasa**

La grasa de la leche es la más compleja de los lípidos; existe en glóbulos microscópicos en una emulsión de aceite y agua (National Dairy Council, 2000). Cada glóbulo se encuentra rodeado de una capa de fosfolípidos, lo que evita que los glóbulos se aglutinen entre sí, repeliendo otros glóbulos de grasa y atrayendo agua. Siempre y cuando esta estructura se encuentre intacta, la leche permanece como una emulsión. La mayoría de los glóbulos de grasa se encuentran en la forma de triglicéridos, formados por la unión de glicerol con

ácidos grasos. Las proporciones de ácidos grasos de diferente longitud determina el punto de fusión de la grasa y por lo tanto la consistencia de la mantequilla que se deriva de ella.

La grasa de la leche contiene principalmente ácidos grasos de cadena corta (cadenas de 4 a 10 átomos de carbono), que son sintetizados dentro de la glándula mamaria a partir de acetato y  $\beta$ -hidroxibutirato. Ésta es una característica única de la grasa de la leche comparada con otras clases de grasas animales y vegetales. Los ácidos grasos de cadena larga en la leche son principalmente los insaturados (deficientes en hidrógeno), que son transferidos desde los triglicéridos del plasma sanguíneo, siendo los predominantes el oleico (cadena de 18 carbonos), y los polinsaturados linoleico y linolénico (Pérez, 1986; Wattiaux, 2004). El ácido linoleico está presente en leche en una forma que favorece su conversión a ácido araquidónico. El ácido Omega-3 linoleico, y productos como ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA), son encontrados en pequeñas pero importantes cantidades en la grasa de la leche (National Dairy Council, 2000).

Los lípidos de la leche son mayormente triglicéridos (97 a 99% del total de lípidos). Los demás lo forman fosfolípidos y esteroides, especialmente el colesterol (Cuadro 3) (Riel, 1991).

Normalmente, la grasa constituye desde el 3.5 hasta el 6.0% de la leche, variando de acuerdo con las razas de vacas y con las prácticas de alimentación del ganado. Una ración demasiado rica en concentrados, no estimula la rumia

en la vaca, pudiendo resultar en una caída en el porcentaje de la grasa hasta de 2.0 a 2.5%.

Cuadro 3. Perfil lipídico de la leche de vaca.

| Componente      | Leche entera (%) |
|-----------------|------------------|
| Glicéridos      | 3.85             |
| Fosfolípidos    | 0.0035           |
| Lecitinas       | 0.021            |
| Cefalinas       | 0.011            |
| Esfingomielinas | 0.003            |
| Cerebrósidos    | 0.002            |
| Colesterol      | 0.015            |
| Carotenoides    | -                |

Fuente: Riel, 1991.

Los ácidos grasos predominantes en la leche son los saturados, ya que forman un 60 a 70% de los triglicéridos y los monoinsaturados un 25 a 30% (Cuadro 4). Dos ácidos grasos (volátiles) de cadena corta, el butírico y el caproico, son los responsables del aroma característico de la leche. La grasa predominante de la leche es la saturada. Por eso se recomienda la leche descremada y semidescremada para adolescentes, adultos y adultos mayores.

El Comité de Nutrición de la Sociedad Europea de Gastroenterología Pediátrica y Nutrición, recomienda que el contenido de ácidos grasos en la forma trans no sobrepase el 8% del total energético. El Comité de Nutrición de la Sociedad Francesa de Pediatría, en 1988 hizo una sugerencia aún más estricta: de 2 a 5% (Chevalier y De la Tullaye, 1995). Estudios recientes han recomendado el consumo de leche descremada para los niños en etapa escolar, pero sólo en regiones de elevada incidencia de enfermedades cardiovasculares, con altas tasas de mortalidad (Cruz y Wong, 1994).

Cuadro 4. Principales ácidos grasos de la leche de vaca.

| Tipo de ácidos grasos  | %      |
|------------------------|--------|
| <b>Saturados</b>       |        |
| C4 (Butírico)          | 3.4    |
| C6 (Caproico)          | 2.0    |
| C8(Caprílico)          | 1.2    |
| C10(Cáprico)           | 2.8    |
| C12(Láurico)           | 3.5    |
| C14(Mirístico)         | 11.2   |
| C16(Palmítico)         | 16.0   |
| C18(Esteárico)         | 11.2   |
| C20(Araquídico)        | 1.3    |
| C22(Behénico)          | Trazas |
| <b>Monoinsaturados</b> |        |
| C14 (Miristoleico)     | 1.4    |
| C16 (Palmitoleico)     | 2.7    |
| C18(Oleico)            | 27.8   |
| <b>Poliinsaturados</b> |        |
| C18(Linoleico)         | 1.4    |
| C18(Linolénico)        | 1.1    |

Fuente: McCance y Widdowson's, 1985.

### Ácidos grasos libres

Los ácidos grasos libres (AGL) son productos de la degradación de los triglicéridos (Sabido *et al.*, 2004). Los AGL presentes en la leche cruda se generan por la hidrólisis enzimática de la grasa láctea, proceso comúnmente denominado lipólisis. Dicha alteración de la leche provoca defectos de calidad, fundamentalmente de tipo organoléptico, en productos tales como mantequilla, crema y leche entera en polvo. Existen dos factores que limitan y evitan la degradación de la grasa de la leche: 1) la integridad de la membrana del glóbulo que aísla y protege a los triglicéridos del ataque de las lipasas, y 2) las uniones que adhieren estas enzimas a las caseínas en la fase acuosa y que impiden el contacto con la fase grasa (Taverna *et al.*, 1998). Altos niveles de AGL dan lugar a la aparición de defectos de sabor caracterizados como rancio y

jabonoso (Paez *et al.*, 2005). La intensificación del sistema de producción asociado al uso de equipamiento de ordeño cada vez más complejo, el enfriamiento y almacenamiento de la leche por períodos de tiempo prolongados, el transporte en cisternas y los numerosos bombeos a la que se somete la leche, son algunos de los factores que intervienen en el contenido de AGL, debido a que rompen la membrana del glóbulo de grasa. El primer elemento que puede potencialmente iniciar este proceso es el equipo de ordeño (Pillay *et al.*, 1980) y, en este sentido, su diseño resulta determinante para evitar este problema.

Taverna *et al.* (2001) llevaron a cabo un estudio para determinar la concentración de AGL en leche proveniente de ordeño matutino y vespertino, detectando diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) en la leche proveniente en el ordeño matutino respecto al vespertino. La velocidad de desarrollo de lipólisis es mayor en leche ordeñada durante la tarde, pudiendo asociar este comportamiento al mayor contenido de grasa de la leche de la tarde (3.77 mg/100 mL de leche) que la de la mañana (2.90 mg/100 mL de leche).

### **Minerales y elementos traza**

El contenido promedio de sales en la leche es de alrededor de 1.0% y comprende a las sustancias minerales, a los elementos traza y a los citratos, lo que en conjunto se denomina como cenizas. Respecto a los elementos traza hay que considerar que este grupo de sustancias depende de las condiciones ambientales y de la alimentación que reciba la vaca. Esto es, que el contenido mineral de la leche está influido tanto por la alimentación como por la raza, la

etapa de lactancia y el estado general de salud de la glándula mamaria del animal. Algunos componentes salinos de la leche se encuentran en diferentes estados de solubilización y de unión a otros componentes de la leche que están dispersos (glóbulos grasos emulsionados), en estado coloidal (micelas de caseína) o disueltos (entre otros, las proteínas del suero) (Schlimme y Bucheim, 2002).

### Vitaminas

Las vitaminas son compuestos naturales indispensables y desde el punto de vista fisiológico-nutritivo pertenecen al grupo más importante de componentes minoritarios (Díaz *et al.*, 1991). La leche contiene las vitaminas liposolubles A, D, E y K (Cuadro 5), pero la cantidad de éstas depende del contenido de grasa de la leche (Medrano y Hernández, 1994). La leche es una importante fuente de vitaminas hidrosolubles como Tiamina (B<sub>1</sub>), Riboflavina (B<sub>2</sub>), Piridoxina (B<sub>6</sub>), Cianocobalamina (B<sub>12</sub>), Niacina, Ácido pantoténico y también pequeñas cantidades de Vitamina C (ácido ascórbico).

Cuadro 5. Contenido de vitaminas en la leche de vaca.

| Vitamina               | Contenido por litro de leche |
|------------------------|------------------------------|
| A (µg)                 | 400                          |
| D (UI)                 | 40                           |
| E (µg)                 | 1000                         |
| K (µg)                 | 50                           |
| B <sub>1</sub> (µg)    | 450                          |
| B <sub>2</sub> (µg)    | 1750                         |
| Niacina (µg)           | 900                          |
| B <sub>6</sub> (µg)    | 500                          |
| Acido pantoténico (µg) | 3500                         |
| Biotina (µg)           | 35                           |
| Acido fólico (µg)      | 55                           |
| B <sub>12</sub> (µg)   | 4.5                          |
| C (mg)                 | 20                           |

Fuente: Fox, 1992; citado por Hernández, 2006.

### **Ácido cítrico**

El ácido cítrico es un producto normal del metabolismo de prácticamente todos los organismos aerobios, ocupando un lugar clave en uno de los mecanismos de producción de energía, al que da nombre, el ciclo del ácido cítrico o ciclo de Krebs. Es también abundante en ciertas frutas, especialmente en los cítricos, de los que toma el nombre y a los que confiere su acidez característica. Es un conservador que se utiliza en la mayoría de las bebidas refrescantes y otros productos. El ácido cítrico y sus derivados están entre los aditivos más utilizados. Se producen por procesos de fermentación, haciendo crecer ciertos tipos de mohos en subproductos de la industria alimentaria ricos en azúcares.

Para el caso de la leche es un conservador natural, de tal manera, que mientras mayor sea el contenido de ácido cítrico en la leche, ésta tardará más tiempo en descomponerse, debido fundamentalmente a que la acidez del producto evita el desarrollo de bacterias ([http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/revistas/r\\_12/12\\_06\\_citrico.htm](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/revistas/r_12/12_06_citrico.htm)).

### **Nitrógeno ureico en leche**

El nitrógeno ureico de la leche, conocido comúnmente como MUN (sigla del nombre en inglés, Milk Urea Nitrogen), por su fácil análisis en muestras de leche ha cobrado importancia como herramienta diagnóstica de la eficiencia de utilización del nitrógeno y de ciertos trastornos del comportamiento reproductivo de la vaca lechera. El MUN es el resultado de la difusión del contenido de urea del suero sanguíneo a través de las células secretoras de la glándula mamaria, constituyendo una fracción variable del nitrógeno total de la leche (Peña, 2002).

Su contenido representa alrededor del 50% del nitrógeno no proteico y alrededor del 2.5% del nitrógeno total (DePeters y Ferguson, 1992). La proporción de MUN con otros componentes nitrogenados de la leche no es constante. El nitrógeno de la leche está presente en tres fracciones principales: caseína, que constituye el 77.9%; nitrógeno de la proteína del suero, que representa el 17.2%; y nitrógeno no proteico, que es el 4.9% (Cerbulis y Farrell, 1975). Estas fracciones pueden cambiar de acuerdo con la temperatura, enfermedades, número de partos, días en lactancia y alimentación (DePeters y Cant, 1992). El MUN es una fracción variable del nitrógeno no proteico de la leche que puede estar entre el 12 y el 17% (Roseler *et al.*, 1993).

Se ha observado variación en la concentración de MUN debida a la composición de la dieta que consume la vaca (Lykos *et al.*, 1997), a la hora del día en que se toma la muestra, al tiempo transcurrido luego de comer (Gustafsson y Palmquist, 1993), a la etapa de la lactancia, raza del animal y número de partos (Rodríguez *et al.*, 1997). En un estudio realizado por Peterson y Waldern (1981), encontraron que el MUN aumentó a medida que avanzó la lactancia e igualmente aumentó con la edad de las vacas.

Las dietas con alto contenido proteico tienden a presentar niveles altos de MUN debido, por una parte, a la mayor degradación de la proteína en el rumen, mayor producción de amoníaco y mayor conversión de amoníaco en urea en el hígado de la vaca. Por otra parte, la dieta con un nivel alto de proteína tiene normalmente una alta contribución de aminoácidos para absorción en el

intestino, los cuales contribuyen a una alta proporción de la urea luego de la desaminación de éstos en el hígado.

Debido al rápido equilibrio de la urea en los fluidos orgánicos, la concentración de urea en leche se ha tomado como un índice de la ineficiencia de utilización del nitrógeno y un indicador de la relación proteína-energía en la dieta (Baker *et al.*, 1995).

Para una interpretación más minuciosa de urea se utiliza también el análisis del contenido de proteína de la leche, ya que éste es dependiente directamente del aporte de energía de la dieta. La determinación de MUN en forma estratégica permite medir, junto con otros indicadores como los cambios de peso corporal y la condición corporal de las vacas, la eficiencia de utilización del alimento y de ahí su valor como herramienta técnica (Peña, 2002). En el Cuadro 6 se presentan algunos valores de referencia para interpretar valores de MUN en leche.

Cuadro 6. Interpretación de los resultados de laboratorio sobre niveles de nitrógeno ureico en leche (MUN).

| Niveles de MUN (mg/dL) | Calificación | Interpretación                                               |
|------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------|
| < 9                    | Deficiente   | Insuficiente N en la dieta, afecta la reproducción.          |
| 9 – 11.9               | Bueno        | Buen uso del N, puede afectar la reproducción.               |
| 12 – 14.9              | Excelente    | Óptimo nivel para producción y reproducción.                 |
| 15 – 17.9              | Bueno        | Uso sub-óptimo del N, sin efecto adverso en la reproducción. |
| 18 – 21                | Regular      | Desperdicio de N, puede afectar la reproducción.             |
| > 21                   | Deficiente   | Exceso de N, afecta la reproducción.                         |

Fuente: Peña, 2002.

## **Propiedades fisicoquímicas de la leche cruda asociadas con su composición**

### **Densidad**

La densidad de la leche entera depende del contenido de grasa y proteína; en promedio es de 1.033 g/mL. El agua pura posee una densidad de 1 g/mL, pero la densidad de la grasa es menor que la del agua y la de los sólidos no grasos es mayor que la del agua. Si se mantiene la leche a diferentes temperaturas puede afectar la medición de la densidad; a medida que la leche se calienta, su estructura globular cambia y la densidad decrece (Ramos, 1976).

### **Crioscopía**

El punto de congelamiento de la leche es afectado por la cantidad de sólidos disueltos. La sustancia disuelta que posee el mayor efecto en el punto de congelamiento es la lactosa, que se encuentra presente en cantidad más abundante. Debido a los sólidos disueltos, la leche se congela cerca de medio grado menos que el agua ( $-0.55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Un valor igual o inferior a  $-0.53\text{ }^{\circ}\text{C}$ , en valor absoluto, permite sospechar una adición de agua a la leche (Alais, 1998).

### **pH**

La leche normal posee un pH de 6.6 a 6.8. En la leche fresca no hay ácido láctico, pero este ácido se produce cuando las bacterias contaminantes fermentan la lactosa de la leche. Valores de pH por arriba de 6.8, usualmente denotan mastitis y abajo de 6.5 indican la presencia de calostro o degradación bacteriana (Santos, 1992; Gasque y Blanco, 1995; Philpot, 2001).

### **Acidez “en grados Dornic” (°D)**

Expresa el contenido en ácido láctico; la acidez Dornic es el número de décimas de centímetros cúbicos (c.c.) de hidróxido de sodio N/9 (N/9 porque el ácido láctico tiene un peso molecular de 90), utilizado para valorar 10 c.c. de leche en presencia de fenolftaleína (Alais, 2001).

## **Componentes que influyen la calidad de leche**

### **Células somáticas en la leche**

Las células somáticas no afectan en sí la calidad nutricional de la leche. Ellas son solamente importantes como indicadoras de otros procesos que puedan estar sucediendo en el tejido mamario, incluyendo inflamación. Cuando las células se encuentran presentes en cantidades por arriba de medio millón por mililitro de leche, existe una buena razón para sospechar de mastitis (Wattiaux, 2004).

Las células somáticas son células corporales. Cuando se desarrolla una infección en la glándula mamaria, el sistema inmune produce leucocitos o células blancas para contrarrestar la infección. Estas células blancas aparecen en la leche y reciben el nombre de células somáticas. La cantidad de células somáticas en 1 mL de leche se mide a través de la cuenta de células somáticas (CCS). El porcentaje de los diferentes tipos de células somáticas en la leche de glándulas mamarias saludables es: macrófagos 60%, linfocitos 25% y neutrófilos o leucocitos polimorfonucleares 15%. Aproximadamente el 99% de todas las células de la leche de un cuarto infectado son leucocitos, mientras que el 1% restante son células secretoras que se originan de los tejidos mamarios

(Harmon, 2001; Philpot, 2001). Juntos, esos dos tipos de células constituyen la CCS, que usualmente se expresa en células por mililitro de leche.

La CCS es la medición más ampliamente usada para supervisar el estado inflamatorio de glándulas mamarias. La CCS puede realizarse en leche de cuartos individuales, vacas individuales, el hato completo o de un grupo de hatos (Barnouin *et al.*, 1995; Philpot, 2001).

El factor principal que afecta la CCS en la leche de un cuarto, vaca o leche de tanque, es la infección intramamaria y se debe enfatizar que con frecuencia el 5% de las vacas con problemas de mastitis en un hato contribuyen con el 50% de la CCS obtenida en la leche del tanque de colección (Barkema *et al.*, 1999; Philpot, 2001).

Al momento del parto la CCS de la leche de vacas no infectadas es alta ( $> 300 \times 10^3$  células/mL de leche); más baja ( $< 100 \times 10^3$  células/mL de leche) desde el pico de lactancia a la mitad de la misma y más elevada ( $> 400 \times 10^3$  células/mL de leche) en el momento del secado (Philpot, 2001). La mayoría de los incrementos en la CCS asociados con una lactancia avanzada, se deben a la concentración del número normal de células somáticas en un menor volumen de leche producida en esta etapa.

### **Componentes indeseables en la leche**

La leche y sus subproductos son alimentos perecederos. Altos estándares de calidad a lo largo de todo el procesamiento de la leche son necesarios para alcanzar o mantener la confianza del consumidor y para hacer que ellos decidan comprar productos lácteos. La leche que deja el hato debe ser de la más alta calidad

nutricional, inalterada y sin contaminación. Las sustancias indeseables más comunes que se encuentran en la leche son: agua adicionada, detergentes y desinfectantes, antibióticos, pesticidas o insecticidas y bacterias (Alais, 1997).

## **Factores que inciden en la composición de la leche**

La leche es un alimento delicado, cuya calidad sólo se puede mantener si se conserva en un medio favorable y en las mejores condiciones. Las vacas lecheras deben estar sanas, limpias y alojadas en locales adecuados. El ordeño y la refrigeración de la leche deben efectuarse utilizando los equipos apropiados y escrupulosamente limpios. El éxito de estas operaciones depende principalmente de las precauciones tomadas por el productor (Alais, 1997). La cantidad de leche producida y su composición, presentan variaciones importantes en función de factores nutricionales y no nutricionales.

### **Factores nutricionales**

Del conjunto de alteraciones en las características fisicoquímicas de la leche, la concentración de grasa es la que resulta más sensible a cambios nutricionales y puede variar casi tres unidades porcentuales. En contraste, los efectos que tiene la alimentación sobre la concentración de la proteína láctea, puede producir cambios más pequeños, de hasta 0.6 unidades porcentuales (Palmquist *et al.*, 1993). Las concentraciones de la lactosa y minerales, no responden previsiblemente a ajustes en la dieta y tampoco se han reportado efectos sensibles sobre el pH, la acidez y el peso específico de la leche (Freedden, 1996; Mackle *et al.*, 1999).

### ***Nivel de alimentación***

Las vacas con bajos niveles de alimentación reducen la producción de leche y el porcentaje de lactosa sólo dentro de ciertos límites; sin embargo, se producen aumentos en el porcentaje de grasa láctea (Palmquist, 1993). Por regla general, cualquier dieta que aumenta la producción de leche, reduce generalmente el porcentaje de grasa en la leche. La subalimentación es el único régimen nutricional que altera la lactosa, donde el porcentaje de la misma se reduce ligeramente (Oldham, 1991).

Diversas investigaciones han demostrado que por cada 30 kg de incremento en peso vivo al momento del parto, se logran incrementos en la producción de leche de 122 kg, 8 kg de grasa y 4 kg de proteína durante las primeras 20 semanas de la lactancia (Rearte, 1993). Por otro lado, los efectos de la condición corporal sobre los porcentajes de grasa y proteína son pequeños.

Durante el primer tercio de la lactancia, las demandas nutricionales de la vaca lechera son mayores que la capacidad física para cubrir dichas demandas y ocurre un proceso de balance energético negativo (Fredeen, 1996).

Durante la lactancia los efectos del nivel de alimentación sobre el porcentaje de grasa y proteína son variables (Odahalm, 1991). Durante la lactancia, si se incrementa el consumo de alimentos, también se incrementa la producción de leche y los rendimientos en grasa y proteína. Con el incremento del consumo, el porcentaje de grasa en la leche tiende a disminuir; sin embargo, para el caso de la proteína ésta manifiesta un ligero incremento. Esta última, en animales adecuadamente alimentados se encuentra raramente por debajo de 3.2%; sin

embargo, en hatos con malas condiciones de alimentación puede decaer hasta 2.8% (Coulon y Pérochon, 2000).

### ***Enfermedades metabólicas***

Los hatos lecheros de alta producción deben contar con un adecuado balance de nutrientes en la dieta, especialmente en el periodo de mayor requerimiento nutricional, que corresponde el inicio de lactancia. En el periodo inicial, la vaca llega al nivel máximo de producción y a su vez el consumo voluntario se deprime; además, los aportes de la dieta no logran cubrir los elevados requerimientos metabólicos, debiendo movilizar sus reservas corporales para compensar esta situación (Pocknee, 1998).

Los desbalances nutricionales, deficiencias o inadecuado manejo de los programas de alimentación para vacas lecheras, pueden conducir a la aparición de varios trastornos en la salud de los animales (síndrome de la vaca gorda, cetosis, síndrome de depresión de la grasa en leche, hipocalcemia, hipomagnesemia, síndrome de la leche anormal), los cuales se denominan enfermedades o trastornos metabólicos de la vaca lechera (Álvarez, 1999a).

Los trastornos metabólicos cobran mayor importancia en la medida en que la ganadería lechera se desarrolla, pues una vez establecido un control estricto sobre las enfermedades infecto-contagiosas, el aumento del potencial genético de los animales y se optimizan las condiciones de manejo y alimentación se logra aumentar la productividad lechera. Es entonces cuando comienzan a aparecer con mayor frecuencia dichos trastornos. Estas alteraciones constituyen, después de la mastitis, el principal problema en todos los países

con ganadería lechera desarrollada, por las grandes pérdidas económicas que producen (Álvarez, 1999a).

El estrés producido por los trastornos metabólicos reduce la capacidad de resistencia y compromete el funcionamiento del sistema inmunológico del animal. Si esta situación no se previene a tiempo, se producen consecuencias altamente costosas en la reproducción y la producción de leche (Álvarez, 1999b). En los hatos lecheros de los Estados Unidos de América las pérdidas por concepto de los trastornos metabólicos se estiman entre un 20 a 25% de las pérdidas totales anuales.

### **Factores no nutricionales**

#### ***Raza de la vaca***

Existen notables diferencias entre razas con relación a los componentes mayores de la leche, donde se distingue la raza Holstein con los niveles más bajos de sólidos, si se compara con otras razas como la Jersey, que registra los niveles más altos de sólidos (Cuadro 7). Se han encontrado correlaciones negativas, altamente significativas, entre el rendimiento de leche y el contenido de grasa y proteína, para vacas dentro de un hato de una raza determinada (Pérez, 1986).

Cuadro 7. Composición media de la leche en las principales razas de bovinos productores de leche.

| Raza                     | Porcentaje |          |         |        |      |       |
|--------------------------|------------|----------|---------|--------|------|-------|
|                          | Grasa      | Proteína | Lactosa | Ceniza | SNG* | ST**  |
| Ayrshire <sup>2</sup>    | 4.00       | 3.53     | 4.67    | 0.68   | 8.90 | 12.90 |
| Pardo Suizo <sup>1</sup> | 4.00       | 3.60     | 4.90    | 0.70   | 9.20 | 13.20 |
| Shorthorn <sup>1</sup>   | 3.50       | 3.30     | 4.50    | 0.70   | 8.50 | 12.00 |
| Guernsey <sup>2</sup>    | 4.95       | 3.91     | 4.93    | 0.74   | 9.66 | 14.61 |
| Holstein <sup>2</sup>    | 3.40       | 3.32     | 4.87    | 0.68   | 8.86 | 12.26 |
| Jersey <sup>2</sup>      | 5.37       | 3.92     | 4.93    | 0.71   | 9.54 | 14.91 |

Adaptado de Santos, 1992<sup>1</sup>; Amiot, 1994<sup>2</sup>

\* Sólidos No Grasos

\*\* Sólidos Totales

La raza constituye uno de los factores más relevantes a considerar en la composición de la leche, puesto que tanto la concentración de grasa como la de proteína en leche son características con alta heredabilidad. Según Mercier y Vilotte (1993), la heredabilidad estimada para la producción de leche es relativamente baja (0.25); sin embargo, la heredabilidad estimada para la composición de la leche es alta (0.50). Otro punto importante a considerar es el índice de constancia o repetibilidad de la producción de leche y de sus componentes. En el Cuadro 8 se presentan valores de repetibilidad para algunas características de calidad de la leche de vacas Holstein.

Cuadro 8. Valores de repetibilidad para producción de leche y de sus componentes en vacas Holstein.

| Característica     | Ochoa (1991) | Valle y de Amorín (1981) | Uribe y Smulders (2004) |
|--------------------|--------------|--------------------------|-------------------------|
| <b>Producción:</b> |              |                          |                         |
| Leche              | 0.53         | 0.289                    | 0.50                    |
| Grasa              | 0.49         | 0.301                    | 0.46                    |
| Sólidos no grasos  | 0.50         |                          |                         |
| Sólidos totales    | 0.49         |                          |                         |
| Proteína           | 0.55         |                          |                         |
| <b>Porcentaje:</b> |              |                          |                         |
| Grasa              | 0.76         |                          | 0.56                    |
| Sólidos no grasos  | 0.60         |                          |                         |
| Sólidos totales    | 0.75         |                          |                         |
| Proteína           | 0.61         |                          | 0.59                    |

Los factores ambientales como la nutrición y el manejo alimentario pueden tener mayor efecto sobre la producción que sobre la composición de la leche (Ng-Kwai-Hang *et al.*, 1984). En la práctica, en los últimos 20 años se ha logrado un incremento de los sólidos de la leche, manteniéndose altos niveles productivos, debido al manejo combinado de la genética y la alimentación. Es por ello que la selección de animales genéticamente superiores en ganado lechero, debe enfocarse directamente al incremento de los componentes lácteos, aunque por el momento resulta muy difícil lograrlo puesto que existe una asociación genética negativa entre estos y la producción de leche (Blackburn, 1993).

De igual manera, la selección de sementales con base en porcentajes de grasa y proteína láctea, puede resultar en una reducción de los rendimientos en producción de leche, y en una mejora mínima en los rendimientos en grasa y proteína de su descendencia. Debido a que en muchos países el pago de la leche está basado en el nivel de sólidos, la selección de los sementales se debe

enfocar en el rendimiento combinado de grasa más proteína láctea, lo que resultará no sólo en un incremento en producción de leche sino también en mayores porcentajes de grasa y proteína, y en sus rendimientos individuales (Velmala *et al.*, 1993).

### ***Nivel de producción***

Los rendimientos en grasa, proteína, sólidos no grasos y sólidos totales, están positivamente correlacionados con la producción de leche. Sin embargo, los valores porcentuales de los mismos en la composición de la leche disminuyen en la misma proporción, ya que a mayor producción de leche ésta se encuentra más diluida (Beever *et al.*, 1991; Coulon y Pérochon, 2000).

El concepto del rendimiento de los componentes lácteos contra la composición de la leche puede ilustrarse comparando diferentes producciones de leche con una composición similar en proteína (Mao *et al.*, 1992). Esto es, si la producción de leche por vaca se incrementa de 29.5 a 31.8 kg y el porcentaje de proteína permanece constante en 3.1%, se alcanza un incremento de 0.07 kg más de proteína por vaca por día. En contraste, si el porcentaje de proteína en leche aumenta de 3.1 a 3.2% y la producción diaria de leche por vaca se mantiene en 29.5 kg, los aumentos de la producción o rendimiento de la proteína son sólo 0.03 kg por vaca por día.

### ***Etapas de la lactancia***

El curso de la lactancia no sólo afecta la producción diaria de leche sino también su composición. Normalmente, un aumento en la producción diaria de

leche es seguido por una disminución en los porcentajes de grasa y proteína en leche, mientras los rendimientos de estos componentes permanecen igual o en aumento (Knight y Wilde, 1987; Akers, 1990).

Los cambios en los rendimientos productivos durante el ciclo de lactancia influyen de manera inversa a la composición. Generalmente, en el primer tercio de la lactancia y concomitante con el pico de lactancia se registran las menores concentraciones de grasa, proteína, caseína y sólidos de la leche; situación que se invierte al final de la lactancia; mientras que la concentración de lactosa disminuye (Ponce y Bell, 1985; Akers, 1990; Beever et al., 1991; Blackburn, 1993; Hurley, 2000). Lo descrito anteriormente se presenta gráficamente en la Figura 2.

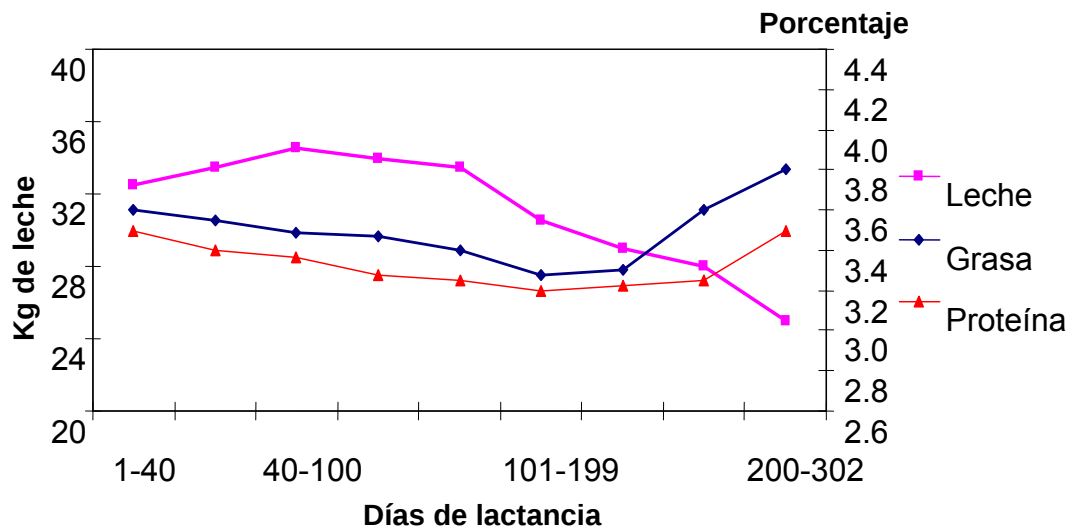


Figura 2. Comportamiento de la producción de leche, y los porcentajes de grasa y proteína durante la lactancia.

Fuente: Adaptado de Oldaham (1991).

El comportamiento anteriormente descrito se ajusta más para el caso de vacas altas productoras, para las cuales se aseguran las condiciones de manejo y alimentación adecuadas, ya que en reportes sobre animales de menor producción y en condiciones rústicas de explotación no se observa este comportamiento (Rearte, 1993; González *et al.*, 1998). En estos últimos sistemas las curvas de lactancia son menos pronunciadas y en ocasiones lineales. En tales condiciones, se evidencia una mayor influencia de los factores de manejo y alimentación. El tipo de animales y las condiciones de explotación, también son elementos muy relacionados con estos factores.

### ***Salud de la ubre***

La infección de la glándula mamaria tiene gran influencia en la composición de la leche; la concentración de grasa, sólidos no grasos y lactosa disminuyen en una glándula mamaria enferma. Generalmente la composición de la leche de vacas afectadas por mastitis tiende a presentar varios componentes en la sangre que en situaciones normales no aparecerían. Esto debido a la incapacidad de síntesis de la glándula mamaria y como resultado del aumento en el flujo de iones y proteínas de la sangre a la leche. En la leche de vacas afectadas por mastitis, la concentración de grasa, lactosa y caseína disminuyen, y la cantidad de proteínas del lactosuero aumenta (Santos, 1992).

Goldberg *et al.* (1992) evaluaron la calidad de la leche y salud de la ubre de vacas lecheras manejadas en tres sistemas de producción: confinamiento total, pastoreo intensivo rotacional, y pastoreo continuo tradicional. La cantidad de unidades formadoras de colonias de microorganismos por mililitro de leche fue

mayor para las vacas de los hatos en confinamiento; sin embargo, no se observaron diferencias ( $P>0.15$ ) en la CCS para los tres sistemas. La diferencia más importante que mostró el estudio, fue que la CCS fue menor ( $P<0.05$ ) en la leche de las vacas manejadas en pastoreo intensivo cuando se utilizó un sellador postordeño, comparado con el mismo sistema sin la aplicación del sellador (Goldberg *et al.*, 1992).

La mastitis clínica es el principal problema de salud de las vacas en los sistemas de producción de leche en confinamiento total (Barkema *et al.*, 1999), en pastoreo intensivo rotacional (Goldberg *et al.*, 1992), así como en aquellos que utilizan el pastoreo rotacional tipo orgánico (Weller y Cooper, 1996). Los factores de riesgo que influyen en la incidencia de mastitis clínica, se pueden categorizar en tres grupos principales: 1) resistencia de la vaca a la infección intramamaria; 2) exposición de la glándula mamaria a los patógenos causantes de mastitis; y 3) cura de la infección intramamaria o inflamación (Barkema *et al.*, 1999).

Las prácticas de manejo e indicadores de riesgo asociados con la resistencia a la infección intramamaria, son la nutrición (Barnouin *et al.*, 1995), el nivel de producción de leche (Barkema *et al.*, 1999), la debilidad del esfínter del pezón (Vaarst y Enevoldsen, 1997), la raza de la vaca (Barkema *et al.*, 1999) y la desinfección postordeño de los pezones (Goldberg *et al.*, 1992). Varios estudios han señalado como factores de exposición a patógenos causantes de mastitis al tipo de alojamiento (Lamarche *et al.*, 2000), a las condiciones higiénicas de

las áreas de descanso (Bartlett *et al.*, 1992) y a los procedimientos en la ordeña (Vaarst y Enevoldsen, 1997).

La mastitis es la enfermedad que más afecta la producción y la composición de la leche y por ello ha sido ampliamente estudiada (Calvinho, 1995; Smith, 1996; Rajala *et al.*, 1999). En el Cuadro 9 se muestran los cambios que ocurren en la composición de la leche con niveles altos de células somáticas, caracterizados por una reducción en el contenido de grasa y caseína, y un aumento en el contenido de suero de leche. Estos cambios en las proteínas de leche, en unión con modificaciones en la lactosa, el contenido mineral de la leche y el pH, tienen como resultado bajos rendimientos en la producción de queso y alteraciones en las propiedades y en la aptitud industrial de esa leche. Bajo dichas condiciones se aprecia un tiempo de coagulación más largo y una cuajada más débil que con la leche no afectada.

Cuadro 9. Cambios en la composición de la leche asociados con una elevada cuenta de células somáticas (CCS).

| Componente              | Leche normal | Leche con elevado CCS |
|-------------------------|--------------|-----------------------|
| SNG (%)                 | 8.9          | 8.8                   |
| Grasa (%)               | 3.5          | 3.2                   |
| Lactosa (%)             | 4.9          | 4.4                   |
| Proteína (%)            | 3.6          | 3.2                   |
| Proteínas del suero (%) | 0.8          | 1.3                   |
| Sodio (mg)              | 570.0        | 1050.0                |
| Cloruro (mg)            | 911.0        | 1470.0                |
| Potasio (mg)            | 1500.0       | 1750.0                |
| Calcio (mg)             | 1200.0       | 400.0                 |

Adaptado de Philpot (2001).

### ***Época del año***

Los porcentajes de grasa, sólidos no grasos y proteína, son más altos durante el invierno que durante el verano (Cuadro 10). Esta variación está relacionada con cambios en la disponibilidad y calidad de los alimentos y las condiciones climáticas (Santos, 1992). Durante el verano (época lluviosa) los pastos son bajos en fibra y se deprimen los niveles de grasa en la leche; además de que la alta temperatura y humedad relativa, disminuyen los niveles de consumo de alimento de los animales. Durante el invierno (época poco lluviosa) disminuye la disponibilidad y la calidad de los alimentos (pastos y forrajes), por lo que aumentan los niveles de grasa en leche, pero disminuye la producción de leche (Coulon y Pérochon, 2000; White *et al.*, 2002).

Cuadro 10. Influencia del mes del año en los componentes de la leche de vaca (g/100 g de leche) de clima templado en México.

| Mes        | Grasa | Proteína | Lactosa | Cenizas | SNG* | ST**  |
|------------|-------|----------|---------|---------|------|-------|
| Enero      | 4.31  | 3.67     | 4.87    | 0.72    | 9.26 | 13.57 |
| Febrero    | 4.22  | 3.62     | 4.89    | 0.72    | 9.23 | 13.45 |
| Marzo      | 4.16  | 3.56     | 4.98    | 0.71    | 9.25 | 13.41 |
| Abril      | 4.10  | 3.54     | 5.01    | 0.71    | 9.27 | 13.37 |
| Mayo       | 4.10  | 3.53     | 5.04    | 0.71    | 9.27 | 13.37 |
| Junio      | 3.96  | 3.45     | 5.02    | 0.70    | 9.17 | 13.13 |
| Julio      | 3.95  | 3.46     | 5.02    | 0.70    | 9.16 | 13.12 |
| Agosto     | 3.45  | 3.54     | 5.00    | 0.69    | 9.24 | 13.18 |
| Septiembre | 4.10  | 3.62     | 4.96    | 0.70    | 9.28 | 13.38 |
| Octubre    | 4.24  | 3.66     | 4.92    | 0.71    | 9.29 | 13.53 |
| Noviembre  | 4.27  | 3.69     | 4.88    | 0.72    | 9.28 | 13.55 |
| Diciembre  | 4.30  | 3.65     | 4.92    | 0.72    | 9.29 | 13.59 |

Fuente: Santos, 1992.

\* Sólidos No Grasos

\*\* Sólidos Totales

Los factores ambientales en la mayoría de los casos influyen directamente en el nivel de consumo de los animales, dando como resultado variaciones significativas en la producción de leche y en su composición (White *et al.*, 2002). Cuando la temperatura se encuentra por encima de los 30 °C se reduce la producción de leche, además de los niveles de grasa y proteína, debido a la reducción del ingreso de energía a través de la dieta. La combinación del estrés calórico, sin uso de alimento suplementario o una dieta basada solamente en forrajes, condiciona una disminución en la producción de leche en la lactancia temprana y media.

#### ***Número de lactancias y edad del animal***

Los niveles de producción de leche aumentan con las lactancias sucesivas de la vaca, obteniéndose los mayores volúmenes entre la tercera y la cuarta lactancia, lo que depende en gran medida de la edad de incorporación del animal a la reproducción y el manejo del mismo durante su vida productiva (Beever *et al.*, 1991).

Mientras el contenido de grasa en la leche permanece relativamente constante, el contenido de la proteína en leche gradualmente disminuye con el avance de la edad. Un estudio realizado por Wilde y Hurley (1996) en hatos Holstein Friesian, indica que el contenido de la proteína en leche disminuye aproximadamente de 0.10 a 0.15% sobre un período de cinco o más lactancias (aproximadamente 0.02 a 0.05% por lactancia). La grasa decrece 0.2% y los sólidos no grasos 0.4%, aproximadamente, después de la quinta lactancia (Santos, 1992). En general se puede decir que existe un deterioro de la ubre de

la vaca con el uso y la edad del animal, aumentando la incidencia de mastitis, lo que podría provocar la disminución de los contenidos de grasa y sólidos no grasos de la leche.

### ***Número, intervalo y tiempo de ordeño***

El contenido de grasa en la leche se incrementa continuamente durante el proceso de ordeño y los sólidos no grasos no cambian. La elevación del contenido de grasa en la leche a medida que avanza el ordeño, aparentemente se debe a la tendencia de los glóbulos de grasa a formar racimos y ser atrapados por el alvéolo de la glándula mamaria. Normalmente los intervalos entre ordeños son desiguales; la leche producida es mayor y el contenido de grasa es menor después de un intervalo mayor. Si transcurren períodos largos entre ordeños se obtiene una mayor producción de leche. La leche obtenida durante la mañana tiene menor concentración de grasa que la leche de la tarde (Santos, 1992).

El incremento de uno a dos y hasta tres ordeños diarios, es un criterio más de tipo práctico y económico, que de otra naturaleza. Cuando se tienen vacas con producciones diarias menores que 10 litros de leche, la realización de dos ordeños diarios no se justifica, pues los incrementos productivos no rebasan por regla general el 10 a 15% (Erdman y Varner, 1995). Una situación diferente se presenta en hatos altos productores, y con excelente manejo y alimentación, puesto que el doble ordeño se hace necesario cuando la presión interna debido al rápido llenado de la ubre se convierte en un factor limitante para la producción (Bigner *et al.*, 1997).

El tiempo de ordeño está relacionado en la práctica con la rutina empleada para el ordeño, aunque debería ajustarse más a las características de ordeñabilidad (rapidez de ordeño) de los animales. Para ello, agrupar vacas de rápido ordeño (menos de 7 minutos) es una práctica aconsejable y dejar para el final las vacas que tardan más para ordeñarse (Lacy-Hulbert *et al.*, 1999). En todos los casos, la composición de la leche está relacionada inversamente con el número e intervalo en que se produce el mayor volumen de leche. Sin embargo, un ordeño incompleto aumenta el volumen de leche residual en la ubre, y disminuye el porcentaje de grasa y la producción de leche en el siguiente ordeño, lo cual, de suceder de manera continua, logra una depresión irreversible en la producción de leche (Knight y Wilde, 1987; Lacy-Hulbert *et.al.*, 1999).

## LITERATURA CITADA

- Akers, R. M. 1990. Lactation physiology: A ruminant animal perspective. *Protoplasma* 159: 96-111.
- Alais, C. 1997. Ciencia de la Leche y Principios de Técnica Lechera. Décima primera reimpresión. Editorial CECSA. México D.F. 294 p.
- Alais C. 1998. Ciencia de la Leche. Principios de Técnica Lechera. Editorial CECSA. México D.F. 252 p.
- Alais C. 2001. Ciencia de la Leche. Principios de Técnica Lechera. Editorial CECSA. México D.F. 269 p.
- Álvarez, J. L. 1999a. Bioquímica Nutricional y Metabólica del Bovino en el Trópico. Editorial CECSA. México D.F. 319 p.
- Álvarez, J. L. 1999b. Sistema Integral de Atención a la Reproducción. Los Conflictos entre la Reproducción y la Producción de Leche. Editorial CECSA. México D.F. 287 p.
- Amiot, J. 1994. Ciencia y Tecnología de la Leche. Editorial Acribia, España. 541 p.
- Baker, L. D., J. D. Ferguson, and W. Chalupa 1995. Responses in urea and true protein of milk to different protein feeding schemes for dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78: 2424-2434.
- Barkema, H. W., T. H. Schukken, T. J. G. M. Lam, M. L. Beiboer, G. Benedictus, and A. Brand. 1999. Management practices associated with the incidence rate of clinical mastitis. *J. Dairy Sci.* 82: 1643-1654.
- Barnouin, J., M. Chassagne, and I. Aimo. 1995. Dietary factors associated with milk somatic cells counts in dairy cows Brittany, France. *Prev. Veterinary Med.* 21: 299-311.
- Bartlett, P. C., G. Y. Miller, S. E. Lance, and L. E. Heider. 1992. Environmental and managerial determinants of somatic cells counts and clinical mastitis incidence in Ohio dairy herds. *Prev. Veterinary Med.* 14: 195-207.

- Beever, D. E., A. J. Rook, J. France, M. S. Dhanoa, and M. Gill. 1991. A review of empirical and mechanistic models of lactational performance by the dairy cow. *Livest. Prod. Sci.* 29: 115-130.
- Bigner, D. R., J. P. Goff, M. A. Faust, H. D. Tyler, and R. L. Horst. 1997. Comparison of oral sodium compounds for the correction of acidosis. *J. Dairy Sci.* 80: 2162-2166.
- Blackburn, D. G. 1993. Lactation: Historical patterns and potential for manipulation. *J. Dairy Sci.* 76: 3195-3212.
- Broderick, G. A., and M. K. Clayton. 1997. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *J. Dairy Sci.* 80: 2964-2971.
- Calvinho, L. 1995. La mastitis y su impacto en la calidad de la leche. Informe Técnico del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Argentina 1: 1-14.
- Camerón, E. 2003. Efecto racial sobre la composición de la leche. INTA Rafaela, Argentina.
- Cerbulis, J., and H. M. Farrel. 1975. Composition of milk of dairy cattle. I. Protein, lactose and fat contents and distribution of protein fraction. *J. Dairy Sci.* 58: 817-832.
- Chevalier, B., and J. De la Tullaye. 1995. Lipides des laté infantiles. *Cah. Nutr. Diet.* 30(3): 108-184.
- COFOCALEC (Consejo para el Fomento de la Calidad de Leche). 2004. NMX-F-700-COFOCALEC-2004. Sistema, producto, leche-alimento lácteo- leche cruda de vaca- especificaciones.
- Coulon, J. B., and L. Pérochon. 2000. Evolution de la production laitière au cours de la lactation: modèle de prédiction chez la vache laitière. *INRA Prod. Anim.* 13(5): 349-360.

- Cruz, M. L., and W. W. Wong. 1994. Effects of infant nutrition on cholesterol synthesis rates. *Pediatr. Res.* 35(2): 135-140.
- De Angelis, R.C., and G. G. Giuli. 1983. Lactosa load diet effect in rats. *Arq. Gastroent.* 20(4): 166-169.
- DePeters, E.J., and J.P. Cant. 1992. Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk: A Review. *J. Dairy Sci.* 75: 2043-2070.
- DePeters, E. J., and J. D. Ferguson. 1992. Nonprotein nitrogen and protein distribution in the milk of cows. *J. Dairy Sci.* 75: 3192-3209.
- Díaz, M. A., O. Villanueva, and M. C. G. Matallana. 1991. Variations of hydrosoluble vitamins contents in dairy products during storage. *Le Lait. Conden Laitag* 71(4): 519-521.
- Erdman, R. A. and M. Varner. 1995. Fixed yield responses to increased milking frequency. *J. Dairy Sci.* 78: 1199-1203.
- Fredeen, A. H. 1996. Considerations in the milk nutritional modification of milk composition. *Animal Feed Science and Technology* 59: 185-197.
- Gasque, G. R. y M. A. Blanco O. 1995. *Zootecnia en bovinos productores de leche.* Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Departamento de Producción Animal: Rumiantes. Libro electrónico. pp: 30-39, 146-171.
- Goldberg, J. J., E. E. Wildman, J. W. Pankey, J. R. Kunkel, D. B. Howard, and B. M. Murphy. 1992. The influence of intensively managed rotational grazing, traditional continuous grazing, and confinement housing on bulk tank milk quality and udder health. *J. Dairy Sci.* 75: 96-104.
- González, C., N. Madrid B. y E. Soto B. 1998. Mejora de la ganadería mestiza de doble propósito. Facultad de Ciencias Veterinarias. Ediciones Universidad del Zulia, Venezuela.
- Gustafsson, A. H., and D. L. Palmquist. 1993. Diurnal variation of rumen ammonia, serum urea, and milk urea in dairy cows at high and low yields. *J. Dairy Sci.* 76: 475- 484.

- Harmon, R. J. 2001. Somatic cell counts: A primer. National Mastitis Council Annual Meeting Proceedings: 7 p.
- Hermansen, J.S., and S. Ostersen. 1994. Effect of the levels of fertilizer, grass and supplementary feeds on nitrogen composition and renneting properties of milk from cows at pasture. J. Dairy Res. 61(2): 179-189
- Hernández, R. R. 2006. Lactación. Síntesis y secreción de la leche y aspectos asociados a su variación. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). San José de las Lajas. La Habana. Cuba.  
<http://www.monografias.com/trabajos34/lactacion/lactacion.shtml>
- Hof, G. M., D. P. Vervoorn, J. Lenaers, and S. Tamminga. 1997. Milk urea nitrogen as a tool to monitor the protein nutrition of dairy cows. J. Dairy Sci. 80: 3333-3340.
- Hurley, W. L. 2000. Lactation Biology. University Press, University of Illinois. Urbana – Champaign, USA.
- Kansel, V. K. 1992. Essentialities of milk proteins in human nutrition. Indian Dairyman 44(7): 328-331.
- Knight, C. H., and C. J. Wilde. 1987. Mammary growth during lactation: implications for increasing milk yield. J. Dairy Sci. 70: 1991-2000.
- Lacy-Hulbert, S. J., M. W. Woolford, G. D. Nicholas, C. G. Prosser, and K. Stelwagen. 1999. Effect of milking frequency and pasture intake on milk yield and composition of late lactation cows. J. Dairy Sci. 82: 1232-1239.
- Lamarche, A., B. Martin, A. Hauwuy, J.B. Coulon, and B. Poutrel. 2000. Evolution of milk somatic cell count of cows grazing an alpine pasture according to the infection of udder by pathogens. Ann. Zootech. 49: 45-54.
- Luquet, F. M. 1995. Leche y Productos Lácteos. Editorial Acribia, España. 374 p.
- Lykos, T., G. A. Varga, and D. Casper. 1997. Varying degradation rates of total nonstructural carbohydrates: Effects on ruminal fermentation, blood

- metabolites, and milk production and composition in high producing holstein cows. *J. Dairy Sci.* 80 (12): 3341- 3355.
- Ma, Y., C. Ryan, D. M. Barbone, D. M. Galton, M. A. Rudan, and K. J. Boor. 2000. Effects of somatic cell count on quality and shelflife of pasteurized fluid milk. *J. Dairy Sci.* 83: 264-274.
- Mackie, T. R., A. M. Bryant, S. F. Petch, J. P. Hill, and M. J. Auldist. 1999. Nutritional influences on the composition of milk from cows of different protein genotypes in New Zealand. *J. Dairy Sci.* 82: 172-180.
- Mao, I. L., L. G. Buttazzoni, and R. Aleandri 1992. Effects of polymorphic milk protein genes on milk yield and composition traits in Holstein cattle. *Acta Agric. Scand. Sect. A, Animal Sci.* 42:1-7.
- McCance, and Widdowson's. 1985. *The Composition of Foods*. Biomedical Press. Amsterdam Elsevier – North Holland.
- McCormick, M., A. Chapa, M. Fernández, and J. Beatty. 2001. New Tool to gauge dairy herd nutrition: Milk urea nitrogen. *Louisiana Agriculture*, Vol. 44 N° 3.
- Medrano, A., and Hernández A. 1994. Riboflavin, alfa-tocoferol and retinol retention in milk after microwave heating. *Le Lait. Condens Laitag* 74 (4): 153-159.
- Mercier, J. C., and J. L. Vilotte. 1993. Structure and function of milk protein genes. *J. Dairy Sci.* 76: 3079-3098.
- National Dairy Council. 2000. *Managed by Dairy Management, Newer Knowledge of Dairy Foods / Milk*. Rosemont Illinois. 12 p.
- Ng-Kwai-Hang, K. F., J. F. Hayes, J. E. Moxley, and H. G. Monardes. 1984. Association of genetic variants of casein and milk serum proteins in milk fat and protein production by dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 67: 835-852.
- Ochoa, G. P. 1991. Mejoramiento genético del ganado bovino productor de leche. *Ciencia Veterinaria, México*. 5: 67-88.

- Oldaham, J. D. 1991. Magnitude and implication of changes in milk composition through manipulation of nutrition, management and physiology. International Dairy Congress. pp: 714-721.
- Orozco, G. A. y R. C. De Angelis. 1987. Clínica-Química de individuos sadios após ingestao de lactose ou agua y Congreso Nacional SBAN. Resumos N° 130. 158 p.
- Paez, R., M. Taverna y L. Cuatrin A. 2005. Caracterización de la lipólisis y del perfil de ácidos grasos libres en leche cruda de silo de la Cuenca Central Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Revista del Centro de la Industria Lechera. 738: 26-31.
- Palmquist, D. L., A.D. Beaulieu, and D. M. Barbano. 1993. Feed and animal factors influencing milk fat composition. J. Dairy Sci. 76: 1753-1771.
- Peña, C. F. 2002. Importancia del nitrógeno ureico de la leche como índice para evaluar la eficiencia productiva y reproductiva de las vacas lecheras. Revista Acovez. Volumen 27 N° 1 Edición 90. 9 p.
- Pérez, D. M. 1986. Manual sobre Ganado Productor de Leche. Editorial Diana. México. pp: 312-364.
- Peterson, R. G., and D. E. Waldern. 1981. Repeatabilities of serum constituents in Holstein - Friesians affected by feeding, age, lactation and pregnancy. J. Dairy Sci. 64: 822-838.
- Philpot, W. M. 2001. Interpretación de la cuenta de células somáticas y acciones a realizar. En memorias del Tercer congreso Nacional de Control de Mastitis y Calidad de Leche. León Guanajuato, México. 21 al 23 de junio. pp: 14-26.
- Pillay, V. T., A. N. Myhr, J. I. Gray, and D. A. Biggs. 1980. Lipolysis in milk. II. Effect of milking systems. J. Dairy Sci. 63: 1219-1223.
- Pocknee, B. 1998. Quality milk production - meeting the challenge. Proceedings of the British Mastitis Conference. Institute of Animal Health. pp: 97-98.

- Ponce, P. y L. Bell 1985. Estudio de la lactancia en vacas Holstein – Friesian, Cebú y sus cruces en Cuba. *Rev. Salud Anim.* 8(1): 73-88.
- Ramos, C. M. 1976. *Manual de Métodos de Análisis de Leche y Lacticinios*. México, D.F. 182 p.
- Rajala, S. P. J., Y. T.Gröhn, C. E. Mcculloch, and C. L. Guard. 1999. Effects of clinical mastitis on milk yield in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82: 1213-1220.
- Rearte, D. 1993. *Alimentación y composición de la Leche en los Sistemas Pastoriles*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA. Gráfica Lambertini, Argentina.
- Riel, R. 1991. *Composición y Estructura Fisicoquímica de la Leche*. Editorial Acribia S.A. España. pp: 1-54.
- Rodríguez, L. A., C. C. Stallings, J. H. Herbein, and M. L. McGuilliard. 1997. Diurnal variation in milk and plasma urea nitrogen in Holstein and Jersey cows in response to degradable dietary protein and added fat. *J. Dairy Sci.* 80(12): 3368- 3376.
- Roseler, D. K., J. D. Fergusson, C. J. Sniffen, and J. Herrema. 1993. Dietary protein degradability effects on plasma and urea nitrogen and milk non-protein nitrogen in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 76: 525- 534.
- Sabido, S. A. S., I. Castañeda A., R. González P., M. I. Morales G., B. M. Cigarroa y R. Figueroa H. 2004. La metformina y los ácidos grasos libres. Estudio clínico. *Revista Med. IMSS.* 42(4): 285-292.
- SAGAR. 1996. *Apoyos y servicios a la comercialización agropecuaria*. Claridades Agropecuarias. México, Mayo. 25 p.
- Santos, M. A. 1992. *Química y bioquímica de los alimentos*. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Chapingo, México. 355 p.
- Schlimme, E. y W. Bucheim. 2002. *La Leche y sus Componentes, Propiedades Químicas y Físicas*. Editorial Acribia, Zaragoza España. 121 p.

- Schuette, S. A., and N. J. Yasillo. 1991. The effect of carbohydrates in milk on the absorption of calcium by postmenopausal women. *J. Am. Coll. Nutr.* 10(2): 132-139.
- Shearer, J. K. 1986. The Production of Quality Milk. IFAS. Extension Veterinarian. College of Veterinary Medicine. University of Florida. pp: 1-8.
- Smith, K. L. 1996. El Consejo Nacional de Mastitis y el futuro del control de mastitis y la producción de leche de calidad. Memorias del Congreso Regional del Consejo Nacional de Mastitis de Estados Unidos de América. Orlando, Colorado, 25 al 26 de Junio.
- Taverna, M. A., R. Páez, M. Chávez, M. Gaggiotti y V. Charlón. 1998. La lipólisis en la leche: causas y formas de prevención. *In: Memoria s de la Jornadas ALMAST*. INTA Rafaela, Argentina, 21 al 23 Abril. pp: 26-35.
- Taverna, M. A., R. Páez, M. Chávez, V. Charlón y O. Quaino. 2001. Efecto de distintos grupos de ordeño sobre la concentración de ácidos grasos libres en la leche y su evolución durante la conservación. *Anuario 2001*. INTA Rafaela.
- Tetra Pak. 2000. Leche, Alimento Indispensable. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos. Sao Paulo Brasil.
- Uribe, H. A. y P. Smulders J. 2004. Estimación de parámetros y tendencias fenotípicas, ambientales y genéticas para características de producción de leche en bovinos overos colorados. *Arch. Med. Vet.*, 36(2): 137- 146.
- Vaarst, M., and C. Enevoldsen. 1997. Patterns of clinical mastitis manifestations in Danish organic dairy herds. *J. Dairy Res.* 64: 23-37.
- Valle, A. y A. de Amorín R. 1981. Parámetros genéticos de la producción de leche, grasa y edad al primer parto en vacas Holstein durante tres generaciones. *Agronomía Tropical* 30(1-6): 115-124.
- Van, S. G., M. Lotem, and H. Y. Schukken. 2002. Trends in somatic cell counts, bacterial counts, and antibiotics residue violations in New York State during 1999-2000. *J. Dairy Sci.* 85: 782-789.

- Vega, L. S., A. Vega L., N. Pérez F., R. Gutierrez T., G. Díaz G., y Ramírez A. A. 2003. Problemas de adulteración de leche y derivados. Revista Lácteos y Cárnicos Mexicanos. Octubre-Noviembre.
- Velmalá, R., E. Mantysaari, and A. Maki-Tanila. 1993. Molecular genetic polymorphism at the *kappa*-casein and *beta*-lactoglobulin loci in Finnish dairy bulls. Agric. Sci. Finl. 2: 431-435.
- Wattiaux, M. A. 2004. Composición de la leche y valor nutricional. Instituto Babcock para la investigación y desarrollo internacional de la industria lechera, Universidad de Wisconsin-Madison, N° 19. Pp 73-76.
- Weller, R. F., and A. Cooper. 1996. Health status of dairy herds converting from conventional to organic dairy farming. Vet. Record. 139: 141-142.
- White, S. L., G. A. Benson, S. P. Washburn, and J. T. Green. 2002. Milk production and economic measures in confinement or pasture systems using seasonally calved Holstein and Jersey cows. J. Dairy Sci. 85 (1): 95-104.
- Wilde, C. J., and W. L. Hurley. 1996. Animal models for the study of milk secretion. J. Mammary Gland. Biol. Neoplasia 1: 123-134.

## **CAPÍTULO III**

### **CALIDAD DE LECHE DE GANADO JERSEY Y HOLSTEIN EN MÉXICO**

#### **MILK QUALITY OF HOLSTEIN AND JERSEY COWS IN MEXICO**

Castillo Martínez Teresa<sup>1</sup>, José Guadalupe García Muñiz<sup>1</sup>, Rafael Núñez Domínguez<sup>1</sup>, Rodolfo Ramírez Valverde<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Programa de Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, México. C.P. 56230.

## RESUMEN

El objetivo fue evaluar la cuenta de células somáticas (CCS) y la calidad fisicoquímica en leche de vacas Holstein y Jersey, y compararlas con los estándares de la normatividad nacional vigente. La información provino de los hatos en control de producción de la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Jersey de Registro, y el hato Holstein de la Universidad Autónoma Chapingo. Las dos razas evaluadas y los sistemas de producción empleados produjeron cinco combinaciones de raza de la vaca-sistema de alimentación: Holstein-Estabulado, Holstein-Pastoreo, Jersey-Estabulado, Jersey-Mixto y Jersey-Pastoreo. Se analizaron 3,098 muestras de leche de vacas individuales (1,623 de vacas Holstein y 1,475 de vacas Jersey) colectadas durante un año. Se determinó el contenido de grasa, proteína, lactosa, caseína, sólidos no grasos (SNG), sólidos totales (ST), nitrógeno ureico en leche (NUL), CCS, y las variables fisicoquímicas como densidad, crioscopía y acidez. Se obtuvieron distribuciones de frecuencia y estadísticos descriptivos para cada raza de la vaca-sistema de alimentación para las variables evaluadas. Con excepción del porcentaje promedio de grasa para Holstein-Estabulado, que estuvo por debajo del mínimo requerido, en promedio, los contenidos de grasa, proteína, caseína, SNG, ST, índice de caseína y lactosa, así como la densidad, crioscopía, acidez, NUL y CCS, cumplieron satisfactoriamente con los estándares de la norma en todas las combinaciones de raza de la vaca-sistema de alimentación. En promedio, la leche analizada fue de excelente calidad y se calificó como clase 'A' para grasa y proteína, y como clase '1' para cuenta de células somáticas.

**Palabras clave:** Calidad de leche, Holstein, Jersey, Pastoreo, Estabulación.

## **ABSTRACT**

This study was conducted to evaluate the somatic cell count (SCC) and physicochemical quality of milk of Holstein and Jersey cows, and to compare it with current Mexican milk quality standards. The data came from the Mexican Jersey herds currently on herd testing, and the Chapingo University research Holstein herd. The two breeds evaluated and the feeding systems employed produced five combinations of cow-breed by feeding system: Holstein-confined, Holstein-grazing, Jersey-confined, Jersey-mixed, and Jersey-grazing. A total of 3,098 individual cow milk samples (1,623 from Holstein and 1,475 from Jersey) were collected during one year. Milk samples were analyzed for fat, protein, lactose, casein, solids non fat (SNF), total solids (TS), milk urea nitrogen (MUN), SCC, and physicochemical variables such as milk density, freeze point depression (FPD), and milk acidity. For each variable evaluated, frequency distributions and descriptive statistics were obtained by each cow breed-feeding system combination. Except for fat content of Holstein-confined, which was below the minimum required by the standard, on average the contents of fat, protein, casein, SNF, TS, the ratio casein to protein, and lactose, as well as milk density, FPD, milk acidity, MUN, and SCC were above the minimum or within the range specified by the milk quality standards for all breed of cow-feeding system combinations. On average, the milk analyzed exceeded the current Mexican standards for milk quality, and the majority of samples were rated as 'A' class for fat and protein, and as class '1' for SCC.

**Key words:** Milk quality, Holstein, Jersey, Grazing, Confinement.

## INTRODUCCIÓN

La leche es uno de los productos de origen animal más importante para el consumo humano y los consumidores cada vez demandan leche de mejor calidad. La importancia de llevar un control de la calidad de la leche cruda dentro de una explotación lechera, es producir leche de alta calidad para satisfacer la exigencia de los consumidores; es decir, leche caracterizada por una composición que alcance o supere las normas de calidad establecidas. En los últimos años se ha dado énfasis a la obtención de leche de óptima calidad, desde el punto de vista de su composición, principalmente sus contenidos de grasa y proteína, y sanitario, expresado este último como recuentos de unidades formadoras de colonias bacterianas (UFC) y la cuenta de células somáticas (Pedraza *et al.*, 2000).

La cuenta de células somáticas adquiere día a día una mayor relevancia, al comprobarse el gran efecto que ésta tiene en la capacidad de producción de leche de los animales. Las células somáticas son principalmente leucocitos y células de descamación de los epitelios secretores y conductos de la glándula mamaria (Thompson y Postle, 1964; Harmon, 2001). Son una expresión del grado de inflamación que presenta la glándula mamaria como consecuencia de la agresión de patógenos u otros factores de índole traumático, generalmente derivados de un mal manejo del ordeño o instalaciones inapropiadas (Barkema *et al.*, 1999a).

En México y el mundo, se han establecido normas mínimas de calidad para la producción, elaboración y venta de las distintas calidades de leche y productos

lácteos. En el caso de México, los estándares de calidad de leche cruda los establece la NMX-7-COFOCALEC-2004 (COFOCALEC, 2004). La falta de cumplimiento de estas normas por parte del productor puede originar castigos en el precio final de compra, así como la posible pérdida temporal o definitiva de mercado para su leche.

Por otro lado, la raza de la vaca utilizada para la producción de leche es el factor que más influye sobre la calidad de la leche. Por su alto nivel de producción, la raza más utilizada en el mundo para la producción de leche es la Holstein; sin embargo, la selección por esta característica lleva consigo la baja concentración de sólidos en la leche para esta raza. En contraste, por la alta concentración de sólidos que produce en su leche, la raza Jersey ha adquirido una gran importancia, al punto de que en los últimos años se ha incrementado su inventario mundial (American Jersey Cattle Association, 2006). Debido a su alto contenido de sólidos, la leche de las vacas Jersey es de gran valor tanto para el consumidor como para la industria láctea (Camerón, 2003).

En México la información sobre calidad de leche de vacas individuales es escasa; los pocos estudios que se han realizado sobre el particular han utilizando leche de mezcla. Bajo este planteamiento, el objetivo de este estudio fue evaluar la cuenta de células somáticas (CCS) y la calidad fisicoquímica en leche de vacas Holstein y Jersey manejadas en sistemas de estabulación, pastoreo o mixtos, y compararla con los estándares de la normatividad nacional vigente.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Origen de las muestras de leche evaluadas**

Se tomaron muestras de leche de vacas individuales en los ordeños matutino y vespertino de los módulos de bovinos lecheros estabulados y en pastoreo de la Granja Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Otras muestras de leche por vaca provinieron de los hatos en control de producción de la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Jersey de Registro, A.C., con sistemas de producción en estabulación, mixto y pastoreo.

#### **Sistema de producción de leche en estabulación**

Este sistema estuvo representado por el establo de la UACH, en el cual se maneja un hato Holstein de aproximadamente 120 vacas en producción. La alimentación de las vacas en este sistema es con base en una dieta compuesta por alfalfa verde, alfalfa achicalada, ensilado de maíz y concentrado comercial con 16% de proteína cruda; en cantidades de acuerdo con el grupo de producción. También se proporcionan sales minerales comerciales y agua a libre acceso.

Para facilitar el manejo de la alimentación, los animales se dividen en grupos de acuerdo con su nivel de producción y etapa de lactancia (altas, medias y bajas). Las vacas se secan a los siete meses de gestación y se les aplica el tratamiento de secado en cada cuarto con los antibióticos disponibles.

### **Sistema de producción en pastoreo**

Este sistema de producción lo utilizaron dos ranchos de ganado Jersey, el de Chapingo y La Mesa Xalapa. En el caso del rancho de Chapingo, la alimentación consistió en el pastoreo rotacional de praderas mixtas de alfalfa (*Medicago sativa*) asociada con trébol blanco (*Trifolium repens*), y los pastos ballico perenne (*Lolium perenne*) y ovillo (*Dactylis glomerata*); además se proporciona agua y sales minerales a libre acceso.

Para el caso del rancho de La Mesa Xalapa, los animales se manejaron en praderas cultivadas con estrella de África (*Cynodon nlenfuensis*), ballico perenne (*Lolium perenne*), ballico anual (*Lolium multiflorum*) ovillo (*Dactylis glomerata*), pasto bromo (*Bromo diandrus*) y trébol blanco (*Trifolium repens*).

En ambos ranchos el programa de utilización de las praderas fue muy similar y consistió en el pastoreo rotacional con ayuda de cerco eléctrico. El pastoreo comprende períodos de siete días de ocupación con treinta días de descanso en las estaciones primavera-verano, y cinco días de ocupación con 60 días de descanso en las estaciones otoño-invierno. Para el manejo de pastoreo las vacas se dividen en dos grupos, lactantes y secas. Las crías nacidas de estas vacas permanecen tres días con la madre y son enviadas a corraletas donde se les continúa alimentando y, una vez destetadas, se integran en las praderas con el grupo de animales jóvenes.

### **Sistema de producción mixto**

Este sistema de producción lo utilizaron dos ranchos de ganado Jersey, el rancho Atotonilco y el Capiro. En este sistema de producción la alimentación de

las vacas se basó en la utilización de praderas cultivadas con pasto estrella de África (*Cynodon nlenfuensis*), pasto ballico perenne (*Lolium perenne*), pasto ballico anual (*Lolium multiflorum*), pasto ovillo (*Dactylis glomerata*), pasto bromo (*Bromo diandrus*) y trébol blanco (*Trifolium repens*). El pastoreo se lleva a cabo en potreros divididos en donde se mantienen los animales durante ocho horas al día, y después se encierran en corrales donde se les proporciona ensilado de maíz y concentrado comercial con 16% de proteína cruda.

### **Periodo experimental, análisis de laboratorio y variables registradas**

El periodo experimental abarcó de abril de 2005 a marzo de 2006. Durante este periodo las muestras de leche fueron colectadas una vez al mes en viales de plástico esterilizados de 60 mL, conteniendo una pastilla de Bronopol de 20 mg como conservador y se conservaron a 4 °C hasta su análisis, que fue durante los tres días posteriores a la colecta. Se procesaron en total 4,632 muestras de leche; de las cuales 3,165 fueron de vacas Holstein y 1,467 de vacas Jersey. Adicional a las muestras, se registró la producción de leche en el día de muestreo y se tomaron registros reproductivos de las vacas como la fecha del último parto y el número de parto. A partir de esta información se calcularon los días en leche, como la diferencia entra la fecha de muestreo y la fecha del último parto, la estación de parto y la estación de muestreo.

Las muestras de leche se analizaron en el laboratorio de calidad de la leche del Departamento de Zootecnia de la UACh. Se utilizó un equipo MilkoScan FT 120 (Foss Electric, Denmark®) para la determinación de los porcentajes de grasa,

proteína, lactosa, caseína, sólidos no grasos (SNG), sólidos totales (ST), ácido cítrico, así como los contenidos de nitrógeno ureico en leche (NUL, mg dL<sup>-1</sup>), ácidos grasos libres (AGL, mmol/10 L de leche), y las propiedades fisicoquímicas de la leche como la densidad (g mL<sup>-1</sup>), crioscopía (°C), y acidez (°D). También se llevó a cabo la prueba de Wisconsin para cada muestra de leche y a partir de ésta se estimó la cuenta de células somáticas (CCS, células mL<sup>-1</sup> de leche).

La prueba de Wisconsin consistió en el siguiente procedimiento: depositar 2 mL de leche y 2 mL de reactivo para la prueba de California (Masti test<sup>MR</sup>), previamente diluido al 50% en agua bidestilada en tubos graduados que se encuentran fijos a una gradilla. Inmediatamente se colocó a cada tubo un tapón metálico perforado y se procedió a la mezcla de los componentes con movimientos homogéneos durante 15 segundos. Una vez realizado el mezclado se procedió a colocar la gradilla en posición invertida para permitir durante 15 segundos el flujo de la mezcla leche-reactivo; posteriormente se regresó la gradilla a la posición original y se dejó reposar el residuo durante un minuto.

Transcurrido este tiempo se midió, con la graduación del tubo, el volumen del residuo obtenido por cada muestra de leche. El número de células somáticas/mL de leche se obtuvo mediante la conversión del valor observado en el tubo con las equivalencias que se presentan en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Conversión del residuo de la mezcla leche - reactivo a cuenta de células somáticas (CCS), en la prueba de Winconsin.

| Altura del residuo<br>en el tubo (mm) | CCS (células/<br>mL de leche) | Altura del residuo<br>en el tubo (mm) | CCS (células/<br>mL de leche) |
|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| 0                                     | 12,500                        | 18                                    | 450,000                       |
| 1                                     | 16,667                        | 19                                    | 500,000                       |
| 2                                     | 33,334                        | 20                                    | 550,000                       |
| 3                                     | 50,000                        | 21                                    | 600,000                       |
| 4                                     | 66,667                        | 22                                    | 650,000                       |
| 5                                     | 83,334                        | 23                                    | 700,000                       |
| 6                                     | 100,000                       | 24                                    | 800,000                       |
| 7                                     | 120,000                       | 25                                    | 850,000                       |
| 8                                     | 140,000                       | 26                                    | 900,000                       |
| 9                                     | 160,000                       | 27                                    | 1000,000                      |
| 10                                    | 180,000                       | 28                                    | 1,166,667                     |
| 11                                    | 200,000                       | 29                                    | 1,333,334                     |
| 12                                    | 233,333                       | 30                                    | 1,700,000                     |
| 13                                    | 266,666                       | 31                                    | 1,800,000                     |
| 14                                    | 300,000                       | 32                                    | 1,930,000                     |
| 15                                    | 333,333                       | 33                                    | 2,030,000                     |
| 16                                    | 366,666                       | 34                                    | 2,180,000                     |
| 17                                    | 400,000                       | 35                                    | 2,280,000                     |

Fuente: Thompson y Postle, 1964.

Los resultados obtenidos para las variables de calidad se compararon con los estándares para leche cruda establecidos en la Norma Mexicana '**NMX-7-COFOCALEC-2004**' (COFOCALEC, 2004). Para las variables que se generaron y que no se contemplan en las especificaciones de la norma para leche cruda, como fue el caso de la caseína, el índice de caseína y los sólidos totales, los estándares se tomaron de la Norma Oficial Mexicana '**NOM-155-SCFI-2003**' para leche pasteurizada (SE, 2003). Para el caso de NUL, el resultado obtenido se comparó con lo reportado como valor típico en literatura (Ferguson, 1996) (Cuadro 12).

Cuadro 12. Estándares de calidad de leche usados para calificar la calidad de leche cruda de vaca.

| Componentes                              |         | Concentración        |
|------------------------------------------|---------|----------------------|
| Grasa (%)                                | Clase A | $\geq 3.2$           |
|                                          | Clase B | $>3.1$               |
|                                          | Clase C | $>3.0$               |
| Proteína (%)                             | Clase A | $\geq 3.1$           |
|                                          | Clase B | 3.0 a 3.99           |
|                                          | Clase C | 2.8 a 2.99           |
| Caseína (%)                              |         | 2.1                  |
| Índice de caseína                        |         | 0.7                  |
| Sólidos no grasos (%)                    |         | 8.3                  |
| Sólidos totales (%)                      |         | 11.3                 |
| Lactosa (%)                              |         | 4.3 a 5.0            |
| Punto crioscópico (°C)                   |         | -0.536 a -0.515      |
| Densidad a 15 °C (g/mL)                  |         | $>1.0295$            |
| Acidez (°D)                              |         | 13 a 17              |
| Nitrógeno ureico en leche (mg/dL)        |         | 8 a 25               |
| Cuenta de células somáticas (células/mL) | Clase 1 | $\leq 400,000$       |
|                                          | Clase 2 | 401,000 a 500,000    |
|                                          | Clase 3 | 501,000 a 749,000    |
|                                          | Clase 4 | 750,000 a 1, 000,000 |

## Análisis estadístico

Para cada una de las variables de calidad se obtuvieron distribuciones de frecuencia utilizando el procedimiento FREQ y los estadísticos descriptivos correspondientes se obtuvieron utilizando el procedimiento MEANS (SAS, 2001). Las variables de clase fueron raza de la vaca, con dos niveles: Jersey y Holstein; y, sistema de producción, con tres niveles: estabulado, pastoreo y mixto.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En los Cuadros 13 y 14, se presenta el número de observaciones y los estadísticos descriptivos para las variables de calidad de la leche de cada una de las combinaciones de raza de la vaca por sistema de producción evaluadas.

En general, los valores estimados para producción de leche, concentración de componentes y propiedades fisicoquímicas de la leche fueron los esperados. La combinación Holstein-Estabulado fue superior en producción de leche, lactosa, NUL y CCS, y presentó menores concentraciones de grasa, proteína, caseína y ST que las combinaciones Holstein-Pastoreo, Jersey-Estabulado, Jersey-Mixto y Jersey-Pastoreo. La combinación Jersey-Pastoreo presentó las concentraciones más altas de grasa, caseína y ST, y la menor producción de leche.

Cuadro 13. Estadísticos descriptivos para cuenta de células somáticas (CCS), producción de leche, componentes y propiedades fisicoquímicas de la leche de vacas Holstein en confinamiento o en pastoreo.

| Raza-Sistema        | n     | Variables <sup>1</sup>    | Media  | D. estándar | CV (%) |
|---------------------|-------|---------------------------|--------|-------------|--------|
| Holstein-Estabulado | 1,478 | PL (kg/vaca/día)          | 22.7   | 7.3         | 34.5   |
|                     |       | Grasa (%)                 | 3.0    | 0.8         | 28.1   |
|                     |       | Proteína (%)              | 3.2    | 0.4         | 12.8   |
|                     |       | Caseína (%)               | 2.5    | 0.3         | 12.7   |
|                     |       | Índice de caseína         | 0.8    | 0.0         | 3.1    |
|                     |       | SNG (%)                   | 8.7    | 0.5         | 5.7    |
|                     |       | ST (%)                    | 11.8   | 1.1         | 9.0    |
|                     |       | Lactosa (%)               | 4.6    | 0.2         | 5.3    |
|                     |       | NUL (mg/dL)               | 19.3   | 4.2         | 21.7   |
|                     |       | Densidad (g/mL)           | 1.031  | 0.002       | 0.2    |
|                     |       | Crioscopía (°C)           | -0.532 | 0.034       | 6.4    |
|                     |       | Acidez (°D)               | 15.4   | 2.6         | 17.0   |
|                     |       | CCS (miles de células/mL) | 176.8  | 278.3       | 157.4  |
| Holstein-Pastoreo   | 145   | PL (kg/vaca/día)          | 15.5   | 6.9         | 44.7   |
|                     |       | Grasa (%)                 | 3.9    | 0.9         | 21.8   |
|                     |       | Proteína (%)              | 3.3    | 0.4         | 11.5   |
|                     |       | Caseína (%)               | 2.6    | 0.3         | 11.4   |
|                     |       | Índice de caseína         | 0.8    | 0.0         | 3.9    |
|                     |       | SNG (%)                   | 8.5    | 0.5         | 6.0    |
|                     |       | ST (%)                    | 12.6   | 1.0         | 8.3    |
|                     |       | Lactosa (%)               | 4.4    | 0.3         | 6.4    |
|                     |       | NUL (mg/dL)               | 17.7   | 3.7         | 21.1   |
|                     |       | Densidad (g/mL)           | 1.029  | 0.002       | 0.2    |
|                     |       | Crioscopía (°C)           | -0.531 | 0.030       | 5.6    |
|                     |       | Acidez (°D)               | 15.4   | 2.4         | 15.9   |
|                     |       | CCS (miles de células/mL) | 120.7  | 207.4       | 171.9  |

<sup>1</sup>PL= Producción de leche; Índice de caseína= Caseína (%) / proteína (%); SNG= Sólidos no grasos; ST= Sólidos totales; NUL= Nitrógeno ureico en leche; °D= Grados dornic.

Cuadro 14. Estadísticos descriptivos para cuenta de células somáticas (CCS), producción de leche, componentes y propiedades fisicoquímicas de la leche de vacas Jersey en diferentes sistemas de producción.

| Raza-Sistema      | n   | Variables <sup>1</sup>    | Media  | D. estándar | CV (%) |
|-------------------|-----|---------------------------|--------|-------------|--------|
| Jersey-Estabulado | 548 | PL (kg/vaca/día)          | 16.2   | 6.2         | 38.2   |
|                   |     | Grasa (%)                 | 3.9    | 1.0         | 25.2   |
|                   |     | Proteína (%)              | 3.7    | 0.4         | 9.9    |
|                   |     | Caseína (%)               | 2.9    | 0.3         | 9.7    |
|                   |     | Índice de caseína         | 0.8    | 0.0         | 3.6    |
|                   |     | SNG (%)                   | 9.3    | 0.5         | 5.1    |
|                   |     | ST (%)                    | 13.2   | 1.2         | 8.9    |
|                   |     | Lactosa (%)               | 4.5    | 0.3         | 6.8    |
|                   |     | NUL (mg/dL)               | 17.9   | 3.6         | 19.9   |
|                   |     | Densidad (g/mL)           | 1.032  | 0.002       | 0.2    |
|                   |     | Crioscopía (°C)           | -0.573 | 0.032       | 5.6    |
|                   |     | Acidez (°D)               | 19.2   | 2.7         | 14.3   |
|                   |     | CCS (miles de células/mL) | 69.5   | 75.0        | 107.9  |
| Jersey-Mixto      | 498 | PL (kg/vaca/día)          | 12.6   | 5.6         | 44.6   |
|                   |     | Grasa (%)                 | 4.6    | 1.1         | 23.7   |
|                   |     | Proteína (%)              | 3.6    | 0.4         | 11.6   |
|                   |     | Caseína (%)               | 2.8    | 0.3         | 11.2   |
|                   |     | Índice de caseína         | 0.8    | 0.0         | 4.6    |
|                   |     | SNG (%)                   | 9.0    | 0.5         | 5.9    |
|                   |     | ST (%)                    | 13.8   | 1.5         | 11.0   |
|                   |     | Lactosa (%)               | 4.4    | 0.4         | 8.5    |
|                   |     | NUL (mg/dL)               | 18.6   | 5.0         | 27.0   |
|                   |     | Densidad (g/mL)           | 1.030  | 0.002       | 0.2    |
|                   |     | Crioscopía (°C)           | -0.571 | 0.043       | 7.5    |
|                   |     | Acidez (°D)               | 18.9   | 3.0         | 15.9   |
|                   |     | CCS (miles de células/mL) | 106.2  | 285.5       | 268.9  |
| Jersey-Pastoreo   | 501 | PL (kg/vaca/día)          | 11.5   | 3.9         | 34.0   |
|                   |     | Grasa (%)                 | 4.8    | 1.3         | 26.9   |
|                   |     | Proteína (%)              | 3.9    | 0.5         | 12.3   |
|                   |     | Caseína (%)               | 3.1    | 0.4         | 12.2   |
|                   |     | Índice de caseína         | 0.8    | 0.0         | 3.9    |
|                   |     | SNG (%)                   | 9.2    | 0.6         | 6.2    |
|                   |     | ST (%)                    | 14.1   | 1.6         | 11.3   |
|                   |     | Lactosa (%)               | 4.4    | 0.3         | 6.7    |
|                   |     | NUL (mg/dL)               | 17.3   | 4.7         | 27.3   |
|                   |     | Densidad (g/mL)           | 1.031  | 0.002       | 0.2    |
|                   |     | Crioscopía (°C)           | -0.572 | 0.040       | 7.1    |
|                   |     | Acidez (°D)               | 18.4   | 3.0         | 16.3   |
|                   |     | CCS (miles de células/mL) | 144.8  | 207.6       | 143.4  |

<sup>1</sup>PL= Producción de leche; Índice de caseína= Caseína (%) / proteína (%); SNG= Sólidos no grasos; ST= Sólidos totales; NUL= Nitrógeno ureico en leche; °D= Grados dornic.

En promedio, la leche proveniente de las cinco categorías evaluadas de raza de la vaca por sistema de alimentación, cumplió con los estándares de la normatividad nacional vigente descritas en el Cuadro 11, siendo la concentración de grasa de la leche de Holstein-Estabulado el único componente que en promedio estuvo por debajo del estándar para calificar como leche clase 'A', de acuerdo con la '**NMX-7-COFOCALEC-2004**'.

Harmon (2001) menciona que la CCS sirve como referencia para determinar el grado de infección de la glándula mamaria de un hato. La leche con CCS mayor que 400,000 células/mL se considera de mala calidad. En el presente estudio los promedios de CCS fueron menores que 180,000 células/mL, siendo el mayor para Holstein-Estabulado (176,854 células/mL); por lo que se considera en este aspecto leche de excelente calidad y sobre todo se puede considerar que en los sistemas de producción estudiados, la mayoría de las vacas no tienen problemas de salud de la glándula mamaria.

La causa de una mayor CCS en Holstein-Estabulado puede atribuirse fundamentalmente al manejo del ordeño, como por ejemplo el usar un mismo trapo para limpiar la ubre y pezones de las vacas, y el no secar bien los pezones antes de colocar las pezoneras. En varios estudios (Goldberg *et al.*, 1992; Bartlett *et al.*, 1992; Barkema *et al.*, 1999a; Barkema *et al.*, 1999b) se señala que los factores que incrementan la CCS son: corrales de cama de tierra, ausencia de áreas limpias para el parto, que se tenga en el mismo corral vacas secas y gestantes, no hacer el despunte al momento del ordeño, ausencia de presello, falta de estimulación previo al ordeño, usar trapos o

toallas comunes para limpieza de ubre y pezones, ubres y pezones húmedos al momento de colocar las pezoneras, ordeño rápido y la falta de sellado final.

En el Cuadro 15 se presentan los porcentajes de muestras de leche de vacas individuales de las diferentes categorías de raza-sistema que cumplieron con las especificaciones de la normatividad nacional vigente para considerar la leche de buena calidad.

Cuadro 15. Porcentaje de las muestras de leche por raza-sistema de alimentación que cumplieron con la normatividad nacional vigente para calificar como leche de la mejor calidad.

| Variable <sup>1</sup> | Combinación raza de la vaca-sistema de alimentación |                       |                       |                  |                     |
|-----------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|---------------------|
|                       | Holstein_<br>Estabulado                             | Holstein_<br>Pastoreo | Jersey_<br>Estabulado | Jersey_<br>Mixto | Jersey_<br>Pastoreo |
| Grasa                 | 39                                                  | 86                    | 92                    | 94               | 89                  |
| Proteína              | 59                                                  | 72                    | 99                    | 94               | 96                  |
| ST                    | 67                                                  | 91                    | 98                    | 98               | 96                  |
| SNG                   | 80                                                  | 72                    | 99                    | 92               | 93                  |
| Caseína               | 93                                                  | 97                    | 99                    | 99               | 100                 |
| Lactosa               | 87                                                  | 77                    | 95                    | 76               | 71                  |
| Índice de caseína     | 99                                                  | 98                    | 99                    | 97               | 99                  |
| NUL                   | 92                                                  | 97                    | 99                    | 91               | 92                  |
| Densidad              | 86                                                  | 50                    | 96                    | 73               | 71                  |
| Crioscopía            | 26                                                  | 27                    | 3                     | 8                | 13                  |
| Acidez                | 48                                                  | 58                    | 8                     | 17               | 24                  |
| CCS                   | 89                                                  | 95                    | 100                   | 95               | 95                  |

<sup>1</sup>Índice de caseína= Caseína (%)/proteína (%), SNG= Sólidos no grasos (%), ST= Sólidos totales (%), NUL=Nitrógeno ureico en leche (mg/dL), CCS= Cuenta de células somáticas (células/mL de leche).

A pesar de que en su conjunto las categorías de raza de la vaca-sistema de alimentación, cumplieron con los estándares de la normatividad nacional vigente, no todas las vacas individuales lo cumplieron. Más del 70% de las muestras de leche provenientes de vacas Jersey, independientemente del

sistema de producción, mostraron concentraciones de grasa, proteína, caseína, índice de caseína, SNG, ST, lactosa, NUL, densidad y CCS, que cumplieron con las especificaciones de la normatividad nacional vigente para leche cruda. Por otro lado, para crioscopia y acidez, menos del 25% de muestras de leche cumplieron con la norma respectiva.

De las dos categorías que involucraron a la raza Holstein, la combinación Holstein-Pastoreo fue la que mostró la mayor proporción de muestras de leche que cumplieron con los estándares de la norma para grasa, proteína, caseína, índice de caseína, SNG, ST, lactosa, NUL y CCS. Para el caso de la categoría Holstein-Estabulado sólo 39% de muestras de leche se ubicaron por arriba del requerimiento en grasa, 59% en proteína, 67% en ST, 26% en crioscopia y 48% en acidez; las demás variables de calidad de leche, en porcentaje de muestras se ubicaron por arriba de 80%.

Los resultados obtenidos en este estudio indican que la mayoría (arriba de 70%) de las muestras de leche en las distintas categorías de raza de la vaca por sistema de alimentación, se encuentran dentro de las especificaciones de la normatividad nacional vigente para leche cruda 'NMX-7-COFOCALEC-2004', al igual que para los parámetros tomados de la Norma Oficial Mexicana 'NOM-155-SCFI-2003'.

El bajo porcentaje de muestras que cumplieron con los estándares de la norma para leche cruda con respecto a crioscopia, se debió a que el rango permitido por la norma para dicho parámetro es demasiado estrecho (-0.536 a -0.515), ya que en las muestras este parámetro varió desde -0.715 a -0.405 °C. Al

respecto, Sokolow (1980) y Revilla (1985) mencionan que la crioscopía es afectada por la cantidad de sólidos disueltos y cuyo parámetro permite sospechar adulteración en la leche.

## **CONCLUSIONES**

La leche de vacas Jersey, independientemente del sistema de producción en que éstas se manejaron, y la de vacas Holstein manejadas en pastoreo, fue de mejor calidad que la de vacas Holstein manejadas en confinamiento total.

La leche de vacas Jersey, independientemente del sistema de producción en que éstas se manejaron, y la de vacas Holstein manejadas en pastoreo presentó concentraciones más bajas de células somáticas y más altas de grasa, proteína, sólidos totales y caseína, mostrando en promedio una calidad por arriba de las especificaciones de la normatividad nacional vigente.

## **IMPLICACIÓN**

La industria procesadora de leche debe establecer pagos diferenciados por calidad de leche, ya que existe alta variabilidad individual, entre razas y sistemas de producción.

## **AGRADECIMIENTO**

Los autores agradecen el apoyo de Asociación de Criadores de Ganado Jersey de Registro de México y de la Universidad Autónoma Chapingo para el desarrollo del presente estudio, y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico brindado al primer autor para realizar sus estudios de posgrado.

## LITERATURA CITADA

- American Jersey Cattle Association. 2006. US Jersey. En: [http://www.usjersey.com/WhyJerseys\\_Espanol\\_04.pdf#search='vacas%20jersey'](http://www.usjersey.com/WhyJerseys_Espanol_04.pdf#search='vacas%20jersey'). Consultado en octubre 2006.
- Barkema, H. W., Y. H. Schukken, T. L. G. M. Lam, M. L. Beiboer, G. Benedictus, and A. Brand. 1999a. Management practices associated with the incidence rate of clinical mastitis. *J. Dairy Sci.* 82: 1643-1654.
- Barkema, H. W., J. D. Van Der Ploeg, Y. H. Schukken, T. J. G. M. Lam, G. Benedictus, and A. Brand. 1999b. Management style and its association with bulk milk somatic cell count and incidence rate of clinical mastitis. *J. Dairy Sci.* 82: 1655-1663.
- Bartlett, P. C., G. Y. Miller, S. E. Lance, and L. E. Heider. 1992. Environmental and managerial determinants of somatic cell counts and clinical mastitis incidence in Ohio dairy herds. *Prev. Veterinary Med.* 14:195-207.
- Camérón, E. 2003. Efecto Racial sobre la Composición de la Leche. INTA Rafaela, Argentina.
- COFOCALEC (Consejo para el Fomento de la Calidad de Leche). 2004. NMX-F-700-COFOCALEC-2004. Sistema, producto, leche-alimento lácteo- leche cruda de vaca- especificaciones.
- Ferguson, J. D. 1996. Milk urea nitrogen. Center for animal health and productivity Número: Data 5. [http://cahpwww.vet.upenn.edu/mun/mun\\_info.html](http://cahpwww.vet.upenn.edu/mun/mun_info.html)
- Goldberg, J.J., E. E. Wildman, J. W. Parkey, J. R. Kunkel, D. B. Howard, and B. M. Murphy. 1992. The influence of intensively managed rotational grazing, traditional continuous grazing, and confinement housing on bulk tank milk quality and udder health. *J. Dairy Sci.* 75: 96-104.
- Harmon, R. J. 2001. Somatic cell counts: a primer. *In: Annual Meeting National Mastitis Council. Proceedings.* Madison: National Mastitis Council. pp: 3-9.

- Pedraza, G. C., A. Mansilla M., P. Fajardo R. y H. Agüero E. 2000. Cambios en la producción y composición láctea por efecto del incremento de células somáticas en leche de vacas. *Agricultura Técnica* 60(3): 251- 258.
- Revilla, A. 1985. *Tecnología de la leche*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.
- SAS. 2001. *S.A.S. User's guide: Statistics 8th ed.* SAS institute Inc., Cary, N.C. USA.
- SE (Secretaría de Economía). 2003. NOM-155-SCFI-2003. Leches, Fórmula láctea y producto lácteo combinado, denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. [www.economia.gob.mx](http://www.economia.gob.mx).
- Sokolow, W. A. A. 1980. *Fabricación de Productos Lácteos*. Ed. Acribia, España.
- Thompson, D., and D. S. Postle. 1964. The Wisconsin mastitis test: an indirect estimation of leukocytes in milk. *J. of Milk and Food Tech.* 27: 271-275.

## **CAPÍTULO IV**

### **EFFECTOS AMBIENTALES E ÍNDICE DE CONSTANCIA PARA CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE LECHE DE GANADO JERSEY Y HOLSTEIN EN MÉXICO**

#### **ENVIRONMENTAL EFFECTS AND REPEATABILITY FOR MILK QUALITY TRAITS OF JERSEY AND HOLSTEIN COWS IN MEXICO**

Castillo Martínez Teresa<sup>1</sup>, José Guadalupe García Muñiz<sup>1</sup>, Rafael Núñez Domínguez<sup>1</sup>, Rodolfo Ramírez Valverde<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Programa de Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, México. C.P. 56230.

## RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de algunos factores ambientales en características de calidad de la leche de vacas Jersey ( $n= 787$ ) y Holstein ( $n= 172$ ) en México, así como estimar el índice de constancia para las características evaluadas. Muestras individuales de leche ( $n = 1,868$ ) de vacas Jersey y Holstein ( $n = 3,134$ ), se colectaron durante un año y se analizaron para determinar los porcentajes de grasa, proteína, lactosa, caseína, sólidos no grasos (SNG) y sólidos totales (ST), así como los contenidos de nitrógeno ureico en leche, ácido cítrico, ácidos grasos libres, cuenta de células somáticas (CCS), y las variables fisicoquímicas densidad, crioscopía y acidez. Para ambas razas también se analizaron la producción en el día de muestreo de leche, grasa, proteína, lactosa, caseína, SNG y ST. Las muestras de leche de Holstein representaron un solo hato en el sistema de producción estabulado, mientras que las de Jersey provinieron de siete ranchos, que representaron los sistemas de producción estabulado, pastoreo o mixto. La información de cada raza se analizó por separado. En general, tanto para Holstein como para Jersey los efectos ambientales de etapa de lactancia, número de parto de la vaca, y estación de muestreo afectaron ( $P < 0.05$ ) a las variables de calidad evaluadas. Para Jersey, además de los efectos anteriores, también fueron importantes ( $P < 0.05$ ) los efectos de sistema de producción y rancho anidado en sistema de producción. En general, el índice de constancia de las variables analizadas fue superior para Holstein que para Jersey. Los estimadores del índice de constancia obtenidos en este estudio pueden utilizarse para el cálculo de las capacidades probables de producción de las vacas, con el fin de identificar las mejores de acuerdo con la característica de interés.

**Palabras clave:** Holstein, Jersey, Factores ambientales, Calidad de leche, Repetibilidad.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of some environmental factors on milk quality traits of Jersey ( $n = 787$ ) and Holstein ( $n = 172$ ) cows in México, and to estimate the repeatability of the traits evaluated. Individual test-day milk samples of Jersey ( $n = 1,868$ ) and Holstein ( $n = 3,134$ ) cows were collected during one year, and analyzed for fat, protein, lactose, casein, solids non fat (SNF), total solids (TS), milk urea nitrogen, citric acid, free fatty acids, somatic cell count (SCC), milk density, freeze point depression, and milk acidity. For the two breeds the yields of milk, fat, protein, lactose, SNF, and TS on test day were also analyzed. The Holstein milk samples came from a single herd managed on a total confinement system, whereas the Jersey samples came from seven farms that represented the total confinement, grazing, or a mixed system of management. The information on each breed was analyzed separately. In general, for both the Holstein and Jersey milk quality data, the effects of lactation stage, calving number, and season of sampling affected ( $P < 0.05$ ) the milk quality variables evaluated. Also, for Jersey there were important effects ( $P < 0.05$ ) of production system and farm nested within production system. In general, the repeatability estimates for Holstein were larger than those for the Jersey breed. The repeatability estimates obtained in this study can be utilized to estimate the most probable producing ability to rank each cow according to the variable of interest.

**Key words:** Holstein, Jersey, Environmental factors, Milk quality, Repeatability.

## INTRODUCCIÓN

Para la industria láctea moderna, los contenidos de sólidos en la leche han adquirido gran importancia. Los productores de leche deben responder a los estímulos del mercado mejorando la composición de la leche que generan sus vacas.

López-Villalobos *et al.* (2000) señalan que las vacas especializadas para mayor producción de leche, en porcentaje producen los menores contenidos de sólidos en la leche. De este modo, debido a las exigencias del mercado y cuyos sistemas de pago privilegian el contenido de sólidos, proteína o grasa más que el volumen de leche, se refuerza el atractivo del uso de la raza Jersey, la que además del aporte de sólidos en la leche permite un manejo más rústico.

Además de la raza, existen otros factores que influyen en la calidad de la leche como la edad de la vaca, la época del año, la alimentación, el tipo de ordeño, la etapa de lactancia y las enfermedades como la mastitis, entre otros (Hodgson y Reed, 1966; Judkins y Keener, 1977; Luquet *et al.*, 1991). En el mundo, la mayoría de los estudios han evaluado efectos genéticos y ambientales para producción de leche, grasa y proteína (Hazard, 1997; Lee *et al.*, 1997; Morales, 1999; Roche, 2003). Sin embargo, respecto a las propiedades fisicoquímicas, concentración de metabolitos y cuenta de células somáticas en leche no se encontraron reportes. Con base en lo anterior, los objetivos de este estudio fueron estimar el índice de constancia y evaluar el efecto de algunos factores ambientales en la concentración y producción de componentes de la leche,

propiedades fisicoquímicas, concentración de metabolitos, y cuenta de células somáticas en leche de vacas Jersey y Holstein en México.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Manejo del hato Holstein**

El estudio de calidad de la leche con ganado Holstein se realizó en la Granja Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), en Chapingo, Estado de México. La Granja se localiza en los 19° 29' latitud norte y 98° 53' longitud oeste, a una altitud de 2,250 m. La fórmula climática del área es  $C(w_0)(w)(i')g$ , que corresponde a un clima templado sub-húmedo (el más seco de los subhúmedos). La precipitación promedio anual es de 644.8 mm, con lluvias en verano. La temperatura media anual varía entre 12 y 18 °C, siendo mayo el mes más caliente y enero el mes más frío (García, 1981).

Los animales experimentales se manejaron en corrales a cielo abierto con piso de tierra, en los cuales se distribuyeron las vacas de acuerdo con su promedio de producción y días de lactancia; agrupándose en bajas, medianas, altas productoras. La alimentación de las vacas consistió de una dieta integral que contenía alfalfa verde, ensilado de maíz y concentrado comercial con 16% de proteína cruda, lo que se asignó en cantidades diferentes de acuerdo con el nivel de producción y etapa de lactancia del grupo de vacas. Además, se proporcionaron sales minerales comerciales y agua a libre acceso.

Las vacas se ordeñan dos veces al día (4:00 y 14:00 h) en una sala de ordeño en espina de pescado 3 x 3. El procedimiento de ordeño comprende el preparado de la vaca con lavado de la ubre, seguida por la limpieza con jerga. En la Granja se lleva a cabo un programa de prevención y control de mastitis por parte del personal de la misma y los casos clínicos se tratan con antibióticos. Al secado, todas las vacas y todos los cuartos de las ubres se someten a terapia de secado, utilizando tubos secadores comerciales.

## **Manejo de los hatos Jersey**

Las muestras de leche de vacas individuales provinieron de los hatos en control de producción de la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Jersey de Registro, A.C.; con ranchos ubicados en la zona templada y semiárida del país. Los hatos que contribuyeron con muestras de leche representaron sistemas de producción en estabulación (3), pastoreo (2) y mixto (2).

### **Sistema de producción de leche en estabulación**

La alimentación de las vacas en este sistema fue con alfalfa verde, alfalfa henificada, ensilado de maíz y concentrado comercial con 16% de proteína cruda, en cantidades variables de acuerdo con el grupo de producción. También se proporcionan sales minerales comerciales y agua a libre acceso.

Para facilitar el manejo de la alimentación, los animales se dividieron en grupos de acuerdo con el nivel de producción y etapa de lactancia (altas, medias y bajas). Las vacas se secan a los siete meses de gestación y se les da el tratamiento de secado en cada cuarto con los antibióticos disponibles.

### **Sistema de producción en pastoreo**

La alimentación en este sistema de producción consistió exclusivamente del pastoreo rotacional de praderas cultivadas con estrella de África (*Cynodon nlenfuensis*), pasto ballico perenne (*Lolium perenne*), pasto ballico anual (*Lolium multiflorum*) pasto ovilla (*Dactylis glomerata*), pasto bromo (*Bromo diandrus*), trébol blanco (*Trifolium repens*) y de la asociación de alfalfa (*Medicago sativa*) con trébol blanco (*Trifolium repens*).

El pastoreo rotacional comprende períodos de siete días de ocupación con treinta días de descanso en las estaciones primavera-verano; y cinco días de ocupación con 60 días de descanso en las estaciones otoño-invierno. Para el manejo del pastoreo, el hato se divide en dos grupos de vacas, lactantes y secas. Las crías nacidas de estas vacas permanecen tres días con la madre y son enviadas a corraletas donde se les continúa alimentando y, una vez destetadas, se envían a las praderas y se integran en con el grupo de animales jóvenes.

### **Sistema de producción mixto**

La alimentación de las vacas se basa en praderas cultivadas con estrella de África (*Cynodon nlenfuensis*), pasto ballico perenne (*Lolium perenne*), pasto ballico anual (*Lolium multiflorum*) pasto ovilla (*Dactylis glomerata*), pasto bromo (*Bromo diandrus*) y trébol blanco (*Trifolium repens*). El pastoreo se lleva a cabo en potreros divididos, en donde se mantienen los animales durante ocho horas al día y después se encierran en corrales, donde se les proporciona ensilado de maíz y concentrado comercial con 16% de proteína cruda.

## Periodo experimental, análisis de laboratorio y variables registradas

Para el hato Holstein el periodo experimental abarcó de abril de 2005 a marzo de 2006, mientras que para los hatos Jersey el periodo fue de abril a noviembre de 2005. Durante este tiempo se colectaron una vez por mes muestras de leche de vacas individuales para el hato Holstein y de manera menos regular para los hatos Jersey. En el Cuadro 16 se describen las unidades experimentales en estudio para evaluar los efectos ambientales sobre la calidad de leche de ganado Holstein y Jersey.

Cuadro 16. Descripción de las unidades experimentales en estudio para evaluar la calidad de la leche de hatos Holstein y Jersey en México.

| Raza     | Sistema      | Ranchos          | Número de: |                   |
|----------|--------------|------------------|------------|-------------------|
|          |              |                  | Vacas      | Muestras de leche |
| Holstein | Estabulación | Establo UACH     | 172        | 3134              |
| Jersey   | Estabulación | La Perseverancia | 95         | 95                |
|          |              | Casa Colorada    | 255        | 338               |
|          |              | Santa Fe         | 26         | 102               |
|          | Mixto        | Atotonilco       | 174        | 302               |
|          |              | El Capiro        | 165        | 165               |
|          | Pastoreo     | Chapingo         | 20         | 354               |
|          |              | La Mesa Xalapa   | 52         | 52                |

Las muestras se depositaron en viales de plástico esterilizados de 60 mL, conteniendo una pastilla de Bronopol de 20 mg como conservador y se conservaron a 4 °C hasta su análisis, que fue el mismo día en que ocurrió la colecta en el caso de las muestras de Holstein, y en promedio durante los tres días posteriores a la colecta para las de Jersey. Adicional a las muestras, se

registró la producción de leche en el día de muestreo y la información de los eventos reproductivos de las vacas. A partir de esta información, se calcularon los días en leche como la diferencia entre la fecha de muestreo y la fecha del último parto; el número de parto, la estación de parto y la estación de muestreo.

Las muestras de leche se analizaron en el laboratorio de calidad de la leche del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Se utilizó un equipo MilkoScan FT 120 (Foss Electric, Denmark®) para la determinación de los porcentajes de grasa, proteína, caseína, sólidos no grasos (SNG), sólidos totales (ST), lactosa, ácido cítrico, así como los contenidos de nitrógeno ureico en leche (NUL, mg/dL), ácidos grasos libres (AGL, mmol/10 litros de leche), y las propiedades fisicoquímicas de la leche como densidad (g/mL), crioscopía (°C) y acidez (°D). A las muestras de leche también se les determinó la cuenta de células somáticas (CCS, células/mL de leche) a través de la prueba de Wisconsin.

La prueba de Wisconsin consistió en el siguiente procedimiento: se depositaron 2 mL de leche y 2 mL de reactivo para la prueba de California (Masti test<sup>MR</sup>), previamente diluido al 50% en agua bidestilada, en tubos graduados que se encuentran fijos a una gradilla metálica. Inmediatamente se colocó a cada tubo un tapón metálico perforado y se procedió a la mezcla de los componentes con movimientos homogéneos durante 15 segundos. Una vez realizado el mezclado, se procedió a colocar la gradilla en posición invertida para permitir durante 15 segundos el flujo de la mezcla leche-reactivo; posteriormente se regresó la gradilla a la posición original y se dejó reposar el residuo durante un

minuto. Transcurrido este tiempo se midió, con la graduación del tubo, el volumen del residuo obtenido por cada muestra de leche. El número de células somáticas/mL de leche se obtuvo mediante la conversión del valor observado del residuo en el tubo, con las equivalencias descritas por Thompson y Postle (1964). La CCS así obtenida se transformó a la escala lineal de la cuenta de células somáticas (ELCCS), considerando las equivalencias propuestas por Ruegg (2001).

## **Análisis estadístico**

Los estadísticos descriptivos para las variables analizadas se obtuvieron por separado para Holstein y Jersey, mediante el procedimiento MEANS de SAS (SAS, 2001). Se utilizó la prueba de Tukey para la comparación de medias entre sistemas de producción y rancho anidado en sistemas de producción, para las variables analizadas de Jersey.

### **Concentración de componentes, CCS, metabolitos en leche, y propiedades fisicoquímicas de la leche**

Para el análisis de varianza de las variables de respuesta se utilizó el procedimiento MIXED de SAS (SAS, 2001) (Apéndice 1 y 2). Para su inclusión en el modelo estadístico, el número de parto de la vaca se dividió en cuatro clases (1, 2, 3 y 4 o más partos), la etapa de lactancia en tres periodos (de 7 a 100, de 101 a 200 y mayor que 200 días) y, para el caso de la información de Jersey, la estación de muestreo se dividió en lluvias (junio a septiembre) y secas (octubre a mayo). También se ajustó en el modelo, la producción de leche en el día de muestreo (kg/vaca/día) como covariable.

La información de concentración de componentes, metabolitos en la leche, CCS y propiedades fisicoquímicas, para Holstein y Jersey se analizó por separado. Los modelos estadísticos ajustados, después de remover covariables e interacciones de primer orden no significativas fueron los siguientes:

*Para Holstein:*

$$Y_{ijklmn} = \mu + E_i + P_j + M_k + O_l + V_m + b_1(PL - \mu_{PL}) + b_2(PL - \mu_{PL})^2 + b_3(PL - \mu_{PL})^3 + e_{ijklmn}$$

*Para Jersey:*

$$Y_{ijklmno} = \mu + E_i + P_j + M_k + S_l + R(S)_{lm} + V(R S)_{lmn} + b_1(PL - \mu_{PL}) + b_2(PL - \mu_{PL})^2 + b_3(PL - \mu_{PL})^3 + e_{ijklmno}$$

Donde:  $Y_{ijklmn}$  o  $Y_{ijklmno}$  son, respectivamente en Holstein o Jersey, los valores que toma cada una de las variables de respuesta analizadas;  $\mu$  es la media general;  $E_i$  es el efecto fijo de la  $i$ -ésima etapa de lactancia ( $i = 1, 2, 3$ );  $P_j$  es el efecto fijo del  $j$ -ésimo número de parto de la vaca ( $l = 1, 2, 3, 4+$ );  $M_k$  es, para Holstein, el efecto fijo del  $k$ -ésimo mes de muestreo ( $k = 1, \dots, 12$ ), y para Jersey es el efecto fijo de la  $k$ -ésima estación de muestreo ( $m = \text{secas, lluvias}$ );  $O_l$  es, para Holstein, el efecto fijo del  $l$ -ésimo ordeño ( $l = \text{am, pm}$ );  $S_l$  es el efecto fijo del  $l$ -ésimo sistema de producción en que se manejaron los hatos Jersey ( $i = \text{estabulación, pastoreo, mixto}$ );  $R(S)_{lm}$  es el efecto fijo del  $m$ -ésimo rancho ( $m = 1, \dots, 7$ ) anidado en el  $l$ -ésimo sistema de producción;  $V_m$  es, para Holstein, el efecto aleatorio de la  $m$ -ésima vaca ( $m = 1, \dots, 172$ )  $\sim NI(0, \sigma_v^2)$ ;  $V(R S)_{lmn}$  es, para Jersey, el efecto aleatorio de la  $n$ -ésima vaca ( $n = 1, \dots, 787$ ) anidada en el  $m$ -ésimo rancho y el  $l$ -ésimo sistema de producción  $\sim NI(0, \sigma_{v(RS)}^2)$ ;  $b_1, b_2$  y  $b_3$ ,

son, respectivamente, los coeficientes de regresión lineal, cuadrático y cúbico asociados con la producción de leche en el día de muestreo (PL);  $\mu_{PL}$  es la media de la covariable PL;  $e_{ijklmn}$  o  $e_{ijklmno}$  son los efectos residuales de los modelos respectivos  $\sim NI(0, \sigma_e^2)$ .

### **Producción de leche y de componentes de la leche**

La producción diaria (kg/vaca/día) de grasa, proteína, lactosa, SNG, ST y caseína se calculó multiplicando la producción total de leche obtenida en el día de muestreo, por la concentración del componente respectivo obtenido en ese día de muestreo.

La información de producción diaria de componentes para Holstein y Jersey se analizó por separado. Los modelos estadísticos ajustados, después de remover covariables e interacciones de primer orden no significativas fueron los siguientes:

*Para Holstein:*

$$Y_{ijklm} = \mu + E_i + P_j + M_k + V_l + b_1(ELCCS - \mu_{ELCCS}) + b_2(ELCCS - \mu_{ELCCS})^2 + b_3(ELCCS - \mu_{ELCCS})^3 + e_{ijklm}$$

*Para Jersey:*

$$Y_{ijklmno} = \mu + E_i + P_j + M_k + S_l + R(S)_{lm} + V(R\ S)_{lmn} + b_1(ELCCS - \mu_{ELCCS}) + b_2(ELCCS - \mu_{ELCCS})^2 + b_3(ELCCS - \mu_{ELCCS})^3 + e_{ijklmno}$$

Donde:  $Y_{ijklm}$  o  $Y_{ijklmno}$  son, respectivamente en Holstein o Jersey, los valores que toma cada una de las variables de respuesta analizadas;  $\mu$  es la media general;  $E_i$  es el efecto fijo de la i-ésima etapa de lactancia ( $i = 1, 2, 3$ );  $P_j$  es el

efecto fijo del j-ésimo número de parto de la vaca ( $j = 1, 2, 3, 4+$ );  $M_k$  es, para Holstein el efecto fijo del k-ésimo mes de muestreo ( $k = 1, \dots, 12$ ), y para Jersey es el efecto fijo de la k-ésima estación de muestreo ( $m = \text{secas, lluvias}$ );  $S_l$  es, para Jersey, el efecto fijo del l-ésimo sistema de producción ( $i = \text{estabulación, pastoreo, mixto}$ );  $R(S)_{lm}$  es el efecto fijo del m-ésimo rancho ( $m = 1, \dots, 7$ ) anidado en el l-ésimo sistema de producción;  $V_l$  es, para Holstein el efecto aleatorio de la l-ésima vaca ( $m = 1, \dots, 172$ )  $\sim NI(0, \sigma_v^2)$ ;  $V(R S)_{lmn}$  es, para Jersey el efecto aleatorio de la n-ésima vaca ( $n = 1, \dots, 787$ ) anidada en el m-ésimo rancho y el l-ésimo sistema de producción  $\sim NI(0, \sigma_{v(RS)}^2)$ ;  $b_1, b_2$  y  $b_3$ , son, respectivamente, los coeficientes de regresión lineal, cuadrático y cúbico asociados con la escala lineal de la cuenta de células somáticas registrada en el día de muestreo;  $\mu_{ELCCS}$  es la media de la covariable ELCCS;  $e_{ijklm}$  o  $e_{ijklmno}$  son los residuales de los modelos respectivos  $\sim NI(0, \sigma_e^2)$ .

### Índice de constancia

Una vez obtenido el modelo de mejor ajuste se estimaron los componentes de varianza para los efectos aleatorios de vaca y residual. Con estos componentes se estimó el índice de constancia o repetibilidad ( $r$ ) para las variables de respuesta, utilizando la siguiente expresión (Becker, 1984):

$$\hat{r} = \frac{\hat{\sigma}_v^2}{(\hat{\sigma}_v^2 + \hat{\sigma}_e^2)}$$

Donde:

$\hat{r}$  = estimador del índice de constancia o repetibilidad,

$\hat{\sigma}_v^2$  = estimador del componente de varianza de vaca,

$\hat{\sigma}_e^2$  = estimador del componente de varianza residual.

El error estándar aproximado del índice de constancia [S.E. ( $\hat{r}$ )] se obtuvo mediante la siguiente expresión, descrita por Becker (1984):

$$S.E.(\hat{r}) \cong \sqrt{\frac{2(m.-1)(1-\hat{r})^2[1+(k_1-1)\hat{r}]^2}{k_1^2(m.-N)(N-1)}}$$

Donde:

$S.E.(\hat{r})$  = error estándar del índice de constancia o repetibilidad,

$m.$  = número total de observaciones,

$$k_1 = \left( \frac{1}{N-1} \right) \left[ m. - \left( \frac{\sum m_k^2}{m.} \right) \right],$$

$N$  = Número total de vacas involucradas en el estudio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 17, se resumen los estadísticos descriptivos para los días en lactancia (DEL) y cada una de las variables de calidad de leche evaluadas para cada raza de la vaca.

Cuadro 17. Estadísticos descriptivos para días en leche, componentes, metabolitos y propiedades fisicoquímicas de la leche de vacas Jersey y Holstein en México.

| Variable <sup>1</sup>     | n    | Mínimo  | Máximo | Media  | D. estándar | CV (%) |
|---------------------------|------|---------|--------|--------|-------------|--------|
| Jersey                    |      |         |        |        |             |        |
| DEL                       | 1223 | 7.0     | 600.0  | 176.4  | 115.9       | 65.7   |
| Grasa (%)                 | 1067 | 0.48    | 8.92   | 4.36   | 1.14        | 26.2   |
| Proteína (%)              | 1064 | 2.65    | 4.92   | 3.70   | 0.41        | 11.1   |
| Lactosa (%)               | 1061 | 3.02    | 5.21   | 4.48   | 0.30        | 6.8    |
| ST (%)                    | 1064 | 8.69    | 18.68  | 13.6   | 1.39        | 10.3   |
| SNG (%)                   | 1065 | 7.15    | 10.56  | 9.16   | 0.52        | 5.7    |
| Caseína (%)               | 1067 | 1.69    | 3.98   | 2.92   | 0.32        | 11.1   |
| Índice de caseína         | 1065 | 0.61    | 0.87   | 0.79   | 0.03        | 3.9    |
| Ácido cítrico (%)         | 1067 | 0.06    | 0.30   | 0.17   | 0.03        | 19.0   |
| AGL (mmol/10 l)           | 1054 | 0.05    | 2.58   | 1.02   | 0.44        | 43.0   |
| NUL (mg/dL)               | 1066 | 4.09    | 30.59  | 18.20  | 4.26        | 23.4   |
| Acidez °D                 | 1064 | 11.25   | 29.95  | 18.76  | 2.78        | 14.8   |
| Densidad (g/mL)           | 1065 | 1.0207  | 1.038  | 1.031  | 0.0022      | 0.2    |
| Crioscopia (°C)           | 1067 | -0.7153 | -0.404 | -0.571 | 0.0390      | 6.8    |
| CCS (miles de células/mL) | 1065 | 12.5    | 2280.0 | 100.4  | 218.6       | 217.8  |
| ELCCS                     | 1221 | 0.0     | 8.0    | 2.01   | 1.4         | 69.0   |
| Holstein                  |      |         |        |        |             |        |
| DEL                       | 3066 | 7.0     | 600.0  | 210.6  | 134.3       | 63.8   |
| Grasa (%)                 | 3066 | 0.34    | 8.52   | 3.08   | 1.06        | 34.5   |
| Proteína (%)              | 3061 | 2.13    | 4.92   | 3.19   | 0.39        | 12.2   |
| Lactosa (%)               | 3066 | 3.05    | 5.45   | 4.59   | 0.25        | 5.5    |
| ST (%)                    | 3066 | 8.91    | 18.74  | 11.88  | 1.23        | 10.4   |
| SNG (%)                   | 3066 | 6.09    | 13.83  | 8.67   | 0.51        | 5.9    |
| Caseína (%)               | 3062 | 1.49    | 3.96   | 2.53   | 0.31        | 12.3   |
| Índice de caseína         | 3060 | 0.66    | 0.89   | 0.79   | 0.03        | 3.2    |
| Ácido cítrico (%)         | 3064 | 0.07    | 0.28   | 0.15   | 0.03        | 21.3   |
| AGL (mmol/10 l)           | 2845 | 0.00    | 2.73   | 0.60   | 0.40        | 66.5   |
| NUL (mg/dL)               | 3062 | 0.41    | 39.70  | 19.29  | 4.31        | 22.3   |
| Acidez °D                 | 3063 | 5.36    | 28.73  | 15.27  | 2.55        | 16.7   |
| Densidad (g/mL)           | 3066 | 1.019   | 1.043  | 1.031  | 0.002       | 0.2    |
| Crioscopia (°C)           | 3066 | -0.740  | -0.390 | -0.531 | 0.035       | 6.7    |
| CCS (miles de células/mL) | 3066 | 12.5    | 2280.0 | 172.1  | 338.1       | 196.5  |
| ELCCS                     | 3066 | 0.0     | 8.0    | 2.47   | 1.7         | 68.9   |

<sup>1</sup>DEL= Días en lactancia en el día de muestreo; ST = Sólidos totales; SNG = Sólidos no grasos; Índice de caseína= Caseína (%) / Proteína (%); AGL = Ácidos grasos libres; NUL = Nitrógeno ureico en leche; °D= Grados Dornic; CCS = Cuenta de células somáticas; ELCCS = Escala lineal de la cuenta de células somáticas.

Los estadísticos descriptivos para producción de leche y de componentes en el día de muestreo se resumen en el Cuadro 18. La producción media de leche en el día de muestreo de vacas Holstein y Jersey fue  $21.8 \pm 8.10$  y  $13.2 \pm 5.76$ , respectivamente. La mayor producción de componentes de la leche de vacas Holstein se debió principalmente a la mayor producción de leche de esta raza.

Cuadro 18. Estadísticos descriptivos para la producción diaria de leche y de componentes de la leche en el día de muestreo de vacas Jersey y Holstein en México.

| Variable <sup>1</sup> | n    | Mínimo | Máximo | Media | D. estándar | CV (%) |
|-----------------------|------|--------|--------|-------|-------------|--------|
| Jersey                |      |        |        |       |             |        |
| Grasa (kg)            | 1104 | 0.038  | 1.604  | 0.575 | 0.26        | 45.3   |
| Proteína (kg)         | 1104 | 0.050  | 1.518  | 0.495 | 0.21        | 42.7   |
| Lactosa (kg)          | 1104 | 0.035  | 2.169  | 0.612 | 0.29        | 46.6   |
| ST (kg)               | 1104 | 0.144  | 5.443  | 1.826 | 0.78        | 42.8   |
| SNG (kg)              | 1104 | 0.095  | 4.154  | 1.241 | 0.55        | 44.5   |
| Caseína (kg)          | 1104 | 0.033  | 1.241  | 0.391 | 0.17        | 43.7   |
| Leche (kg)            | 1278 | 1.2    | 44.0   | 13.2  | 5.76        | 43.6   |
| Holstein              |      |        |        |       |             |        |
| Grasa (kg)            | 1623 | 0.036  | 1.693  | 0.641 | 0.25        | 38.3   |
| Proteína (kg)         | 1623 | 0.038  | 1.397  | 0.685 | 0.24        | 34.4   |
| Lactosa (kg)          | 1623 | 0.034  | 2.263  | 1.003 | 0.39        | 38.9   |
| ST (kg)               | 1623 | 0.117  | 5.319  | 2.550 | 0.89        | 34.9   |
| SNG (kg)              | 1623 | 0.078  | 4.068  | 1.881 | 0.69        | 36.8   |
| Caseína (kg)          | 1623 | 0.026  | 1.126  | 0.544 | 0.19        | 35.0   |
| Leche (kg)            | 1612 | 3.0    | 48.0   | 21.8  | 8.10        | 37.1   |

<sup>1</sup>ST= Sólidos totales; SNG= Sólidos no grasos

## Factores asociados con la calidad de la leche

En los Cuadros 19, 20 y 21 se presentan los valores de probabilidad para los efectos fijos, interacciones de primer orden y covariables incluidos en los modelos para cada una de las variables analizadas.

Cuadro 19. Nivel de significancia (probabilidad) de los efectos considerados en las variables de concentración de componentes en la leche de vacas Jersey y Holstein en México.

| Efecto                    | Variable <sup>1</sup> |              |        |         |             |             |                   |                   |
|---------------------------|-----------------------|--------------|--------|---------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|
|                           | Grasa (%)             | Proteína (%) | ST (%) | SNG (%) | Lactosa (%) | Caseína (%) | Índice de caseína | Ácido cítrico (%) |
| Jersey                    |                       |              |        |         |             |             |                   |                   |
| Sistema de producción (S) | <.0001                | <.0001       | 0.0006 | <.0001  | 0.0002      | <.0001      | 0.6132            | <.0001            |
| Rancho(Sistema)           | <.0001                | <.0001       | <.0001 | <.0001  | <.0001      | <.0001      | <.0001            | 0.0002            |
| Etapas de lactancia (E)   | <.0001                | <.0001       | <.0001 | <.0001  | 0.0026      | <.0001      | 0.2339            | 0.0121            |
| Número de Parto (P)       | 0.6820                | <.0001       | 0.6185 | 0.0024  | <.0001      | 0.0502      | <.0001            | 0.0864            |
| Estación de muestreo (M)  | <.0001                | 0.0002       | <.0001 | 0.0149  | 0.8784      | 0.0002      | 0.0089            | 0.0620            |
| S*E                       | -----                 | <.0001       | 0.0413 | 0.0006  | -----       | <.0001      | -----             | -----             |
| S*P                       | 0.0097                | -----        | 0.0114 | -----   | 0.0008      | -----       | 0.0005            | -----             |
| S*M                       | -----                 | <.0001       | 0.0275 | 0.0052  | -----       | 0.0016      | -----             | <.0001            |
| E*P                       | -----                 | 0.0349       | -----  | -----   | 0.0075      | -----       | 0.0039            | -----             |
| P*M                       | -----                 | -----        | -----  | -----   | -----       | -----       | -----             | 0.0318            |
| Producción de leche (PL)  |                       |              |        |         |             |             |                   |                   |
| Lineal                    | 0.0089                | <.0001       | 0.0247 | -----   | <.0001      | <.0001      | <.0001            | <.0001            |
| Cuadrático                | -----                 | -----        | 0.0168 | -----   | 0.0012      | -----       | 0.0002            | -----             |
| Cúbico                    | -----                 | -----        | 0.0368 | -----   | 0.0053      | -----       | 0.0018            | -----             |
| Holstein                  |                       |              |        |         |             |             |                   |                   |
| Etapas de lactancia (E)   | <.0001                | <.0001       | <.0001 | <.0001  | 0.0057      | <.0001      | <.0001            | <.0001            |
| Número de parto (P)       | 0.8674                | 0.1583       | 0.3725 | 0.0001  | <.0001      | 0.0030      | <.0001            | 0.0056            |
| Mes de muestreo (M)       | <.0001                | <.0001       | <.0001 | <.0001  | <.0001      | <.0001      | <.0001            | <.0001            |
| Ordeño (O)                | 0.0129                | <.0001       | <.0001 | <.0001  | <.0001      | <.0001      | <.0001            | <.0001            |
| E*P                       | 0.0030                | <.0001       | <.0001 | <.0001  | 0.0002      | <.0001      | <.0001            | 0.0007            |
| E*M                       | -----                 | <.0001       | -----  | <.0001  | -----       | <.0001      | 0.0133            | 0.0087            |
| E*O                       | -----                 | -----        | -----  | 0.0376  | -----       | -----       | -----             | -----             |
| P*M                       | -----                 | 0.0003       | -----  | 0.0001  | <.0001      | <.0001      | <.0001            | <.0001            |
| P*O                       | -----                 | -----        | -----  | -----   | -----       | -----       | 0.0378            | -----             |
| M*O                       | <.0001                | <.0001       | <.0001 | <.0001  | <.0001      | <.0001      | <.0001            | -----             |
| Producción de leche (PL)  |                       |              |        |         |             |             |                   |                   |
| Lineal                    | <.0001                | <.0001       | <.0001 | <.0001  | <.0001      | <.0001      | <.0001            | -----             |
| Cuadrático                | 0.0269                | 0.0002       | 0.0167 | -----   | <.0001      | 0.0366      | <.0001            | -----             |
| Cúbico                    | -----                 | -----        | -----  | -----   | 0.0002      | -----       | -----             | -----             |

<sup>1</sup>ST= Sólidos totales; SNG= Sólidos no grasos; índice de caseína= Caseína (%)/Proteína (%).

Cuadro 20. Nivel de significancia (probabilidad) de los efectos considerados en las propiedades fisicoquímicas, metabolitos y cuenta de células somáticas en leche de vacas Jersey y Holstein en México.

| Efecto                    | Variable <sup>1</sup> |                                   |                |                |        |        |        |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------------------|----------------|----------------|--------|--------|--------|
|                           | Crioscopía<br>(°C)    | Densidad<br>(g mL <sup>-1</sup> ) | Acidez<br>(°D) | NUL<br>(mg/dL) | AGL    | CCS    | ELCCS  |
| Jersey                    |                       |                                   |                |                |        |        |        |
| Sistema de producción (S) | 0.0017                | <.0001                            | 0.1713         | 0.0160         | <.0001 | <.0001 | <.0001 |
| Rancho(Sistema)           | <.0001                | <.0001                            | 0.5249         | <.0001         | <.0001 | <.0001 | <.0001 |
| Etapas de lactancia (E)   | <.0001                | 0.2760                            | <.0001         | 0.2854         | 0.0454 | 0.8537 | 0.3514 |
| Número de Parto (P)       | 0.1802                | <.0001                            | 0.1453         | 0.1057         | 0.1474 | 0.8023 | 0.8409 |
| Estación de muestreo (M)  | 0.0017                | 0.9801                            | <.0001         | 0.1315         | <.0001 | 0.0142 | <.0001 |
| S*E                       | 0.0038                | -----                             | -----          | -----          | -----  | -----  | <.0001 |
| S*P                       | 0.0004                | -----                             | -----          | 0.0422         | -----  | -----  | -----  |
| S*M                       | 0.0266                | -----                             | 0.0002         | <.0001         | <.0001 | <.0001 | <.0001 |
| E*P                       | -----                 | -----                             | -----          | -----          | -----  | 0.0230 | 0.0265 |
| E*M                       | -----                 | -----                             | -----          | -----          | -----  | -----  | 0.0075 |
| P*M                       | 0.0321                | -----                             | -----          | 0.0029         | -----  | -----  | -----  |
| Producción de leche (PL)  |                       |                                   |                |                |        |        |        |
| Lineal                    | 0.0010                | <.0001                            | <.0001         | <.0001         | <.0001 | -----  | -----  |
| Cuadrático                | -----                 | -----                             | -----          | 0.0003         | 0.0110 | -----  | -----  |
| Holstein                  |                       |                                   |                |                |        |        |        |
| Etapas de lactancia ( E ) | <.0001                | <.0001                            | <.0001         | <.0001         | 0.0052 | 0.5910 | 0.7454 |
| Número de parto (P)       | <.0001                | <.0001                            | 0.0644         | <.0001         | 0.4619 | <.0001 | 0.0002 |
| Mes de muestreo (M)       | <.0001                | <.0001                            | <.0001         | <.0001         | <.0001 | <.0001 | <.0001 |
| Ordeño (O)                | <.0001                | <.0001                            | <.0001         | <.0001         | 0.0003 | 0.6850 | 0.5617 |
| E*P                       | <.0001                | 0.0441                            | <.0001         | <.0001         | -----  | -----  | -----  |
| E*M                       | <.0001                | 0.0220                            | <.0001         | <.0001         | -----  | -----  | -----  |
| E*O                       | -----                 | -----                             | -----          | 0.0066         | -----  | -----  | -----  |
| P*M                       | 0.0008                | 0.0038                            | <.0001         | <.0001         | 0.0126 | <.0001 | 0.0146 |
| P*O                       | -----                 | -----                             | -----          | 0.0132         | -----  | -----  | -----  |
| M*O                       | <.0001                | <.0001                            | <.0001         | <.0001         | <.0001 | 0.0216 | 0.0004 |
| Producción de leche (PL)  |                       |                                   |                |                |        |        |        |
| Lineal                    | <.0001                | <.0001                            | <.0001         | <.0001         | <.0001 | -----  | -----  |
| Cuadrático                | 0.0038                | 0.0054                            | -----          | -----          | <.0001 | -----  | -----  |
| Cúbico                    | -----                 | 0.0332                            | -----          | -----          | -----  | -----  | -----  |

<sup>1</sup>NUL= Nitrógeno ureico en leche; AGL= Ácidos grasos libres (mmol/10 l de leche); CCS= cuenta de células somáticas (Células/mL); ELCCS= Escala lineal de la cuenta de células somáticas; °D= Grados Dornic.

Cuadro 21. Nivel de significancia (probabilidad) de los efectos considerados en la producción de leche y de componentes en el día de muestreo de vacas Jersey y Holstein en México.

| Efecto                    | Variable <sup>1</sup> (kg/vaca/día) |          |         |        |        |         |        |
|---------------------------|-------------------------------------|----------|---------|--------|--------|---------|--------|
|                           | Grasa                               | Proteína | Lactosa | ST     | SNG    | Caseína | Leche  |
| <b>Jersey</b>             |                                     |          |         |        |        |         |        |
| Sistema de producción (S) | 0.0189                              | <.0001   | <.0001  | <.0001 | <.0001 | <.0001  | <.0001 |
| Rancho(Sistema)           | <.0001                              | <.0001   | <.0001  | <.0001 | <.0001 | <.0001  | <.0001 |
| Etapas de lactancia (E)   | <.0001                              | <.0001   | <.0001  | <.0001 | <.0001 | <.0001  | <.0001 |
| Número de Parto (P)       | 0.0001                              | <.0001   | 0.0013  | <.0001 | <.0001 | <.0001  | <.0001 |
| Estación de muestreo (M)  | <.0001                              | 0.0091   | 0.0992  | 0.0030 | 0.0301 | 0.0071  | 0.0182 |
| S*E                       | 0.0112                              | 0.0002   | 0.0011  | 0.0015 | 0.0004 | 0.0002  | <.0001 |
| S*P                       | 0.0154                              | -----    | 0.0112  | 0.0200 | 0.0246 | 0.0344  | 0.0109 |
| S*M                       | 0.0364                              | 0.0322   | 0.0162  | 0.0314 | 0.0298 | 0.0226  | <.0001 |
| E*P                       | 0.0095                              | <.0001   | 0.0028  | 0.0006 | 0.0005 | 0.0002  | <.0001 |
| ELCCS                     |                                     |          |         |        |        |         |        |
| Lineal                    | -----                               | -----    | -----   | -----  | -----  | -----   | 0.0173 |
| <b>Holstein</b>           |                                     |          |         |        |        |         |        |
| Etapas de lactancia ( E ) | <.0001                              | <.0001   | <.0001  | <.0001 | <.0001 | <.0001  | <.0001 |
| Número de parto (P)       | 0.0013                              | <.0001   | <.0001  | <.0001 | <.0001 | <.0001  | <.0001 |
| Mes de muestreo (M)       | <.0001                              | <.0001   | <.0001  | <.0001 | <.0001 | <.0001  | <.0001 |
| E*P                       | <.0001                              | <.0001   | <.0001  | <.0001 | <.0001 | <.0001  | <.0001 |
| ELCCS                     |                                     |          |         |        |        |         |        |
| Lineal                    | 0.0172                              | 0.0019   | 0.0025  | 0.0018 | 0.0026 | 0.0009  | 0.0020 |
| Cuadrático                | 0.0077                              | 0.0078   | 0.0058  | 0.0034 | 0.0078 | 0.0035  | 0.0057 |

<sup>1</sup>ST= Sólidos totales; SNG= Sólidos no grasos; ELCCS= Escala lineal de la cuenta de células somáticas.

### Concentración de componentes

El efecto de algunos factores ambientales y de la covariable producción de leche en el día de muestreo, en el índice de caseína y porcentajes de grasa, proteína, sólidos totales (ST), sólidos no grasos (SNG), lactosa, caseína y ácido cítrico se discute a continuación.

### Sistema de producción

El efecto de sistema de producción y sus interacciones sólo se incluyeron en el modelo que se ajustó para analizar la información de calidad de leche de

Jersey. Con excepción del índice de caseína, el resto de las variables analizadas estuvieron influenciadas ( $P < 0.01$ ) por este efecto. Los porcentajes más altos de proteína (3.8%), SNG (9.2%) y caseína (3.0%) fueron para las muestras de leche de vacas manejadas en sistema de producción en estabulación, y los más bajos para las muestras de vacas en pastoreo. Sin embargo, las concentraciones de grasa y ST fueron 11 y 4% más altos en muestras de vacas en sistema mixto que en estabulación (Cuadro 22). Dicha variación entre sistemas de producción se debió posiblemente a la alimentación diferente que recibieron las vacas en cada sistema de producción. Los valores obtenidos para concentración de componentes en la leche en los tres sistemas de producción estudiados fueron superiores a lo reportado por Hazard (1997).

La interacción sistema de producción con número de parto fue importante ( $P < 0.01$ ) para índice de caseína y porcentaje de lactosa; ambas variables fueron mayores en el sistema de producción mixto en la primera lactancia y mayores en estabulación en la tercera y cuarta a más lactancias (ver Apéndice 3).

#### ***Rancho anidado en sistema de producción***

Al igual que el efecto de sistema de producción, el efecto de rancho sólo se ajustó en el modelo que se utilizó para analizar la información de calidad de leche de Jersey. Todas las variables de concentración de componentes de la leche de Jersey estuvieron influenciadas ( $P < 0.001$ ) por el efecto de rancho anidado en sistema de producción. En general, los valores más altos para grasa, ST, SNG y caseína fueron para las muestras de leche del rancho

‘Chapingo’ manejado en pastoreo, y los más bajos para el rancho ‘La Mesa’ manejado igualmente en pastoreo (Cuadro 22).

Cuadro 22. Medias de cuadrados mínimos ( $\pm$ EE) para los sistemas de producción y ranchos, en las variables de concentración de componentes en la leche de vacas Jersey en México.

| Efecto                  | Variable <sup>1</sup>       |                             |                               |                             |                              |                              |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                         | Grasa (%)                   | Proteína (%)                | ST (%)                        | SNG (%)                     | Caseína (%)                  | Ácido cítrico (%)            |
| <b>Sistema</b>          |                             |                             |                               |                             |                              |                              |
| Estabulación            | 4.0 $\pm$ 0.07 <sup>c</sup> | 3.8 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup> | 13.2 $\pm$ 0.13 <sup>c</sup>  | 9.2 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup> | 2.95 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup> | 0.16 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup> |
| Mixto                   | 4.5 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup> | 3.6 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup> | 13.7 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>  | 9.0 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup> | 2.81 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup> | 0.18 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup> |
| Pastoreo                | 4.3 $\pm$ 0.09 <sup>b</sup> | 3.7 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup> | 13.3 $\pm$ 0.12 <sup>b</sup>  | 8.9 $\pm$ 0.05 <sup>c</sup> | 2.86 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup> | 0.16 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup> |
| <b>Rancho (Sistema)</b> |                             |                             |                               |                             |                              |                              |
| Estabulación            |                             |                             |                               |                             |                              |                              |
| La Perseverancia        | 4.2 $\pm$ 0.11 <sup>d</sup> | 4.0 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup> | 13.6 $\pm$ 0.22 <sup>cd</sup> | 9.5 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup> | 3.13 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup> | 0.15 $\pm$ 0.00 <sup>d</sup> |
| Casa Colorada           | 3.6 $\pm$ 0.07 <sup>e</sup> | 3.6 $\pm$ 0.05 <sup>d</sup> | 12.7 $\pm$ 0.18 <sup>e</sup>  | 9.1 $\pm$ 0.06 <sup>c</sup> | 2.80 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup> | 0.16 $\pm$ 0.00 <sup>c</sup> |
| SANTA FE                | 4.3 $\pm$ 0.13 <sup>d</sup> | 3.7 $\pm$ 0.05 <sup>c</sup> | 13.4 $\pm$ 0.17 <sup>d</sup>  | 9.2 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup> | 2.92 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup> | 0.17 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup> |
| Mixto                   |                             |                             |                               |                             |                              |                              |
| Atotonilco              | 4.5 $\pm$ 0.06 <sup>c</sup> | 3.6 $\pm$ 0.02 <sup>d</sup> | 13.6 $\pm$ 0.07 <sup>c</sup>  | 9.0 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup> | 2.81 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup> | 0.18 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup> |
| El Capiro               | 4.6 $\pm$ 0.08 <sup>b</sup> | 3.6 $\pm$ 0.03 <sup>d</sup> | 13.7 $\pm$ 0.10 <sup>b</sup>  | 9.0 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup> | 2.81 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup> | 0.18 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup> |
| Pastoreo                |                             |                             |                               |                             |                              |                              |
| Chapingo                | 4.9 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup> | 3.9 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup> | 14.2 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>  | 9.4 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup> | 3.10 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup> | 0.16 $\pm$ 0.00 <sup>c</sup> |
| La Mesa                 | 3.7 $\pm$ 0.15 <sup>e</sup> | 3.5 $\pm$ 0.06 <sup>e</sup> | 12.4 $\pm$ 0.22 <sup>e</sup>  | 8.5 $\pm$ 0.08 <sup>d</sup> | 2.62 $\pm$ 0.05 <sup>d</sup> | 0.16 $\pm$ 0.00 <sup>c</sup> |

Medias dentro de efecto con distinta literal, son diferentes ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>ST= Sólidos totales; SNG= Sólidos no grasos.

### ***Etapas de lactancia***

Con excepción del índice de caseína para el caso de las muestras de leche de Jersey, todas las variables analizadas de Jersey y Holstein estuvieron influenciadas ( $P < 0.05$ ) por la etapa de lactancia. En general, los porcentajes más altos de grasa, proteína, ST, SNG y caseína fueron para las muestras de leche de vacas Jersey que se encontraban en la tercera etapa de la lactancia (>200 días en lactancia), y los más bajos fueron para las muestras de leche de

vacas en la primera etapa de lactancia (7 a 100 días en lactancia). Dicho resultado se debió posiblemente a que después de los 200 días en lactancia, la producción de leche disminuyó y por lo tanto estaba más concentrada. Este efecto interaccionó con otros, en algunas de las variables analizadas.

Para el caso de Holstein la interacción etapa de lactancia con número de parto fue importante ( $P < 0.01$ ) en todas las variables analizadas. El porcentaje de grasa más alto fue para la muestra de leche de vacas que se encontraban en la primera etapa de lactancia (7 a 100 días en lactancia); los porcentajes más altos de proteína, SNG y caseína fueron para las muestras de leche de vacas que se encontraban en la tercera etapa de lactancia ( $>200$  días en lactancia), y más bajos para las muestras de leche de vacas en la primera etapa de lactancia. Mientras que los porcentajes más altos de lactosa y ST fueron para las muestras de vacas de uno y dos partos que se encontraban en la tercera etapa de lactancia ( $>200$  días en lactancia) y se modifica para la leche de vacas del tres, cuatro a más partos, donde dichas variables fueron más altas para la leche de vacas que se encontraban en la primera etapa de lactancia (7 a 100 días en lactancia) (ver Apéndice 4)

Al respecto, Luquet *et al.* (1991) mencionaron que la concentración de caseína aumenta a lo largo de la lactancia, mientras que el índice de caseína varía muy poco. En un estudio realizado por Roche (2003), se estimó que la concentración de grasa y proteína disminuyeron en la primera etapa de la lactancia, entre la 1a y 10a semana, y aumentó hacia el final de ésta; mientras que la concentración de lactosa sigue una tendencia semejante a la producción de

leche; lo cual es similar a lo estimado por otros autores (Lee *et al.*, 1997; Morales, 1999).

### ***Número de parto***

Para el caso de las muestras de Jersey, el efecto de número de parto fue importante ( $P < 0.01$ ) para el índice de caseína y los porcentajes de proteína, SNG y lactosa. Las concentraciones más altas de SNG (9.1%) y lactosa (4.5%) fueron para las muestras de leche de vacas de segundo parto, y más bajas para la leche de vacas de tercer parto; mientras que el porcentaje más alto de proteína fue para las muestras de leche de vacas de cuatro o más partos y el índice de caseína fue más alto en la leche de vacas de primer parto.

Para el porcentaje de ácido cítrico en la leche de Jersey, la interacción de número de parto con estación de muestreo fue importante ( $P < 0.05$ ), dicha variable fue más alto en la leche de vacas de uno, dos y cuatro o más partos en la época de secas (ver Apéndice 3).

Con excepción de los porcentaje de grasa, proteína y ST, el resto de las variables analizadas en las muestras de leche de Holstein estuvieron influenciadas ( $P < 0.01$ ) por el número de parto. En general, los porcentajes más altos de SNG (8.7%), caseína (2.5%), lactosa (4.7%), ácido cítrico (0.16%) y el índice de caseína (0.80) fueron para las muestras de leche de vacas de primer parto, y los más bajos para las muestras de leche de vacas de 4 o más partos. Estos resultados se pueden relacionar con la producción de leche; las vacas de primer parto produjeron menos cantidad de leche y más concentrada en componentes que las vacas de 4 o más partos.

Al respecto, Alais (1997) menciona que la leche empobrece progresivamente en el curso de las lactancias sucesivas, y con más intensidad a partir de la 5ª ó 6ª lactancia. Morales (1999) señala que hay una disminución en el porcentaje de grasa de 0.2% al pasar de cinco lactancias, mientras que la proteína, y en especial la fracción caseína, disminuyen en vacas de más de tres lactancias.

### ***Estación de muestreo***

El efecto de la estación de muestreo y sus interacciones sólo se incluyeron en el modelo que se ajustó, para analizar la información de calidad de leche de Jersey. Con excepción de los porcentajes de lactosa y ácido cítrico, el resto de las variables estudiadas estuvieron influenciadas ( $P < 0.05$ ) por este efecto. En general, las concentraciones más altas de grasa (4.4%), proteína (3.7%), ST (13.7%), SNG (9.1%) y caseína (2.9%) fueron para las muestras de leche en época de secas. Al respecto, White *et al.* (2002) mencionaron que los factores ambientales que se presentan a lo largo del año, en la mayoría de los casos influyen directamente en el nivel de consumo de los animales, dando como resultado variaciones significativas en la producción de leche y en la composición de la misma. Lo referente al presente estudio, la mayor concentración de los componentes de la leche en época de secas coincide con la menor producción de leche.

### ***Mes de muestreo***

El efecto de mes de muestreo y sus interacciones sólo se incluyeron en el modelo que se ajustó para analizar la información de calidad de leche de

Holstein. Todas las variables analizadas estuvieron influenciadas ( $P<0.01$ ) por este efecto. Con excepción de ácido cítrico, la interacción de mes de muestreo con ordeño fue importante ( $P<0.01$ ) en el resto las variables analizadas. En general, el índice de caseína (0.81), y los porcentajes de grasa (3.7), ST (12.6), SNG (8.9) y caseína (2.6) más altos fueron para las muestras de leche colectadas en enero (mes 10) durante el ordeño vespertino, que correspondería a la época seca del año, lo que coincide con lo reportado por Peña (2002). Sin embargo, dichas variables analizadas se modifican a través del año y la hora de ordeño de las vacas (ver Apéndice 4).

### ***Ordeño***

Al igual que el efecto de mes de muestreo, el efecto de ordeño sólo se ajustó para analizar la información de calidad de leche de Holstein. Todas las variables analizadas estuvieron influenciadas ( $P<0.05$ ) por este efecto, lo que coincide con lo encontrado por Acosta (2006) en un estudio que realizó con vacas Holstein en confinamiento y pastoreo. Los valores más altos para los porcentajes de grasa (3.0%), proteína (3.2%), ST (11.8%) y SNG (8.7%) encontrados en el presente estudio, fueron para las muestras de leche del ordeño vespertino, comparados con el ordeño matutino.

### ***Producción de leche en el día de muestreo***

La covariable producción de leche en el día de muestreo para el caso de Jersey, afectó ( $P<0.05$ ) de manera lineal a los porcentajes de grasa, proteína,

caseína y ácido cítrico; y en su forma cúbica fue importante ( $P < 0.05$ ) para el índice de caseína y para los porcentaje de ST y lactosa.

Para el caso de Holstein, la covariable producción de leche en el día de muestreo afectó ( $P < 0.001$ ) de manera lineal al porcentaje de SNG. En su forma cuadrática fue importante ( $P < 0.05$ ) para el índice de caseína y los porcentajes de grasa, proteína, ST y caseína. Así, en su forma cúbica sólo fue importante ( $P < 0.05$ ) para el porcentaje de lactosa.

En la Figura 3 se muestra el efecto de la producción de leche en la concentración de grasa, proteína y lactosa en leche de vacas Holstein y Jersey. En ambas razas, la concentración de grasa y proteína en la leche disminuyó a medida que incrementó la producción de leche, mientras que la concentración de lactosa incrementó. Dicho resultado se debió posiblemente a que, a mayor cantidad de leche producida, ésta se encuentra más diluida. Estos resultados concuerdan con lo observado por Morales (1999).

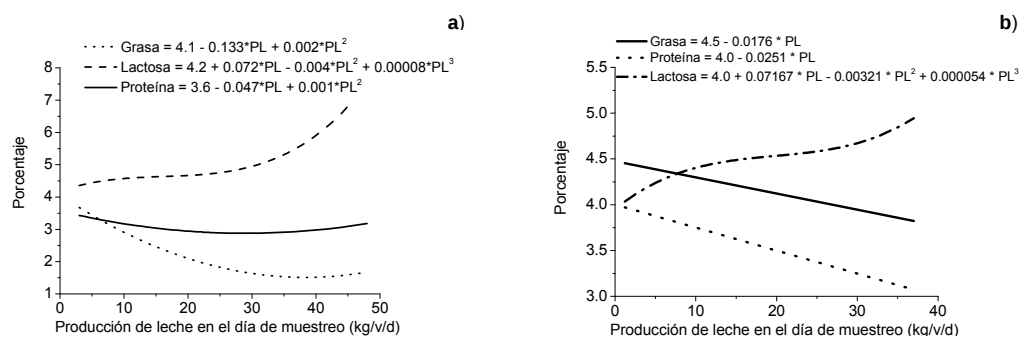


Figura 3. Efecto de la producción de leche en el día de muestreo sobre la concentración de grasa, proteína y lactosa en leche de vacas Holstein (a) y Jersey (b) en México.

En la Figura 4 se muestra el efecto de la producción de leche en la concentración de ST y caseína de la leche de Jersey. Al incrementar la producción de leche, la concentración de dichos componentes disminuyó, debido a que la leche se encontraba más diluida.

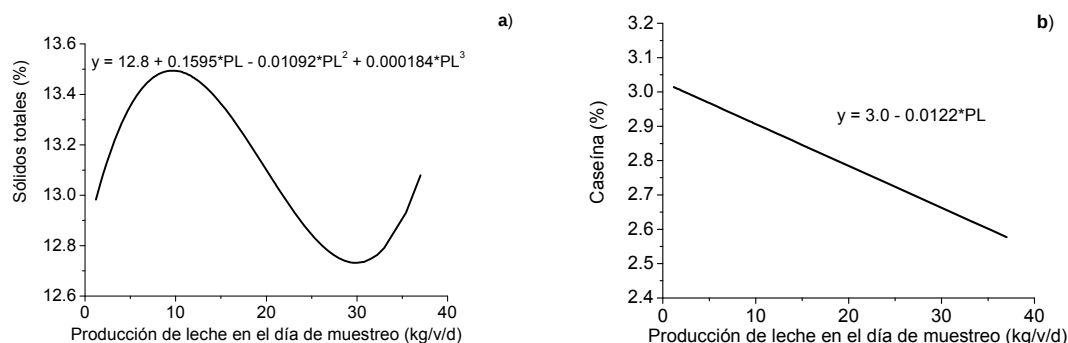


Figura 4. Efecto de la producción de leche en el día de muestreo sobre la concentración de sólidos totales (ST) (a) y caseína (b) en leche de vacas Jersey en México.

En la Figura 5 se muestra el efecto de la producción de leche en la concentración de SNG, ST y caseína de la leche de Holstein. Al incrementar la producción de leche la concentración de dichos componentes disminuyó.

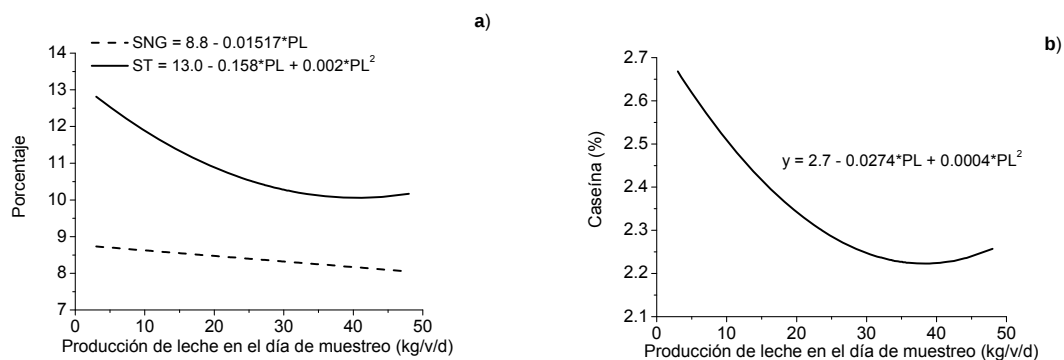


Figura 5. Efecto de la producción de leche en el día de muestreo sobre la concentración de sólidos no grasos (SNG) y sólidos totales (ST) (a), y caseína (b) en leche de vacas Holstein en México.

### **Propiedades fisicoquímicas de la leche, metabolitos y CCS**

A continuación se discute el efecto de algunos factores ambientales y la covariable producción de leche en el día de muestreo, en la crioscopia, densidad, acidez de la leche, así como en el contenido de nitrógeno ureico en leche (NUL), la concentración de ácidos grasos libres (AGL), la cuenta de células somáticas (CCS) y la escala lineal de la cuenta de células somáticas (ELCCS) (Cuadro 19).

### ***Sistema de producción***

Con excepción de la acidez de la leche, el resto de las variables analizadas estuvieron influenciadas ( $P < 0.05$ ) por el sistema de producción en que fueron manejadas las vacas Jersey. La leche de vacas manejadas en confinamiento total presentó el valor más alto de densidad (1.032 g/mL). El contenido más alto de NUL (19.24 mg/dL) y la mayor cuenta de células somáticas ( $169.97 \times 10^3$  células/mL) se encontraron en la leche de vacas en pastoreo; mientras que la concentración más alta de AGL (1.23 mmol/10 L de leche) se observó en leche de vacas manejadas en sistema mixto (Cuadro 23).

El contenido de NUL en leche en los tres sistemas de producción estudiados fue superior a 18.2 mg/dL. Al respecto, Peña (2002) menciona que contenidos de NUL por arriba de 18 mg/dL indican desperdicio de N y puede afectar la reproducción (baja tasa de concepción y bajos índices de preñez). Las concentraciones máximas y mínimas deseables de NUL varían de acuerdo con el criterio de diferentes investigadores. Harris (1995) sugiere niveles máximos

de 18 mg/dL y mínimos de 12 mg/dL, mientras que Roseler *et al.* (1993) sugieren valores de 15 mg/dL para evitar problemas reproductivos.

### ***Rancho anidado en sistema de producción***

Con excepción de la acidez de la leche, el resto de las variables analizadas estuvieron influenciadas ( $P < 0.01$ ) por rancho anidado en sistema de producción. La leche proveniente del rancho “La Mesa”, manejado en pastoreo, presentó el mayor contenido de NUL (22.04 mg/dL) y la mayor CCS (220.61 x 10<sup>3</sup> células/mL), comparada con la leche proveniente del resto de los ranchos anidados en sistemas de producción estudiados (Cuadro 23).

Cuadro 23. Medias de cuadrados mínimos ( $\pm$ EE) para los sistemas de producción y ranchos en las propiedades fisicoquímicas, metabolitos y cuenta de células somáticas en leche de vacas Jersey y Holstein en México.

| Efecto                  | Variable <sup>1</sup>         |                               |                                |                                |                                        |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|
|                         | Densidad<br>(g/mL)            | Acidez<br>(°D)                | NUL<br>(mg/dL)                 | AGL<br>(mmol/10 L<br>de leche) | CCS ( x 10 <sup>3</sup><br>células/mL) |
| <b>Sistema</b>          |                               |                               |                                |                                |                                        |
| Estabulación            | 1.032 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup> | 18.62 $\pm$ 0.25 <sup>a</sup> | 18.97 $\pm$ 0.41 <sup>b</sup>  | 0.76 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>   | 19.45 $\pm$ 23.13 <sup>c</sup>         |
| Mixto                   | 1.030 $\pm$ 0.00 <sup>c</sup> | 18.43 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup> | 18.24 $\pm$ 0.18 <sup>c</sup>  | 1.23 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>   | 121.12 $\pm$ 10.42 <sup>b</sup>        |
| Pastoreo                | 1.031 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup> | 17.99 $\pm$ 0.24 <sup>a</sup> | 19.24 $\pm$ 0.34 <sup>a</sup>  | 0.94 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>   | 169.97 $\pm$ 18.11 <sup>a</sup>        |
| <b>Rancho (Sistema)</b> |                               |                               |                                |                                |                                        |
| Estabulado              |                               |                               |                                |                                |                                        |
| Perseverancia           | 1.033 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup> | 18.29 $\pm$ 0.40 <sup>a</sup> | 18.58 $\pm$ 0.67 <sup>d</sup>  | 0.56 $\pm$ 0.06 <sup>g</sup>   | 43.38 $\pm$ 36.58 <sup>d</sup>         |
| Casa Colorada           | 1.032 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup> | 18.38 $\pm$ 0.33 <sup>a</sup> | 21.33 $\pm$ 0.57 <sup>b</sup>  | 0.67 $\pm$ 0.05 <sup>f</sup>   | 49.24 $\pm$ 32.53 <sup>d</sup>         |
| SANTA FE                | 1.031 $\pm$ 0.00 <sup>c</sup> | 19.15 $\pm$ 0.36 <sup>a</sup> | 17.00 $\pm$ 0.52 <sup>ef</sup> | 1.06 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup>   | 150.96 $\pm$ 29.63 <sup>b</sup>        |
| Mixto                   |                               |                               |                                |                                |                                        |
| Atotonilco              | 1.031 $\pm$ 0.00 <sup>c</sup> | 18.49 $\pm$ 0.16 <sup>a</sup> | 19.69 $\pm$ 0.22 <sup>c</sup>  | 1.25 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>   | 108.80 $\pm$ 12.61 <sup>c</sup>        |
| El Capiro               | 1.030 $\pm$ 0.00 <sup>d</sup> | 18.36 $\pm$ 0.20 <sup>a</sup> | 16.78 $\pm$ 0.30 <sup>f</sup>  | 1.21 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>   | 133.44 $\pm$ 16.57 <sup>b</sup>        |
| Pastoreo                |                               |                               |                                |                                |                                        |
| Chapingo                | 1.031 $\pm$ 0.00 <sup>c</sup> | 17.87 $\pm$ 0.34 <sup>a</sup> | 16.45 $\pm$ 0.35 <sup>g</sup>  | 0.73 $\pm$ 0.04 <sup>e</sup>   | 119.32 $\pm$ 18.01 <sup>c</sup>        |
| La Mesa                 | 1.030 $\pm$ 0.00 <sup>d</sup> | 18.11 $\pm$ 0.38 <sup>a</sup> | 22.04 $\pm$ 0.62 <sup>a</sup>  | 1.15 $\pm$ 0.06 <sup>c</sup>   | 220.61 $\pm$ 34.51 <sup>a</sup>        |

Medias dentro de efecto con distinta literal, son diferentes ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>NUL= Nitrógeno ureico en leche; AGL= Ácidos grasos libres; CCS= Cuenta de células somáticas.

### ***Etapas de lactancia***

El efecto de la etapa de lactancia para el caso de Jersey fue importante ( $P < 0.05$ ) para la concentración de AGL, la crioscopía y la acidez de la leche. En promedio el valor de crioscopía ( $-0.575\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) fue menor (i.e., más alejado de cero) para las muestras de leche de vacas que tenían más de 200 días en lactancia, y más alto para la leche de vacas de 7 a 100 días en lactancia ( $-0.546\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). La acidez ( $19.6\text{ }^{\circ}\text{D}$ ) y la concentración de AGL ( $1\text{ mmol}/10\text{ L}$  de leche) más altas fueron para las muestras de leche de vacas de más de 200 días en lactancia, y las más bajas las de 7 a 100 días en lactancia.

Con excepción de la CCS y la ELCCS, el resto de las variables analizadas estuvieron influenciadas ( $P < 0.01$ ) por la etapa de lactancia, para el caso de las muestras de leche de Holstein. En general, la acidez de leche ( $15.7\text{ }^{\circ}\text{D}$ ), el contenido de NUL ( $19.5\text{ mg/dL}$ ) y la concentración de AGL ( $0.6\text{ mmol}/10\text{ L}$  de leche) más altos, fueron para las muestras de leche de vacas de más de 200 días en lactancia, y los más bajos para las de 7 a 100 días en lactancia.

En un estudio realizado por Taverna (2000), se estimó un efecto significativo de la etapa de lactancia en la concentración de AGL en la leche, que incrementa a medida que avanza la lactancia; además, menciona que los efectos más marcados en la concentración de AGL se producen en los casos donde interactúan los factores de momento de lactancia, la gestación y el nivel de producción de leche. Peña (2002) encontró que a medida que avanza la lactancia incrementa el contenido de NUL en leche.

### ***Número de parto***

El efecto de número de parto para el caso de Jersey sólo influyó ( $P < 0.01$ ) en la acidez de la leche. Así, para el contenido de NUL y la crioscopía de la leche fue importante ( $P < 0.05$ ) la interacción de número de parto con estación de muestreo. El valor más alto de acidez ( $18.6^{\circ}\text{D}$ ) fue para las muestras de leche de vacas de segundo parto y el más bajo para las vacas de primer parto ( $18.1^{\circ}\text{D}$ ).

Con excepción de la acidez de la leche y la concentración de AGL, el resto de las variables analizadas estuvieron influenciadas ( $P < 0.01$ ) por el número de parto, para el caso de las muestras de leche de Holstein. En promedio el valor de crioscopía ( $-0.537^{\circ}\text{C}$ ) fue menor (i.e., más alejado de cero) para las muestras de leche de vacas de un parto, y más alto para la leche de vacas de 4 o más partos. El contenido de NUL más alto ( $20.3\text{ mg/dL}$ ) fue para las muestras de leche de vacas de primer parto y el más bajo ( $18.2\text{ mg/dL}$ ) para leche de vacas de 4 a más partos; mientras que la CCS más alta ( $283 \times 10^3$  células/mL de leche) fue para las muestras de leche de vacas de 4 a más partos y la más baja ( $154 \times 10^3$  células/mL de leche) para la leche de vacas de primer parto. En general, las vacas con mayor número de parto presentaron CCS más elevadas, lo que es similar a lo observado por Barkema *et al.* (1982).

### ***Estación de muestreo***

Con excepción de la densidad de la leche y el contenido de NUL, el resto de las variables estuvieron influenciadas ( $P < 0.05$ ) por la estación del año en que se muestreó la leche de Jersey. La concentración de AGL ( $1.1\text{ mmol/10 L}$  de

leche) y la CCS ( $133 \times 10^3$  células/mL) más altas fueron para las muestras de leche en la estación seca del año (octubre a mayo) y las más bajas en la estación de lluvias (junio a septiembre).

### ***Mes de muestreo***

El efecto de mes del año en que se muestreó la leche de Holstein, al igual que la interacción de primer orden de este efecto con ordeño, afectaron ( $P < 0.05$ ) a todas las variables analizadas. Los valores más altos de acidez ( $15.7^\circ\text{D}$ ), NUL ( $26.2 \text{ mg/dL}$ ), AGL ( $1.3 \text{ mmol/10 L}$  de leche) y CCS ( $458 \times 10^3$  células/mL) fueron para las muestras de leche del mes de octubre, y los más bajos para el mes de septiembre en acidez ( $13.9^\circ\text{D}$ ), julio en NUL ( $16.5 \text{ mg/dL}$ ), diciembre en AGL ( $0.7 \text{ mmol/10 L}$  de leche) y abril en la CCS ( $79 \times 10^3$  células/mL). Finalmente el valor más bajo de crioscopia ( $-0.544^\circ\text{C}$ ) fue para la muestras de leche del mes de enero y el más alto ( $-0.507^\circ\text{C}$ ) para las muestras de octubre; dichas variables varían en los diferentes meses del año dependiendo del horario de ordeño (ver Apéndice 3).

Con respecto al contenido más alto de NUL obtenido en este estudio para las muestras de leche del mes de octubre, no coincide con lo encontrado por Pedraza *et al.* (2006) en un estudio realizado con ganado Holstein; encontrando que el contenido de NUL en leche es mayor en primavera, el cual coincide con lo reportado por Peña (2002). Los resultados observados por dichos autores, los atribuyen a que durante la primavera, las vacas consumieron mayor cantidad de forraje y por ende mayor cantidad de proteína cruda en la dieta. Por el contrario, los resultados obtenidos en la presente investigación, se debieron

posiblemente a que la falta de forraje durante los meses de invierno conlleva a una mayor suplementación energético-proteínica a los animales y por lo tanto, mayor excreción de urea hacia la glándula mamaria.

### **Ordeño**

Con excepción del contenido de NUL y la densidad de la leche, el resto de las variables analizadas estuvieron influenciadas ( $P < 0.05$ ) por ordeño de la vaca, para el caso de Holstein. El valor más alto de acidez ( $15^{\circ}\text{D}$ ) fue para las muestras de leche del ordeño vespertino. Finalmente, los valores más altos de AGL ( $0.6 \text{ mmol}/10 \text{ L}$  de leche) y CCS ( $196 \times 10^3$  células/mL) fueron para las muestras de leche del ordeño matutino, y más bajos para el ordeño vespertino ( $0.5 \text{ mmol}/10 \text{ L}$  de leche y  $191 \times 10^3$  células/mL, respectivamente). Sin embargo, dichas variables varían durante los diferentes meses del año (ver Apéndice 4).

Al respecto, Taverna (2000) observó que no se manifestaban diferencias marcadas en la concentración de AGL en leche del ordeño matutino y vespertino. Además, señala que la aplicación de intervalos entre ordeños desiguales, provoca un leve incremento de la concentración de AGL en la leche obtenida después del intervalo más corto (normalmente asociado al ordeño vespertino). Este efecto se acentúa cuando los intervalos son más amplios y en la leche que presenta un alto potencial lipolítico (fin de lactancia y/o un reducido nivel de producción de leche).

### ***Producción de leche en el día de muestreo***

Para el caso de Jersey, la covariable producción de leche en el día de muestreo afectó ( $P < 0.05$ ) de manera lineal a la crioscopía, densidad y acidez de la leche. En su forma cuadrática fue importante ( $P < 0.05$ ) para el contenido de NUL y la concentración de AGL en leche. Mientras que para el caso de Holstein la covariable producción de leche en el día de muestreo afectó ( $P < 0.01$ ) de manera lineal al contenido de NUL y a la acidez de la leche. En su forma cuadrática fue importante ( $P < 0.05$ ) para la concentración de AGL y la crioscopía de la leche. Así, en su forma cúbica sólo fue importante ( $P < 0.05$ ) para la densidad de la leche.

En la Figura 6 se muestra el efecto de la producción de leche en la densidad de la leche de vacas Jersey y Holstein. Para ambas razas, dicha variable incrementó a medida que aumentó la producción de leche.

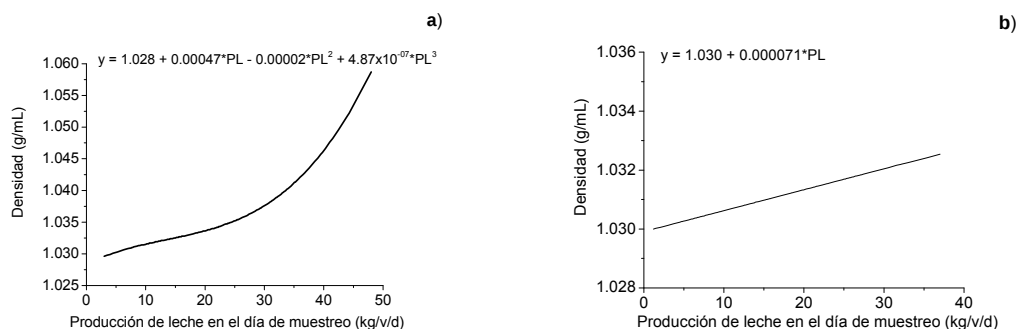


Figura 6. Efecto de la producción de leche en el día de muestreo sobre la densidad de la leche de vacas Jersey (a) y Holstein (b) en México.

En la Figura 7 se muestra el efecto de la producción de leche en la acidez de la leche de vacas Jersey y Holstein. Para ambas razas, dicha variable disminuyó de manera lineal a medida que incrementó la producción de leche.

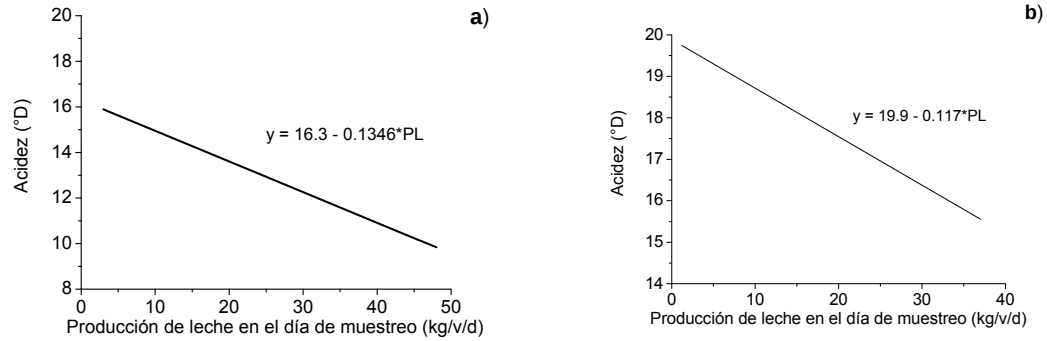


Figura 7. Efecto de la producción de leche en el día de muestreo sobre la acidez de la leche de vacas Jersey (a) y Holstein (b) en México.

En la Figura 8 se muestra el efecto de la producción de leche en el contenido de nitrógeno ureico en leche (NUL) de vacas Jersey y Holstein. Dicha variable incrementó de manera cuadrática en Jersey, mientras que en Holstein el incremento fue lineal a medida que incrementó la producción de leche.

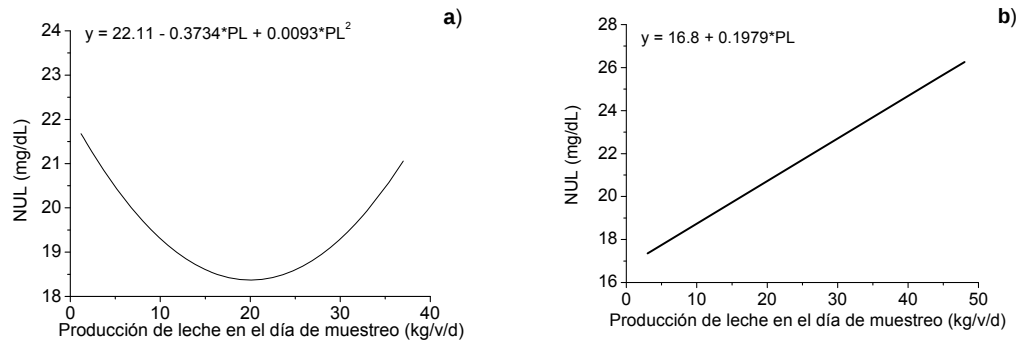


Figura 8. Efecto de la producción de leche en el día de muestreo sobre el contenido de nitrógeno ureico en leche de vacas Jersey (a) y Holstein (b) en México.

En la Figura 9 se muestra el efecto de la producción de leche en la concentración de ácidos grasos libres (AGL) en leche de vacas Jersey y Holstein. Dicha variable tuvo una tendencia cuadrática negativa en Jersey,

mientras que en Holstein la tendencia fue cuadrática positiva a medida que incrementó la producción de leche. Al respecto, Taverna (2000) menciona que a menor producción de leche, mayor es la concentración de AGL.

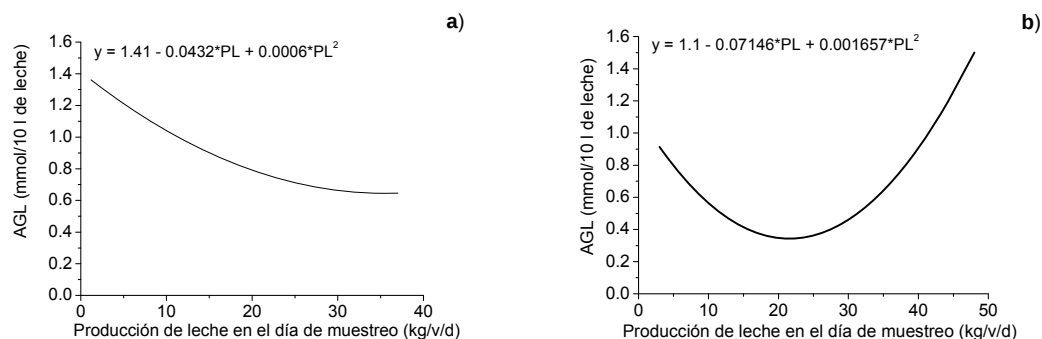


Figura 9. Efecto de la producción de leche en el día de muestreo sobre la concentración de ácidos grasos libres (AGL) en leche de vacas Jersey (a) y Holstein (b) en México.

### Producción de leche y de componentes de la leche

El efecto de algunos factores ambientales y la covariable escala lineal de la cuenta de células somáticas (ELCCS), en la producción de leche, y en la cantidad de grasa, proteína, lactosa, sólidos totales (ST), sólidos no grasos (SNG) y caseína en el día de muestreo, se discuten a continuación.

#### **Factores ambientales**

Para el caso de Jersey el efecto de sistema de producción, rancho anidado en sistema de producción, etapa de lactancia, número de parto, la interacción de sistema de producción con etapa de lactancia, así como la interacción de sistema de producción con estación de muestreo y la interacción de etapa de lactancia con número de parto, fueron importantes ( $P < 0.05$ ) en todas las variables analizadas. Todas las variables de cantidad de componentes

analizadas fueron superiores para el sistema de producción en estabulación y en general, más bajos en pastoreo (Cuadro 24). La superioridad de los componentes de la leche de vacas en confinamiento total se debió a la mayor cantidad de leche producida por dichas vacas. Finalmente, todas las variables analizadas fueron más altas para el rancho “La Perseverancia” el cual es manejado en sistema de estabulación, y los más bajos para el rancho “La Mesa”, manejado en pastoreo (Cuadro 24).

Cuadro 24. Medias de cuadrados mínimos ( $\pm$ EE) para los sistemas de producción y ranchos en la producción de leche y de componentes en el día de muestreo de vacas Jersey y Holstein en México.

| Efecto                  | Variable <sup>1</sup> (kg/vaca/día) |                                |                               |                             |                              |                               |                               |
|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                         | Grasa                               | Proteína                       | Lactosa                       | ST                          | SNG                          | Caseína                       | Leche                         |
| <b>Sistema</b>          |                                     |                                |                               |                             |                              |                               |                               |
| Estabulación            | 0.588 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>       | 0.577 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>  | 0.710 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup> | 2.0 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup> | 1.4 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>  | 0.454 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>  | 15.2 $\pm$ 0.47 <sup>a</sup>  |
| Mixto                   | 0.560 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>       | 0.442 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>  | 0.566 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup> | 1.7 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup> | 1.1 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>  | 0.349 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup> | 12.5 $\pm$ 0.25 <sup>b</sup>  |
| Pastoreo                | 0.496 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>       | 0.420 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup>  | 0.518 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup> | 1.6 $\pm$ 0.07 <sup>c</sup> | 1.1 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>  | 0.332 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup> | 12.1 $\pm$ 0.54 <sup>b</sup>  |
| <b>Rancho (sistema)</b> |                                     |                                |                               |                             |                              |                               |                               |
| Estabulado              |                                     |                                |                               |                             |                              |                               |                               |
| Perseverancia           | 0.773 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>       | 0.770 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>  | 0.931 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup> | 2.7 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup> | 1.*9 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup> | 0.610 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup> | 19.4 $\pm$ 0.74 <sup>a</sup>  |
| Casa Colorada           | 0.451 $\pm$ 0.03 <sup>cd</sup>      | 0.489 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>  | 0.632 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup> | 1.7 $\pm$ 0.09 <sup>c</sup> | 1.3 $\pm$ 0.06 <sup>bc</sup> | 0.384 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup> | 13.3 $\pm$ 0.64 <sup>bc</sup> |
| Santa fe                | 0.540 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup>       | 0.472 $\pm$ 0.02 <sup>bc</sup> | 0.567 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup> | 1.7 $\pm$ 0.09 <sup>c</sup> | 1.2 $\pm$ 0.06 <sup>cd</sup> | 0.367 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup> | 12.9 $\pm$ 0.72 <sup>c</sup>  |
| Mixto                   |                                     |                                |                               |                             |                              |                               |                               |
| Atotonilco              | 0.610 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>       | 0.493 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>  | 0.651 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup> | 1.9 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup> | 1.3 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>  | 0.391 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup> | 14.2 $\pm$ 0.32 <sup>b</sup>  |
| El Capiro               | 0.510 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup>       | 0.390 $\pm$ 0.01 <sup>d</sup>  | 0.480 $\pm$ 0.02 <sup>d</sup> | 1.5 $\pm$ 0.05 <sup>d</sup> | 1.0 $\pm$ 0.04 <sup>de</sup> | 0.307 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup> | 10.9 $\pm$ 0.38 <sup>d</sup>  |
| Pastoreo                |                                     |                                |                               |                             |                              |                               |                               |
| Chapingo                | 0.568 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup>       | 0.454 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup>  | 0.558 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup> | 1.7 $\pm$ 0.09 <sup>c</sup> | 1.1 $\pm$ 0.07 <sup>de</sup> | 0.371 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup> | 12.7 $\pm$ 0.76 <sup>c</sup>  |
| La Mesa                 | 0.425 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup>       | 0.386 $\pm$ 0.03 <sup>d</sup>  | 0.478 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup> | 1.4 $\pm$ 0.11 <sup>e</sup> | 1.0 $\pm$ 0.08 <sup>e</sup>  | 0.294 $\pm$ 0.02 <sup>d</sup> | 11.5 $\pm$ 0.78 <sup>d</sup>  |

Medias dentro de efecto con distinta literal, son diferentes ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>ST= Sólidos totales; SNG= Sólidos no grasos

Con respecto a Holstein, la etapa de lactancia, el número de parto, el mes de muestreo de la leche, así como la interacción etapa de lactancia por número de parto fueron importantes ( $P < 0.01$ ) para todas las variables analizadas.

### ***Escala lineal de la cuenta de células somáticas en el día de muestreo***

El incremento en la cuenta de células somáticas (CCS) en la leche de Jersey sólo afectó ( $P < 0.05$ ) de manera lineal a la producción de leche; mientras que para el caso de Holstein el incremento de la CCS en la leche afectó ( $P < 0.05$ ) de forma cuadrática a todas las variables analizadas. Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con lo reportado por Pedraza *et al.* (2000).

La Figura 10 muestra el efecto de la cuenta de células somáticas en su escala lineal (ELCCS) en la producción de leche de vacas Holstein y Jersey. Al incrementar la cuenta de células somáticas (CCS), la producción de leche disminuyó de manera lineal en Jersey (Figura 10b), lo que indica que esta raza es más sensible a las infecciones de la glándula mamaria. Para el caso de Holstein, la ELCCS afectó ( $P < 0.01$ ) de manera cuadrática a la producción de leche (Figura 10a), primero aumentó hasta alcanzar la máxima producción de 24.3 kg/vaca/día a una ELCCS de 4, equivalente a una CCS de entre  $141 \times 10^3$  células/mL de leche y después de ese punto comenzó a disminuir. Lo anterior indica que es necesario que la vaca Holstein alcance una inmunidad con respecto a la infección de la glándula mamaria para que la producción de leche no se vea afectada. Al respecto, Kitchen (1981) menciona que una alta CCS disminuye la producción de leche y altera su composición, debido a que se reduce la capacidad de síntesis del tejido secretor, y a que la magnitud de los cambios en la composición de la leche dependen de la severidad del daño causado a las células secretoras de leche y al arreglo de los capilares sanguíneos que irrigan el alvéolo.

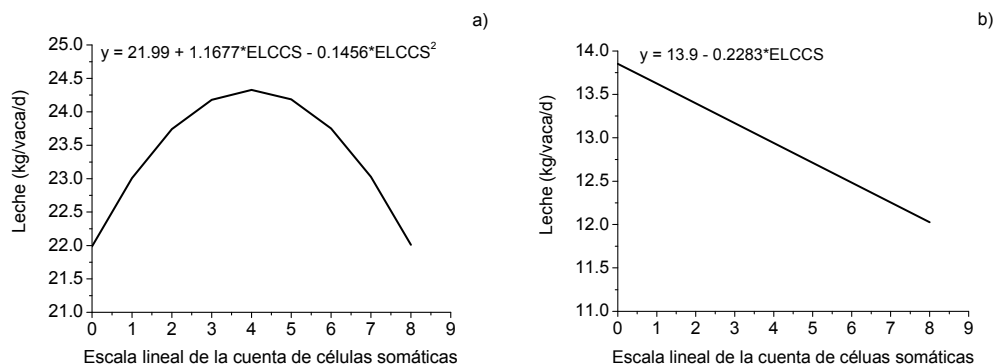


Figura 10. Efecto de la escala lineal de la cuenta de células somáticas (ELCCS) en el día de muestreo sobre la producción diaria de leche de ganado Holstein (a) y Jersey (b) en México.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo publicado por Dobbins (1997), quien mostró que con una elevada cuenta de células somáticas disminuyó la producción de leche y por consiguiente aumentaron las pérdidas económicas. Fetrow y Debora (1991) mencionan que las pérdidas económicas no sólo se ocasionan por la menor producción de leche debido a la alta CCS, sino también por el castigo en el precio que recibe el productor al vender leche de mala calidad, y por el costo extra en que se incurre debido al tratamiento de vacas enfermas.

En la Figura 11 se muestra el efecto de la CCS en la cantidad de grasa y proteína de la leche en el día de muestreo de vacas Holstein. El incremento de la CCS afectó de manera cuadrática ambas variables, lo que concuerda con lo reportado por Eberhart (1987), quien estimó una disminución en la producción de grasa y proteína al incrementarse la CCS. En el presente estudio se encontró la máxima producción de grasa de 0.684 kg/vaca/día a una ELCCS de 3, equivalente a una CCS de  $71 \times 10^3$  células/mL de leche y después de ese

punto comenzó a disminuir; mientras que la máxima producción de proteína (0.752 kg/vaca/día) se alcanzó a una ELCCS de 4.4, equivalente a una CCS de  $198 \times 10^3$  células/mL de leche.

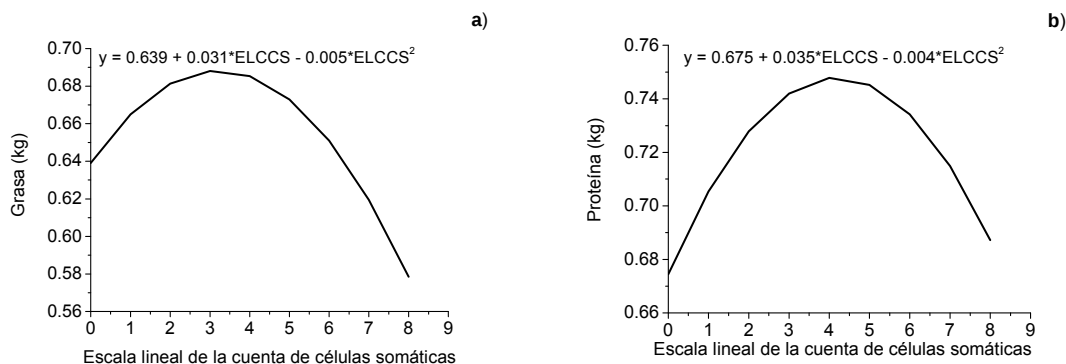


Figura 11. Efecto de la escala lineal de la cuenta de células somáticas (ELCCS) en el día de muestreo sobre la producción de grasa (a) y proteína (b) de vacas Holstein en México.

Kitchen (1981) menciona que el contenido de grasa y proteína en la leche disminuyen como resultado de una infección en la glándula mamaria. Sin embargo, los tipos de proteínas que aparecen en la leche como la  $\alpha$ -caseína,  $\beta$ -caseína,  $\alpha$ -lactoalbúmina y  $\beta$ -lactoalbúmina muestran cambios mayores (disminución), debido a cambios en la permeabilidad vascular causados por una alta CCS, mientras que las proteínas de la sangre como seroalbúmina e inmunoglobulinas se incrementan.

En la Figura 12 se muestra el efecto de la CCS en la cantidad de SNG y ST en la leche en el día de muestreo de Holstein. El incremento en la ELCCS por encima de 4.1, equivalente a una CCS de  $155 \times 10^3$  células/mL de leche provocó una disminución en la producción de SNG en leche, alcanzando la

máxima producción de 2.083 kg/vaca/día; mientras que la máxima producción de ST (2.8 kg/vaca/día), se observó a una ELCCS de 3.8, equivalente a una CCS de  $127 \times 10^3$  células/mL de leche y después de este punto comenzó a disminuir. Lo anterior concuerda con los resultados publicados por Harris y Bachman (1988), y Eberhart (1987).

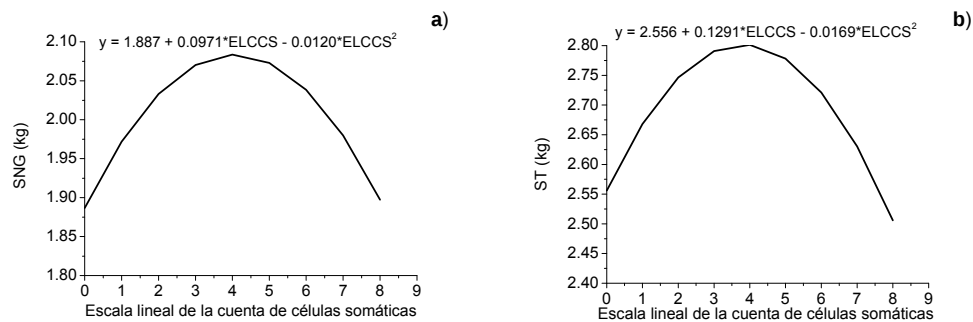


Figura 12. Efecto de la escala lineal de la cuenta de células somáticas (ELCCS) en el día de muestreo sobre la producción de sólidos no grasos (SNG) (a) y sólidos totales (ST) (b) de vacas Holstein en México.

En la Figura 13 se muestra el efecto de la CCS en la cantidad de lactosa y caseína de la leche en el día de muestreo de Holstein. La ELCCS tuvo un efecto cuadrático en dichos componentes. Al respecto, Harris y Bachman (1988) mencionan que la disminución de la capacidad sintética del sistema enzimático de las células secretoras provoca una disminución en la biosíntesis de la lactosa. En el presente estudio se encontró que una ELCCS por encima de 3.9, equivalente a una CCS de  $134 \times 10^3$  células/mL de leche, provocó una disminución en la producción de lactosa y la máxima producción fue de 1.118 kg/vaca/día; mientras que una ELCCS por encima de 4.1 provocó una

disminución en la producción de caseína, alcanzando la máxima producción de 0.594 kg/vaca/día a una CCS de  $155 \times 10^3$  células/mL de leche.

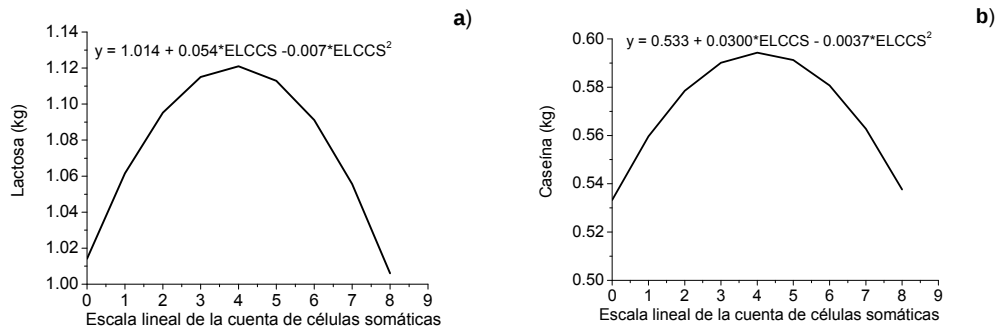


Figura 13. Efecto de la escala lineal de la cuenta de células somáticas (ELCCS) en el día de muestreo sobre la producción de lactosa (a) y caseína (b) de vacas Holstein en México.

Kitchen (1981) menciona que la reducción en la producción de lactosa se debe a que hay menos glucosa disponible para la glándula mamaria, debido a que disminuye el consumo de alimento por el estrés de la infección, lo que provoca una reducción del flujo sanguíneo.

## Índice de constancia

Cuando una característica puede ser medida más de una vez en diferentes tiempos en el mismo animal, como es el caso de la producción de leche y sus componentes, es posible obtener la correlación promedio entre registros de producción de la misma vaca; dicha correlación se conoce como repetibilidad o índice de constancia. El estimador de la repetibilidad, para las diferentes variables, puede utilizarse para seleccionar vacas del hato, para una mejor producción y composición de la leche en subsiguientes lactancias. Cuando la

repetibilidad para una característica deseada es alta, se puede hacer selección desde la primera lactancia (Ochoa, 1991).

En el Cuadro 25 se muestran los estimadores de repetibilidad para las variables estudiadas. Con excepción de la producción de leche en el día de muestreo, el valor del índice de constancia en el resto de las variables analizadas fue superior para Holstein que para Jersey.

Los valores de índice de constancia para producción diaria de leche obtenidos para Jersey y Holstein en este estudio (0.48 y 0.39, respectivamente) fueron inferiores a los reportados por otros autores (Suzuki y Van Vleck, 1993; Van Tassell *et al.*, 1999; Stoop *et al.*, 2007).

Cuadro 25. Estimadores de componentes de varianza y del índice de constancia ( $\hat{r}$ ) para variables de composición de la leche, producción diaria de leche y sus componentes, propiedades fisicoquímicas, metabolitos y cuenta de células somáticas de bovinos Jersey y Holstein en México.

| Variable <sup>1</sup>                                                     | Jersey                 |          |                  | Holstein               |          |                  |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------|------------------|------------------------|----------|------------------|
|                                                                           | Componente de varianza |          | $\hat{r} \pm EE$ | Componente de varianza |          | $\hat{r} \pm EE$ |
|                                                                           | Vaca                   | Residual |                  | Vaca                   | Residual |                  |
| <b>Composición de la leche (%)</b>                                        |                        |          |                  |                        |          |                  |
| Grasa                                                                     | 0.0280                 | 0.9553   | 0.03±0.003       | 0.1648                 | 0.6555   | 0.20±0.018       |
| Proteína                                                                  | 0.0277                 | 0.0749   | 0.27±0.019       | 0.0543                 | 0.0474   | 0.53±0.028       |
| Lactosa                                                                   | 0.0206                 | 0.0473   | 0.30±0.021       | 0.0246                 | 0.0204   | 0.55±0.028       |
| Sólidos totales                                                           | 0.0667                 | 1.3580   | 0.05±0.004       | 0.3654                 | 0.7029   | 0.34±0.025       |
| Sólidos no grasos                                                         | 0.0618                 | 0.1433   | 0.30±0.021       | 0.1120                 | 0.0854   | 0.57±0.027       |
| Caseína                                                                   | 0.0212                 | 0.0485   | 0.30±0.021       | 0.0417                 | 0.0291   | 0.59±0.027       |
| Índice de caseína                                                         | 0.0002                 | 0.0005   | 0.28±0.020       | 0.0003                 | 0.0002   | 0.55±0.028       |
| <b>Producción diaria de leche y componentes de la leche (kg/vaca/día)</b> |                        |          |                  |                        |          |                  |
| Leche                                                                     | 10.0105                | 10.8312  | 0.48±0.021       | 16.7718                | 26.7808  | 0.39±0.027       |
| Grasa                                                                     | 0.0089                 | 0.0402   | 0.18±0.015       | 0.0174                 | 0.0312   | 0.36±0.026       |
| Proteína                                                                  | 0.0078                 | 0.0179   | 0.30±0.021       | 0.0153                 | 0.0239   | 0.39±0.027       |
| Lactosa                                                                   | 0.0157                 | 0.0328   | 0.32±0.022       | 0.0373                 | 0.0612   | 0.38±0.027       |
| Sólidos totales                                                           | 0.1073                 | 0.2719   | 0.28±0.020       | 0.2210                 | 0.3226   | 0.41±0.028       |
| Sólidos no grasos                                                         | 0.0559                 | 0.1217   | 0.31±0.021       | 0.1223                 | 0.1957   | 0.38±0.027       |
| Caseína                                                                   | 0.0054                 | 0.0114   | 0.32±0.021       | 0.0102                 | 0.0153   | 0.40±0.028       |

**Propiedades fisicoquímicas de la leche**

|                                    |          |          |            |          |          |            |
|------------------------------------|----------|----------|------------|----------|----------|------------|
| Acidez (°D)                        | 1.8770   | 3.8116   | 0.33±0.022 | 2.2733   | 2.3514   | 0.49±0.028 |
| Densidad (g/mL)                    | 5.67E-07 | 3.21E-06 | 0.15±0.013 | 1.24E-06 | 2.16E-06 | 0.36±0.026 |
| Crioscopía (°C)                    | 0.0003   | 0.0009   | 0.22±0.017 | 0.0005   | 0.0004   | 0.58±0.027 |
| <b>Metabolitos en leche</b>        |          |          |            |          |          |            |
| AGL (mmol/10 l de leche)           | 0.0089   | 0.1056   | 0.08±0.007 | 0.0129   | 0.0532   | 0.19±0.017 |
| NUL (mg/dL)                        | 0.0000   | 13.4765  | 0.00±0.000 | 4.1353   | 5.8851   | 0.41±0.027 |
| Ácido cítrico (%)                  | 0.0004   | 0.0005   | 0.45±0.024 | 0.0006   | 0.0004   | 0.63±0.026 |
| <b>Cuenta de células somáticas</b> |          |          |            |          |          |            |
| CCS (Células/mL)                   | 0.0000   | 4.37E10  | 0.00±0.000 | 7.69E+09 | 9.99E+10 | 0.07±0.007 |
| ELCCS                              | 0.0349   | 1.4385   | 0.02±0.002 | 0.0895   | 2.47E+00 | 0.03±0.004 |

<sup>1</sup>Índice de caseína= Caseína (%) / Proteína (%); AGL= Ácidos grasos libres; NUL= Nitrógeno ureico en leche; CCS= Cuenta de células somáticas; ELCCS= Escala lineal de la cuenta de células somáticas; °D = Grados Dornic.

La repetibilidad estimada en el presente estudio para composición de la leche de Jersey fue desde 0.03 (grasa) hasta 0.30 (lactosa, SNG y caseína); mientras que para Holstein fue desde 0.20 (grasa) hasta 0.59 (caseína). Ochoa (1991) estimó valores de repetibilidad superiores a los del presente estudio, para la producción diaria de leche (0.53), porcentajes de grasa (0.76), proteína (0.61), SNG (0.60) y ST (0.75), así como para la producción diaria de grasa (0.49), proteína (0.55), SNG (0.50) y ST (0.49), en la leche de ganado Holstein.

En un estudio realizado por Valle y de Amorín (1981) con ganado Holstein, encontraron valores de repetibilidad para producción de leche y grasa de 0.29 ±0.1 y 0.30±0.1, respectivamente. Uribe y Smulders (2004) reportaron valores de repetibilidad para producción de leche y grasa, y porcentaje de grasa y proteína de 0.50, 0.46, 0.56 y 0.59, respectivamente. Stoop *et al.* (2007) obtuvieron valores de repetibilidad para los porcentajes de grasa (0.68), proteína (0.85) y lactosa (0.72), así como para la producción diaria de grasa (0.69), proteína (0.79) y lactosa (0.83) en la leche de ganado Holstein.

Los estimadores de repetibilidad para caseína e índice de caseína fueron intermedios para el caso de Jersey (alrededor de 0.30), mientras que para Holstein fueron más altos (alrededor de 0.57). En la literatura revisada no se encontraron valores de referencia para compararlos con los resultados del presente estudio, para estas dos características.

Para las propiedades fisicoquímicas de la leche como la densidad, acidez y crioscopía, se obtuvieron valores de intermedios a bajos para el índice de constancia en Jersey (0.33, 0.15 y 0.22, respectivamente), mientras que para Holstein fueron mayores (0.49, 0.39 y 0.58, respectivamente). En la literatura revisada no se encontraron valores de referencia para compararlos con los resultados del presente estudio, para estas características.

Los estimadores de repetibilidad para la concentración de AGL, ácido cítrico y el contenido de NUL en leche obtenidos en el presente estudio fueron generalmente bajos (0.08, 0.00 y 0.45, respectivamente) para el caso de Jersey, mientras que para Holstein fueron mayores (0.19, 0.41 y 0.63, respectivamente). Stoop *et al.* (2007) reportaron un estimador de repetibilidad para el contenido de NUL en leche de 0.43, el cual similar al estimado en la leche de Jersey en el presente estudio. Soyeurt *et al.* (2006) obtuvieron un valor promedio de índice de constancia de 0.50 para la concentración de AGL en leche.

Para la cuenta de células somáticas en la leche y la ELCCS, en el presente estudio se obtuvieron valores bajos para el índice de constancia, tanto en Jersey (0.0 y 0.02, respectivamente) como en Holstein (0.07 y 0.03,

respectivamente). Estos valores están muy por debajo del 0.74 reportado por Stoop *et al.* (2007) para el índice de constancia de la CCS en leche de ganado Holstein.

## **CONCLUSIONES**

El sistema de producción, el rancho anidado en sistema de producción, la etapa de lactancia, el número de parto y la estación de muestreo afectaron a la concentración de componentes, propiedades fisicoquímicas, metabolitos y cuenta de células somáticas; así como la producción de componentes de la leche de vacas Jersey en México. Las concentraciones de grasa, proteína, caseína y ácido cítrico disminuyeron linealmente a medida que se incrementó la producción de leche en el día de muestreo. Lo contrario ocurrió con la crioscopia, densidad y acidez. La producción de leche en el día de muestreo disminuyó linealmente a medida que se incrementó la escala lineal de la cuenta de células somáticas. En general, la leche de vacas Jersey manejadas en pastoreo presentó las concentraciones más altas de grasa, sólidos no grasos, sólidos totales y caseína.

La etapa de lactancia, el número de parto, el mes de muestreo y el ordeño afectaron la concentración de componentes, propiedades fisicoquímicas, metabolitos y cuenta de células somáticas; así como la producción de

componentes de la leche de vacas Holstein. Las concentraciones de grasa, proteína, caseína, sólidos totales y sólidos no grasos, presentaron una tendencia cuadrática negativa a medida que se incrementó la producción de leche en el día de muestreo. Lo contrario ocurrió con la lactosa. La producción de leche y de componentes presentó un comportamiento cuadrático a medida que incrementó la escala lineal de la cuenta de células somáticas, alcanzando máximos de producción a una escala lineal de la cuenta de células somáticas de 4.0, 3.0, 4.4, 3.9, 3.8, 4.1, 4.1; para leche, grasa, proteína, lactosa, sólidos totales, sólidos no grasos y caseína, respectivamente.

Con excepción de la producción de leche en el día de muestreo, el valor del índice de constancia en el resto de las variables analizadas fue superior para Holstein que para Jersey. Los estimadores de índice de constancia obtenidos en este estudio para las variables evaluadas pueden utilizarse para el cálculo de las capacidades probables de producción de las vacas, con el fin de identificar las mejores de acuerdo con la característica de interés.

## **LITERATURA CITADA**

- Acosta, L. O. 2006. Calidad de leche y cuenta de células somáticas de vacas lecheras en confinamiento o en pastoreo. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 98 p.
- Alais, C. 1997. Ciencia de la Leche y Principios de Técnica Lechera. Décima primera reimpresión. Editorial CECSA. México D.F. 594 p.
- Barkema, H. W., Y. H. Schukken, T. L. G. M. Lam, M. L. Beiboer, G. Benedictus, and A. Brand. 1999. Management practices associate with the incidence rate of clinical mastitis. J. Dairy Sci. 82: 1643-1654.
- Becker, W. A. 1984. Manual of Quantitative Genetics. Fourth Edition. Washington State University. Published by Academic Enterprises. Pullman, Washington. 190 p.
- Dobbins, C. N. 1997. Mastitis losses. J. Am. Vet. Med. Assoc. 170: 1129-1137.
- Eberhart, R. J. 1987. Current Concepts of Bovine Mastitis. Extension Dairy Specialist. North Dakota State University. Extension Service. 12 p.

- Fetrow, J., and M. Debora. 1991. Production losses from mastitis: Carry-over from the previous lactation. *J. Dairy Sci.* 74: 833-839.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Kopenn. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Harris, B., and K. C. Bachman. 1988. Nutritional and Management Factors Affecting Solids Non Fat, Acidity and Freezing Point Milk. Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 10 p.
- Harris, B. Jr. 1995. MUN and BUN values can be valuable management tools. *Feedstuffs* 67(42): 14-20.
- Hazard, T.S. 1997. Variación de la composición de la leche. *In*: Curso-taller "Calidad de leche e interpretación de resultados de laboratorio". Temuco, Chile. 7 de Noviembre. Serie Carillanca N° 62. pp: 33-44.
- Hodgson, R. E. y E. O. Reed. 1966. La Industria Lechera en América. Editorial Pax-México. 368 p.
- Judkins, H. F. y A. Keener H. 1977. La Leche: su Producción y Procesos Industriales. Editorial Continental, S.A. México. 495 p.
- Kitchen, J. B. 1981. Review of progress of dairy science: bovine mastitis: milk compositional changes and related diagnostic tests. *J. Dairy Res.* 48: 167-188.
- Lee, J. K., P. M. Van Raden, H. D. Norman, G. R. Wiggans, and T. R. Meinert. 1997. Relationship of yield during early lactation and days open during current lactation with 305 d yield. *J. Dairy Sci.* 83: 1635-1647.
- Lopez-Villalobos, N., D. Garrick, D. Blair, and C. Colmes. 2000. Possible effects of 25 years of selection and crossbreeding on the genetic merit and Productivity of New Zealand Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 83: 154-163.
- Luquet, F. M., Y. Bonjean-Linczowski, J. Keilling y R. De Wilde. 1991. Leche y Productos Lácteos. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. 390 p.

- Morales, S. M. S. 1999. Factores que afectan la composición de la leche. *Tecno. Vet.* Año 5 No. 1, Marzo. 5 p.
- Ochoa, G. P. 1991. Mejoramiento genético del ganado bovino productor de leche. *Ciencia Veterinaria, México.* 5: 67-88.
- Pedraza, G. C., A. Mansilla M., P. Fajardo R. y H. Agüero E. 2000. Cambios en la producción y composición láctea por efecto del incremento de células somáticas en leche de vacas. *Agricultura Técnica.* 60(3): 251-258.
- Pedraza, G. C., A. Mansilla M., F. Merucci D., P. Pinedo y H. Contreras, C. 2006. Niveles de urea láctea en vacas de la región del Bío-Bío, Chile. *Agricultura Técnica.* 66(3): 264-270
- Peña, C. F. 2002. Importancia del nitrógeno ureico de la leche como índice para evaluar la eficiencia productiva y reproductiva de las vacas lecheras. *Revista Acovez.* Volumen 27 N° 1 Edición 90. 9 p.
- Roche, J. R. 2003. Effect of pregnancy on milk production and bodyweight from identical twin study. *J. Dairy Sci.* 86: 777-783.
- Roseler, D. K., J. D. Fergusson, C. J. Sniffen, and J. Herrema. 1993. Dietary protein degradability effects on plasma and urea nitrogen and milk non-protein nitrogen in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 76: 525- 534.
- Ruegg, L. P. 2001. Calidad de leche y manejo sanitario de la vaca seca. University of Wisconsin, Madison. 7 p.
- SAS. 2001. S.A.S. User's guide: Statistics 8th ed. SAS institute Inc., Cary, N.C. USA.
- Soyeurt, H., P. Dardenne, A. Gillon, C. Croquet, S. Vanderick, P. Mayeres, C. Bertozzi, and N. Gengler. 2006. Variation in fatty acid contents of milk and milk fat within and across breeds. *J. Dairy Sci.* 89: 4858–4865.
- Stoop, W. M., H. Bovenhuis, and van Arendonk. 2007. Genetic parameters for milk urea nitrogen in relation to milk production traits. *J. Dairy Sci.* 90: 1981–1986

- Suzuki, M., and L. D. Van Vleck. 1993. Heritability and repeatability for milk production traits of Japanese Holsteins from an animal model. *J. Dairy Sci.* 77: 583-588.
- Taverna, M. 2000. Calidad de leche: El gusto rancio de la leche. *Infortambo*.134: 1-7.
- Thompson, D. I., and D. S. Postle. 1964. The Wisconsin mastitis test: an indirect estimation of leukocytes in milk. *J. of Milk and Food Tech.* 27: 271-275.
- Uribe H. A. y J. P. Smulders. 2004. Estimación de parámetros y tendencias fenotípicas, ambientales y genéticas para características de producción de leche en bovinos overos colorados. *Arch. Med. Vet.* 36(2): 137-146.
- Valle, A. y A. de Amorín R. 1981. Parámetros genéticos de la producción de leche, grasa y edad al primer parto en vacas Holstein durante tres generaciones. *Agronomía Tropical*. 30(1-6): 115-124.
- Van Tassell, C. P., G. R. Wiggans, and H. D. Norman. 1999. Method R estimates of heritability for milk, fat, and protein yields of United States dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 82: 2231-2237.
- White, S. L., G. A. Benson, S. P. Washburn, and J. T. Green. 2002. Milk production and economic measures in confinement or pasture systems using seasonally calved Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 85: 95-104.

# APÉNDICE 1

/\*ESTOS PROGRAMAS ANALIZAN LA INFORMACIÓN DE CALIDAD DE LA LECHE DEL TRABAJO EXPERIMENTAL DE TERESA CASTILLO MARTÍNEZ. EL ARCHIVO: "D:\Estudiantes de posgrado\Tere\DATOS PARA TESIS\JERSEY\

DATOS DE JERSEY PARA ANALISIS (TERE).xls" SE IMPORTA COMO WORK.jersey. EL INPUT DEL ARCHIVO DE DATOS ES EL SIGUIENTE:

```
Rancho Raza Sistema Vaca Padre FechaParto ANIODEPARTO MESDEPARTO
ESTACIONDEPARTO FechaMuestreo FechaAncla FechaJuliana Trimestre Anio
Mes MesNumero EstacionMuestreo ESTACION DEL DELCLASS NPARTO Ordenio
NombosOrdenios Plamypm Pltotalamypm Pltotal Repet Producto Urea NUL
NULProm Caseina CaseinaProm Grasa GrasaProm Proteina ProtProm Lactosa
LactosaProm TS STProm SNG SNGProm Acido Citrico Ac CitricoProm FPD
Crioscopia FPDPromedio Density Densidad DensidadProm FFA FFAProm Acidez
AcidezSHProm Fecha Hora PropCasProt PropCas_ProtProm AcidezD AcidezDPromWMT CCS
ELCCS CCSProm ELCCSProm Caseinakg CaseinakgTot Grasakg GrasakgTot
Proteinakg ProteinakgTot Lactosakg LactosakgTot TSkG TSkGTot SNGkg SNGkgTot
*/
```

/\*ARCHIVO IMPORTADOR DE INFORMACION TESIS DE TERE\*/

**PROC IMPORT** OUT=WORK.JERSEY

DATAFILE= "D:\Estudiantes de posgrado\Tere\DATOS PARA TESIS\JERSEY\  
DATOS DE JERSEY PARA ANALISIS (TERE).xls"

DBMS=EXCEL REPLACE;

SHEET="DatosJersey\$";

GETNAMES=YES;

MIXED=NO;

SCANTEXT=YES;

USEDATE=YES;

SCANTIME=YES;

**RUN;**

Title 'Estadisticos descriptivos generales para Leche de JERSEY Tesis Teresa Castillo';

Options LS=256 ps=5000 nocenter nodate;

**Data** NuevoJE; set work.Jersey;

if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;

if NPARTO = . then delete;

if DEL > 600 then delete;

if DEL LE 6 then delete;

if Pltotalamypm GE 40 then Delete;

if Urea LE 0 then Urea=.;

if Urea GE 0.07 then Urea=.;

If NULProm LE 0 then NULProm=.;

If NULProm GE 35 then NULProm=.;

if FFAProm < 0 then FFAProm=.;

if FFAProm >= 2.7 then FFAProm =.;

if STProm >= 20 then STProm =.;

if SNGProm <= 6.9 then SNGProm =.;

if ProtProm >= 5 then ProtProm =.;

if CaseinaProm >= 4 then CaseinaProm =.;

If PropCas ProtProm <= 0.6 then PropCas ProtProm=.;

If LactosaProm <=3.0 then LactosaProm=.;

if DensidadProm <= 1.020 then DensidadProm =.;

if Ac CitricoProm > 0.3 then Ac CitricoProm =.;

if AcidezSHProm >= 13 then AcidezSHProm =.;

if AcidezDProm >= 30 then AcidezDProm =.;

**run;quit;**

Title 'Medias para variables de porcentaje con dos decimales JERSEY';

Options LS=256 ps=5000 nocenter nodate;

**Proc means** data=NuevoJE n min max mean std cv maxdec=2;

CLASS SISTEMA;

```
Var DEL NULProm CaseinaProm GrasaProm ProtProm LactosaProm STProm
SNGProm Ac_CitricoProm FFAProm PropCas_ProtProm AcidezDProm CCSProm
ELCCSProm;
```

**Run;quit;**

Title 'Medias para variables de porcentaje con cuatro decimales JERSEY';

**Proc means** data=NuevoJE n min max mean std cv maxdec=4;

CLASS SISTEMA;

```
Var FPDPromedio DensidadProm;
```

```

Run;quit;
Title 'Programa para obtener estadisticos descriptivos de produccion total de
componentes JERSEY';
Proc means data=WORK.JERSEY n min max mean std cv maxdec=3;
CLASS SISTEMA;
Var CaseinakgTot   GrasakgTot   ProteinakgTot LactosakgTot TSkgTot       SNGkgTot
      Pltotalamypm;
Run;quit;

/*ARCHIVO PARA COMPONENTES DE LA LECHE DE VACAS JERSEY*/
Title 'MIXED ARCHIVO MAESTRO para componentes de Leche de JERSEY Tesis de
Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data CualquieraData; set work.JERSEY;
PltotalamypmQ=(Pltotalamypm)**2;
PltotalamypmC=(Pltotalamypm)**3;
  if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
  if NPARTO = . then delete;
  if DEL > 600 then delete;
  if DEL LE 6 then delete;
  if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
Run;quit;
Title 'MIXED ARCHIVO MAESTRO Leche de Jersey Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Proc MIXED data=CualquieraData Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;
Model Variable = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion
      Sistema*DELCLASS Sistema*NPARTO Sistema*Estacion
      DELCLASS*NPARTO DELCLASS*Estacion NPARTO*Estacion
      Pltotalamypm PltotalamypmQ PltotalamypmC
      /DDFM=satterth S;
*Lsmeans /pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS: */
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=CualquieraData noprint;
Class Vaca;
Var Variable;
Output out=cualquiera mean=Mediacualquiera n=Nobscualquiera;
Proc print data=cualquiera;
Run;quit;

Title 'MIXED para NULProm Leche de JERSEY Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data MUN; set work.JERSEY;
PltotalamypmQ=(Pltotalamypm)**2;
PltotalamypmC=(Pltotalamypm)**3;
  if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
  if NPARTO = . then delete;
  if DEL > 600 then delete;
  if DEL LE 6 then delete;
  if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
  If NULProm LE 0 then NULProm=.;
  If NULProm GE 35 then NULProm=.;
Run;quit;
Proc MIXED data=MUN Method=REML;
Class Sistema Rancho DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;
Model NULProm = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion
      Sistema*NPARTO Sistema*Estacion NPARTO*Estacion
      Pltotalamypm PltotalamypmQ
      /DDFM=satterth S;
Lsmeans Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion Sistema*NPARTO
      Sistema*Estacion NPARTO*Estacion /pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS: Sistema*DELCLASS PltotalamypmC*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=MUN noprint;
Class Vaca;
Var NULProm;
Output out=Urea mean=MediaNUL n=NobsNUL;

```

```

Proc print data=Urea;
Where _Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para CaseinaProm Leche de JERSEY Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data CASEIN; set work.JERSEY;
PltotalamypmQ=(Pltotalamypm)**2;
PltotalamypmC=(Pltotalamypm)**3;
  if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
  if NPARTO = . then delete;
  if DEL > 600 then delete;
  if DEL LE 6 then delete;
  if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
  if CaseinaProm >= 4 then CaseinaProm =.;
Run;quit;
Proc MIXED data=CASEIN Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;
Model CaseinaProm = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion
                  Sistema*DELCLASS Sistema*Estacion Pltotalamypm
                  /DDFM=satterth S;
Lsmeans Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion Sistema*DELCLASS
          Sistema*Estacion /pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS: Sistema*NPARTO DELCLASS*NPARTO DELCLASS*Estacion PltotalamypmQ
PltotalamypmC*/

Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=CASEIN noprint;
Class Vaca;
Var CaseinaProm;
Output out=CAS mean=MediaCAS n=NobsCAS;
Proc print data=CAS;
Where _Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para GrasaProm Leche de JERSEY Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data GRASA; set work.JERSEY;
PltotalamypmQ=(Pltotalamypm)**2;
PltotalamypmC=(Pltotalamypm)**3;
  if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
  if NPARTO = . then delete;
  if DEL > 600 then delete;
  if DEL LE 6 then delete;
  if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
Run;quit;
Proc MIXED data=GRASA Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;
Model GrasaProm = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion
                  Sistema*NPARTO
                  Pltotalamypm
                  /DDFM=satterth S;
Lsmeans Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion Sistema*NPARTO/pdiff
          adjust=Tukey E;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS: Sistema*DELCLASS Sistema*Estacion DELCLASS*Estacion DELCLASS*NPARTO
PltotalamypmQ PltotalamypmC*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=GRASA noprint;
Class Vaca;
Var GrasaProm;
Output out=FAT mean=MediaFAT n=NobsFAT;
Proc print data=FAT;
Where _Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para ProtProm Leche de JERSEY Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data PROTEINA; set work.JERSEY;

```

```

PltotalamypmQ=(Pltotalamypm)**2;
PltotalamypmC=(Pltotalamypm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if NPARTO = . then delete;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 6 then delete;
if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
if ProtProm >= 5 then ProtProm =.;
Run;quit;
Proc MIXED data=PROTEINA Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;
Model ProtProm = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion
Sistema*DELCLASS Sistema*Estacion DELCLASS*NPARTO
Pltotalamypm
/DDFM=satterth S;
Lsmeans Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion Sistema*DELCLASS
Sistema*Estacion DELCLASS*NPARTO /pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS: Sistema*NPARTO DELCLASS*Estacion NPARTO*Estacion PltotalamypmQ
PltotalamypmC*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=PROTEINA noprint;
Class Vaca;
Var ProtProm;
Output out=PROT mean=MediaPROT n=NobsPROT;
Proc print data=PROT;
Where _Type_=1;
Run;quit;
Title 'MIXED para LactosaProm Leche de JERSEY Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data LACTOSA; set work.JERSEY;
PltotalamypmQ=(Pltotalamypm)**2;
PltotalamypmC=(Pltotalamypm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if NPARTO = . then delete;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 6 then delete;
if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
If LactosaProm <=3.0 then LactosaProm=.;
Run;quit;
Proc MIXED data=LACTOSA Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;
Model LactosaProm = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion
Sistema*NPARTO DELCLASS*NPARTO
Pltotalamypm PltotalamypmQ PltotalamypmC
/DDFM=satterth S;
Lsmeans Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion Sistema*NPARTO
DELCLASS*NPARTO /pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS: Sistema*DELCLASS Sistema*Estacion DELCLASS*Estacion NPARTO*Estacion*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=LACTOSA noprint;
Class Vaca;
Var LactosaProm;
Output out=LACTO mean=MediaLACTO n=NobsLACTO;
Proc print data=LACTO;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para SOLIDOS TOTALES PROMEDIO Leche de JERSEY Tesis de Teresa
Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data ST; set work.JERSEY;
PltotalamypmQ=(Pltotalamypm)**2;
PltotalamypmC=(Pltotalamypm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if NPARTO = . then delete;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 6 then delete;
if Pltotalamypm GE 40 then Delete;

```

```

    if STProm >= 20 then STProm =.;
Run;quit;
Proc MIXED data=ST Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;
Model STProm = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion
                Sistema*DELCLASS Sistema*NPARTO Sistema*Estacion
                Pltotalamypm PltotalamypmQ PltotalamypmC
                /DDFM=satterth S;
Lsmeans Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion Sistema*DELCLASS
                Sistema*NPARTO Sistema*Estacion /pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*NPARTO DELCLASS*Estacion NPARTO*Estacion*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=ST noprint;
Class Vaca;
Var STProm;
Output out=SOLTOT mean=MediasSOLT n=NobssSOLT;
Proc print data=SOLTOT;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para SNG PROMEDIO Leche de JERSEY Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data SNG; set work.JERSEY;
PltotalamypmQ=(Pltotalamypm)**2;
PltotalamypmC=(Pltotalamypm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if NPARTO = . then delete;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 6 then delete;
if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
if SNGProm <= 6.9 then SNGProm =.;
Run;quit;
Proc MIXED data=SNG Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;
Model SNGProm = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion
                Sistema*DELCLASS Sistema*Estacion
                /DDFM=satterth;
Lsmeans Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion Sistema*DELCLASS
                Sistema*Estacion /pdiff adjust=Tukey;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS: Sistema*NPARTO DELCLASS*NPARTO DELCLASS*Estacion NPARTO*Estacion
PltotalamypmC PltotalamypmQ Pltotalamypm */
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=SNG noprint;
Class Vaca;
Var SNGProm;
Output out=SNGRA mean=MediasSOLNG n=NobssSOLNG;
Proc print data=SNGRA;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para Ac CitricoProm Leche de JERSEY Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data ACITRICO; set work.JERSEY;
PltotalamypmQ=(Pltotalamypm)**2;
PltotalamypmC=(Pltotalamypm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if NPARTO = . then delete;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 6 then delete;
if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
if Ac CitricoProm > 0.3 then Ac_CitricoProm =.;
Run;quit;
Proc MIXED data=ACITRICO Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;
Model Ac_CitricoProm = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO
                        Estacion Sistema*Estacion NPARTO*Estacion
                        Pltotalamypm
                        /DDFM=satterth S;

```

```

Lsmeans Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion Sistema*Estacion
      NPARTO*Estacion /pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS: Sistema*DELCLASS Sistema*NPARTO DELCLASS*NPARTO DELCLASS*Estacion
PltotalamypmQ PltotalamypmC*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=ACITRICO noprint;
Class Vaca;
Var Ac CitricoProm;
Output out=CITRICO mean=MediaACIDOC n=NobsACIDOC;
Proc print data=CITRICO;
Where _Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para FFAProm Leche de JERSEY Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data AGL; set work.JERSEY;
PltotalamypmQ=(Pltotalamypm)**2;
PltotalamypmC=(Pltotalamypm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if NPARTO = . then delete;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 6 then delete;
if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
if FFAProm < 0 then FFAProm=.;
if FFAProm >= 2.7 then FFAProm =.;
Run;quit;
Proc MIXED data=AGL Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;
Model FFAProm = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion
      Sistema*Estacion
      Pltotalamypm PltotalamypmQ
      /DDFM=satterth S;
Lsmeans Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion Sistema*Estacion
      /pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS: Sistema*DELCLASS Sistema*NPARTO DELCLASS*NPARTO DELCLASS*Estacion
NPARTO*Estacion PltotalamypmC */
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=AGL noprint;
Class Vaca;
Var FFAProm;
Output out=FFA mean=MediaFFA n=NobsFFA;
Proc print data=FFA;
Where _Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para PropCas ProtProm Leche de JERSEY Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data CASIND; set work.JERSEY;
PltotalamypmQ=(Pltotalamypm)**2;
PltotalamypmC=(Pltotalamypm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if NPARTO = . then delete;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 6 then delete;
if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
If PropCas_ProtProm <= 0.6 then PropCas_ProtProm=.;
Run;quit;
Proc MIXED data=CASIND Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;
Model PropCas ProtProm = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO
      Estacion Sistema*NPARTO
      DELCLASS*NPARTO
      Pltotalamypm PltotalamypmQ PltotalamypmC
      /DDFM=satterth S;
Lsmeans Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion Sistema*NPARTO
      DELCLASS*NPARTO /pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca(Rancho Sistema);

```

```

Run;quit;
/*NS: Sistema*DELCLASS Sistema*Estacion DELCLASS*Estacion NPARTO*Estacion */
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=CASIND noprint;
Class Vaca;
Var PropCas ProtProm;
Output out=ICAS mean=MediaCASPROT n=NobsCASPROT;
Proc print data=ICAS;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para AcidezDProm Leche de JERSEY Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data ACIDEZ; set work.JERSEY;
PltotalamypmQ=(Pltotalamypm)**2;
PltotalamypmC=(Pltotalamypm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if NPARTO = . then delete;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 6 then delete;
if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
if AcidezDProm >= 30 then AcidezDProm =.;
Run;quit;
Proc MIXED data=ACIDEZ Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;
Model AcidezDProm = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion
Sistema*Estacion
Pltotalamypm
/DDFM=satterth S;
Lsmeans Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion Sistema*Estacion
/pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS: Sistema*DELCLASS Sistema*NPARTO DELCLASS*NPARTO DELCLASS*Estacion
NPARTO*Estacion PltotalamypmQ PltotalamypmC*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=ACIDEZ noprint;
Class Vaca;
Var AcidezDProm;
Output out=ACIDEZD mean=MediaACID n=NobsACID;
Proc print data=ACIDEZD;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para CCSProm Leche de JERSEY Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data CCS; set work.JERSEY;
PltotalamypmQ=(Pltotalamypm)**2;
PltotalamypmC=(Pltotalamypm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if NPARTO = . then delete;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 6 then delete;
if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
Run;quit;
Proc MIXED data=CCS Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;
Model CCSProm = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion
Sistema*Estacion
DELCLASS*NPARTO
/DDFM=satterth;
Lsmeans Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion Sistema*Estacion
DELCLASS*NPARTO /pdiff adjust=Tukey;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS: Sistema*DELCLASS Sistema*NPARTO DELCLASS*Estacion NPARTO*Estacion
Pltotalamypm PltotalamypmQ PltotalamypmC*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=CCS noprint;
Class Vaca;
Var CCSProm;

```

```

Output out=CCSOM mean=MediaCELSOM n=NobsCELSOM;
Proc print data=CCSOM;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para ELCCSProm Leche de JERSEY Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data ELCCS; set work.JERSEY;
PltotalamypmQ=(Pltotalamypm)**2;
PltotalamypmC=(Pltotalamypm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if NPARTO = . then delete;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 6 then delete;
if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
Run;quit;
Proc MIXED data=ELCCS Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;
Model ELCCSProm = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion
                  Sistema*DELCLASS Sistema*Estacion
                  DELCLASS*NPARTO DELCLASS*Estacion
                  /DDFM=satterth;
Lsmeans Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion Sistema*DELCLASS
          Sistema*Estacion DELCLASS*NPARTO DELCLASS*Estacion /pdiff djust=Tukey;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS: Sistema*NPARTO NPARTO*Estacion Pltotalamypm PltotalamypmQ PltotalamypmC*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=ELCCS noprint;
Class Vaca;
Var ELCCSProm;
Output out=ELCSOM mean=MediaELCCSOM n=NobsELCCSOM;
Proc print data=ELCSOM;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para FPDPromedio Leche de JERSEY Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data FPD; set work.JERSEY;
PltotalamypmQ=(Pltotalamypm)**2;
PltotalamypmC=(Pltotalamypm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if NPARTO = . then delete;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 6 then delete;
if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
Run;quit;
Proc MIXED data=FPD Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;
Model FPDPromedio = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion
                    Sistema*DELCLASS Sistema*NPARTO Sistema*Estacion
                    NPARTO*Estacion
                    Pltotalamypm
                    /DDFM=satterth S;
Lsmeans Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion Sistema*DELCLASS
          Sistema*NPARTO Sistema*Estacion NPARTO*Estacion /pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*NPARTO DELCLASS*Estacion PltotalamypmQ PltotalamypmC*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=FPD noprint;
Class Vaca;
Var FPDPromedio;
Output out=CRIOSCOP mean=MediaPCONG n=NobsPCONG;
Proc print data=CRIOSCOP;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para DensidadProm Leche de JERSEY Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data DENSIDAD; set work.JERSEY;
PltotalamypmQ=(Pltotalamypm)**2;

```

```

PltotalamypmC=(Pltotalamypm)**3;
  if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
  if NPARTO = . then delete;
  if DEL > 600 then delete;
  if DEL LE 6 then delete;
  if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
  if DensidadProm <= 1.020 then DensidadProm =.;
Run;quit;
Proc MIXED data=DENSIDAD Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;
Model DensidadProm = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion
      Pltotalamypm
      /DDFM=satterth S;
Lsmeans Sistema Rancho(Sistema)DELCLASS NPARTO Estacion/pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS: Sistema*DELCLASS Sistema*NPARTO Sistema*Estacion DELCLASS*NPARTO
DELCLASS*Estacion NPARTO*Estacion PltotalamypmQ PltotalamypmC */
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=DENSIDAD noprint;
Class Vaca;
Var DensidadProm;
Output out=DENSI mean=MediaDENSI n=NobsDENSI;
Proc print data=DENSI;
Where Type_=1;
Run;quit;

/*ARCHIVO PARA ANALIZAR LA CANTIDAD DE COMPONENTES DE LA LECHE DE VACAS JERSEY,
DONDE SE INCLUYE LA COVARIABLE ESCALA LINEAL DE LA CUENTA DE CELULAS SOMATICAS
Y NO SE INCLUYE PL PORQUE SE UTILIZO PARA CALCULAR LA CANTIDAD DE CADA UNO DE
LOS COMPONENTES*/

Title 'MIXED PARA CANTIDAD DE COMPONENTES Leche de JERSEY Tesis de Teresa
Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data CUALQUIERADATA; set work.JERSEY;
ELCCSPromQ=(ELCCSProm)**2;
ELCCSPromC=(ELCCSProm)**3;
  if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
  if NPARTO = . then delete;
  if DEL > 600 then delete;
  if DEL LE 6 then delete;
  if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
Run;quit;
Proc MIXED data=CUALQUIERADATA Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;
Model VARIABLE = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion
      Sistema*DELCLASS Sistema*NPARTO Sistema*Estacion
      DELCLASS*NPARTO DELCLASS*Estacion
      NPARTO*Estacion
      ELCCSProm ELCCSPromQ ELCCSPromC
      /DDFM=satterth S;
Lsmeans Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion Sistema*DELCLASS
Sistema*NPARTO Sistema*Estacion DELCLASS*NPARTO DELCLASS*Estacion
NPARTO*Estacion /pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS: */
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=CUALQUIERADATA noprint;
Class Vaca;
Var VARIABLE;
Output out=CUALQUIERA mean=MediaCUALQUIERA n=NobsCUALQUIERA;
Proc print data=CUALQUIERA;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para CaseinakgTot Leche de JERSEY Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data CASEINAKG; set work.JERSEY;
ELCCSPromQ=(ELCCSProm)**2;

```

```

ELCCSPromC=(ELCCSProm)**3;
  if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
  if NPARTO = . then delete;
  if DEL > 600 then delete;
  if DEL LE 6 then delete;
  if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
Run;quit;
Proc MIXED data=CASEINAKG Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;
Model CaseinakgTot = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion
                      Sistema*DELCLASS Sistema*NPARTO Sistema*Estacion
                      DELCLASS*NPARTO
                      /DDFM=satterth;
Lsmeans Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion Sistema*DELCLASS
          Sistema*NPARTO Sistema*Estacion DELCLASS*NPARTO /pdiff adjust=Tukey;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*Estacion NPARTO*Estacion ELCCSProm ELCCSPromQ ELCCSPromC */
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=CASEINAKG noprint;
Class Vaca;
Var CaseinakgTot;
Output out=CASKG mean=MediaCASKG n=NobsCASKG;
Proc print data=CASKG;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para GrasakgTot Leche de JERSEY Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data GRASAKG; set work.JERSEY;
ELCCSPromQ=(ELCCSProm)**2;
ELCCSPromC=(ELCCSProm)**3;
  if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
  if NPARTO = . then delete;
  if DEL > 600 then delete;
  if DEL LE 6 then delete;
  if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
Run;quit;
Proc MIXED data= GRASAKG Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;

Model GrasakgTot = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion
                      Sistema*DELCLASS Sistema*NPARTO Sistema*Estacion
                      DELCLASS*NPARTO
                      /DDFM=satterth;
Lsmeans Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion Sistema*DELCLASS
          Sistema*NPARTO Sistema*Estacion DELCLASS*NPARTO /pdiff adjust=Tukey;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS:DELCLASS*Estacion NPARTO*Estacion ELCCSProm ELCCSPromQ ELCCSPromC */
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data= GRASAKG noprint;
Class Vaca;
Var GrasakgTot;
Output out=GRASKG mean=MediaGRASITATOT n=NobsGRASITATOT;
Proc print data=GRASKG;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para ProteinakgTot Leche de JERSEY Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data PROTEINAKG; set work.JERSEY;
ELCCSPromQ=(ELCCSProm)**2;
ELCCSPromC=(ELCCSProm)**3;
  if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
  if NPARTO = . then delete;
  if DEL > 600 then delete;
  if DEL LE 6 then delete;
  if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
Run;quit;
Proc MIXED data=PROTEINAKG Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;

```

```

Model ProteinakgTot = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO
                        Estacion Sistema*DELCLASS Sistema*Estacion
                        DELCLASS*NPARTO
                        /DDFM=satterth;
Lsmeans Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion Sistema*DELCLASS
                        Sistema*Estacion DELCLASS*NPARTO /pdiff adjust=Tukey;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS:Sistema*NPARTO DELCLASS*Estacion NPARTO*Estacion ELCCSProm ELCCSPromQ
ELCCSPromC */
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=PROTEINAKG noprint;
Class Vaca;
Var ProteinakgTot;
Output out=PROTKG mean=MediaPROTOT n=NobsPROTOT;
Proc print data=PROTKG;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para LactosakgTot Leche de JERSEY Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data LACTOKG; set work.JERSEY;
ELCCSPromQ=(ELCCSProm)**2;
ELCCSPromC=(ELCCSProm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if NPARTO = . then delete;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 6 then delete;
if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
Run;quit;
Proc MIXED data=LACTOKG Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;
Model LactosakgTot = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion
                        Sistema*DELCLASS Sistema*NPARTO Sistema*Estacion
                        DELCLASS*NPARTO
                        /DDFM=satterth;
Lsmeans Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion Sistema*DELCLASS
                        Sistema*NPARTO Sistema*Estacion DELCLASS*NPARTO /pdiff adjust=Tukey;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*Estacion NPARTO*Estacion ELCCSProm ELCCSPromQ ELCCSPromC*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=LACTOKG noprint;
Class Vaca;
Var LactosakgTot;
Output out=LACTOT mean=MediaLACTOT n=NobsLACTOT;
Proc print data=LACTOT;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para TSkgtTot Leche de JERSEY Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data STKG; set work.JERSEY;
ELCCSPromQ=(ELCCSProm)**2;
ELCCSPromC=(ELCCSProm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if NPARTO = . then delete;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 6 then delete;
if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
Run;quit;
Proc MIXED data=STKG Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;
Model TSkgtTot = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion
                        Sistema*DELCLASS Sistema*NPARTO Sistema*Estacion
                        DELCLASS*NPARTO
                        /DDFM=satterth;
Lsmeans Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion Sistema*DELCLASS
                        Sistema*NPARTO Sistema*Estacion DELCLASS*NPARTO /pdiff adjust=Tukey;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*Estacion NPARTO*Estacion ELCCSProm ELCCSPromQ ELCCSPromC*/

```

```

Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=STKG noprint;
Class Vaca;
Var TSkgTot;
Output out=STOT mean=MediaSTOT n=NobsSTOT;
Proc print data=STOT;
Where _Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para SNGkgTot Leche de JERSEY Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data SNGKG; set work.JERSEY;
ELCCSPromQ=(ELCCSProm)**2;
ELCCSPromC=(ELCCSProm)**3;
  if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
  if NPARTO = . then delete;
  if DEL > 600 then delete;
  if DEL LE 6 then delete;
  if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
Run;quit;
Proc MIXED data=SNGKG Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;
Model SNGkgTot = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion
                Sistema*DELCLASS Sistema*NPARTO Sistema*Estacion
                DELCLASS*NPARTO
                /DDFM=satterth;
Lsmeans Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion Sistema*DELCLASS
        Sistema*NPARTO Sistema*Estacion DELCLASS*NPARTO /pdiff adjust=Tukey;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS:DELCLASS*Estacion NPARTO*Estacion ELCCSProm ELCCSPromQ ELCCSPromC*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=SNGKG noprint;
Class Vaca;
Var SNGkgTot;
Output out=SNGTOT mean=MediaSNGTOT n=NobsSNGTOT;
Proc print data=SNGTOT;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para Pltotalamypm Leche de JERSEY Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data PLKG; set work.JERSEY;
ELCCSPromQ=(ELCCSProm)**2;
ELCCSPromC=(ELCCSProm)**3;
  if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
  if NPARTO = . then delete;
  if DEL > 600 then delete;
  if DEL LE 6 then delete;
  if Pltotalamypm GE 40 then Delete;
Run;quit;
Proc MIXED data=PLKG Method=REML;
Class Rancho Sistema DELCLASS NPARTO Estacion Vaca;

Model Pltotalamypm = Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion
                    Sistema*DELCLASS Sistema*NPARTO Sistema*Estacion
                    DELCLASS*NPARTO
                    ELCCSProm
                    /DDFM=satterth S;
Lsmeans Sistema Rancho(Sistema) DELCLASS NPARTO Estacion Sistema*DELCLASS
        Sistema*NPARTO Sistema*Estacion DELCLASS*NPARTO /pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca(Rancho Sistema);
Run;quit;
/*NS:DELCLASS*Estacion NPARTO*Estacion ELCCSPromQ ELCCSPromC*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=PLKG noprint;
Class Vaca;
Var Pltotalamypm;
Output out=PL mean=MediaPL n=NobsPL;
Proc print data=PL;

```

```
Where Type_=1;  
Run;quit;
```

## APÉNDICE 2

```
/*ESTOS PROGRAMAS ANALIZAN LA INFORMACIÓN DE CALIDAD DE LA LECHE DEL TRABAJO
EXPERIMENTAL DE TERESA CASTILLO MARTINEZ. EL ARCHIVO: "D:\Estudiantes de
posgrado\Tere\DATOS PARA TESIS\DATOS PARA ANALISIS TERE(Ultimo).xls" SE IMPORTA
COMO WORK.TERE. EL INPUT DEL ARCHIVO DE DATOS ES EL SIGUIENTE:
Rancho Raza Sistema Vaca Padre FechaParto ANIODEPARTO MESDEPARTO
ESTACIONDEPARTO FechaMuestreo FechaAncla FechaJuliana ESTACION Anio
Mes MesNumero EstacionMuestreo ESTACION DELamypm DEL DELCLASS NPARTO
Ordenio NombosOrdenios Plamypm Pltotalamypm PLtotal Repet Producto Urea NUL
NULProm Caseina CaseinaProm Grasa GrasaProm Proteina ProtProm Lactosa
LactosaProm TS STProm SNG SNGProm Acido Citrico Ac CitricoProm FPD
Crioscopia FPDPromedio Density Densidad DensidadProm FFA FFAProm Acidez
AcidezSHProm Fecha Hora PropCasProt PropCas ProtProm AcidezD AcidezDProm
WMT CCS ELCCS CCSProm ELCCSProm Caseinakg CaseinakgTot Grasakg GrasakgTot
Proteinakg ProteinakgTot Lactosakg LactosakgTot TSkg TSkgTot SNGkg
SNGkgTot */
```

```
/*ARCHIVO IMPORTADOR DE INFORMACION TESIS DE TERE*/
PROC IMPORT OUT= WORK.HOLSTEIN
DATAFILE= "D:\Estudiantes de posgrado\Tere\DATOS PARA
TESIS\HOLSTEIN\
DATOS DE HOLSTEIN PARA ANALISIS (TERE).xls"
DBMS=EXCEL REPLACE;
SHEET="DatosHolstein$";
GETNAMES=YES;
MIXED=NO;
SCANTEXT=YES;
USEDATE=YES;
SCANTIME=YES;
RUN;
```

```
/*Programa para obtener estadisticos descriptivos de variables de porcentaje*/
Options LS=256 ps=5000 nocenter nodate;
Title 'Estadisticos descriptivos generales';
Data NuevoHo; set work.HOLSTEIN;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 6 then delete;
if Proteina >= 5 then Proteina =.;
if Caseina >= 4 then Caseina =.;
if ST >= 20 then ST =.;
if SNG LE 6 THEN SNG=.;
if PropCasProt GE 0.9 then PropCasProt=.;
if PropCasProt LE 0.65 the PropCasProt=.;
if NUL >= 40 then NUL =.;
if NUL < 0 then NUL=.;
if Acido Citrico > 0.3 then Acido_Citrico =.;
if FFA < 0 then FFA=.;
if FFA >= 3 then FFA =.;
if Acidez >= 13 then Acidez =.;
if AcidezD >= 30 then AcidezD =.;
run;quit;
Title 'Medias para variables de porcentaje con dos decimales';
Options LS=256 ps=5000 nocenter nodate;
Proc means data=NuevoHo n min max mean std cv maxdec=2;
Var DEL NUL Caseina Grasa Proteina Lactosa ST SNG Acido_Citrico
FFA PropCasProt AcidezD CCS ELCCS;
Run;quit;
Title 'Medias para variables de porcentaje con cuatro decimales';
Options LS=256 ps=5000 nocenter nodate;
Proc means data=NuevoHo n min max mean std cv maxdec=4;
Var Crioscopia Densidad;
Run;quit;
/*Programa para obtener estadisticos descriptivos de produccion total de
componentes*/
Proc means data=WORK.HOLSTEIN n min max mean std cv maxdec=3;
```

```

Var CaseinakgTot    GrasakgTot    ProteinakgTot LactosakgTot TSkgtot
    SNGkgTot PLtotal;
Run;quit;

Title 'ARCHIVO MAESTRO para Leche de Holstein Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data CUALQUIERA; set work.HOLSTEIN;
PlamypmQ=(Plamypm)**2;
PlamypmC=(Plamypm)**3;
    if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
    if DEL > 600 then delete;
    if DEL LE 7 then delete;
    Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;
Proc MIXED data=CUALQUIERA Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO Ordenio MesNumero Vaca;
Model VARIABLE = DELCLASS NPARTO Ordenio MesNumero
                  DELCLASS*NPARTO DELCLASS*Ordenio DELCLASS*MesNumero
                  NPARTO*Ordenio NPARTO*MesNumero Ordenio*MesNumero
                  PLamypm PLamypmQ PLamypmC
                  /DDFM=satterth S;
Lsmeans DELCLASS NPARTO Ordenio MesNumero DELCLASS*NPARTO DELCLASS*Ordenio
DELCLASS*MesNumero NPARTO*Ordenio NPARTO*MesNumero Ordenio*MesNumero /pdiff
adjust=Tukey E;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS:
ELCCSq*Sistema ELCCSc*Sistema */
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=CUALQUIERA noprint;
Class Vaca;
Var VARIABLE;
Output out=CUALQUIERA mean=MediaCUALQUIERA n=NobsFAT;
Proc print data=CUALQUIERA;
Where _Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para GRASA Leche de Holstein Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data GRASA; set work.HOLSTEIN;
PlamypmQ=(Plamypm)**2;
PlamypmC=(Plamypm)**3;
    if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
    if DEL > 600 then delete;
    if DEL LE 7 then delete;
    Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;
Proc MIXED data=GRASA Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO Ordenio MesNumero Vaca;
Model GRASA = DELCLASS NPARTO Ordenio MesNumero
               DELCLASS*NPARTO Ordenio*MesNumero
               PLamypm PLamypmQ
               /DDFM=satterth S;
Lsmeans DELCLASS NPARTO Ordenio MesNumero
        DELCLASS*NPARTO Ordenio*MesNumero /pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*Ordenio DELCLASS*MesNumero NPARTO*Ordenio NPARTO*MesNumero
PLamypmC*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=GRASA noprint;
Class Vaca;
Var GRASA;
Output out=FAT mean=MediaFAT n=NobsFAT;
Proc print data=FAT;
Where _Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED Para PROTEINA Leche de Holstein Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data PROTEINA; set work.HOLSTEIN;
PlamypmQ=(Plamypm)**2;

```

```

PlamypmC=(Plamypm)**3;
  if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
  if DEL > 600 then delete;
  if DEL LE 7 then delete;
  if Proteina >= 5 then Proteina =.;
  Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;
Title 'PROGRAMA PARA EVALUAR LA ORTOGONALIDAD DE LOS DATOS';
Proc MIXED data=PROTEINA Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio Vaca;
Model Proteina = DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio
                DELCLASS*NPARTO DELCLASS*MesNumero
                NPARTO*MesNumero
                MesNumero*Ordenio
                Plamypm PlamypmQ
                /DDFM=satterth S;
Lsmeans  DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio DELCLASS*NPARTO DELCLASS*MesNumero
          NPARTO*MesNumero MesNumero*Ordenio/pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*Ordenio  NPARTO*Ordenio PlamypmC*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=PROTEINA noprint;
Class Vaca;
Var Proteina;
Output out=PROT mean=MediaPROT n=NobsPROT;
Proc print data=PROT;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED Para LACTOSA Leche de Holstein Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data LACTOSA; set work.HOLSTEIN;
PlamypmQ=(Plamypm)**2;
PlamypmC=(Plamypm)**3;
  if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
  if DEL > 600 then delete;
  if DEL LE 7 then delete;
  Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;
Title 'PROGRAMA PARA EVALUAR LA ORTOGONALIDAD DE LOS DATOS';
Proc MIXED data=LACTOSA Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio Vaca;
Model Lactosa = DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio
                DELCLASS*NPARTO
                NPARTO*MesNumero
                MesNumero*Ordenio
                Plamypm PlamypmQ PlamypmC
                /DDFM=satterth S;
Lsmeans DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio DELCLASS*NPARTO NPARTO*MesNumero
          MesNumero*Ordenio /pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*MesNumero DELCLASS*Ordenio  NPARTO*Ordenio */
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=LACTOSA noprint;
Class Vaca;
Var Lactosa;
Output out=LACTOSE mean=MediaLACT n=NobsLACT;
Proc print data=LACTOSE;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED Para SOLIDOS TOTALES Leche de Holstein Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data ST; set work.HOLSTEIN;
PlamypmQ=(Plamypm)**2;
PlamypmC=(Plamypm)**3;
  if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
  if DEL > 600 then delete;
  if DEL LE 7 then delete;
  if ST >= 20 then ST =.;

```

```

Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;
Title 'PROGRAMA PARA EVALUAR LA ORTOGONALIDAD DE LOS DATOS';
Proc MIXED data=ST Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio Vaca;
Model st = DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio
            DELCLASS*NPARTO
            MesNumero*Ordenio
            PLamypm PLamypmQ
            /DDFM=satterth S;
Lsmeans DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio DELCLASS*NPARTO MesNumero*Ordenio
        /pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*MesNumero DELCLASS*Ordenio NPARTO*MesNumero NPARTO*Ordenio
PLamypmC*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=ST noprint;
Class Vaca;
Var st;
Output out=SOLTOT mean=MediaST n=NobsST;
Proc print data=SOLTOT;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED PARA SNG Leche de Holstein Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data SNG; set work.HOLSTEIN;
PlamypmQ=(Plamypm)**2;
PlamypmC=(Plamypm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 7 then delete;
if SNG LE 6 THEN SNG=.;
Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;
Title 'PROGRAMA PARA EVALUAR LA ORTOGONALIDAD DE LOS DATOS';
Proc MIXED data=SNG Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio Vaca;
Model SNG = DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio
            DELCLASS*NPARTO DELCLASS*MesNumero DELCLASS*Ordenio
            NPARTO*MesNumero
            MesNumero*Ordenio
            PLamypm
            /DDFM=satterth S;
Lsmeans DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio
        DELCLASS*NPARTO DELCLASS*MesNumero DELCLASS*Ordenio
        NPARTO*MesNumero
        MesNumero*Ordenio/pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS: NPARTO*Ordenio PLamypmC PLamypmQ*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=SNG noprint;
Class Vaca;
Var SNG;
Output out=SNF mean=MediaSNF n=NobsSNF;
Proc print data=SNF;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para Caseina Leche de Holstein Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data CASEINA; set work.HOLSTEIN;
PlamypmQ=(Plamypm)**2;
PlamypmC=(Plamypm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 7 then delete;
if Caseina >= 4 then Caseina =.;
Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;

```

```

Title 'PROGRAMA PARA EVALUAR LA ORTOGONALIDAD DE LOS DATOS';
Proc MIXED data=CASEINA Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio Vaca;
Model Caseina = DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio
                DELCLASS*NPARTO DELCLASS*MesNumero
                NPARTO*MesNumero
                MesNumero*Ordenio
                PLamypm PLamypmQ
                /DDFM=satterth S;
Lsmeans DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio DELCLASS*NPARTO DELCLASS*MesNumero
        NPARTO*MesNumero MesNumero*Ordenio /pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS: NPARTO*Ordenio PDELCLASS*Ordenio LamypmC*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=Caseina noprint;
Class Vaca;
Var Caseina;
Output out=CASEIN mean=MediaCASEIN n=NobsCASEIN;
Proc print data=CASEIN;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para PropCasProt Leche de Holstein Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data CASPROT; set work.HOLSTEIN;
PlamypmQ=(Plamypm)**2;
PlamypmC=(Plamypm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 7 then delete;
if Caseina >= 4 then Caseina =.;
if PropCasProt GE 0.9 then PropCasProt=.;
if PropCasProt LE 0.65 the PropCasProt=.;
Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;
Proc MIXED data=CASPROT Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio Vaca;
Model PropCasProt = DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio
                    DELCLASS*NPARTO DELCLASS*MesNumero
                    NPARTO*MesNumero NPARTO*Ordenio
                    MesNumero*Ordenio
                    PLamypm PLamypmQ
                    /DDFM=satterth S;
Lsmeans DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio DELCLASS*NPARTO DELCLASS*MesNumero
        NPARTO*MesNumero NPARTO*Ordenio MesNumero*Ordenio/pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*Ordenio PLamypmC*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=CASPROT noprint;
Class Vaca;
Var PropCasProt;
Output out=CASEINPROT mean=MediaCASPROT n=NobsCASPROT;
Proc print data=CASEINPROT;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para NUL Leche de Holstein Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data NULECHE; set work.HOLSTEIN;
PlamypmQ=(Plamypm)**2;
PlamypmC=(Plamypm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 7 then delete;
if NUL >= 40 then NUL =.;
if NUL < 0 then NUL=.;
Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;
Proc MIXED data=NULECHE Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio Vaca;

```

```

Model NUL = DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio
            DELCLASS*NPARTO DELCLASS*MesNumero DELCLASS*Ordenio
            NPARTO*MesNumero NPARTO*Ordenio
            MesNumero*Ordenio
            PLamypm
            /DDFM=satterth S;
Lsmeans DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio DELCLASS*NPARTO DELCLASS*MesNumero
DELCLASS*Ordenio NPARTO*MesNumero NPARTO*Ordenio MesNumero*Ordenio/pdiff
adjust=Tukey E;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS: PLamypmC PLamypmQ*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=NULECHE noprint;
Class Vaca;
Var NUL;
Output out=MUN mean=MediaNUL n=NobsNUL;
Proc print data=MUN;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para Acido Citrico Leche de Holstein Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data ACitrico; set work.HOLSTEIN;
PlamypmQ=(Plamypm)**2;
PlamypmC=(Plamypm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 7 then delete;
if Acido_Citrico > 0.3 then Acido_Citrico =.;
Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;
Proc MIXED data=ACitrico Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio Vaca;
Model Acido_Citrico = DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio
                    DELCLASS*NPARTO DELCLASS*MesNumero
                    NPARTO*MesNumero /DDFM=satterth;
Lsmeans DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio DELCLASS*NPARTO DELCLASS*MesNumero
NPARTO*MesNumero /pdiff adjust=Tukey;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*Ordenio NPARTO*Ordenio MesNumero*Ordenio PLamypmQ PLamypmC
PLamypm*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=ACitrico noprint;
Class Vaca;
Var Acido_Citrico;
Output out=AC mean=MediaACitr n=NobsACitr;
Proc print data=AC;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para FFA Leche de Holstein Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data FFAcids; set work.HOLSTEIN;
PlamypmQ=(Plamypm)**2;
PlamypmC=(Plamypm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 7 then delete;
if FFA < 0 then FFA=.;
if FFA >= 3 then FFA =.;
Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;
Proc MIXED data=FFAcids Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio Vaca;
Model FFA = DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio
            NPARTO*MesNumero MesNumero*Ordenio
            PLamypm PLamypmQ
            /DDFM=satterth S;
Lsmeans DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio NPARTO*MesNumero MesNumero*Ordenio
/pdiff adjust=Tukey E;

```

```

Random Vaca;
Run;quit;
/*NS:DELCLASS*NPARTO    DELCLASS*MesNumero    DELCLASS*Ordenio    NPARTO*Ordenio
PlamypmC */
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=FFAcids noprint;
Class Vaca;
Var FFA;
Output out=AGL mean=MediaFFA n=NobsFFA;
Proc print data=AGL;
Where _Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para CCS Leche de Holstein Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data CCSOM; set work.HOLSTEIN;
PlamypmQ=(Plamypm)**2;
PlamypmC=(Plamypm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 7 then delete;
Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;
Proc MIXED data=CCSOM Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio Vaca;
Model CCS = DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio
            NPARTO*MesNumero MesNumero*Ordenio
            /DDFM=satterth;
Lsmeans DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio NPARTO*MesNumero MesNumero*Ordenio
/pdiff adjust=Tukey;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*NPARTO DELCLASS*MesNumero DELCLASS*Ordenio NPARTO*Ordenio
PlamypmC PlamypmQ Plamypm */
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=CCSOM noprint;
Class Vaca;
Var CCS;
Output out=CELSOM mean=MediaCCS n=NobsCCS;
Proc print data=CELSOM;
Where _Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para ELCCS Leche de Holstein Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data ELCCSOM; set work.HOLSTEIN;
PlamypmQ=(Plamypm)**2;
PlamypmC=(Plamypm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 7 then delete;
Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;
Proc MIXED data=ELCCSOM Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio Vaca;
Model ELCCS = DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio
              NPARTO*MesNumero MesNumero*Ordenio
              /DDFM=satterth;
Lsmeans DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio NPARTO*MesNumero MesNumero*Ordenio
/pdiff adjust=Tukey;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*NPARTO    DELCLASS*MesNumero    DELCLASS*Ordenio    NPARTO*Ordenio
Plamypm PlamypmQ PlamypmC */
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=ELCCSOM noprint;
Class Vaca;
Var ELCCS;
Output out=ELCCSOMA mean=MediaELCCS n=NobsELCCS;
Proc print data=ELCCSOMA;
Where _Type_=1;
Run;quit;

```

```

Title 'MIXED para AcidezD Leche de Holstein Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data ACIDEZ; set work.HOLSTEIN;
PlamypmQ=(Plamypm)**2;
PlamypmC=(Plamypm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 7 then delete;
if AcidezD >= 30 then AcidezD =.;
Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;
Proc MIXED data=ACIDEZ Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio Vaca;
Model AcidezD = DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio
                DELCLASS*NPARTO DELCLASS*MesNumero
                NPARTO*MesNumero MesNumero*Ordenio
                Plamypm
                /DDFM=satterth S;
Lsmeans DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio DELCLASS*NPARTO DELCLASS*MesNumero
        NPARTO*MesNumero MesNumero*Ordenio/pdiff adjust=Tukey E ;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*Ordenio NPARTO*Ordenio PlamypmQ PlamypmC*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=ACIDEZ noprint;
Class Vaca;
Var AcidezD;
Output out=ACID mean=MediaAcidezD n=NobsAcidezD;
Proc print data=ACID;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para DENSIDAD Leche de Holstein Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data DENSID; set work.HOLSTEIN;
PlamypmQ=(Plamypm)**2;
PlamypmC=(Plamypm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 7 then delete;
Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;
Proc MIXED data=DENSID Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio Vaca;
Model Densidad = DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio
                 DELCLASS*NPARTO DELCLASS*MesNumero
                 NPARTO*MesNumero MesNumero*Ordenio
                 Plamypm PlamypmQ PlamypmC
                 /DDFM=satterth S;
Lsmeans DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio DELCLASS*NPARTO DELCLASS*MesNumero
        NPARTO*MesNumero MesNumero*Ordenio/pdiff adjust=Tukey E ;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*Ordenio NPARTO*Ordenio */
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=DENSID noprint;
Class Vaca;
Var Densidad;
Output out=DENSI mean=MediaDensidad n=NobsDensidad;
Proc print data=DENSI;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED para Crioscopia Leche de Holstein Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data CRIOSCOPIA; set work.HOLSTEIN;
PlamypmQ=(Plamypm)**2;
PlamypmC=(Plamypm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 7 then delete;

```

```

Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;
Proc MIXED data=CRIOSCOPIA Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio Vaca;
Model Crioscopia = DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio
                  DELCLASS*NPARTO DELCLASS*MesNumero
                  NPARTO*MesNumero MesNumero*Ordenio
                  PLamypm PLamypmQ
                  /DDFM=satterth S;
Lsmeans DELCLASS NPARTO MesNumero Ordenio DELCLASS*NPARTO DELCLASS*MesNumero
        NPARTO*MesNumero MesNumero*Ordenio/pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*Ordenio NPARTO*Ordenio PLamypmC*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=CRIOSCOPIA noprint;
Class Vaca;
Var Crioscopia;
Output out=FPD mean=MediaCrioscopia n=NobsCrioscopia;
Proc print data=FPD;
Where Type_=1;
Run;quit;

/*LOS SIGUIENTES PROGRAMAS ANALIZAN LA CANTIDAD DE COMPONENTES PRODUCIDA POR
VACA POR DÍA. EN ESTE CASO LA ELCCS SE INCLUYE COMO COVARIABLE Y LA PL YA NO SE
INCLUYE PORQUE SE UTILIZÓ PARA EL CÁLCULO DE PRODUCCIÓN*/
Title 'MIXED MAESTRO PARA CANTIDAD DE COMPONENTES Leche de Holstein Tesis de
Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data CUALQUIERA; set work.HOLSTEIN;
ELCCSPromQ=(ELCCSProm)**2;
ELCCSPromC=(ELCCSProm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 7 then delete;
Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;
Proc MIXED data=CUALQUIERA Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO MesNumero Vaca;
Model VARIABLE = DELCLASS NPARTO MesNumero
                  DELCLASS*NPARTO DELCLASS*MesNumero
                  NPARTO*MesNumero
                  ELCCSProm ELCCSPromQ ELCCSPromC
                  /DDFM=satterth S;
*Lsmeans /pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS: */
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=CUALQUIERA noprint;
Class Vaca;
Var VARIABLE;
Output out=CUALQUIERA mean=MediaCUALQUIERA n=NobsCUALQUIERA;
Proc print data=CUALQUIERA;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED PARA CANTIDAD DE GRASA Leche de Holstein Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data GRASAKG; set work.HOLSTEIN;
ELCCSPromQ=(ELCCSProm)**2;
ELCCSPromC=(ELCCSProm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 7 then delete;
Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;
Proc MIXED data=GRASAKG Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO MesNumero Vaca;

```

```

Model GrasakgTot = DELCLASS NPARTO MesNumero
                  DELCLASS*NPARTO
                  ELCCSProm  ELCCSPromQ
                  /DDFM=satterth S;
Lsmeans DELCLASS NPARTO MesNumero DELCLASS*NPARTO /pdiff adjust=Tukey E ;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*MesNumero NPARTO*MesNumero ELCCSPromC */
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=GRASAKG noprint;
Class Vaca;
Var GrasakgTot;
Output out=FATTOT mean=MediaGrasakgTot n=NobsGrasakgTot;
Proc print data=FATTOT;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED PARA CANTIDAD DE PROTEINA DE Leche de Holstein Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data PROTKG; set work.HOLSTEIN;
ELCCSPromQ=(ELCCSProm)**2;
ELCCSPromC=(ELCCSProm)**3;
  if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
  if DEL > 600 then delete;
  if DEL LE 7 then delete;
Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;
Proc MIXED data=PROTKG Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO MesNumero Vaca;
Model ProteinakgTot = DELCLASS NPARTO MesNumero
                    DELCLASS*NPARTO
                    ELCCSProm  ELCCSPromQ
                    /DDFM=satterth S;
Lsmeans DELCLASS NPARTO MesNumero DELCLASS*NPARTO /pdiff adjust=Tukey E ;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*MesNumero NPARTO*MesNumero ELCCSPromC */
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=PROTKG noprint;
Class Vaca;
Var ProteinakgTot ;
Output out=PROTOTAL mean=MediaProteinakgTot n=NobsProteinakgTot;
Proc print data=PROTOTAL;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED PARA CANTIDAD DE LACTOSA Leche de Holstein Tesis de Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data LACTOKG; set work.HOLSTEIN;
ELCCSPromQ=(ELCCSProm)**2;
ELCCSPromC=(ELCCSProm)**3;
  if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
  if DEL > 600 then delete;
  if DEL LE 7 then delete;
Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;
Proc MIXED data=LACTOKG Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO MesNumero Vaca;
Model LactosakgTot = DELCLASS NPARTO MesNumero
                    DELCLASS*NPARTO
                    ELCCSProm  ELCCSPromQ
                    /DDFM=satterth S;
Lsmeans DELCLASS NPARTO MesNumero DELCLASS*NPARTO /pdiff adjust=Tukey E ;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*MesNumero NPARTO*MesNumero ELCCSPromC */
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=LACTOKG noprint;
Class Vaca;
Var LactosakgTot ;
Output out=LACTOSAT mean=MediaLactosakgTot n=NobsLactosakgTot;
Proc print data=LACTOSAT;

```

```

Where Type_=1;
Run;quit;
Title 'MIXED PARA CANTIDAD DE SÓIDOS TOTALES DE Leche de Holstein Tesis de
Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data STKG; set work.HOLSTEIN;
ELCCSPromQ=(ELCCSProm)**2;
ELCCSPromC=(ELCCSProm)**3;
  if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
  if DEL > 600 then delete;
  if DEL LE 7 then delete;
Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;
Proc MIXED data=STKG Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO MesNumero Vaca;
Model TSkgtTot = DELCLASS NPARTO MesNumero
                DELCLASS*NPARTO
                ELCCSProm ELCCSPromQ
                /DDFM=satterth S;
Lsmeans DELCLASS NPARTO MesNumero DELCLASS*NPARTO/pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*MesNumero NPARTO*MesNumero ELCCSPromC*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=STKG noprint;
Class Vaca;
Var TSkgtTot;
Output out=SOTKG mean=MediaTSkgTot n=NobsTSkgTot;
Proc print data=SOTKG;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED PARA CANTIDAD DE SÓIDOS NO GARSOS DE Leche de Holstein Tesis de
Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data SNGKG; set work.HOLSTEIN;
ELCCSPromQ=(ELCCSProm)**2;
ELCCSPromC=(ELCCSProm)**3;
  if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
  if DEL > 600 then delete;
  if DEL LE 7 then delete;
Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;
Proc MIXED data=SNGKG Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO MesNumero Vaca;
Model SNGkgTot = DELCLASS NPARTO MesNumero
                DELCLASS*NPARTO
                ELCCSProm ELCCSPromQ
                /DDFM=satterth S;
Lsmeans DELCLASS NPARTO MesNumero DELCLASS*NPARTO /pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*MesNumero NPARTO*MesNumero ELCCSPromC*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=SNGKG noprint;
Class Vaca;
Var SNGkgTot;
Output out=SGTOT mean=MediaSNGkgTot n=NobsSNGkgTot;
Proc print data=SGTOT;
Where Type_=1;
Run;quit;

Title 'MIXED PARA CANTIDAD DE CASEINA DE Leche de Holstein Tesis de Teresa
Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data CASEINAKG; set work.HOLSTEIN;
ELCCSPromQ=(ELCCSProm)**2;
ELCCSPromC=(ELCCSProm)**3;
  if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
  if DEL > 600 then delete;
  if DEL LE 7 then delete;
Where Sistema NE 'Pastoreo';

```

```

Run;quit;
Proc MIXED data=CASEINAKG Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO MesNumero Vaca;
Model CaseinakgTot = DELCLASS NPARTO MesNumero
                    DELCLASS*NPARTO
                    ELCCSProm ELCCSPromQ
                    /DDFM=satterth S;
Lsmeans DELCLASS NPARTO MesNumero DELCLASS*NPARTO /pdiff adjust=Tukey E ;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*MesNumero NPARTO*MesNumero ELCCSPromC*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=CASEINAKG noprint;
Class Vaca;
Var CaseinakgTot ;
Output out=CASKG mean=MediaCaseinakgTot n=NobsCaseinakgTot;
Proc print data=CASKG;
Where Type_=1;
Run;quit;

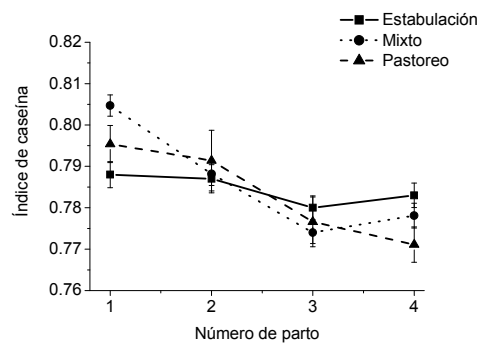
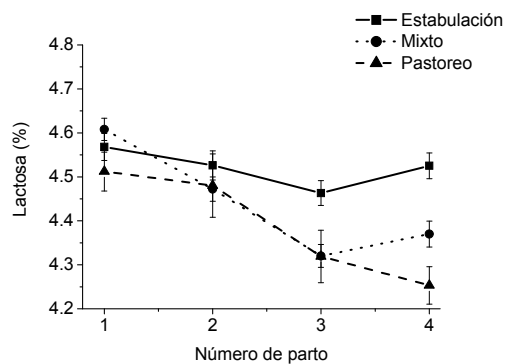
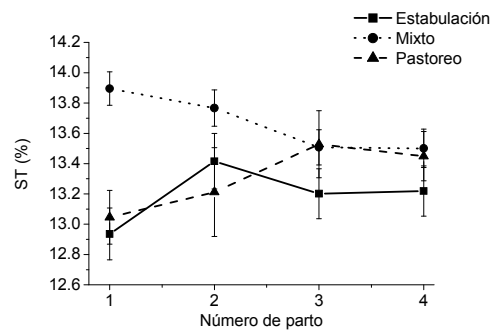
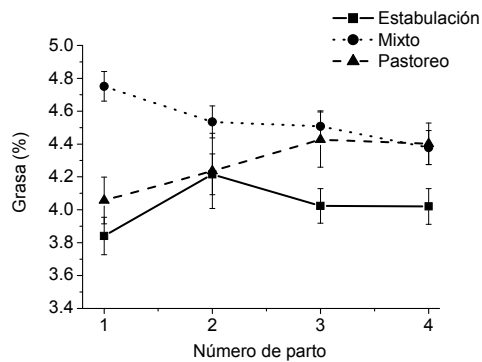
Title 'MIXED PARA CANTIDAD DE LECHE EN EL DIA DE MUESTREO de Holstein Tesis de
Teresa Castillo';
Options ls=180 ps= 1000 nocenter nodate;
Data PLKG; set work.HOLSTEIN;
ELCCSPromQ=(ELCCSProm)**2;
ELCCSPromC=(ELCCSProm)**3;
if NPARTO GE 4 then NPARTO = 4;
if DEL > 600 then delete;
if DEL LE 7 then delete;
Where Sistema NE 'Pastoreo';
Run;quit;
Proc MIXED data=PLKG Method=REML;
Class DELCLASS NPARTO MesNumero Vaca;
Model PLtotal = DELCLASS NPARTO MesNumero
                DELCLASS*NPARTO
                ELCCSProm ELCCSPromQ
                /DDFM=satterth S;
Lsmeans DELCLASS NPARTO MesNumero DELCLASS*NPARTO/pdiff adjust=Tukey E;
Random Vaca;
Run;quit;
/*NS: DELCLASS*MesNumero NPARTO*MesNumero ELCCSPromC*/
Title 'Medias para obtener el error estandar de la repetibilidad';
Proc means data=PLKG noprint;
Class Vaca;
Var PLtotal;
Output out=PL mean=MediaPLtotal n=NobsPLtotal;
Proc print data=PL;
Where Type_=1;
Run;quit;

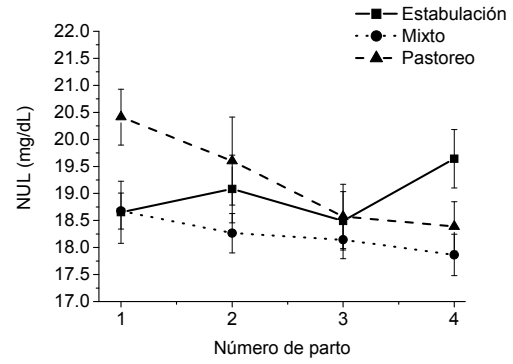
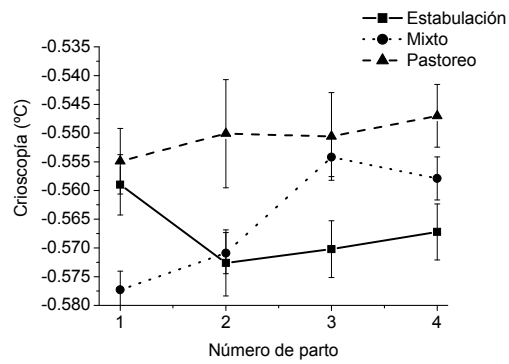
```

## APÉNDICE 3

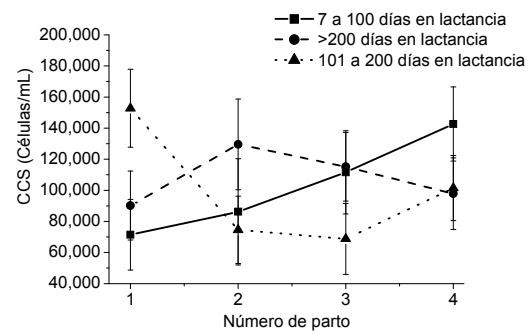
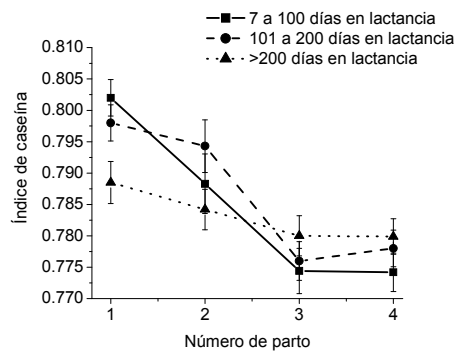
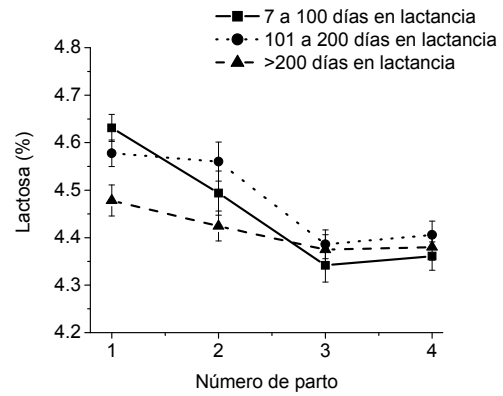
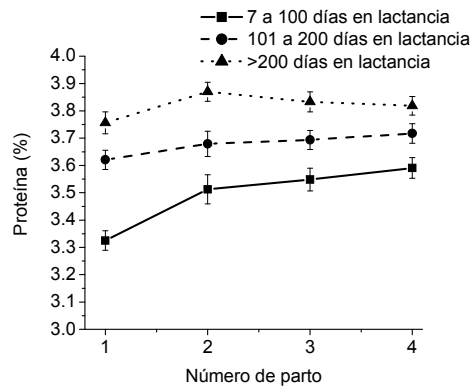
### Interacciones significativas de primer orden para variables de calidad de leche de vacas Jersey evaluadas.

#### Interacción Sistema de producción\* Número de parto

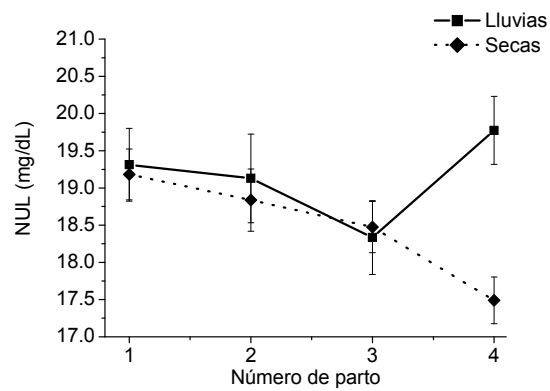
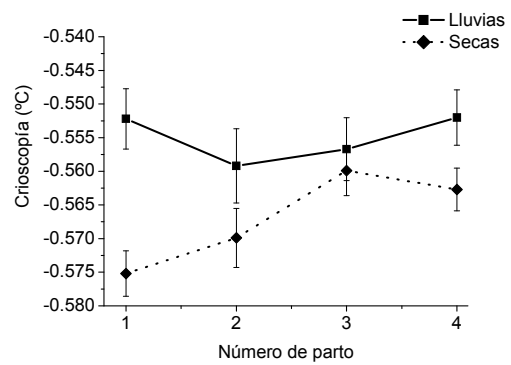
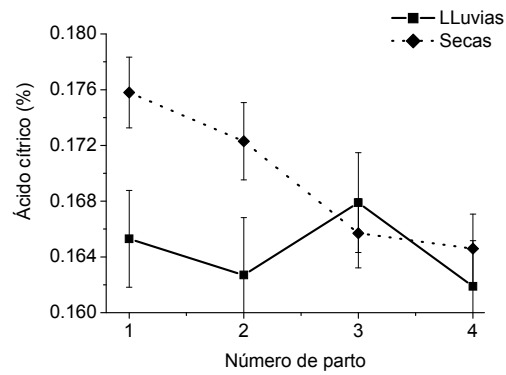




## Interacción Etapa de lactancia\*Número de parto

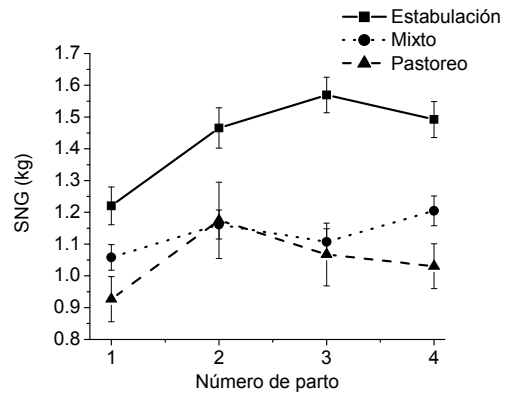
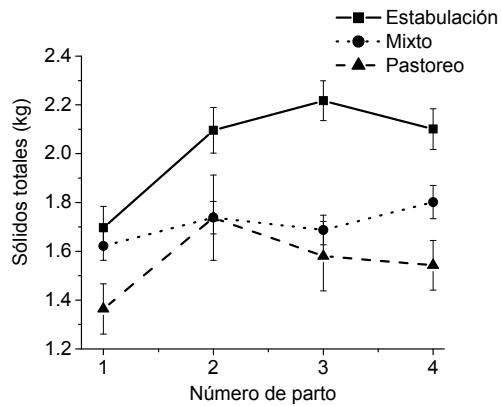
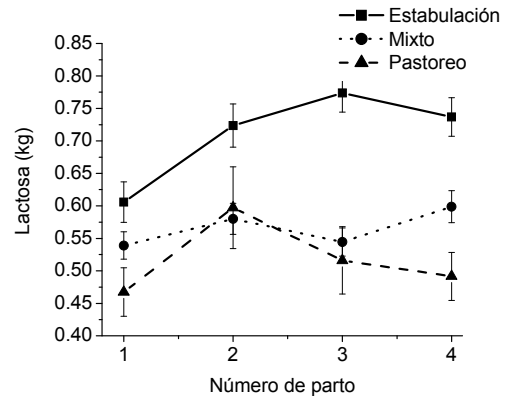
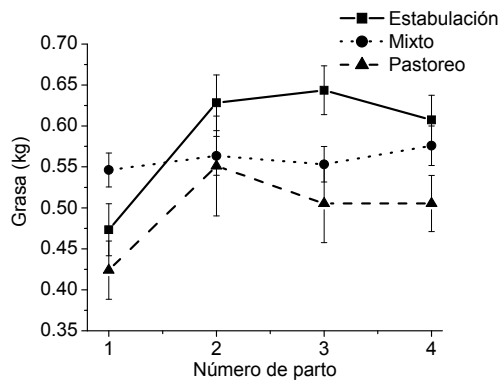


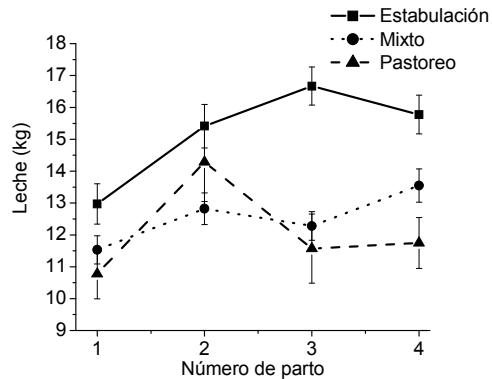
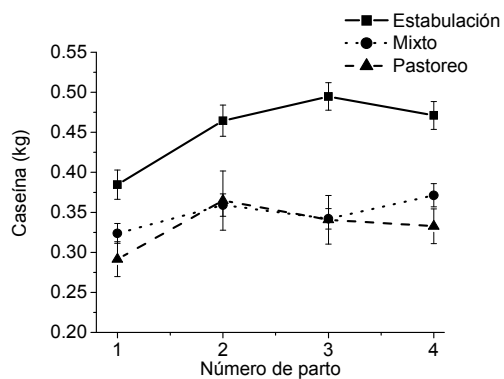
**Interacción Número de parto\* estación de muestreo**



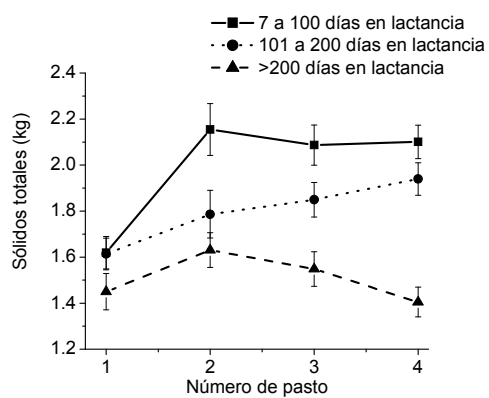
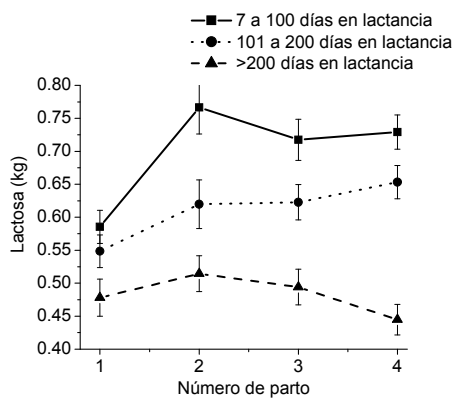
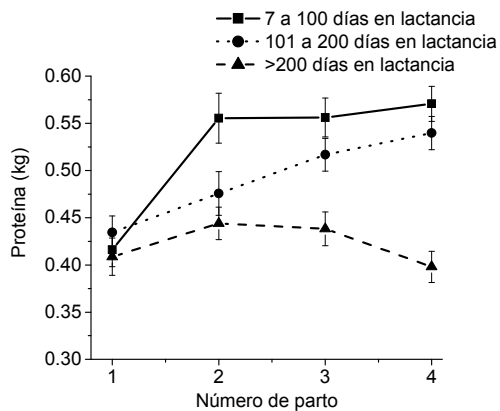
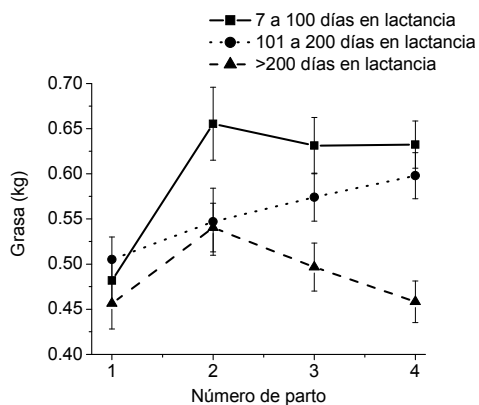
# Interacciones significativas de primer orden para producción de leche y de componentes de la leche en el día de muestreo de vacas Jersey

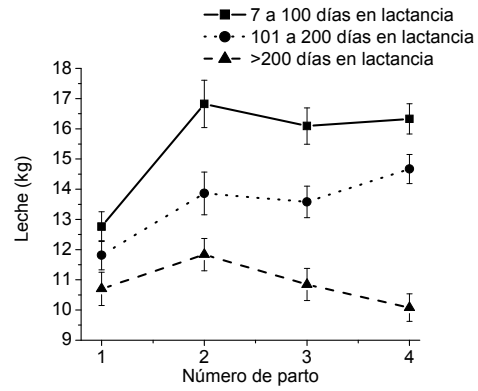
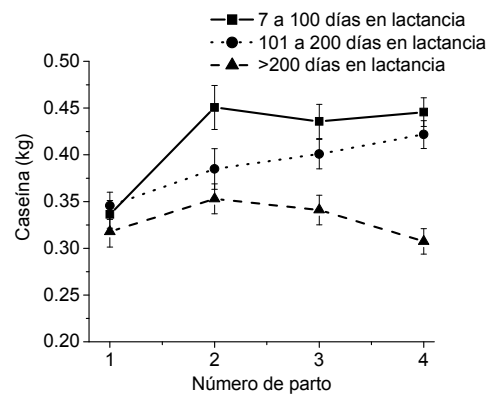
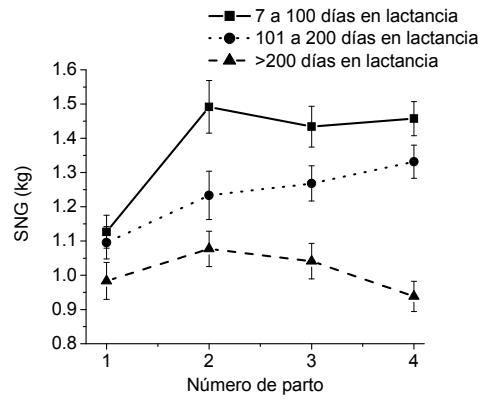
## Interacción Sistema de producción\* Número de parto





### Interacción Etapa de lactancia\*Número de parto

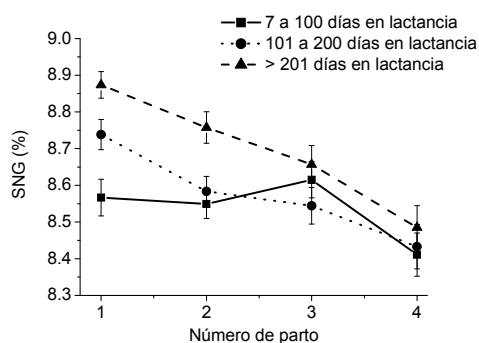
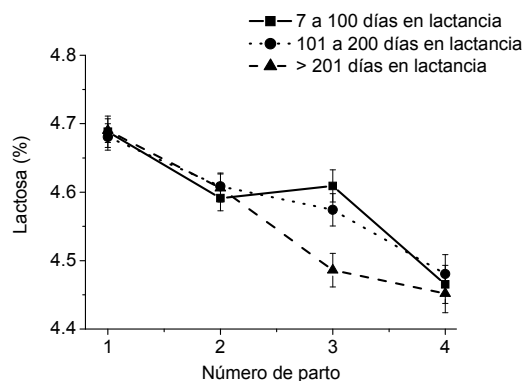
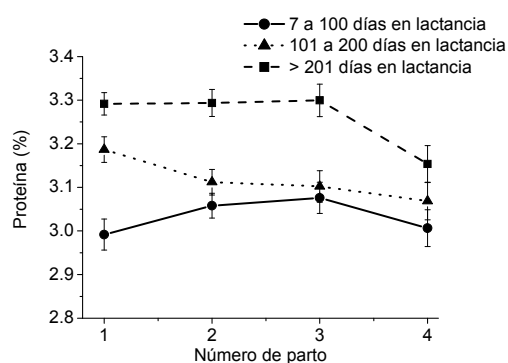
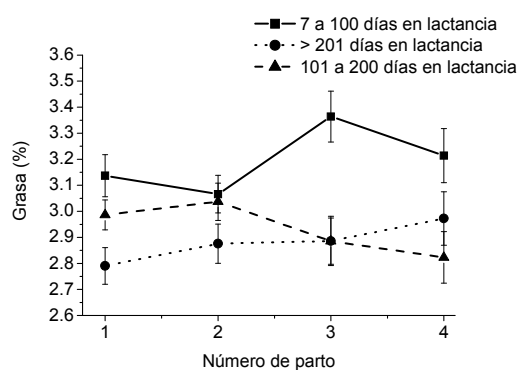


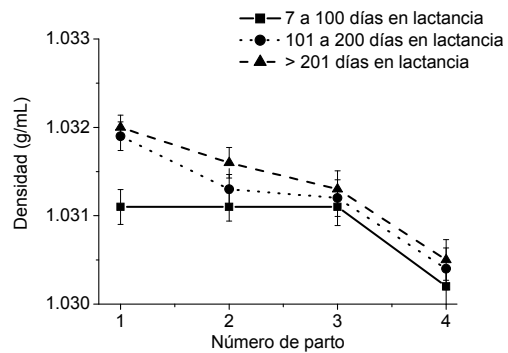
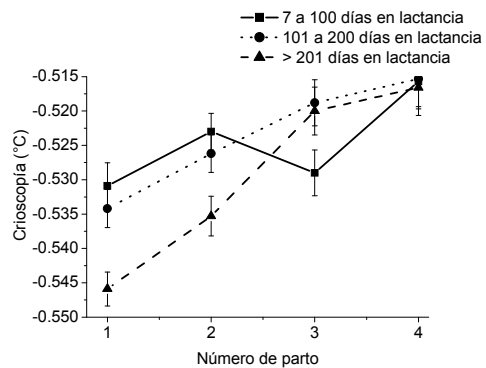
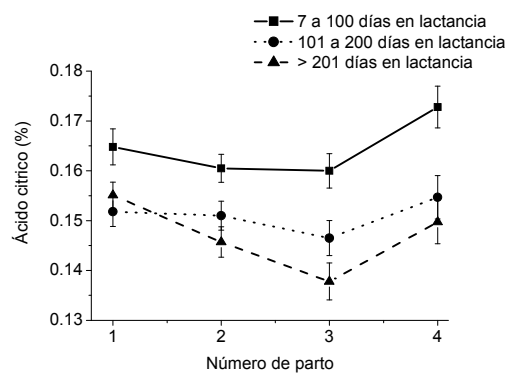
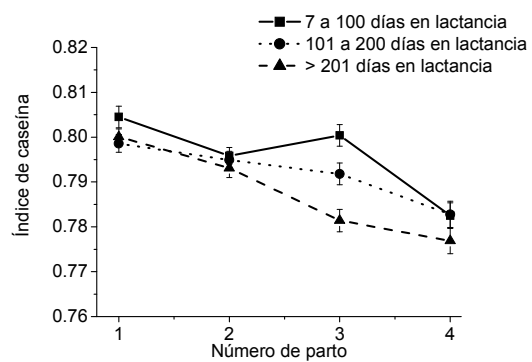
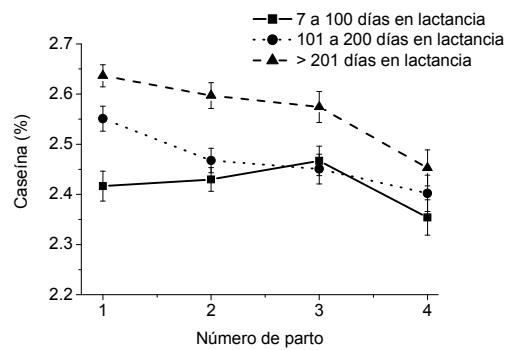
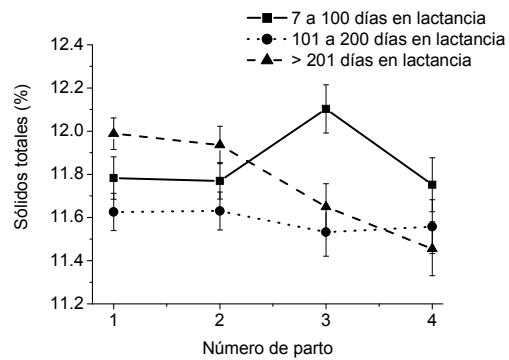


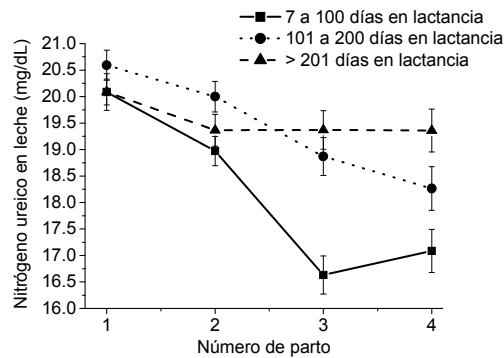
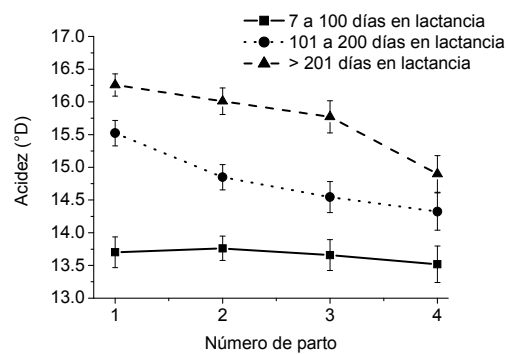
## APÉNDICE 4

### Interacciones significativas de primer orden para variables de calidad de leche de vacas Holstein evaluadas.

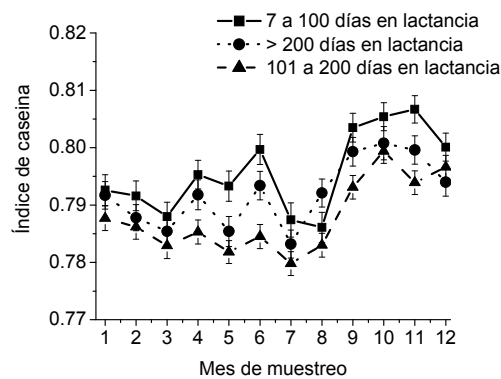
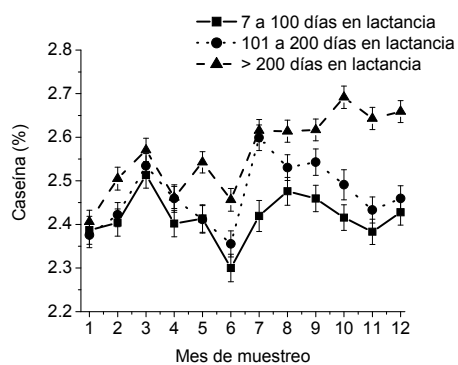
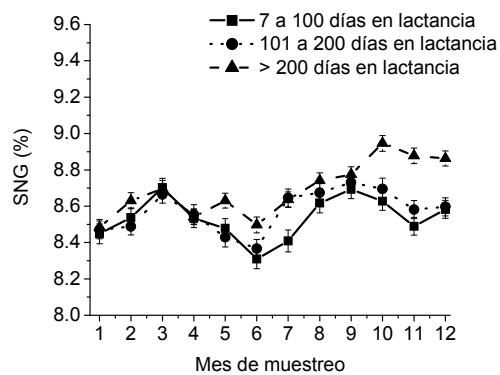
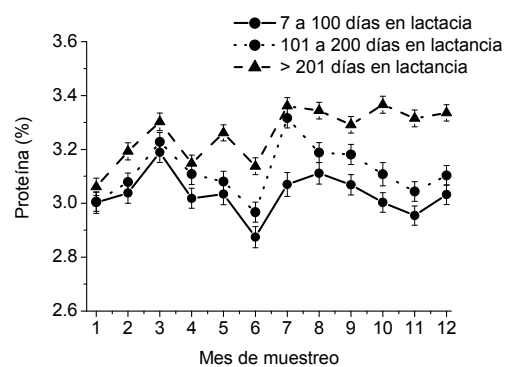
#### Interacción Etapa de lactancia\*Número de parto

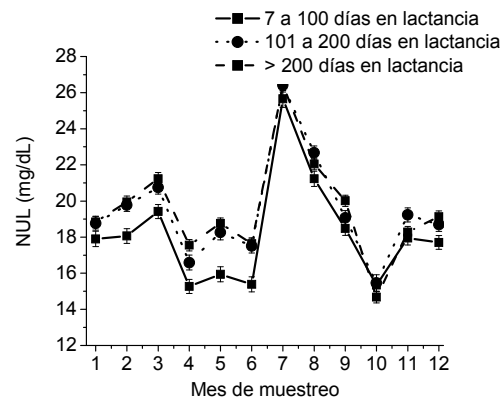
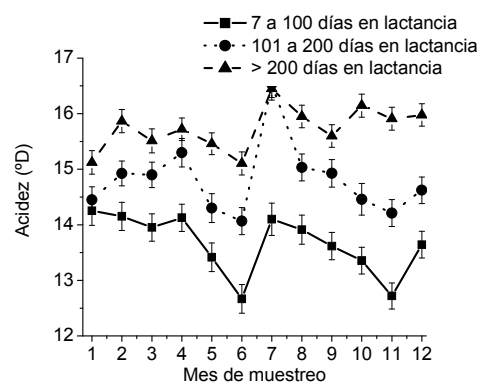
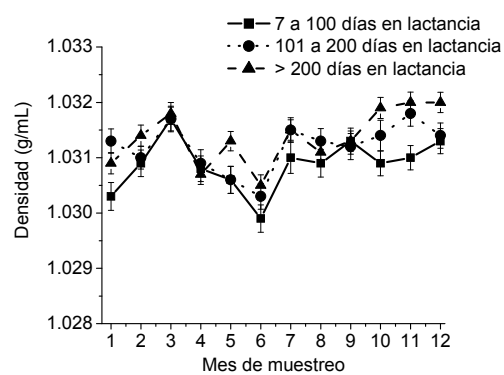
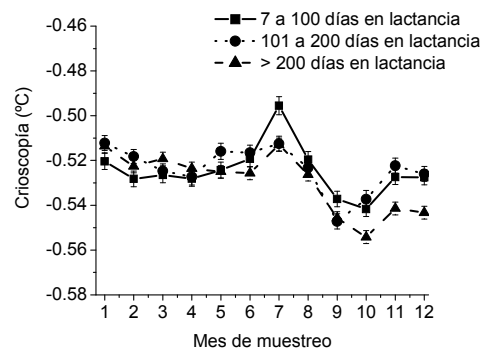
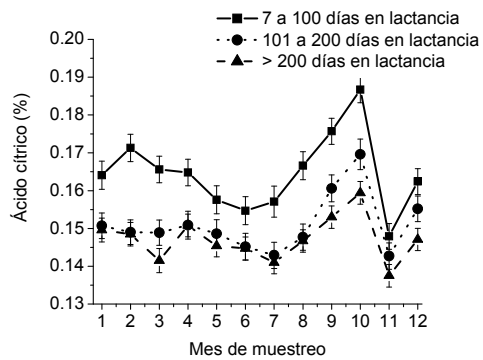




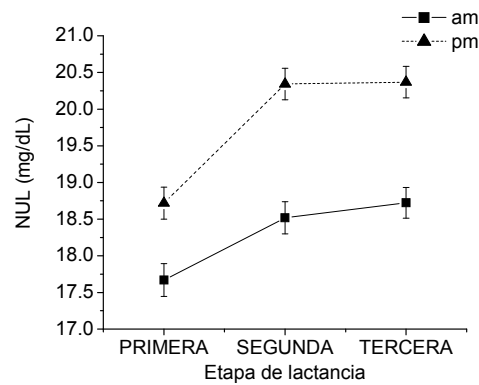


## Interacción Etapa de lactancia\*Mes de muestreo

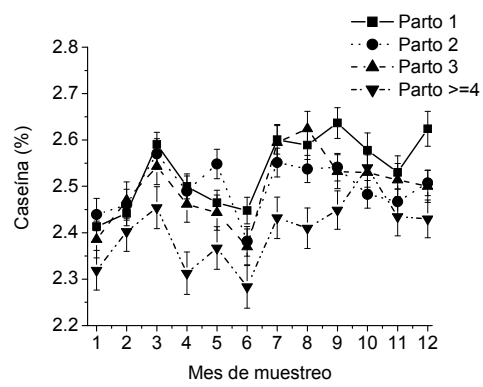
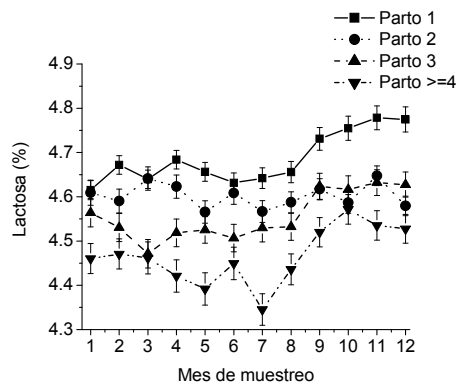
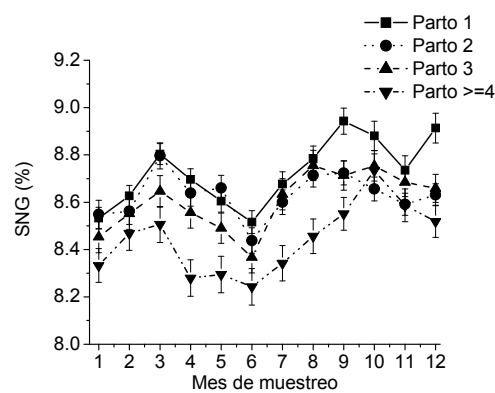
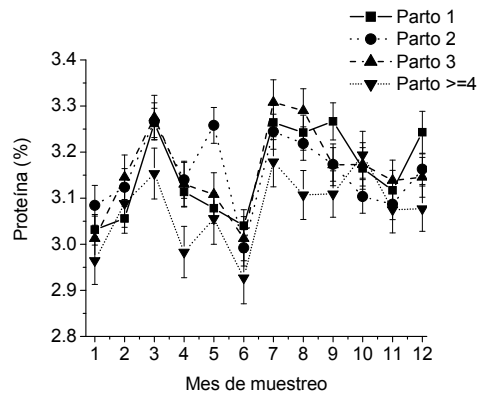


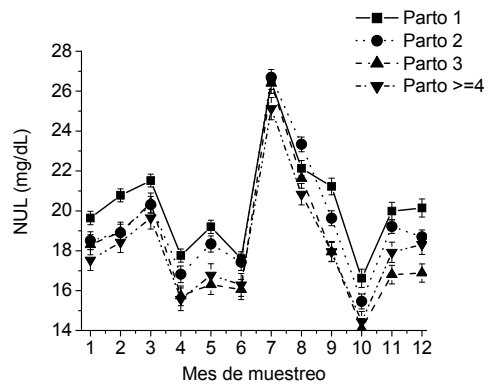
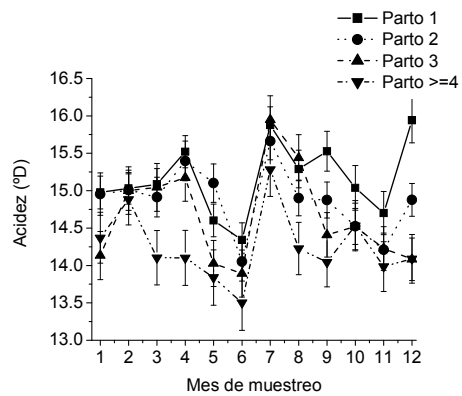
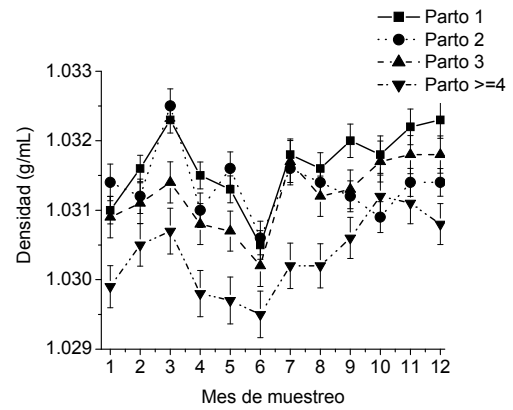
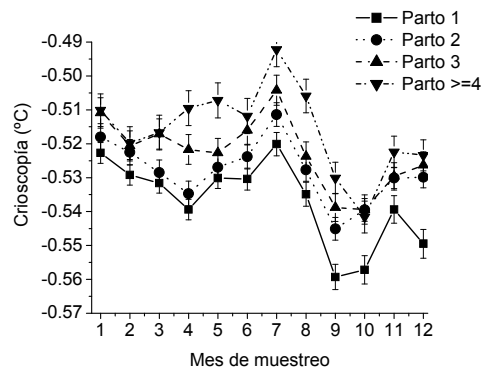
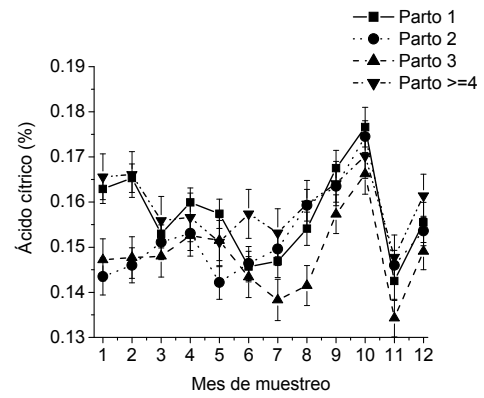
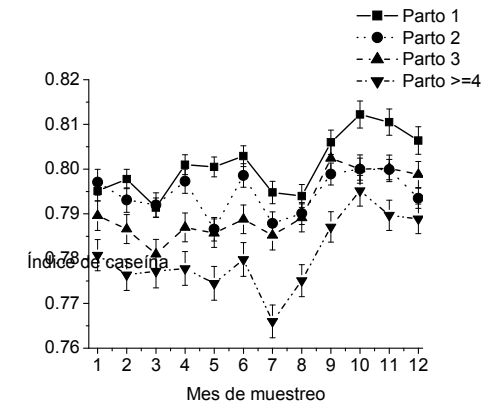


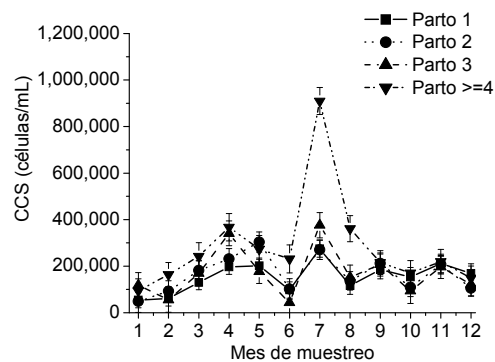
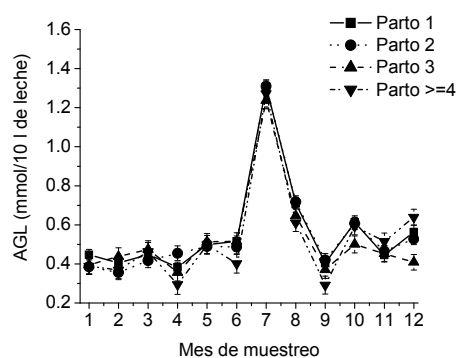
# Interacción Etapa de lactancia\*Ordeño



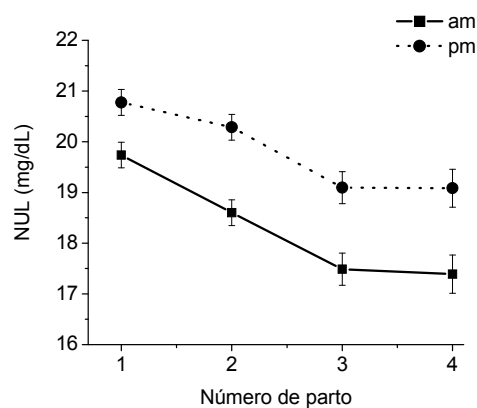
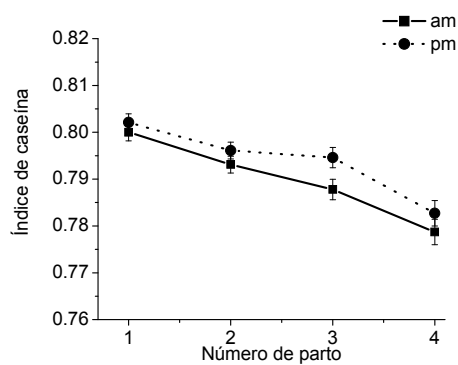
# Interacción Número de parto\*Mes de muestreo



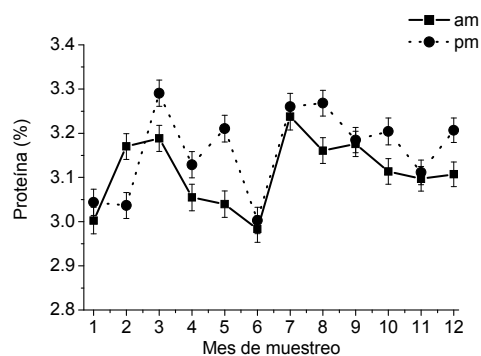
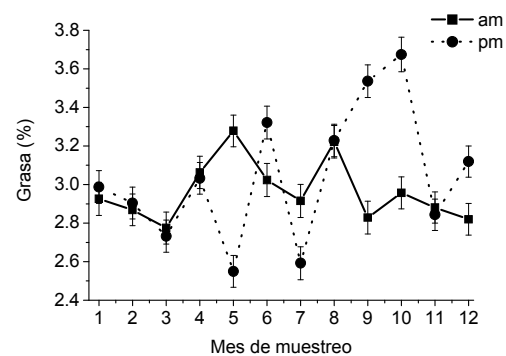


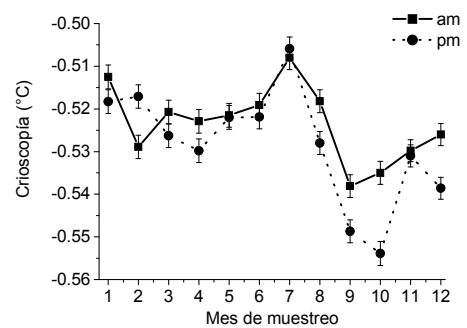
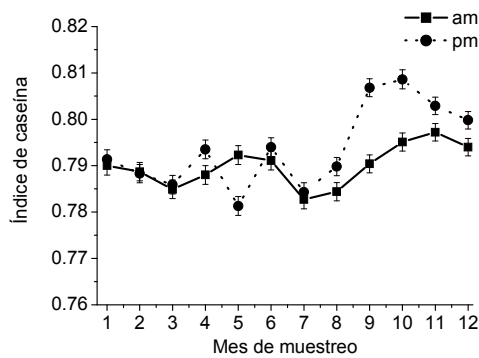
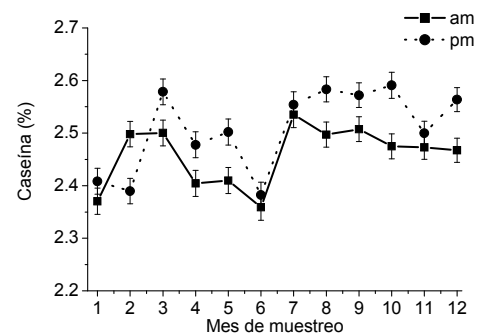
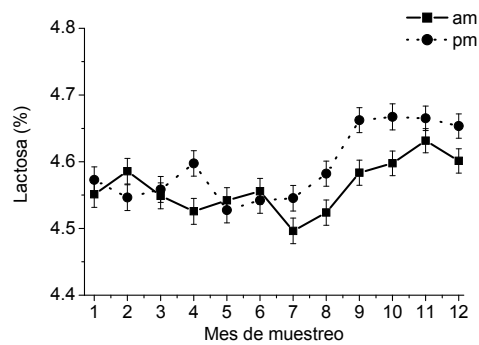
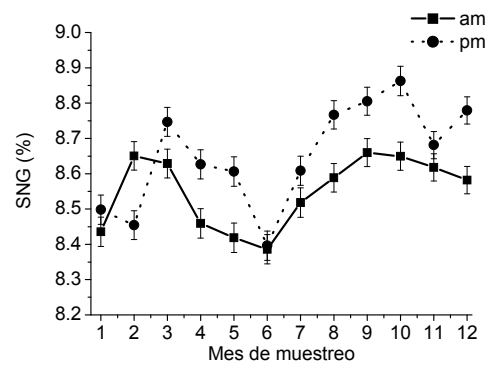
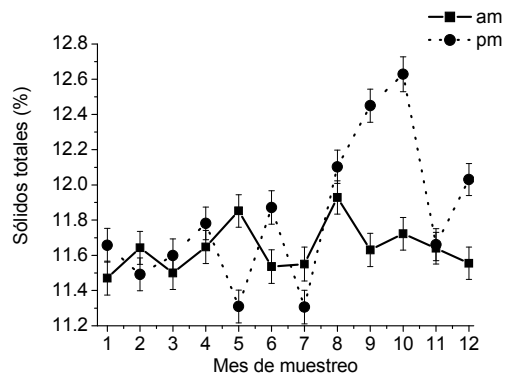


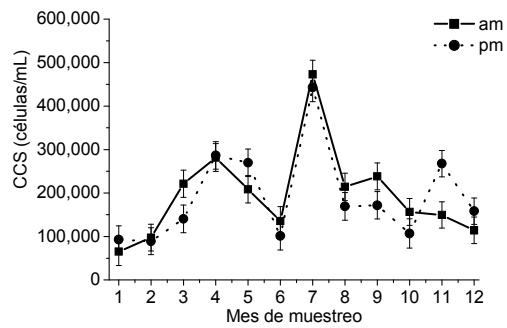
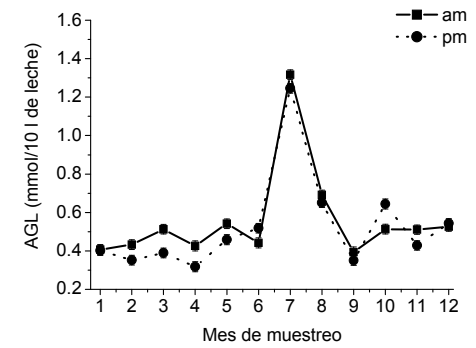
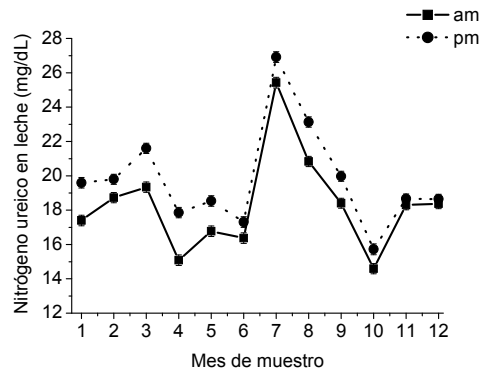
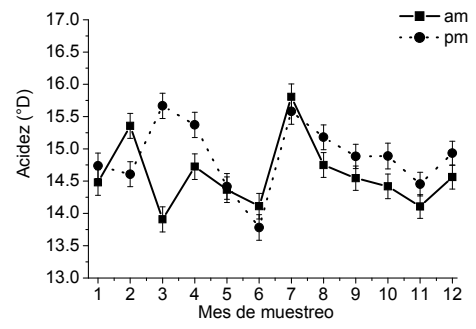
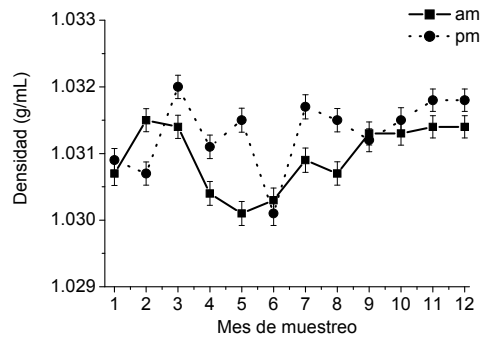
### Interacción Número de parto\*ordeño



### Interacción Mes de muestreo\*ordeño







# Interacciones significativas de primer orden para producción de leche y de componentes de la leche en el día de muestreo de vacas Holstein

## Interacción Etapa de lactancia\*Número de parto

