



UNIVERSIDAD DE CHILE

**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS**



**APLICACION DEL CONTROL ESTADISTICO DE
PROCESOS AL RECUENTO DE CELULAS SOMATICAS
DE LECHE DE ESTANQUE PARA EL MONITOREO DE LA
CALIDAD DE LECHE EN LA X REGION**

SANDRA KATRIN SAAVEDRA LÖWENBERGER

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Fomento de la
Producción Animal.

**PROFESOR GUÍA: DR. HERNÁN AGÜERO E.
Financiada por COOPRINSEM**

SANTIAGO, CHILE

2006

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la factibilidad del recuento diario de células somáticas de leche de estanque (RCSE), como herramienta de monitoreo y mejoramiento de la calidad láctea, basado en el cambio determinado en el nivel de RCSE de un grupo de predios, y la respuesta observada en cada uno a la recepción frecuente de información de RCSE, analizada mediante técnicas del control estadístico de procesos, con el fin de interpretar el comportamiento de los RCSE diarios y establecer posibles relaciones con cambios de manejo o factores de variación del recuento celular.

Se seleccionaron 21 predios proveedores de la planta Nestlé, Osorno; en los que se evaluó el sistema de monitoreo diario del RCSE (SMD), entre Agosto de 2002 y Marzo de 2003, cuyos propietarios o administradores fueron capacitados en la utilización e interpretación de los gráficos de control de Shewhart, proporcionándoles además planillas para el registro diario de manejos, eventualmente asociables a los cambios de RCSE diario evidenciados en los gráficos. Durante el estudio se entregó periódicamente a los productores una interpretación de los gráficos y un comentario sobre factores aparentemente relacionados con el comportamiento del RCSE. Para evaluar el avance del mejoramiento en los predios bajo SMD, se seleccionaron 25 predios proveedores de la misma planta, con niveles similares de RCSE y volumen de entrega de leche quincenal en el trimestre previo al inicio del estudio, los cuales continuaron bajo el sistema tradicional de monitoreo quincenal de RCSE (SMQ). Las diferencias entre predios bajo SMD y SMQ, se analizaron utilizando los RCSE quincenales y sus valores transformados a puntajes de células somáticas (PCS), mediante modelos estadísticos que incluyeron dos expresiones del factor tiempo: 14 tiempos de análisis (quincenas) y 2 períodos de estudio (primera y segunda mitad). Además, dentro de cada grupo de predios (SMD y SMQ), se realizaron análisis de regresión entre el RCSE y PCS con el tiempo de análisis, comparándose posteriormente sus pendientes mediante la prueba de t de Student.

El sistema de monitoreo afectó el RCSE y PCS ($p \leq 0,0001$), determinándose para todo el período de estudio medias de 271.327 cél/ml (SMD) y 339.246 cél/ml (SMQ), lo que indica un 20% menos de recuento en los predios bajo SMD. Independiente del sistema de monitoreo, los RCSE y PCS tendieron a disminuir durante las 14 quincenas analizadas ($p > 0,05$), pudiendo establecerse una diferencia significativa entre las medias correspondientes a la primera y segunda mitad del estudio: 322.044 y 288.528 cél/ml, respectivamente ($p \leq 0,05$). Se encontró relaciones negativas significativas, para ambos sistemas de monitoreo, entre el RCSE y PCS con el tiempo; estimándose para todo el estudio disminuciones de 77.420 y 49.280 cél/ml, en los predios bajo SMD y SMQ, respectivamente. Aun cuando ello representa una superioridad de 57% en la tasa de descenso del RCSE en los predios bajo SMD respecto a los con SMQ, al comparar las pendientes de las regresiones, no se encontraron diferencias significativas entre sistemas de monitoreo. Mediante análisis de regresión individual en los predios bajo SMD, se identificaron 3 grupos según la evolución del RCSE a través del estudio. En 10 predios se registró un descenso significativo del recuento diario, en 3 se mantuvo constante y en 8 casos los valores aumentaron significativamente. Sólo un 20% de los predios que mostraron una reducción del RCSE, presentaban valores de recuento correspondientes a la bonificación máxima estipulada por la pauta de pago (≤ 250.000 cél/ml), en el trimestre previo al estudio; condición en que se encontraba el 100 y 62,5% de aquellos en que el recuento se mantuvo estable o aumentó, respectivamente.

Los gráficos de control permitieron analizar detalladamente el comportamiento del RCSE en todos los predios bajo SMD. Sin embargo, sólo en un 67% de los casos pudo obtenerse la información de manejos diarios, mayoritariamente sólo para parte del período en estudio. Aún así, en un 52% del total de casos, se logró establecer posibles relaciones entre cambios de manejo o factores específicos, con el comportamiento del RCSE evidenciado en los gráficos, tales como, cambio estacional de alojamiento de las vacas, cambio de ordeñadores, ordeña accidental de vacas con mastitis clínica, suspensión o postergación de la ordeña debido a la

interrupción del suministro eléctrico, eliminación de vacas con mastitis subclínica crónica o mastitis clínicas recurrentes, y desvío del estanque de la leche proveniente de las vacas con altos recuentos celulares.

Se concluye que el descenso observado en el RCSE en los predios bajo SMD, refleja principalmente la disminución verificada en aquellos que exhibían previamente, niveles de recuento que no permitían acceder a la bonificación máxima estipulada en la pauta de pago. Los gráficos de control de Shewhart constituyen una herramienta útil para el monitoreo del RCSE diario, aunque la factibilidad de su aplicación al mejoramiento de la calidad láctea, depende de la información de manejo que registren los productores, la asesoría que reciban en su interpretación y en el análisis de su relación con cambios de manejo o medidas específicas de control de mastitis, y el estímulo que generen las pautas de pago de leche para lograra mayores avances en el mejoramiento de la calidad láctea.

INDICE DE MATERIAS

CAPÍTULOS	PÁGINAS
RESUMEN	
1. INTRODUCCIÓN	17
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	19
2.1. IMPORTANCIA DE LA MASTITIS BOVINA.....	19
2.2. SITUACIÓN DE LA CALIDAD DE LECHE EN LA X REGIÓN (RCS).....	20
2.3. UTILIDAD DEL RCS EN LA EVALUACIÓN Y MONITOREO DE LA CALIDAD DE LECHE.....	21
2.4. CONTROL ESTADÍSTICO PROCESOS (CEP).....	24
3. OBJETIVOS	27
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	27
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
4. MATERIALES Y MÉTODOS	27
4.1. SELECCIÓN DE LOS PREDIOS BAJO SISTEMA DE MONITOREO DIARIO DE RECUENTO DE CÉLULAS SOMÁTICAS DE LECHE DE ESTANQUE.....	28
4.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS PREDIOS BAJO SISTEMA DE MONITOREO DIARIO DE RECUENTO DE CÉLULAS SOMÁTICAS DE LECHE DE ESTANQUE.....	28
4.2.1 Superficie Predial y Dotación de Vacas.....	29
4.2.2 Sistemas de Producción e Instalaciones de Alojamiento de las Vacas.....	29
4.2.3 Instalaciones y Equipos de Ordeña.....	30
4.2.4 Rutina de Ordeña.....	32
4.2.5 Prevención de Mastitis.....	33
4.3. OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE LECHE EN PREDIOS BAJO SISTEMA DE MONITOREO DIARIO DE RECUENTO DE CÉLULAS SOMÁTICAS DE LECHE DE ESTANQUE.....	36

4.4.	APLICACIÓN DE LOS GRÁFICOS DE CONTROL AL MONITOREO DIARIO DE RECUESTO DE CÉLULAS SOMÁTICAS DE LECHE DE ESTANQUE	37
4.5.	PREDIOS CONTROL.....	38
4.6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	39
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
5.1.	MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD LACTEA EN PREDIOS BAJO MONITOREO DIARIO DEL RECUESTO DE CELULAS SOMATICAS DE LECHE DE ESTANQUE, EN RELACION A PREDIOS BAJO EL SISTEMA TRADICIONAL DE ANALISIS QUINCENALES.....	42
5.1.1.	Efecto del Sistema de Monitoreo y del Tiempo sobre el Recuento de Células Somáticas de Leche de Estanque.....	42
5.1.2.	Relaciones entre el Recuento de Células Somáticas de Leche de Estanque, Volumen de Entrega de Leche y Tiempo según Sistema de Monitoreo.....	47
5.1.2.1.	Relación entre Recuento de Células Somáticas de Leche de Estanque y Tiempo de Análisis.....	47
5.1.2.2.	Relación entre Volumen de Entrega de Leche y Tiempo de Análisis.....	52
5.1.2.3.	Relación entre Recuento de Células Somáticas de Leche de Estanque y Volumen de Entrega de Leche.....	54
5.1.2.1.1.	<i>Relación con los promedios de volumen de entrega de leche por quincena.....</i>	54
5.1.2.1.2.	<i>Relación con los promedios de volumen de entrega de leche por predio.....</i>	58
5.2.	ANALISIS Y DESCRIPCION ESTADISTICA DEL RCSE DE GRUPOS DE PREDIOS CON SMD SEGUN SU EVOLUCION DURANTE EL ESTUDIO.....	62
5.2.1.	Agrupamiento de los Predios con SMD.....	62
5.2.2.	Descripción Estadística del RCSE de Grupos de Predios con SMD.....	66
5.3.	DESCRIPCION ESTADISTICA Y ANALISIS DE LA EVOLUCIÓN DEL RCSE POR PREDIO CON SISTEMA DE MONITOREO DIARIO.....	69
5.3.1.	Predios que Durante el Estudio Disminuyeron su RCSE.....	69
5.3.1.1.	Predio N° 1.....	69
5.3.1.1.1.	<i>Descripción estadística del RCSE (RCSE y PCS) durante el período de estudio.....</i>	69
5.3.1.1.2.	<i>Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo.....</i>	70
5.3.1.1.3.	<i>Análisis del gráfico de control de RCSE.....</i>	71
5.3.1.1.4.	<i>Factores que explicarían el comportamiento del RCSE.....</i>	73
5.3.1.2.	Predio N° 2.....	74
5.3.1.2.1.	<i>Descripción estadística del RCSE (RCSE y PCS) durante el período de estudio.....</i>	74
5.3.1.2.2.	<i>Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo.....</i>	75

5.3.1.2.3.	<i>Análisis del gráfico de control de RCSE.....</i>	76
5.3.1.2.4.	<i>Factores que explicarían el comportamiento del RCSE.....</i>	78
5.3.1.3.	Predio N° 3.....	81
5.3.1.3.1.	<i>Descripción estadística del RCSE (RCSE y PCS) durante el período de estudio.....</i>	81
5.3.1.3.2.	<i>Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo.....</i>	82
5.3.1.3.3.	<i>Análisis del gráfico de control de RCSE.....</i>	83
5.3.1.3.4.	<i>Factores que explicarían el comportamiento del RCSE.....</i>	86
5.3.1.4.	Predio N° 5.....	88
5.3.1.4.1.	<i>Descripción estadística del RCSE (RCSE y PCS) durante el período de estudio.....</i>	88
5.3.1.4.2.	<i>Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo.....</i>	89
5.3.1.4.3.	<i>Análisis del gráfico de control de RCSE.....</i>	91
5.3.1.4.4.	<i>Factores que explicarían el comportamiento del RCSE.....</i>	93
5.3.1.5.	Predio N° 6.....	95
5.3.1.5.1.	<i>Descripción estadística del RCSE (RCSE y PCS) durante el período de estudio.....</i>	95
5.3.1.5.2.	<i>Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo.....</i>	96
5.3.1.5.3.	<i>Análisis del gráfico de control de RCSE.....</i>	97
5.3.1.5.4.	<i>Factores que explicarían el comportamiento del RCSE.....</i>	98
5.3.1.6.	Predio N° 7.....	100
5.3.1.6.1.	<i>Descripción estadística del RCSE (RCSE y PCS) durante el período de estudio.....</i>	100
5.3.1.6.2.	<i>Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo.....</i>	101
5.3.1.6.3.	<i>Análisis del gráfico de control de RCSE.....</i>	103
5.3.1.6.4.	<i>Factores que explicarían el comportamiento del RCSE.....</i>	105
5.3.1.7.	Predio N° 8.....	106
5.3.1.7.1.	<i>Descripción estadística del RCSE (RCSE y PCS) durante el período de estudio.....</i>	106
5.3.1.7.2.	<i>Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo.....</i>	107
5.3.1.7.3.	<i>Análisis del gráfico de control de RCSE.....</i>	108
5.3.1.7.4.	<i>Factores que explicarían el comportamiento del RCSE.....</i>	110
5.3.1.8.	Predio N° 11.....	111
5.3.1.8.1.	<i>Descripción estadística del RCSE (RCSE y PCS) durante el período de estudio.....</i>	111
5.3.1.8.2.	<i>Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo.....</i>	112
5.3.1.8.3.	<i>Análisis del gráfico de control de RCSE.....</i>	114
5.3.1.8.4.	<i>Factores que explicarían el comportamiento del RCSE.....</i>	116
5.3.1.9.	Predio N° 12.....	117
5.3.1.9.1.	<i>Descripción estadística del RCSE (RCSE y PCS) durante el período de estudio.....</i>	117
5.3.1.9.2.	<i>Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo.....</i>	118
5.3.1.9.3.	<i>Análisis del gráfico de control de RCSE.....</i>	120
5.3.1.9.4.	<i>Factores que explicarían el comportamiento del RCSE.....</i>	122
5.3.1.10.	Predio N° 17.....	123

5.3.1.10.1.	<i>Descripción estadística del RCSE (RCSE y PCS) durante el período de estudio.....</i>	123
5.3.1.10.2.	<i>Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo.....</i>	124
5.3.1.10.3.	<i>Análisis del gráfico de control de RCSE.....</i>	126
5.3.1.10.4.	<i>Factores que explicarían el comportamiento del RCSE.....</i>	128
5.3.2.	Predios que Durante el Estudio Mantuvieron su RCSE.....	130
5.3.2.1.	Predio N° 14.....	130
5.3.2.1.1.	<i>Descripción estadística del RCSE (RCSE y PCS) durante el período de estudio.....</i>	130
5.3.2.1.2.	<i>Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo.....</i>	131
5.3.2.1.3.	<i>Análisis del gráfico de control de RCSE.....</i>	132
5.3.2.1.4.	<i>Factores que explicarían el comportamiento del RCSE.....</i>	134
5.3.2.2.	Predio N° 18.....	135
5.3.2.2.1.	<i>Descripción estadística del RCSE (RCSE y PCS) durante el período de estudio.....</i>	135
5.3.2.2.2.	<i>Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo.....</i>	136
5.3.2.2.3.	<i>Análisis del gráfico de control de RCSE.....</i>	138
5.3.2.2.4.	<i>Factores que explicarían el comportamiento del RCSE.....</i>	140
5.3.2.3.	Predio N° 19.....	141
5.3.2.3.1.	<i>Descripción estadística del RCSE (RCSE y PCS) durante el período de estudio.....</i>	141
5.3.2.3.2.	<i>Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo.....</i>	142
5.3.2.3.3.	<i>Análisis del gráfico de control de RCSE.....</i>	143
5.3.2.3.4.	<i>Factores que explicarían el comportamiento del RCSE.....</i>	145
5.3.3.	Predios que Durante el Estudio Aumentaron su RCSE.....	146
5.3.3.1.	Predio N° 4.....	146
5.3.3.1.1.	<i>Descripción estadística del RCSE (RCSE y PCS) durante el período de estudio.....</i>	146
5.3.3.1.2.	<i>Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo.....</i>	147
5.3.3.1.3.	<i>Análisis del gráfico de control de RCSE.....</i>	149
5.3.3.1.4.	<i>Factores que explicarían el comportamiento del RCSE.....</i>	151
5.3.3.2.	Predio N° 9.....	153
5.3.3.2.1.	<i>Descripción estadística del RCSE (RCSE y PCS) durante el período de estudio.....</i>	153
5.3.3.2.2.	<i>Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo.....</i>	154
5.3.3.2.3.	<i>Análisis del gráfico de control de RCSE.....</i>	156
5.3.3.2.4.	<i>Factores que explicarían el comportamiento del RCSE.....</i>	158
5.3.3.3.	Predio N° 10.....	159
5.3.3.3.1.	<i>Descripción estadística del RCSE (RCSE y PCS) durante el período de estudio.....</i>	159
5.3.3.3.2.	<i>Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo.....</i>	160
5.3.3.3.3.	<i>Análisis del gráfico de control de RCSE.....</i>	162
5.3.3.3.4.	<i>Factores que explicarían el comportamiento del RCSE.....</i>	164

5.3.3.4.	Predio N° 13.....	165
5.3.3.4.1.	<i>Descripción estadística del RCSE (RCSE y PCS) durante el período de estudio.....</i>	165
5.3.3.4.2.	<i>Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo.....</i>	166
5.3.3.4.3.	<i>Análisis del gráfico de control de RCSE.....</i>	168
5.3.3.4.4.	<i>Factores que explicarían el comportamiento del RCSE.....</i>	170
5.3.3.5.	Predio N° 15.....	172
5.3.3.5.1.	<i>Descripción estadística del RCSE (RCSE y PCS) durante el período de estudio.....</i>	172
5.3.3.5.2.	<i>Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo.....</i>	173
5.3.3.5.3.	<i>Análisis del gráfico de control de RCSE.....</i>	175
5.3.3.5.4.	<i>Factores que explicarían el comportamiento del RCSE.....</i>	177
5.3.3.6.	Predio N° 16.....	178
5.3.3.6.1.	<i>Descripción estadística del RCSE (RCSE y PCS) durante el período de estudio.....</i>	178
5.3.3.6.2.	<i>Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo.....</i>	179
5.3.3.6.3.	<i>Análisis del gráfico de control de RCSE.....</i>	181
5.3.3.6.4.	<i>Factores que explicarían el comportamiento del RCSE.....</i>	183
5.3.3.7.	Predio N° 20.....	184
5.3.3.7.1.	<i>Descripción estadística del RCSE (RCSE y PCS) durante el período de estudio.....</i>	184
5.3.3.7.2.	<i>Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo.....</i>	185
5.3.3.7.3.	<i>Análisis del gráfico de control de RCSE.....</i>	187
5.3.3.7.4.	<i>Factores que explicarían el comportamiento del RCSE.....</i>	189
5.3.3.8.	Predio N° 21.....	191
5.3.3.8.1.	<i>Descripción estadística del RCSE (RCSE y PCS) durante el período de estudio.....</i>	191
5.3.3.8.2.	<i>Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo.....</i>	192
5.3.3.8.3.	<i>Análisis del gráfico de control de RCSE.....</i>	194
5.3.3.8.4.	<i>Factores que explicarían el comportamiento del RCSE.....</i>	196
5.4.	FACTIBILIDAD DE LA APLICACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS AL MONITOREO DIARIO DEL RCSE PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD LÁCTEA.....	197
6.	CONCLUSIONES.....	208
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	210

ANEXOS

ANEXO 1. Encuesta para Productores de Leche, Osorno 2002

ANEXO 2.

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Descripción estadística del RCSE (cél/ml) y PCS para los Sistemas de Monitoreo Diario y Quincenal de células somáticas, basada en los registros quincenales de RCSE de la planta lechera.....	42
2. Medias de RCSE (cél/ml) según Sistema de Monitoreo y quincena de análisis.....	44
3. Medias de PCS según Sistema de Monitoreo y quincenas de análisis	45
4. Medias de RCSE (cél/ml) según Sistema de Monitoreo y período del estudio.....	46
5. Medias de PCS según Sistema de Monitoreo y período del estudio.....	62
6. Distribución de los predios con SMD según la evolución del RCSE durante el período de estudio.....	63
7. Promedios de RCS (1.000 cél/ml), de las 6 quincenas previas al inicio del estudio, según la evolución del RCSE en predios con SMD Cuadro 8. Descripción estadística del RCSE diario según su evolución durante el período de estudio y para el total de predios con SMD.....	67
9. Descripción estadística del PCS diario según su evolución durante el período de estudio y para el total de predios con SMD.....	68
10. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 1.....	69
11. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 2.....	74
12. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 3.....	81
13. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 5.....	88
14. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 6.....	95
15. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 7.....	100
16. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 8.....	106
17. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 11.....	111
18. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 12.....	117
19. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 17.....	123
20. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 14.....	130
21. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 18.....	135
22. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 19.....	141

23. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 4.....	146
24. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 9.....	153
25. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 10.....	159
26. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 13.....	165
27. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 15.....	172
28. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 16.....	178
29. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 20.....	184
30. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 21.....	190

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Promedios de RCSE quincenales y su regresión con el tiempo de análisis en predios bajo SMD.....	47
2. Promedios de PCS quincenales y su regresión con el tiempo de análisis en predios bajo SMD.....	48
3. Promedios de RCSE quincenales y su regresión con el tiempo de análisis en predios bajo SMQ	49
4. Promedios de PCS quincenales y su regresión con el tiempo de análisis en predios bajo SMQ.....	49
5. Promedios de RCSE quincenales y su regresión con el tiempo de análisis para predios bajo SMD y SMQ.....	51
6. Promedios de PCS quincenales y su regresión con el tiempo de análisis para predios bajo SMD y SMQ.....	51
7. Promedios de volumen de entrega quincenal de leche y su regresión con el tiempo de análisis en predios bajo SMD.....	53
8. Promedios de volumen de entrega quincenal de leche y su regresión con el tiempo de análisis en predios bajo SMQ.....	53
9. Promedios de RCSE quincenales y su regresión con los promedios de volumen de entrega quincenal de leche en predios bajo SMD.....	54
10. Promedios de PCS quincenales y su regresión con los promedios de volumen de entrega quincenal de leche en predios bajo SMD.....	55
11. Promedios de RCSE quincenales y su regresión con los promedios de volumen de entrega quincenal de leche en predios bajo SMQ.....	56
12. Promedios de PCS quincenales y su regresión con los promedios de volumen de entrega quincenal de leche en predios bajo SMQ.....	57
13. Promedios de RCSE en predios bajo SMD y su regresión con los promedios de volumen de entrega de leche por predio.....	58
14. Promedios de PCS en predios bajo SMD y su regresión con los promedios de volumen de entrega de leche por predio.....	59
15. Promedios de RCSE en predios bajo SMQ y su regresión con los promedios de volumen de entrega de leche por predio.....	60
16. Promedios de PCS en predios bajo SMQ y su regresión con los promedios de volumen de entrega de leche por predio.....	60

17. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 1.....	70
18. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 1.....	71
19. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 1 durante el período de estudio.....	72
20. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 2.....	75
21. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 2.....	76
22. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 2 durante el período de estudio.....	77
23. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 3.....	80
24. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 3.....	81
25. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 3 durante el período de estudio.....	84
26. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 5.....	88
27. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 5.....	89
28. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 5 durante el período de estudio.....	91
29. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 6.....	95
30. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 6.....	96
31. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 6 durante el período de estudio.....	97
32. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 7.....	100
33. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 7.....	101
34. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 7 durante el período de estudio.....	103

35. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 8.....	106
36. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 8.....	107
37. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 8 durante el período de estudio.....	108
38. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 11.....	111
39. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 11.....	112
40. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 11 durante el período de estudio.....	114
41. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 12.....	117
42. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 12.....	118
43. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 12 durante el período de estudio.....	120
44. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 17.....	123
45. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 17.....	126
46. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 17 durante el período de estudio.....	127
47. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 14.....	129
48. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 14.....	133
49. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 14 durante el período de estudio.....	134
50. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 18.....	135
51. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 18.....	138
52. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 18 durante el período de estudio.....	139

53. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 19.....	141
54. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 19.....	144
55. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 19 durante el período de estudio.....	145
56. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 4.....	146
57. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 4.....	149
58. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 4 durante el período de estudio.....	150
59. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 9.....	152
60. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 9.....	156
61. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 9 durante el período de estudio.....	158
62. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 10.....	159
63. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 10.....	162
64. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 10 durante el período de estudio.....	163
65. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 13.....	165
66. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 13.....	167
67. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 13 durante el período de estudio.....	170
68. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 15.....	171
69. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 15.....	173
70. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 15 durante el período de estudio.....	177

71. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 16.....	178
72. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 16.....	180
73. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 16 durante el período de estudio.....	183
74. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 20.....	184
75. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 20.....	186
76. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 20 durante el período de estudio.....	189
77. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 21.....	190
78. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 21.....	192
79. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 21 durante el período de estudio.....	195
80. Promedios de RCSE quincenales y su regresión con el tiempo de análisis en predios bajo SMD que disminuyeron su recuento celular durante el período de estudio.....	202
81. Promedios de RCSE quincenales y su regresión con el tiempo de análisis en predios bajo SMD que mantuvieron estable su recuento celular durante el período de estudio.....	203
82. Promedios de RCSE quincenales y su regresión con el tiempo de análisis en predios bajo SMD que aumentaron su recuento celular durante el período de estudio.....	203

1. INTRODUCCIÓN

La calidad de leche ha experimentado en Chile un mejoramiento notable, al cabo de unos pocos años de introducidas las primeras pautas de pago por parte de las industrias lecheras, que incorporaron el recuento bacteriano total y recuento de células somáticas (RCS), como variables fundamentales de clasificación y pago de la leche según calidad higiénica. Este mejoramiento muestra cierta coincidencia con un aumento progresivo de las exigencias en lo referente a ambas características de calidad, las cuales han incidido cada vez más en el precio percibido por los productores. No obstante, con el fin de aumentar la competitividad de los productos lácteos en el mercado internacional, el sector lechero nacional, particularmente en la X Región, deberá plantearse nuevas metas de mejoramiento de la calidad higiénica de leche. Uno de los principales desafíos será reducir el RCS a valores comparables a los de países que han efectuado mayores avances en esta materia, para lo cual sería necesario incrementar las exigencias de las pautas de pago, alcanzar una mayor motivación de los actores involucrados, reforzar las medidas básicas de control de la enfermedad, y aprovechar al máximo las herramientas que permiten evaluar y monitorear los indicadores de salud mamaria de los rebaños.

En este escenario, el monitoreo diario del RCS en leche de estanque (RCSE), podría constituir una herramienta complementaria del control lechero oficial y de otros métodos de monitoreo de la salud mamaria, para aquellos productores que deseen optimizar la calidad de leche. A diferencia de la situación existente en Chile, en algunos países se determina el RCSE de cada partida de leche recogida por el camión de la planta, generándose de esta manera una gran base de datos, que no han sido plenamente aprovechados en el monitoreo y mejoramiento de la calidad láctea, por las dificultades que involucra un análisis e interpretación adecuada de la información. Las técnicas del control estadístico de procesos industriales, podrían constituir una metodología de análisis para interpretar correctamente los RCSE. La experiencia existente en otros países es

relativamente escasa, pero se dispone de evidencias que sugieren que la aplicación de estas técnicas estadísticas, puede resultar útil para tomar decisiones que permitan producir consistentemente leche de excelente calidad.

Considerando lo expuesto, se diseñó esta memoria de título con el fin de estudiar la factibilidad de aplicar el monitoreo diario de RCSE en el medio lechero de la X Región del país, y determinar su posible utilidad en el mejoramiento de la salud mamaria y de la calidad láctea.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. IMPORTANCIA DE LA MASTITIS BOVINA

La mastitis es una de las enfermedades de mayor impacto económico sobre la actividad lechera, siendo la mastitis subclínica la causante de la mayoría de las pérdidas. La mastitis clínica puede ser un problema serio a nivel de rebaños individuales, pero tiende a ser menos importante que la forma subclínica. Alrededor del 70% de las pérdidas totales a nivel de los productores corresponden a disminución en la producción de leche; el resto se debe al descarte de leche por anomalías notorias o residuos de antibióticos, gastos en medicamentos y honorarios veterinarios, trabajo extra, pérdida del valor genético por eliminación prematura, reducción del valor comercial de las vacas eliminadas e incremento en los costos de reemplazo. Además, se deben considerar las pérdidas derivadas de un menor precio de leche debido a RCS elevados (Philpot, 1999).

Las pérdidas en producción de leche por vaca, varían entre 6 y 25% del rendimiento potencial, según el nivel de RCS (NMC, 1996); estimándose también que la producción por vaca disminuye en 2,5%; por cada incremento de 100.000 cél/ml sobre un nivel de 200.000 cél/ml (Philpot, 1999). Barría y Jara (2000), utilizando información del control lechero de rebaños de las regiones IX y X, informan una disminución de 0,5 kg en la producción diaria de leche por vaca, por cada unidad de aumento del puntaje lineal de células somáticas. Dicho valor se asemeja a las estimaciones de pérdidas productivas efectuadas en un estudio previo, basado en los registros de producción de leche y RCS de los rebaños del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile (Pedraza *et al.*, 1994).

SITUACIÓN DE LA CALIDAD DE LECHE EN LA X REGIÓN (RCS)

Para lograr una mayor competitividad en el mercado globalizado de productos lácteos, las grandes empresas lecheras del país introdujeron en 1996, los primeros esquemas de pago de leche que incluyen aspectos relevantes de calidad higiénica, verificándose gradualmente un aumento en las exigencias. En el caso del RCS, se aumentaron las bonificaciones para las categorías superiores y se introdujeron fuertes penalizaciones para las categorías de menor calidad desde 1998-1999. Los límites para la leche de más alta calidad, han fluctuado recientemente entre 200.000-400.000 cél/ml (Kruze, 2000a). Para ilustrar la ponderación de los aspectos de calidad en el precio percibido por los productores, puede utilizarse la pauta de pago de Nestlé Chile S.A., fábrica Osorno (Encalada, 2002)¹, que establece un castigo máximo de \$6 respecto al precio base, para RCS >600.000 cél/ml, mientras que al mejorar la calidad el precio aumentaría hasta en \$6 (<250.000 cél/ml). Loncoleche S.A. aplica castigos similares, destacándose además que los productores con un promedio >700.000 cél/ml (últimos 5 análisis), deben reducir los RCS dentro de 60 días o se les suspende la compra (Agüero, 2002).

Como consecuencia de lo señalado, se verificó en un breve período una disminución importante en los niveles de RCS. Los registros de las industrias de la zona sur, muestran que el promedio de RCS disminuyó de 460.000 a 330.000 cél/ml, entre 1997 y 2000 (Kruze, 2000a). Los avances son especialmente evidentes en los predios que han permanecido ininterrumpidamente en el Control Lechero Oficial de Cooprinsem, cuyo promedio disminuyó de 471.000 cél/ml en 1994 a 256.000 cél/ml en 2001 (Agüero, 2002).

De lo expuesto se desprende que ha habido un descenso importante en los niveles de RCS en la X Región (aproximadamente 5 a 10% anual), comparable al

¹ Encalada, M. 2002. Pauta de pago de proveedores, septiembre 2002. Departamento Agropecuario, Nestlé, Osorno (fotocopia). Osorno. Chile.

logrado a inicios de la década del 90 en países con actividad lechera más desarrollada. Sin embargo, debido a la aplicación posterior de la normativa de la Unión Europea, que establece que la leche destinada a cualquier proceso de industrialización debe tener un RCS <400.000 cél/ml, se ha observado en años recientes una reducción significativa en los niveles de RCS, presentando algunos países promedios anuales <200.000 cél/ml (Agüero, 2002).

Alcanzar estos niveles de RCS en la X Región, supone reforzar las medidas de control de mastitis, para lo cual se requiere una mayor motivación de los productores, ordeñadores y asesores. Además, resultaría fundamental aprovechar mejor las herramientas disponibles para el monitoreo de la salud mamaria, tales como control lechero oficial, registros de los casos clínicos, e identificación y monitoreo de patógenos mamarios (Agüero, 2002). El monitoreo diario del recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE), podría constituir una herramienta adicional para quienes deseen optimizar la calidad láctea (Franks, 2001; Reneau y Kinsel, 2001; Williamson, 2002; Lukas *et al.*, 2005).

UTILIDAD DEL RCS EN LA EVALUACION Y MONITOREO DE LA CALIDAD DE LECHE

Las células somáticas son principalmente células del sistema inmune (80% en cuartos no infectados y 99% en cuartos con mastitis), correspondiendo esencialmente a leucocitos (linfocitos, macrófagos, polimorfos nucleares y algunas células epiteliales), cuya concentración aumenta en la leche debido a su paso desde la corriente sanguínea, como respuesta al establecimiento de una infección intramamaria. Dado que el número de células/ml de leche se relaciona con el nivel de inflamación mamaria, el RCS se considera un buen indicador de infecciones intramamarias, tanto a nivel individual como de rebaños. Los recuentos celulares elevados y persistentes en el tiempo, generalmente indican la presencia de infecciones crónicas. Es por esto que el recuento de células somáticas es utilizado internacionalmente para establecer la calidad láctea con fines de pago, basado en

determinaciones realizadas en muestras de leche de estanque (Harmon, 2001; Schukken *et al.*, 2003).

En leche obtenida de cuartos en que no se han aislado patógenos o sin infecciones recientes, el RCS generalmente es <100.000 cél/ml. El rango de $100.000 - 199.999$ cél/ml, no puede ser atribuido claramente a un estado infeccioso o inflamatorio. Recuentos ≥ 200.000 cél/ml indican mastitis subclínica, siendo probable que el cuarto se encuentre infectado y la calidad de la leche deteriorada. En el caso de leche de estanque, podría señalarse que con un RCSE de 200.000 cél/ml, hasta el 15% de las vacas del rebaño podrían estar infectadas. Cada incremento adicional de 100.000 cél/ml en el RCSE, se asociaría a un incremento en el rango de infecciones de 8 a 10%. Con un RCSE de 400.000 cél/ml, probablemente $1/3$ de las vacas se encontrarían infectadas, aumentando dicha proporción a $2/3$, si el RCSE es de 700.000 cél/ml (Smith *et al.*, 2001).

El RCSE se considera un buen indicador del estado de salud mamaria de un rebaño, ya que representa la concentración de células somáticas en la leche de todas las vacas ordeñadas y es un indicador indirecto del nivel de mastitis subclínica (Williamson, 2002), aún cuando puede registrarse una variación importante en el porcentaje de vacas infectadas para un determinado nivel de RCSE (Booth, 1998a).

De acuerdo a la información disponible para varios países, la periodicidad de las determinaciones de RCSE con fines de pago de leche varía entre 1 a 4 análisis mensuales (Latrille, 1999). Esta frecuencia sería insuficiente para detectar oportunamente incrementos en el RCSE y evaluar cambios de manejo orientados a mantener los niveles de recuento dentro de ciertos límites (Franks, 2001). Por ello, en algunos países se ha introducido la determinación diaria de RCSE, como herramienta de identificación de problemas emergentes de mastitis y calidad láctea, así como de monitoreo permanente de las medidas de control.

En Nueva Zelanda comenzó a utilizarse a partir de 1995 – 1996, con el fin de lograr mayores avances en la reducción de los niveles de RCSE, los cuales se habían mantenido estables, después de haber logrado una disminución de aproximadamente 90.000cél/ml, gracias a la aplicación de un programa nacional de control de mastitis y castigos por altos RCS. El monitoreo diario del RCSE es uno de los principales factores que explicaría el mejoramiento de la calidad láctea en Nueva Zelanda, cuyo promedio de RCSE alcanzó a 170.000 cél/ml en 1998 – 1999 (Williamson, 2002).

Antes de aplicarlo masivamente, se efectuó un estudio tendiente a evaluar el efecto de proporcionar a los productores la información de RCSE diario, observándose distintas respuestas. Algunos productores la utilizaron inmediatamente para efectuar cambios de manejo cada vez que aumentaba el RCSE. Otros reaccionaron más lentamente, emprendiendo acciones sólo cuando el RCSE sobrepasaba ciertos límites. Finalmente, pudo identificarse un grupo de productores que se limitaba a recibir la información, sin efectuar ninguna modificación de sus manejos. Los resultados de este pequeño estudio, constituyeron la base para tomar la decisión de incorporar el monitoreo diario de RCSE en Nueva Zelanda, cuyo objetivo no es sólo proporcionar a los productores información frecuente de RCSE, sino relacionarla con el manejo predial y motivarlos a desarrollar una actitud proactiva en pos del mejoramiento continuo de la calidad láctea (Williamson, 2002). La disponibilidad de información diaria del RCSE, debería permitir a los productores efectuar un monitoreo efectivo de la calidad láctea, brindándoles a la vez una herramienta para evaluar objetivamente los efectos de las modificaciones que hagan en sus manejos (Franks, 2001).

CONTROL ESTADÍSTICO PROCESOS (CEP)

El análisis de gran cantidad de datos ordenados en forma tabular requiere mucho tiempo, resultando además muy difícil distinguir entre la variación inherente al azar y aquella causada por cambios reales en un determinado proceso. La representación gráfica de los datos facilita su interpretación, pudiendo utilizarse para este fin los gráficos de control de Shewhart, empleados en el Control Estadístico de Procesos (CEP). Los gráficos de control de Shewhart permiten el análisis de datos que se ajustan a las distintas distribuciones de probabilidades conocidas. La X-chart (o I-chart) y la X-chart de barras, corresponden a gráficos de control utilizados en el análisis de observaciones individuales o promedios de subgrupos, respectivamente, que presenten una distribución normal; pudiendo utilizarse también en el análisis de datos con distribuciones desconocidas (Wheeler, 1995, citado por De Vries, 2001).

El CEP es una herramienta desarrollada para el monitoreo de la consistencia de los procesos productivos, así como para el mejoramiento de la calidad de diversos productos, que ha sido ampliamente utilizado en la industria no agrícola durante el siglo pasado, estudiándose en los últimos 25 años su incorporación en la producción pecuaria (Reneau y Kinsel, 2001). La investigación de las técnicas del CEP, se ha centrado en la producción porcina y en la industria avícola, fundamentalmente como una herramienta de evaluación y monitoreo de variables de tipo reproductivo y de crecimiento; efectuándose con menos frecuencia estudios relacionados con la producción de carne bovina y producción lechera (De Vries, 2001).

En este último caso, la investigación se ha orientado a estudiar la aplicación de estas técnicas a algunos aspectos específicos del proceso productivo, como la fertilidad de los rebaños y el recuento de células somáticas de la leche (De Vries, 2001; Reneau y Kinsel, 2001; De Vries y Conlin, 2003; Niza-Ribeiro *et al.*, 2004; Lukas *et al.*, 2005). El monitoreo del RCSE diario es un ejemplo de la aplicación

del CEP en producción lechera, pudiendo citarse el estudio de Lukas et al. (2005), donde se incluyó los datos de RCSE de 275 lecherías para un período de 12 meses, concluyéndose que su análisis mediante los gráficos del CEP, ayuda a identificar cambios reales en la prevalencia de mastitis subclínica. Reneau y Kinsel (2001) señalan que la aplicación de los gráficos de control constituyen una herramienta útil para el monitoreo del RCSE diario y el mejoramiento de la calidad láctea, destacando que los avances que se logren en el mejoramiento de la calidad, sólo serán posibles si los productores adoptan la idea del mejoramiento continuo, ya que de lo contrario tan solo constituyen una forma más de representar información en un gráfico.

Los gráficos de control, además de proporcionar un panorama visual de un proceso, permiten separar las “causas comunes” de variación, de las “causas especiales”. Las causas comunes de variación (igualmente llamadas fallas de sistema, causas fortuitas o problemas crónicos), están siempre presentes e influyen el desempeño de todo el proceso; son intrínsecas al proceso productivo y generalmente no son claramente comprensibles. Un proceso afectado por causas comunes de variación, se define como “bajo control”, y los registros de sus valores varían dentro de límites predecibles, alrededor de un valor central (De Vries, 2001; Reneau y Kinsel, 2001).

En cambio, las causas especiales de variación (igualmente denominadas fallas locales, causas asignables o problemas esporádicos), son perturbaciones ocasionales e impredecibles en el proceso productivo, que interfieren con sus causas comunes de operación, las cuales debiesen ser detectadas y removidas para regresar el proceso a su estado más rentable. Un proceso afectado por causas especiales de variación se define como un proceso “fuera de control”, y sus registros no varían dentro de límites predecibles alrededor del valor central. Estas causas entregan señales de cambios reales a través del tiempo. De esta manera, estos gráficos entregan información que indica un cambio real en el proceso (De Vries, 2001; Reneau y Kinsel, 2001).

La interpretación de los datos debe hacerse en el contexto de la línea de tiempo en que se generaron, siendo necesario establecer previamente los límites de control superior e inferior, en base al promedio aritmético y ± 3 desviaciones estándar de la variable de interés. Existen ocho pruebas que ayudan a interpretar correctamente los gráficos de control, pero pueden reducirse a tres pruebas simples, que son adecuadas para la mayoría de las situaciones: 1) Un solo punto fuera de los límites de control. 2) Tres de cuatro puntos consecutivos más cercanos a los límites de control que a la línea central. 3) Ocho o más puntos sucesivos a un lado de la línea central. Cuando alguna de estas tres pruebas se cumple, se puede tener la certeza de que el proceso ha cambiado y está por definición “fuera de control” (Reneau y Kinsel, 2001).

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la factibilidad de aplicación del control estadístico de procesos (CEP), en el monitoreo diario del recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE), para el mejoramiento de la calidad láctea en lecherías de la X Región.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Determinar el avance alcanzado en el mejoramiento de la calidad láctea en predios con monitoreo diario del RCSE, en relación al logrado con el sistema tradicional de análisis quincenales de RCSE.
2. Analizar el comportamiento del RCSE diario de cada predio mediante los gráficos del CEP.
3. Identificar en cada uno de estos predios los factores que podrían explicar los cambios en el RCSE diario.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. SELECCIÓN DE LOS PREDIOS BAJO SISTEMA DE MONITOREO DIARIO DE RECUENTO DE CÉLULAS SOMÁTICAS DE LECHE DE ESTANQUE

Con el fin de conformar un grupo de predios donde estudiar la aplicación del Sistema de Monitoreo Diario de recuento de células somáticas de leche de estanque (SMD), se seleccionaron 21 predios proveedores de la planta lechera Nestlé, Osorno, de acuerdo a su compromiso a participar en la investigación e interés en mejorar la calidad láctea. A partir de los registros quincenales de la planta, se obtuvo los datos de recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y volumen de entrega de leche de cada uno de estos predios, para el trimestre previo al comienzo del estudio. Estos antecedentes fueron utilizados en la selección de otro grupo de predios, con niveles similares de RCSE y volumen de entrega quincenales, cuya leche de estanque continuó siendo analizada bajo el sistema tradicional de monitoreo quincenal del RCSE durante el período de estudio (SMQ) y sirvieron de control de los predios con SMD.

5.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS PREDIOS BAJO SISTEMA DE MONITOREO DIARIO DE RECUENTO DE CÉLULAS SOMÁTICAS DE LECHE DE ESTANQUE

Se diseñó y aplicó una encuesta orientada a caracterizar detalladamente la situación inicial de los predios bajo SMD, que consideró una diversidad de aspectos, entre los que se incluyen manejo general, personal, sistema de producción, alojamiento, manejo de vacas secas, ordeña y medidas de control de mastitis (Anexo 1). De esta manera, se contó con una base de información necesaria para situar los resultados obtenidos en la evaluación del RCSE en los predios bajo SMD, en el contexto de las características productivas y de manejo de estos predios.

Esta encuesta se realizó personalmente a los productores, administradores o a sus asesores, después de una capacitación acerca de los objetivos y metodología del estudio, que incluyó una explicación sobre la interpretación de los gráficos del control estadísticos de procesos, aplicados al monitoreo del RCSE. La encuesta no fue contestada por los productores de 4 de los 21 predios (predios N° 8, 11, 12 y 19), los cuales no asistieron a la reunión en que se efectuó la mencionada capacitación. Tampoco se logró establecer contacto personal con ellos durante el transcurso de todo el período de estudio, por lo que no pudo obtenerse la información de estos predios.

4.2.6 Superficie Predial y Dotación de Vacas

La superficie predial varió desde 40 a 410 hectáreas, alcanzando el promedio a 161 hectáreas. La mayor parte de los predios encuestados, contaba con una superficie de entre 50 a 200 hectáreas (65%). El promedio de vacas en ordeña era 170, siendo los valores mínimo y máximo 45 y 400, respectivamente. La mayoría de los predios (77%), mantenía entre 100 y 200 vacas en ordeña.

En lo referente a razas, hubo un predominio claro de la cruce de Frisón Negro x Holstein, con diversos grados de incorporación del último genotipo, lo que refleja el aumento en la especialización productiva de la ganadería bovina de la X Región, mediante el uso creciente de semen Holstein en los rebaños Frisón Negro doble propósito (Smith, 1999; INE, 2002).

4.2.7 Sistemas de Producción e Instalaciones de Alojamiento de las Vacas

Las vacas se manejan preferentemente en sistemas de producción de tipo mixto (53%), con periodos variables de confinamiento invernal, no siendo menor la cantidad de productores que utilizan un sistema de producción exclusivamente a pastoreo (47%). Ello refleja una situación similar a la descrita en una tipificación de los sistemas de producción de leche de la X Región sur (Provincias de Osorno y

Llanquihue), para los rebaños de más altos niveles productivos, los cuales se caracterizan por ser manejados con un grado de confinamiento relativamente bajo (Smith, 1999).

En aquellos predios que manejan sus animales en sistemas mixtos de producción, las vacas en lactancia se confinan en sistemas de alojamiento de cubículos (45%), establos de cama caliente (33%) y otros tipos de instalaciones (22%).

Independientemente del sistema de producción, las vacas secas se manejan en la generalidad de los predios en potreros (88%), desde donde son traspasadas a áreas de partos, representadas en orden decreciente de frecuencia por potrero (59%), maternidades colectivas (24%) y maternidades individuales (18%).

4.2.8 Instalaciones y Equipos de Ordeña

Las salas de ordeña más frecuentemente utilizadas en este grupo de predios son las de tipo paralela, denominadas también salas lado a lado (41%) y en espina de pescado (35%), encontrándose en 3 predios salas de salida frontal y en 1 predio una sala tipo jaula. Estos resultados son compatibles con lo informado en la literatura nacional, de la cual se desprende que la sala de ordeña tipo espina de pescado es la más difundida (Santa Cruz, 1983; Bezama, 1991), incluso a nivel de predios proveedores de algunos centros de acopio lechero (Durandal, 2003), debido a las ventajas que ofrece en términos de comodidad y eficiencia de la ordeña. Llama la atención la elevada frecuencia de salas lado a lado (*side by side*) utilizadas en estos predios, lo que podría explicarse por transformaciones de salas en espina de pescado a este diseño, con el fin de adaptar las instalaciones de ordeña existentes al incremento del tamaño de los rebaños. Sin embargo, la revisión de las encuestas indicaría que algunos productores informaron como salas paralelas a las salas de salida frontal, ya que la cantidad de vacas ordeñadas no justificaría la utilización del diseño lado a lado.

El número de puestos de ordeña fluctuó entre 4 y 18, contando la mitad de los predios, con entre 8 y 12 puestos de ordeña (53%). Los equipos tenían un mínimo de 4 unidades de ordeña, llegando el máximo a 14 unidades, correspondiendo un 77% de ellos a equipos de entre 8 y 12 unidades de ordeña.

Un 53% de los equipos cuenta con unidades de ordeña de retirado automático, utilizándose en la proporción restante unidades de ordeña de retiro manual.

La elevada difusión de las salas de ordeña de tipo paralela (lado a lado), al igual que la de equipos con unidades de retiro automático, podrían reflejar el incremento que ha experimentado en años recientes el tamaño de los rebaños lecheros en la zona sur, conjuntamente con una tendencia a una mayor automatización destinada a hacer un uso más eficiente de la mano de obra. De acuerdo a un estudio efectuado en Valdivia, un 92% de los productores habría aumentado el número de vacas, comprobándose en un 50% de los casos la realización de inversiones en sala de ordeña y aumento de su capacidad (Anrique y Bidegain, 2005).

Con respecto del número de ordeñadores, independientemente del tipo de sala y número de unidades del equipo, en una elevada proporción de casos se emplean 2 ordeñadores (71%), ocupándose un número mayor de ordeñadores solo en un 24% de los predios. Ello denotaría una mayor eficiencia en el uso de la mano de obra, comparado con lo informado en la literatura nacional (Santa Cruz, 1983; Bezama, 1991) lo que se explicaría principalmente por la elevada proporción de equipos que cuenta con unidades de retirado automático. Además de un uso más eficiente de la mano de obra, las unidades de retiro automático podrían representar un menor riesgo de mastitis, en comparación a las unidades de retirado manual (Blanlot, 1999; Peeler *et al.*, 2000).

El equipo de ordeña se revisa semestralmente en más de la mitad de los predios encuestados (59%), siendo esta revisión más frecuente en un 29% de ellos. Las

pezoneras son recambiadas generalmente al alcanzar ≤ 180 días de uso (59%), aumentando los días de uso en 4 de los predios restantes, donde se superan incluso los 365 días. Aún cuando no son plenamente satisfactorias, estas cifras muestran una situación más adecuada que la descrita en la literatura nacional (Agüero, 1988a; Santa Cruz, 1983; Bezama, 1991; Hardy, 1997), lo que favorecería la prevención de la mastitis y el mejoramiento de la calidad bacteriológica de la leche en los predios incluidos en el estudio de SMD (Agüero, 1988a; 1988b; Hardy, 1997; 1999; Philpot, 1999; Andres, 2001; Locher, 2001).

4.2.9 Rutina de Ordeña

En la totalidad de los predios encuestados se realizan 2 ordeñas diarias, lo que es consistente con los sistemas productivos utilizados y compatible con la baja difusión que alcanza la práctica de 3 ordeñas diarias en los rebaños lecheros de la X Región (INE, 2002).

La rutina de preparación de las vacas contempla la siguiente secuencia, en el 47% de los casos: examen de los primeros chorros, lavado de pezones, pre-dipping y secado de pezones con toallas de papel individuales. En un 24% de los predios, solo se realiza el examen de los primeros chorros y el lavado de los pezones, omitiéndose el pre-dipping y el secado de pezones. En los predios restantes se omite uno de los pasos de preparación de la ubre para la ordeña o se cambia el método de secado de los pezones. Aún cuando se observan deficiencias en la rutina de preparación utilizada en algunos predios, en términos generales podría calificarse como mejor o similar a la descrita en varios estudios efectuados en el país (Bezama, 1991; Blanlot, 1999; Salazar, 2001), cumpliéndose en parte importante de los casos los pasos principales de una rutina que minimiza las mastitis y maximiza la producción de leche de calidad (NMC s.f.; Philpot, 1999): chequear los primeros chorros de leche y las ubres, con el fin de detectar los casos de mastitis clínica; limpiar solo los pezones, usando una mínima cantidad de agua o sumergir los pezones en una solución desinfectante de eficacia

demostrada (Pre-Dipping), que actúe durante 20 a 30 segundos; y secado completo de los pezones, con una toalla individual.

En todos los predios se realiza desinfección post-ordeña de pezones, mediante inmersión de los pezones en las soluciones desinfectantes. El uso de dippings convencionales (59%), se encuentra más difundido que el de los productos de barrera (41%), lo que sería consistente con la mayor importancia relativa que tienen en la zona sur los patógenos mamarios contagiosos, en relación a los patógenos ambientales (León, 1999; Agüero, 2002).

4.2.10 Prevención de Mastitis

Al igual que la desinfección post-ordeña de pezones, la terapia de secado se efectúa en la totalidad de los predios, en todos los cuartos de todas las vacas (82%) o selectivamente (18%), en vacas con altos recuentos celulares o con antecedentes de mastitis previas. La terapia de secado de todas las vacas, junto con la desinfección post-ordeña de los pezones, es considerada universalmente como una de las acciones específicas de control de mastitis más efectivas en la reducción de las infecciones intramamarias (Pankey *et al.*, 1984; NMC, 1996; Philpot, 1999).

Otro aspecto que favorece el control de la mastitis y el mejoramiento de la calidad láctea en los predios bajo SMD del RCSE, es que la totalidad de ellos cuenta con control lechero, ya sea oficial (53%) o privado (47%), y el 77% dispone mensualmente de información sobre recuentos individuales de células somáticas. En 3 de 4 casos en que no se cuenta con esta información, se utiliza habitualmente el CMT como herramienta de diagnóstico y monitoreo de mastitis subclínica. Además, el CMT se realiza habitualmente como prueba complementaria del recuento celular individual, para identificar cuartos con altos recuentos celulares. La utilización del recuento de células somáticas individual, junto con la realización de CMT o pruebas similares, puede servir como base para

dar otro destino a la leche proveniente de animales con altos recuentos celulares, así como para eliminar animales afectados crónicamente por mastitis subclínica (NMC, 1996).

El 53% de los productores encuestados le asigna mucha importancia a la identificación de vacas con altos recuentos durante la mayor parte de su lactancia, como herramienta de eliminación de vacas afectadas crónicamente, mientras que el 35% utiliza esta información principalmente para desviar la leche de estas vacas del estanque, con el fin de evitar el aumento del recuento de células somáticas y su efecto sobre el precio pagado por la planta.

En la mayoría de los predios encuestados (71%), la mastitis representa menos de un 25% dentro de todas las causas de eliminación de vacas. Este valor es difícil de interpretar dado que, por una parte, podría indicar que la mastitis no es una de las causas más importantes de eliminación no voluntaria de vacas en estos rebaños, reflejando en general un adecuado control de la mastitis, lo que se contrapondría a lo informado por Hidalgo y Lizana, 2004, quienes señalan que la mastitis sería la tercera causa más frecuente de eliminación en rebaños lecheros de la zona sur. Por otra parte, la baja ponderación de la mastitis dentro del total de eliminaciones, podría reflejar una eliminación insuficiente de vacas con mastitis subclínica crónica y de aquellas afectadas por mastitis clínica recurrente. Al respecto, se ha señalado que la eliminación de vacas con infecciones crónicas no es una práctica común en la zona sur, lo que favorecería la diseminación y mantención de las infecciones por *S. aureus* (León, 1997; Agüero, 2002).

En la mayoría de los predios (82%), las vacas eliminadas se reponen exclusivamente con vaquillas de crianza propia. Ello representa otro aspecto de manejo que favorece el control de la mastitis en los predios bajo SMD, dado que en general existiría un bajo riesgo de introducción de infecciones intramamarias desde otros rebaños.

Un 71% de los productores llevan registros de los casos clínicos de mastitis, lo que permitiría a la mayoría monitorear la incidencia clínica y analizar su relación con una serie de factores que la afectan (Nº ordinal de lactancia, etapa de lactancia, estación del año y otros), (Shearer *et al.*, 1992; Booth, 1998b). Sin embargo, la información contenida en estos registros no estaría siendo bien aprovechada, ya que la mayoría de los productores no indicó en la encuesta el número de casos nuevos de mastitis clínica que ocurrían durante un año.

En el 59% de los predios se obtienen muestras de leche para la realización de exámenes bacteriológicos, mayoritariamente solo de vacas con mastitis clínica (29%), y de vacas con y sin mastitis clínica, sólo cuando se presentan brotes de la enfermedad (24%). La evaluación rutinaria de los patógenos mamarios, a partir de muestras recolectadas de vacas con mastitis clínica y altos recuentos celulares, se realiza solo en un 6% de estos predios. Si bien ello denota una situación más favorable comparado con lo informado en algunos trabajos nacionales (Bezama, 1991; Durandal, 2003), indica una utilización insuficiente de los cultivos bacteriológicos a partir de muestras de leche individuales o de cuartos, los cuales permiten establecer los patógenos mamarios más frecuentes de un rebaño, y orientar así las medidas de prevención y control, al igual que monitorear la efectividad del programa de terapia de secado aplicado en el rebaño (NMC, 1996; León, 1997).

En el 76% de los casos se realizan análisis bacteriológicos de leche de estanque (BTA), mensualmente o más frecuentemente (41%), o solo ocasionalmente (35%). El BTA es una excelente herramienta para monitorear la calidad higiénica de la leche y la salud mamaria de un rebaño, que al ser realizado en forma mensual, permite evidenciar tempranamente aumentos de nuevas infecciones mamarias y problemas en la sanitización del equipo de ordeña (NMC, 1996; León, 1999).

5.3. OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE LECHE EN PREDIOS BAJO SISTEMA DE MONITOREO DIARIO DE RECuento DE CÉLULAS SOMÁTICAS DE LECHE DE ESTANQUE

Cada vez que el camión efectuó la recolección de leche en un predio participante en el SMD de RCSE (generalmente diariamente y excepcionalmente día por medio), se tomó una muestra de leche de estanque en un frasco que contenía dicromato de potasio para su conservación, provisto de una etiqueta que identificaba la muestra como parte del estudio y de otra con el código de barras de identificación del predio.

Las muestras fueron tomadas en todos los predios por los chóferes de los camiones, de acuerdo al protocolo de muestreo del Laboratorio de Calidad de Leche de Cooprinsem y fueron transportadas en neveras con hielo gel hasta la planta lechera, donde se clasificaron y enviaron dentro del mismo día, en neveras más pequeñas, al Laboratorio de Calidad de Leche de Cooprinsem. Las muestras obtenidas los fines de semana, se almacenaron en la planta bajo refrigeración y fueron enviadas al laboratorio el lunes siguiente, día en que se efectuaron las determinaciones de recuento de células somáticas. Por lo tanto, el tiempo máximo de almacenamiento refrigerado de estas muestras, antes de ser analizadas, fue menor a 72 horas, período que se encuentra dentro del rango aceptado por el laboratorio y que no afecta los resultados de los recuentos electrónicos de células somáticas (Bombal, 2003).

Las determinaciones de RCSE se efectuaron mediante un equipo Fossomatic 5000 (Unidad Instrumental, Laboratorio de Calidad de Leche de Cooprinsem), enviándose automáticamente los resultados de los análisis hacia un sitio web, diseñado específicamente para elaborar gráficos de control de RCSE (www.dairyperformance.com/labpilot).

5.4. APLICACIÓN DE LOS GRÁFICOS DE CONTROL AL MONITOREO DIARIO DE RECuento DE CÉLULAS SOMÁTICAS DE LECHE DE ESTANQUE

Para la generación de los gráficos de control se requiere un “período de control”, a partir del cual se calculan tanto la línea media como los límites de control. Se necesitan por lo menos 20 puntos de información para calcular con certeza dichos límites (Reneau y Kinsel, 2001). Basado en ello, se utilizó el promedio aritmético de RCSE de las primeras 20 muestras analizadas, como línea media de referencia de los gráficos de cada predio bajo SMD. Los límites de control superior (LCS) e inferior (LCI), se establecieron a través del método que utiliza desviaciones estándar de la media, para lo cual se consideró que ± 3 desviaciones estándar desde la línea media, representan un buen balance entre el número de señales falso positivas y falso negativas (Reneau y Kinsel, 2001).

En la interpretación de los gráficos recibidos desde el sitio web indicado, se consideraron tres criterios para detectar las salidas de control de los RCSE diarios: 1) Un solo punto fuera de los límites de control; 2) Tres de cuatro puntos consecutivos más cercanos a los límites de control que a la línea central; 3) Ocho o más puntos sucesivos a un lado de la línea central. Cuando alguna de estas tres pruebas se cumple, se puede tener la certeza de que el proceso ha cambiado y está por definición “fuera de control” (Reneau y Kinsel, 2001). En el presente estudio, las salidas de control del RCSE diario de cada uno de los 21 predios bajo SMD, se representaron en los gráficos de control con un color distinto al correspondiente al de los demás registros de RCSE.

Una vez elaborados los gráficos de control, fueron retirados semanalmente por los productores de la oficina del Departamento de Estudios de Cooperinsem o se enviaron directamente con la misma periodicidad a aquellos que tenían una cuenta de correo electrónico. Con el fin de facilitar a los productores el análisis de los

gráficos, a lo menos quincenalmente, se les adjuntó una interpretación breve de los mismos.

Durante todo el estudio, con el apoyo de sus asesores y de personal de las instituciones colaboradoras (Cooprinsem y Nestlé, Osorno), los productores debían revisar y analizar periódicamente los gráficos de control de RCSE, con el fin de que esta información les permitiera eventualmente tomar decisiones para aplicar medidas de mejoramiento de la calidad de leche y evaluar su impacto sobre el RCSE.

Por otra parte, a los productores participantes en el estudio, se les proporcionó planillas para registrar diariamente durante todo el estudio, eventos que pudieran afectar los niveles y la variabilidad del RCSE (Bitácoras Diarias), que deberían ser devueltas quincenalmente con la información requerida en la oficina del Departamento de Estudios de Cooprinsem (Anexo 2). Estas bitácoras fueron analizadas quincenalmente, con el fin de determinar posibles relaciones entre cambios de manejo y el comportamiento evidenciado en los gráficos de control para el RCSE, enviándose periódicamente una interpretación breve de este análisis a cada uno de los productores. La información recogida en las Bitácoras Diarias, se complementó con antecedentes obtenidos en visitas prediales y en reuniones con los productores y/o sus asesores.

Incluyendo el período de control, el periodo de estudio en los predios bajo SMD del RCSE tuvo una duración de 7 meses, desde fines de agosto de 2002 a fines de marzo de 2003.

5.5. PREDIOS CONTROL

Con el fin de comparar el avance alcanzado en el mejoramiento de la calidad láctea (reducción del RCSE), en los predios bajo monitoreo diario de RCSE (SMD), con el sistema tradicional de análisis quincenales de RCSE, al final del

estudio fue necesario conformar un grupo de predios control, sometidos a monitoreo quincenal del RCSE durante todo el período de estudio (SMQ), proveedores de la misma planta.

Como criterios de selección de estos predios, se consideró en primer lugar que presentaran características similares a los predios bajo SMD, en lo referente a promedios de RCSE (270.905 cél/ml) y de volumen de entrega de leche (37.889 litros), basado en la información de los registros de la planta, correspondiente a las 6 quincenas anteriores al inicio del estudio. Finalmente, se seleccionaron 25 predios sometidos a SMQ, que además de ser homogéneos en cuanto a RCSE (274.107 cél/ml) y volumen de entrega de leche (31.174 litros), eran representativos de los sistemas productivos utilizados en los predios con SMD.

5.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con el fin de evaluar el avance logrado en el mejoramiento de la calidad láctea, en los predios donde se aplicó el sistema de monitoreo diario de RCSE (SMD), en relación al alcanzado en los predios bajo el sistema de monitoreo quincenal de RCSE (SMQ), se utilizaron los recuentos determinados quincenalmente con fines de pago de leche, durante los mismos 7 meses del estudio. Se analizaron los factores sistema de monitoreo y tiempo de análisis del RCSE, utilizando el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + SM_i + T_j + (SM*T)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = variable dependiente (RCSE quincenales)

μ = media poblacional

SM_i = efecto del i-ésimo sistema de monitoreo (i =1 (sistema de monitoreo diario); i =2 (sistema de monitoreo quincenal))

T_j = efecto del j-ésimo tiempo de análisis ($j = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14$ tiempos de análisis)

$(SM*T)_{ij}$ = efecto de la interacción sistema de monitoreo-tiempo de análisis

E_{ijk} = error experimental

Bajo este modelo, se procedió a realizar un análisis de varianza y la prueba de SNK para establecer las diferencias entre promedios.

Previamente, se efectuó una transformación logarítmica ($\log 10$) de los valores de RCSE, con el fin de normalizar su distribución. Los resultados obtenidos para el RCSE se expresaron en valores reales, pero considerando los resultados del análisis estadístico de la variable transformada ($\log 10$ RCSE).

Mediante el mismo modelo, también se analizaron los valores de RCSE convertidos a puntaje lineal de células somáticas (PCS). Los datos de recuento de células somáticas de leche de estanque se transformaron a PCS utilizando la fórmula propuesta por Shook (1993), lo que además de normalizar las frecuencias del RCSE, permite la aplicación de estadística paramétrica (Ali y Shook, 1980).

La fórmula utilizada fue:

$$PCS = \text{Log}_2 (RCS / 100.000) + 3$$

Donde:

RCS representa el número de células por mililitro de leche.

Además, se realizaron análisis de regresión entre el RCSE y el PCS con el tiempo de análisis, para cada sistema de monitoreo, comparándose posteriormente las pendientes de las regresiones correspondientes a los predios bajo SMD y SMQ, mediante la prueba de t de Student. Con el fin de determinar un posible efecto del volumen de entrega de leche sobre el RCSE, dentro de cada sistema de monitoreo, se efectuaron análisis de regresión entre esta variable, y el RCSE / PCS y el tiempo de análisis.

En cada unos de los 21 predios bajo SMD, se describió estadísticamente el RCSE y PCS diarios. Además, se analizó mediante regresión el comportamiento de ambas variables a través del tiempo, para determinar si el recuento celular disminuía, aumentaba o se mantenía estable durante el transcurso de todo el estudio. Complementariamente, se comparó descriptivamente los promedios aritméticos de RCSE obtenidos en cada predio, para todo el período de estudio, con los promedios aritméticos correspondientes a los RCSE de las 6 quincenas previas a su inicio.

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete estadístico disponible en SAS (1989).

Los gráficos de control de RCSE de cada predio bajo SMD fueron analizados de acuerdo a la metodología señalada en el punto anterior, intentándose en la medida de lo posible, identificar los cambios de manejo o los factores que pudiesen explicar las salidas de control, basado en la información contenida en los registros (Bitácora Diaria) y la obtenida en las visitas prediales o reuniones con los productores y/o sus asesores.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

5.3. MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD LACTEA EN PREDIOS BAJO MONITOREO DIARIO DEL RECUENTO DE CELULAS SOMATICAS DE LECHE DE ESTANQUE, EN RELACION A PREDIOS BAJO EL SISTEMA TRADICIONAL DE ANALISIS QUINCENALES

5.3.1. Efecto del Sistema de Monitoreo y del Tiempo sobre el Recuento de Células Somáticas de Leche de Estanque

El cuadro 1 muestra las medias aritméticas, las desviaciones estándar (DE) y los coeficientes de variación (CV), de las variables recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y puntaje lineal de RCSE (PCS), para los dos sistemas de monitoreo de células somáticas: sistema de monitoreo diario (SMD) y sistema de monitoreo quincenal (SMQ). Se contó con la información del RCSE para un total de 14 quincenas, correspondientes a 21 predios con SMD y 25 predios control sometidos a la modalidad tradicional de análisis quincenales del RCSE (SMQ).

Cuadro 1. Descripción estadística del RCSE (cél/ml) y PCS para los Sistemas de Monitoreo Diario y Quincenal de células somáticas, basada en los registros quincenales de RCSE de la planta lechera

Variable	Sistema de Monitoreo					
	SMD			SMQ		
	Promedio	DE	CV (%)	Promedio	DE	CV (%)
RCSE	271.327	180.627	66,57	339.246	146.271	43,11
PCS	2,47	0,32	13,07	2,64	0,31	11,96

Los resultados presentados en el cuadro anterior, revelan una elevada variabilidad del RCSE en ambos sistemas de monitoreo, la cual se reduce al expresar el recuento celular como PCS. En general e independientemente de la frecuencia de los análisis de recuentos celulares a que fueron sometidos ambos grupos de predios, los valores obtenidos para los CV podrían calificarse como elevados, en comparación a lo informado en la literatura.

Al respecto, cabe mencionar dos estudios donde se analizó diariamente el RCSE, encontrándose valores similares y de baja magnitud para el CV: 23% (Clarkson, 1975, citado por Reneau, 1986) y 24% (Westgarth, 1975, citado por Reneau, 1986). En otro trabajo que incluyó 5 predios lecheros, los resultados obtenidos durante un año para las determinaciones diarias de recuento celular de leche de estanque, mostraron un rango de variación del CV entre predios que fluctuó entre 23,8 y 55,6% (Higginbotham *et al.*, 1998).

Los resultados del presente estudio también denotarían una mayor variabilidad en el RCSE, en relación a algunas investigaciones donde el recuento celular se ha analizado mensualmente. Así, Gill y Holmes (1978), citados por Reneau (1986), determinaron un promedio de 20% para el CV del RCSE correspondiente al total de rebaños en estudio, con un valor mínimo y máximo de 4 y 46%, respectivamente. Por su parte, Schukken *et al.* (1990) informan un valor de 36% para el promedio del CV del RCSE, calculado a partir de los datos de 27.000 rebaños durante un período de 6 años consecutivos, con un rango que fluctuó entre 15 y 89%. Estos últimos autores evidenciaron una tendencia de aumento en el CV, a medida que se incrementaba el RCSE, lo que sugiere que las prácticas de manejo de los predios con recuentos celulares bajos son más consistentes que las de aquellos con altos recuentos. Como se desprende de los resultados presentados en el cuadro 1, esta relación no se observaría en el presente análisis, dado que el CV del RCSE tendió a ser mayor en los predios donde se aplicó el SMD, pese a exhibir un promedio más bajo de recuento celular en comparación al grupo de predios control (SMQ). Sin embargo, en el análisis realizado a nivel de predios individuales, pudo comprobarse en general que en la medida que disminuían los valores de RCSE durante el transcurso del estudio, también tendía a reducirse su variabilidad y los valores de los CV.

El análisis estadístico permitió comprobar un efecto significativo del factor sistema de monitoreo sobre la variable RCSE ($p \leq 0,0001$), determinándose para todo el período de estudio, una diferencia de aproximadamente 68.000 cél/ml entre las

medias aritméticas correspondientes al SMD y SMQ: 271.327 y 339.246 cél/ml, respectivamente (Cuadro 2). Los promedios de RCSE tendieron a disminuir durante el transcurso del estudio en ambos sistemas de monitoreo, pero no se encontró un efecto significativo del factor tiempo, al analizarlo considerando las 14 quincenas de determinaciones de recuento celular ($p = 0,15$).

A iguales resultados se llegó al analizar la variable RCSE normalizada a PCS (Cuadro 3), obteniéndose una diferencia de 0,17 entre los medias de PCS de ambos sistemas de monitoreo ($p \leq 0,0001$). El PCS tendió a disminuir durante el transcurso del estudio, pero el factor tiempo no afectó significativamente esta variable ($p = 0,14$).

Cuadro 2. Medias de RCSE (cél/ml) según Sistema de Monitoreo y quincena de análisis

Quincena	Sistema de Monitoreo		
	SMD	SMQ	Total
1	373.333 ^{aA}	361.160 ^{aB}	367.247 ^a
2	295.571 ^{aA}	398.840 ^{aB}	347.206 ^a
3	276.619 ^{aA}	348.760 ^{aB}	312.690 ^a
4	322.857 ^{aA}	343.240 ^{aB}	333.049 ^a
5	266.286 ^{aA}	348.080 ^{aB}	307.183 ^a
6	222.762 ^{aA}	311.960 ^{aB}	267.361 ^a
7	295.190 ^{aA}	343.960 ^{aB}	319.575 ^a
8	233.952 ^{aA}	320.400 ^{aB}	277.176 ^a
9	217.000 ^{aA}	326.640 ^{aB}	271.820 ^a
10	250.048 ^{aA}	344.880 ^{aB}	297.464 ^a
11	251.714 ^{aA}	331.800 ^{aB}	291.757 ^a
12	258.952 ^{aA}	313.120 ^{aB}	286.036 ^a
13	270.524 ^{aA}	329.120 ^{aB}	299.822 ^a
14	263.762 ^{aA}	327.480 ^{aB}	295.621 ^a
Total	271.327 ^A	339.246 ^B	

a, a: Superíndices iguales indican que no existen diferencias significativas entre quincenas ($p > 0,05$).
A, B: Superíndices distintos indican diferencias significativas entre Sistemas de Monitoreo ($p \leq 0,0001$).

Cuadro 3. Medias de PCS según Sistema de Monitoreo y quincenas de análisis

Quincena	Sistema de Monitoreo		
	SMD	SMQ	Total
1	2,59 ^{aA}	2,69 ^{aB}	2,64 ^a
2	2,55 ^{aA}	2,76 ^{aB}	2,65 ^a
3	2,50 ^{aA}	2,67 ^{aB}	2,59 ^a
4	2,60 ^{aA}	2,66 ^{aB}	2,63 ^a
5	2,45 ^{aA}	2,66 ^{aB}	2,56 ^a
6	2,37 ^{aA}	2,59 ^{aB}	2,48 ^a
7	2,53 ^{aA}	2,65 ^{aB}	2,59 ^a
8	2,40 ^{aA}	2,59 ^{aB}	2,50 ^a
9	2,36 ^{aA}	2,62 ^{aB}	2,49 ^a
10	2,44 ^{aA}	2,66 ^{aB}	2,55 ^a
11	2,44 ^{aA}	2,62 ^{aB}	2,53 ^a
12	2,46 ^{aA}	2,59 ^{aB}	2,53 ^a
13	2,44 ^{aA}	2,61 ^{aB}	2,53 ^a
14	2,46 ^{aA}	2,61 ^{aB}	2,53 ^a
Total	2,47 ^A	2,64 ^B	

a, a: Superíndices iguales indican que no existen diferencias significativas entre quincenas ($p > 0,05$).
A, B: Superíndices distintos indican diferencias significativas entre Sistemas de Monitoreo ($p \leq 0,0001$).

Dado que las tendencias de descenso del RCSE y PCS durante el estudio fueron bastante evidentes, la ausencia de un efecto significativo del tiempo sobre dichas variables, podría explicarse en parte por el gran número de categorías que se consideró para el análisis de este factor (14 quincenas). Debido a ello, se realizó un segundo análisis de varianza, dividiendo el estudio en dos períodos. El primero incluyó las 7 primeras quincenas y el segundo las 7 últimas quincenas de todo el período de estudio.

Analizado de esta manera (Cuadros 4 y 5), pudo evidenciarse un efecto estadísticamente significativo del factor tiempo ($p \leq 0,05$), sobre las variables RCSE y PCS, manteniéndose el efecto significativo del sistema de monitoreo demostrado en el análisis estadístico previo ($p \leq 0,0001$). A partir de estos resultados, se puede desprender que a pesar de existir diferencias significativas entre ambos sistemas de monitoreo para el período de estudio, también hubo una disminución significativa del RCSE y PCS entre la primera y segunda parte del

estudio, independientemente del sistema de monitoreo de RCSE utilizado por los productores. Esto es consistente con la inexistencia de interacción entre los factores tiempo y sistema de monitoreo, tanto para el RCSE ($p = 0,68$), como para el PCS ($p = 0,54$).

Cuadro 4. Medias de RCSE (cél/ml) según Sistema de Monitoreo y período del estudio

Tiempo	Sistema de Monitoreo		
	SMD	SMQ	Total
1	293.231 ^{aA}	350.857 ^{aB}	322.044 ^a
2	249.422 ^{bA}	327.634 ^{bB}	288.528 ^b
Total	271.327 ^A	339.246 ^B	

a, b: Superíndices distintos indican que existen diferencias significativas entre tiempos estudiados ($p < 0,05$).
A, B: Superíndices distintos indican diferencias significativas entre Sistemas de Monitoreo ($p \leq 0,0001$).

Cuadro 5. Medias de PCS según Sistema de Monitoreo y período del estudio

Tiempo	Sistema de Monitoreo		
	SMD	SMQ	Total
1	2,51 ^{aA}	2,67 ^{aB}	2,59 ^a
2	2,43 ^{bA}	2,61 ^{bB}	2,52 ^b
Total	2,47 ^A	2,64 ^B	

a, b: Superíndices distintos indican que existen diferencias significativas entre tiempos estudiados ($p < 0,05$).
A, B: Superíndices distintos indican diferencias significativas entre Sistemas de Monitoreo ($p \leq 0,0001$).

Dado que el factor tiempo no resultó estadísticamente significativo, al considerar el primer análisis de varianza, que incluía 14 quincenas, y tanto en los predios bajo SMD, como en los predios control (SMQ), se observó una clara tendencia de disminución en los RCSE quincenales durante los 6 meses de estudio, se efectuaron análisis de regresión dentro de cada sistema de monitoreo, para determinar si existía o no una relación estadísticamente significativa, entre los recuentos quincenales de células somáticas (RCSE y PCS) y los 14 tiempos de análisis. Además, se analizó mediante regresión la relación entre el volumen de entrega quincenal de leche y el tiempo, así como entre el recuento quincenal de células somáticas y el volumen quincenal de entrega de leche, con el fin de

descartar un eventual efecto de dilución celular, que podría contribuir a explicar el descenso del RCSE durante el estudio.

5.3.2. Relaciones entre el Recuento de Células Somáticas de Leche de Estanque, Volumen de Entrega de Leche y Tiempo según Sistema de Monitoreo

5.3.2.1. Relación entre Recuento de Células Somáticas de Leche de Estanque y Tiempo de Análisis

Se determinó una relación negativa, estadísticamente significativa, para ambos sistemas de monitoreo, entre el RCSE y el PCS con el tiempo de análisis. En el caso del SMD, se obtuvo coeficientes de correlación de $-0,56$ ($p \leq 0,05$) y $-0,56$ ($p \leq 0,05$), para el RCSE y el PCS, respectivamente (Figs. 1 y 2).

Fig. 1. Promedios de RCSE quincenales y su regresión con el tiempo de análisis en predios bajo SMD

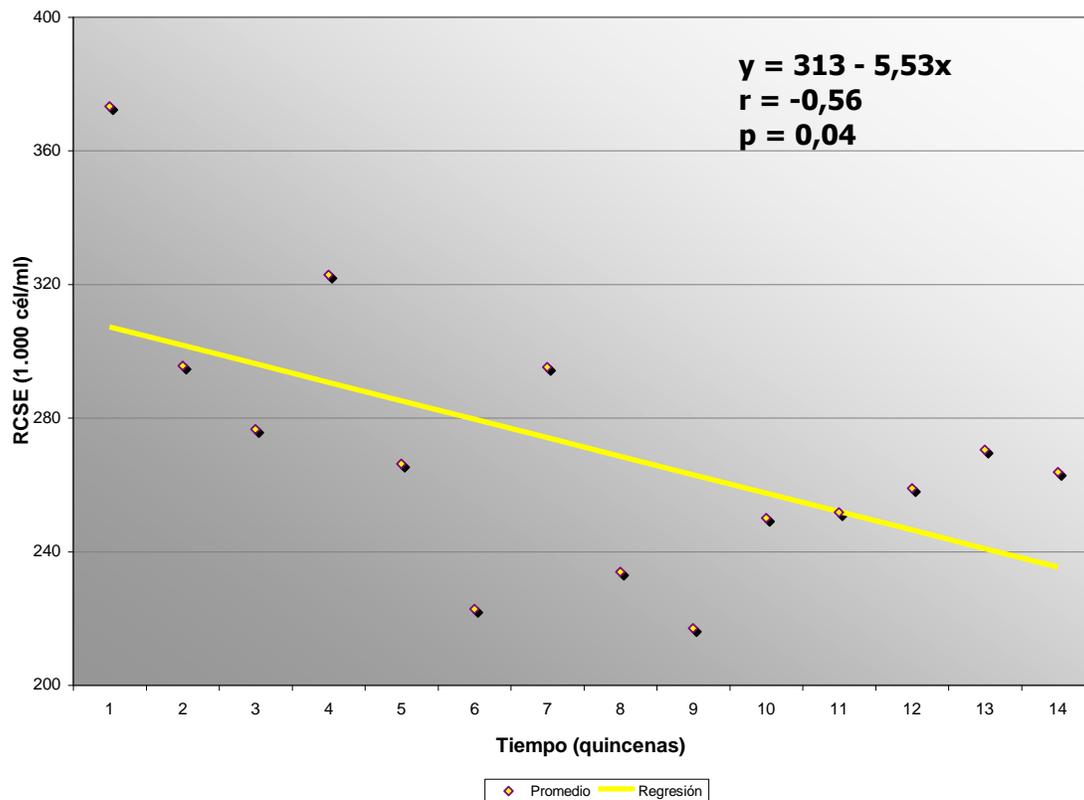
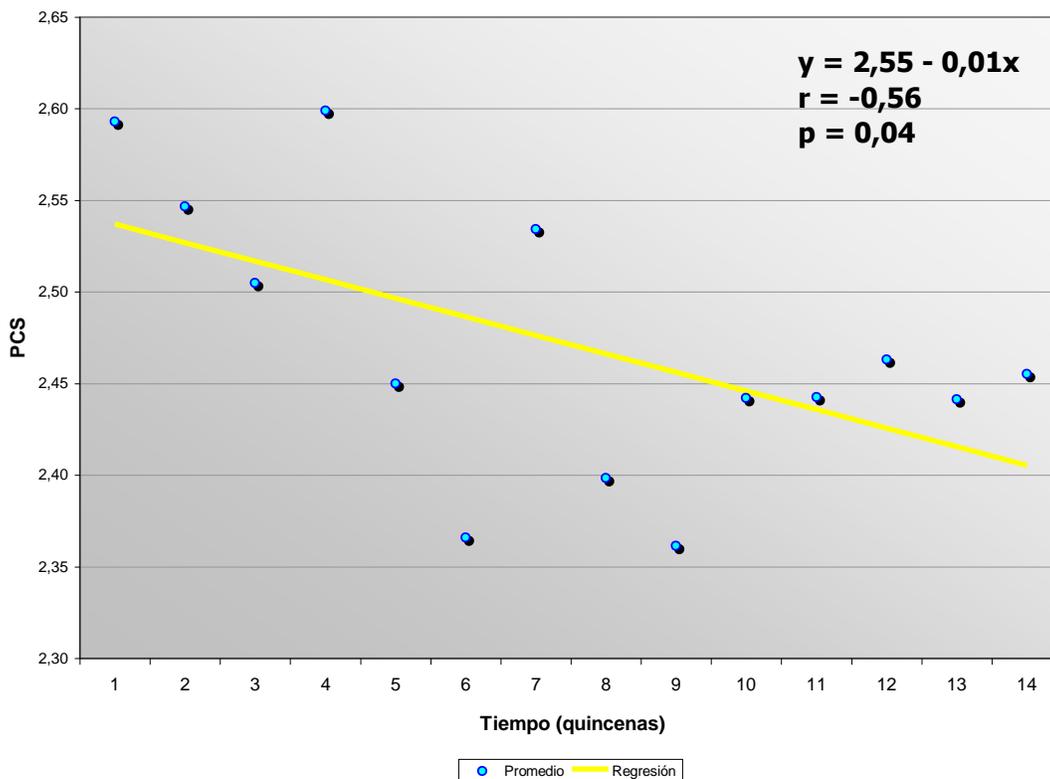


Fig. 2. Promedios de PCS quincenales y su regresión con el tiempo de análisis en predios bajo SMD



Las Figs. 3 y 4 muestran la relación entre el recuento celular y el tiempo en los predios con SMQ. Los coeficientes de correlación para el RCSE y el PCS fueron levemente superiores a los obtenidos para los predios con SMD: $r = -0,66$ ($p \leq 0,01$) y $r = -0,69$ ($p \leq 0,01$), respectivamente.

Fig. 3. Promedios de RCSE quincenales y su regresión con el tiempo de análisis en predios bajo SMQ

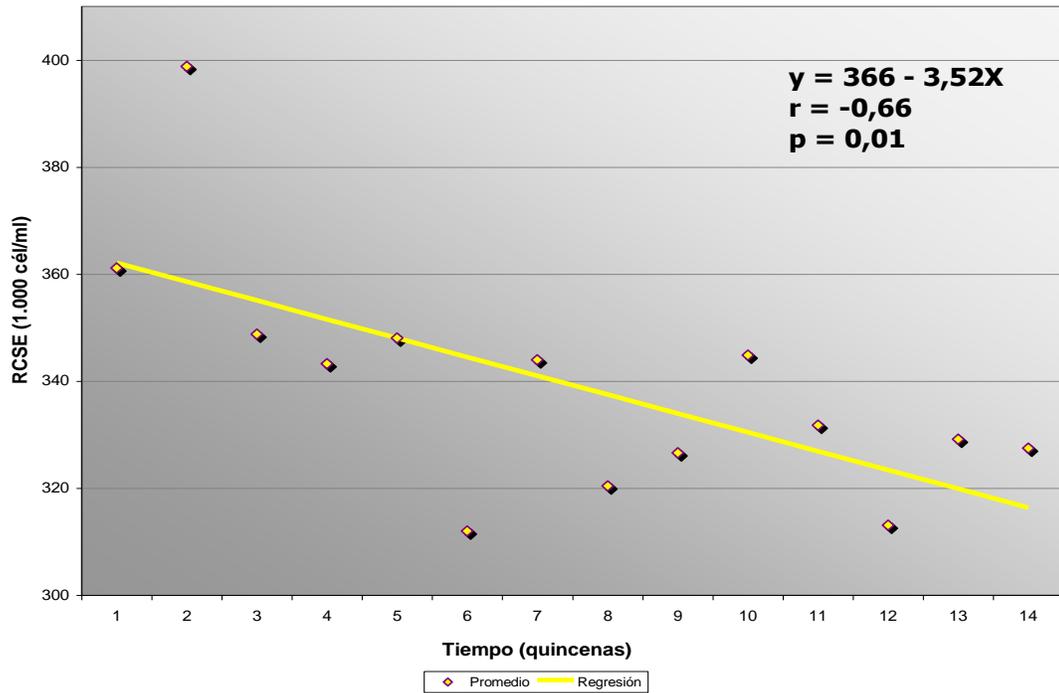
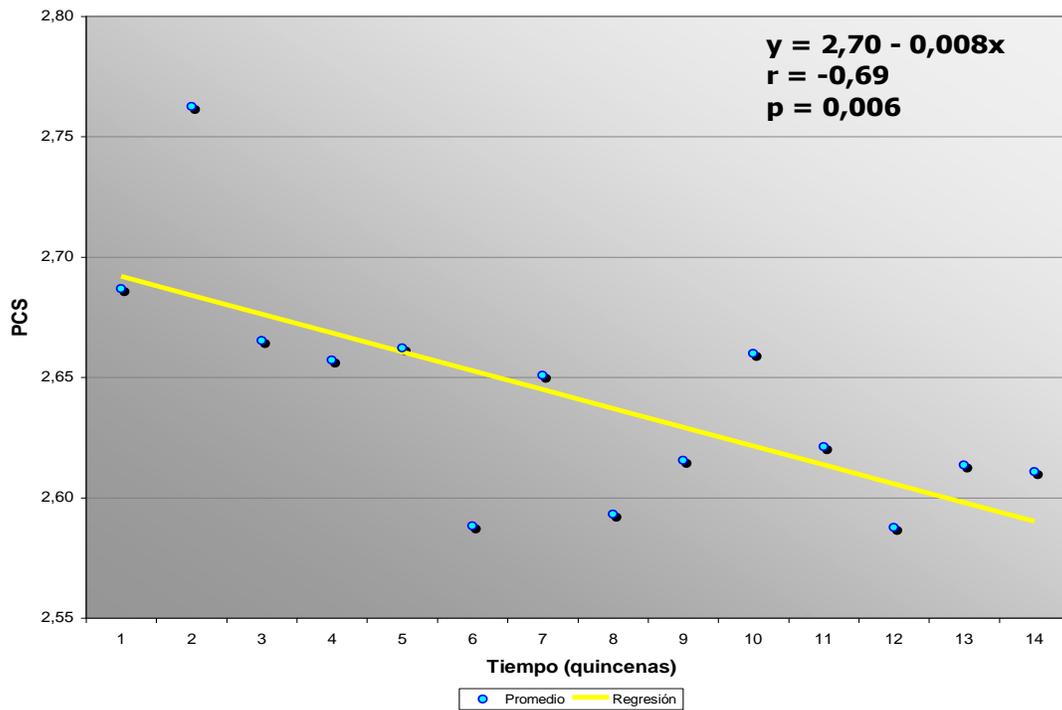


Fig. 4. Promedios de PCS quincenales y su regresión con el tiempo de análisis en predios bajo SMQ



Mediante las ecuaciones de regresión, considerando las 14 quincenas que comprendió el estudio, se puede estimar en 77.420 cél/ml la disminución del RCSE de los predios con SMD, valor más elevado que el estimado para aquellos con SMQ, donde el descenso del recuento alcanzaría a 49.280 cél/ml, generándose una diferencia de 28.140 cél/ml entre ambos sistemas de monitoreo. Esta diferencia, equivale a una superioridad de 57% en la tasa de descenso del RCSE en los predios con SMD, en comparación a la estimada para aquellos bajo SMQ. En relación a los niveles de recuento estimados para el inicio del estudio, las reducciones del RCSE hasta el término del mismo, alcanzarían a aproximadamente 25 y 14%, para los predios con SMD y SMQ, respectivamente.

La Fig. 5 ilustra claramente las diferencias señaladas previamente. Sin embargo, al comparar las pendientes de las líneas de regresión estimadas para ambos sistemas de monitoreo, mediante la prueba de t de Student, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$), tanto para el RCSE como para el PCS. Ello podría deberse al número relativo bajo de observaciones disponibles y a la elevada variabilidad del RCSE.

Fig. 5. Promedios de RCSE quincenales y su regresión con el tiempo de análisis para predios bajo SMD y SMQ

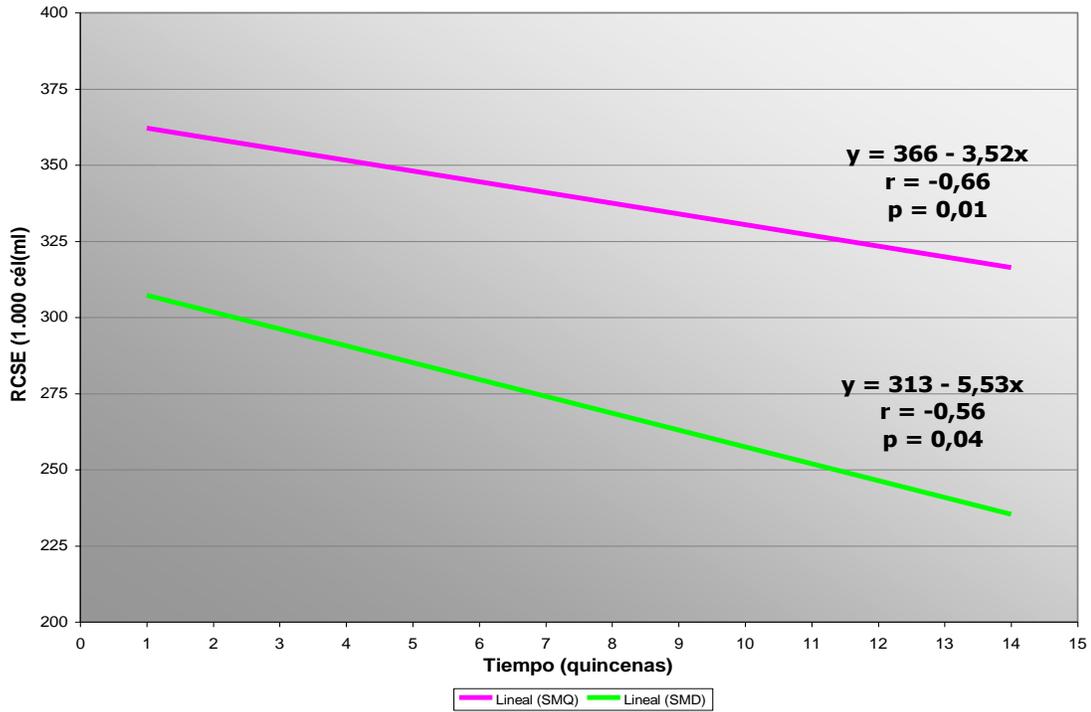
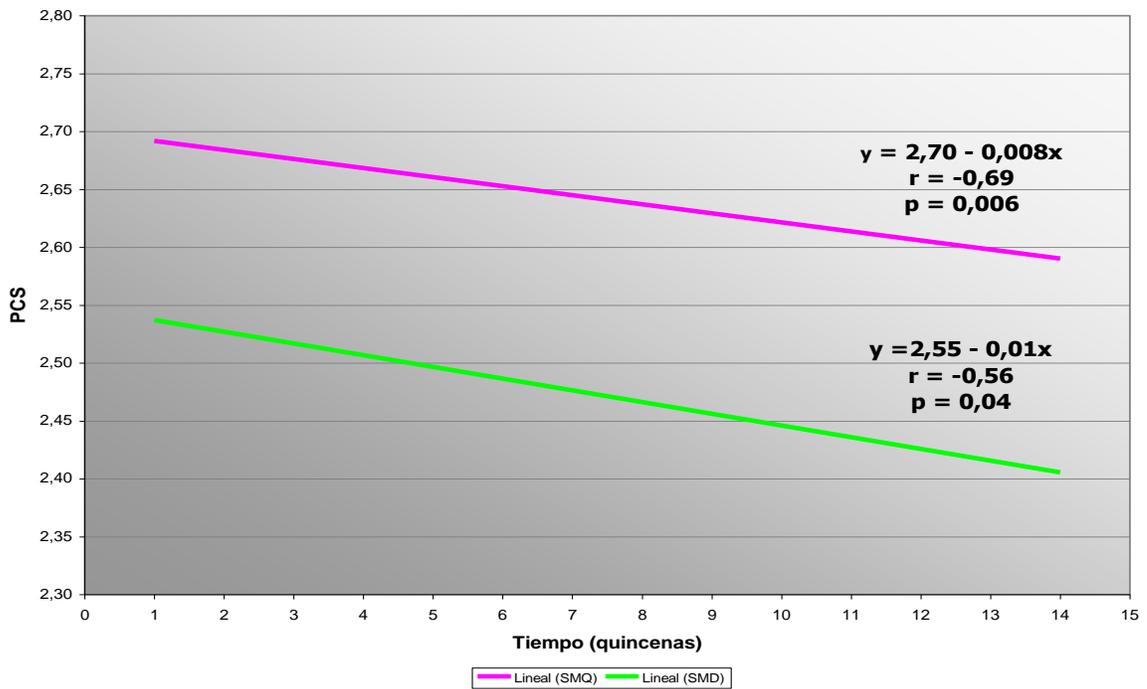


Fig. 6. Promedios de PCS quincenales y su regresión con el tiempo de análisis para predios bajo SMD y SMQ



5.3.2.2. Relación entre Volumen de Entrega de Leche y Tiempo de Análisis

Con el fin de detectar una posible influencia del factor volumen de entrega de leche sobre el recuento celular, se estimaron en primer lugar las regresiones entre volumen de entrega quincenal de leche y tiempo de análisis, para cada sistema de monitoreo. Este análisis se realizó debido a que se ha descrito la existencia de una relación inversa entre el rendimiento lácteo y la concentración celular en la leche, determinada principalmente por un efecto de dilución, donde cualquier factor que reduzca el volumen de leche producido, aún permaneciendo constante el número de células somáticas, puede provocar un incremento de la concentración celular/ml de leche. De esta manera, el incremento del RCS, o su disminución, podría explicarse en parte como un fenómeno secundario a cualquier factor que modifique de manera importante el volumen de leche producida, tal como el horario de ordeña, las variaciones que experimenta la producción de leche durante la lactancia, los cambios en el rendimiento lácteo de las vacas según la estación del año y la distribución de los partos a lo largo del año (Millar *et al.*, 1983; Brolund, 1985; Agüero, 1988c).

Considerando lo expuesto, la disminución observada en el RCSE durante el transcurso del estudio para ambos sistemas de monitoreo, podría obedecer en parte a un incremento progresivo en el volumen de entrega de leche. Sin embargo, el análisis de regresión y correlación entre las variables volumen de entrega de leche y tiempo de análisis permite descartar esta posibilidad, dado que en los dos grupos de predios se detectó una relación negativa entre dichas variables (Figs. 7 y 8), la cual alcanzó significancia estadística en los predios con SMD ($r = -0,65$; $p \leq 0,05$), pero no en aquellos con SMQ ($r = -0,51$; $p > 0,05$).

Fig. 7. Promedios de volumen de entrega quincenal de leche y su regresión con el tiempo de análisis en predios bajo SMD

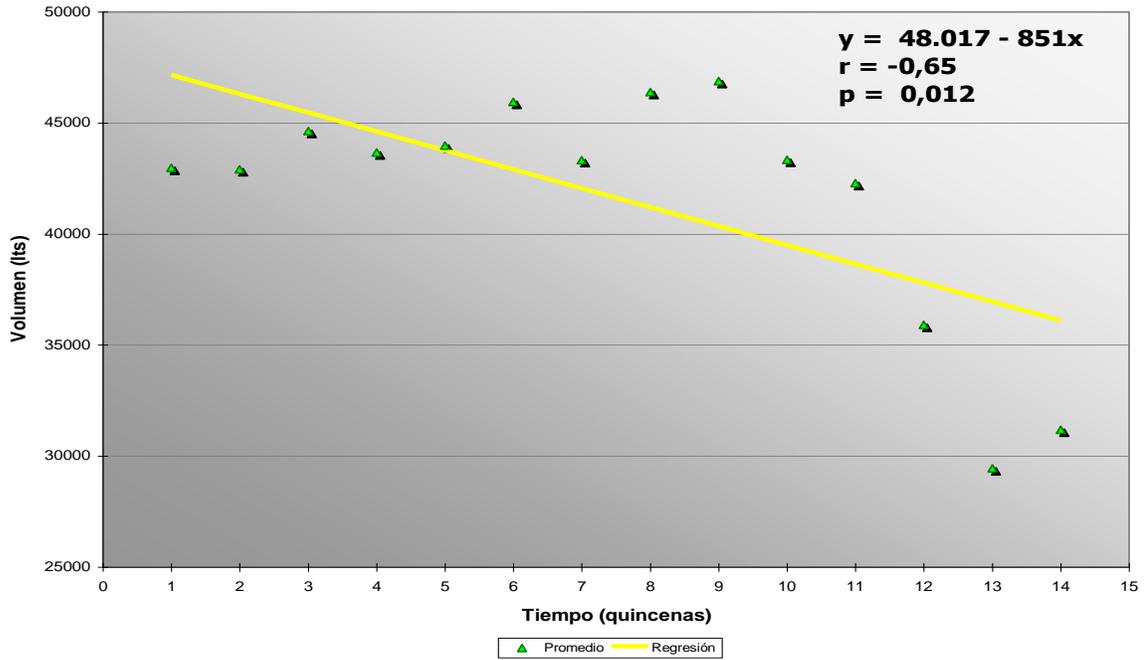
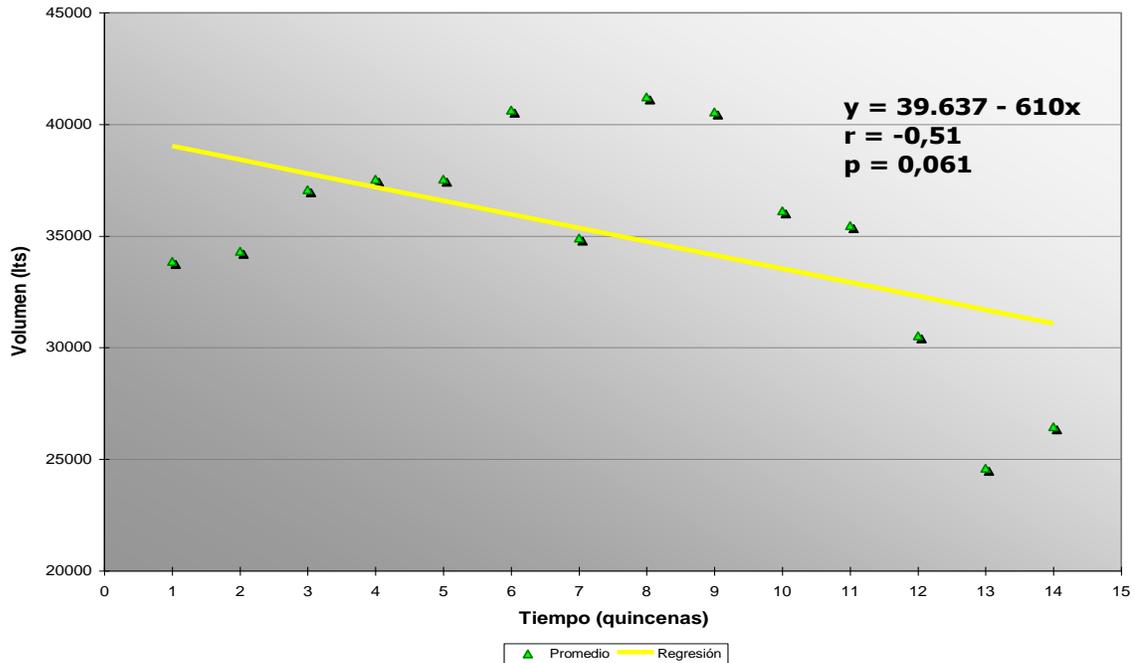


Fig. 8. Promedios de volumen de entrega quincenal de leche y su regresión con el tiempo de análisis en predios bajo SMQ



5.3.2.3. Relación entre Recuento de Células Somáticas de Leche de Estanque y Volumen de Entrega de Leche

5.3.2.3.1. *Relación con los promedios de volumen de entrega de leche por quincena*

Al analizar mediante regresión los promedios de RCSE quincenales y los promedios quincenales de volumen de entrega de leche de los predios sometidos al SMD, no se encontró relación entre ambas variables ($p > 0,05$), obteniéndose coeficientes de correlación cercanos a 0 (Fig. 9). A iguales resultados, se llegó al analizar la relación entre los promedios quincenales de PCS y de volumen de entrega de leche de dichos predios (Fig. 10).

Fig. 9. Promedios de RCSE quincenales y su regresión con los promedios de volumen de entrega quincenal de leche en predios bajo SMD

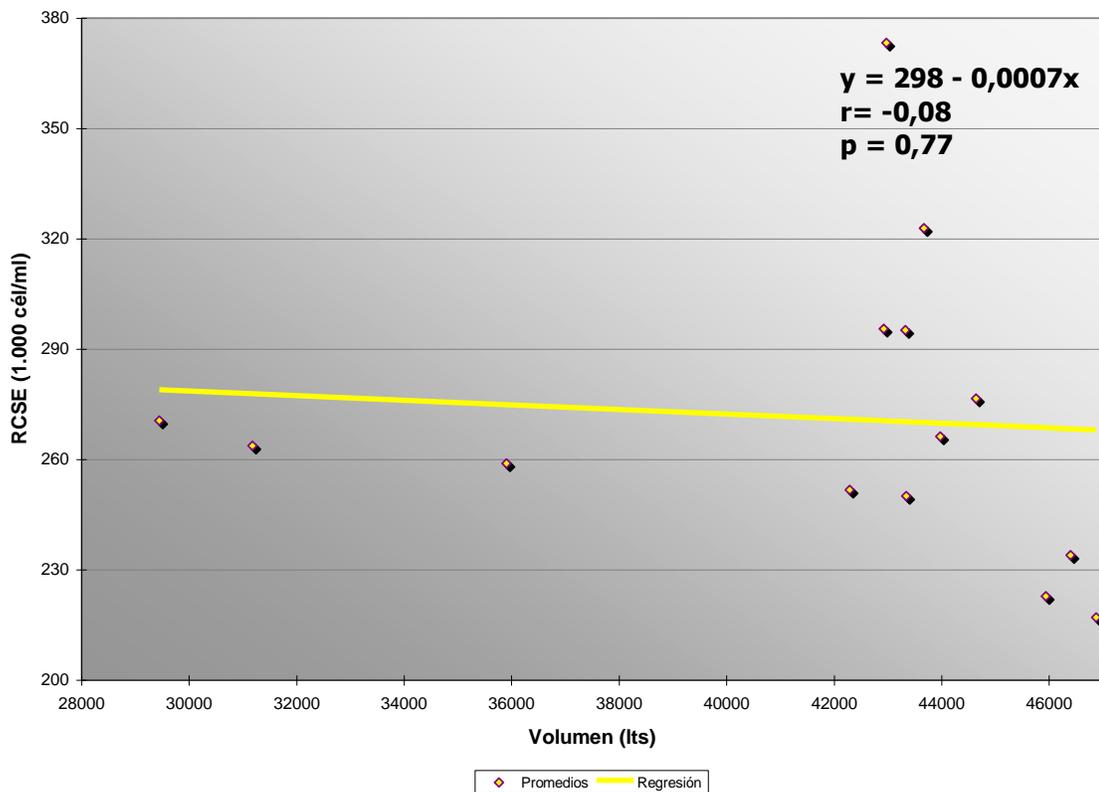
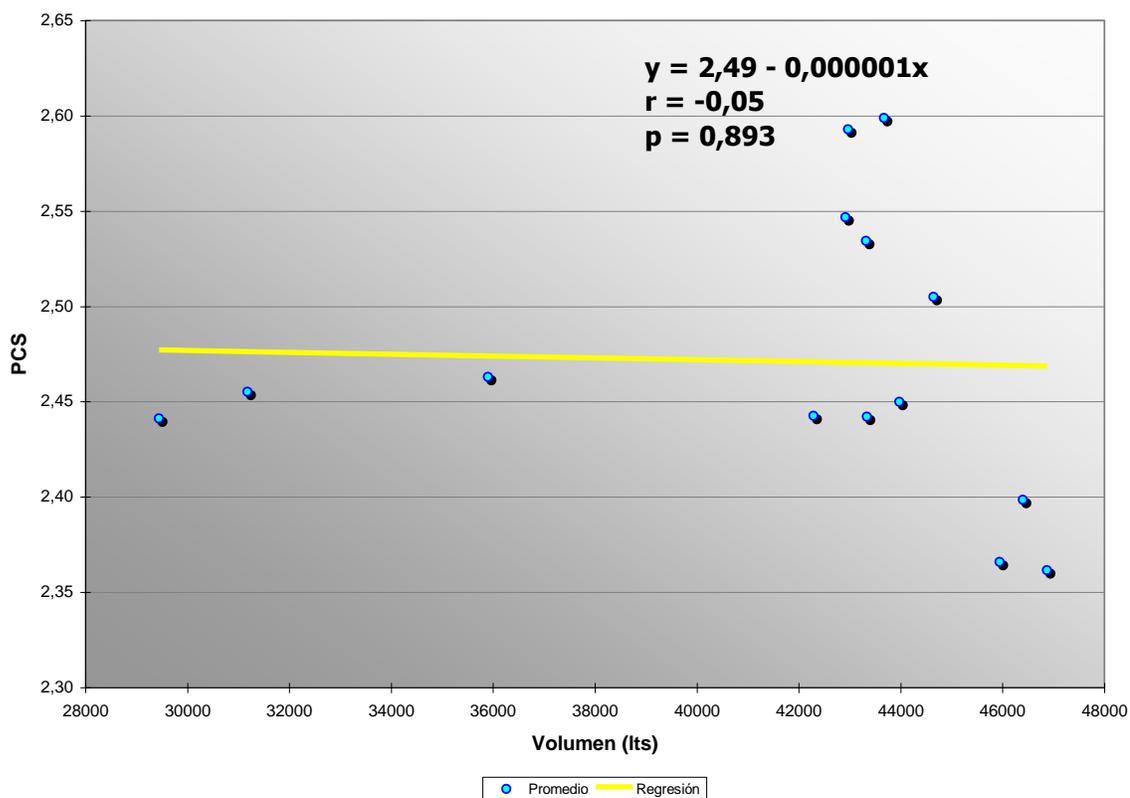


Fig. 10. Promedios de PCS quincenales y su regresión con los promedios de volumen de entrega quincenal de leche en predios bajo SMD



En los predios con SMQ, tampoco se encontró una relación entre los promedios quincenales de volumen de entrega de leche, con los promedios de RCSE quincenales, ni con los promedios de PCS quincenales ($p > 0,05$); obteniéndose al igual que para los predios con SMD, coeficientes de correlación cercanos a 0 (Figs. 11 y 12).

Fig. 11. Promedios de RCSE quincenales y su regresión con los promedios de volumen de entrega quincenal de leche en predios bajo SMQ

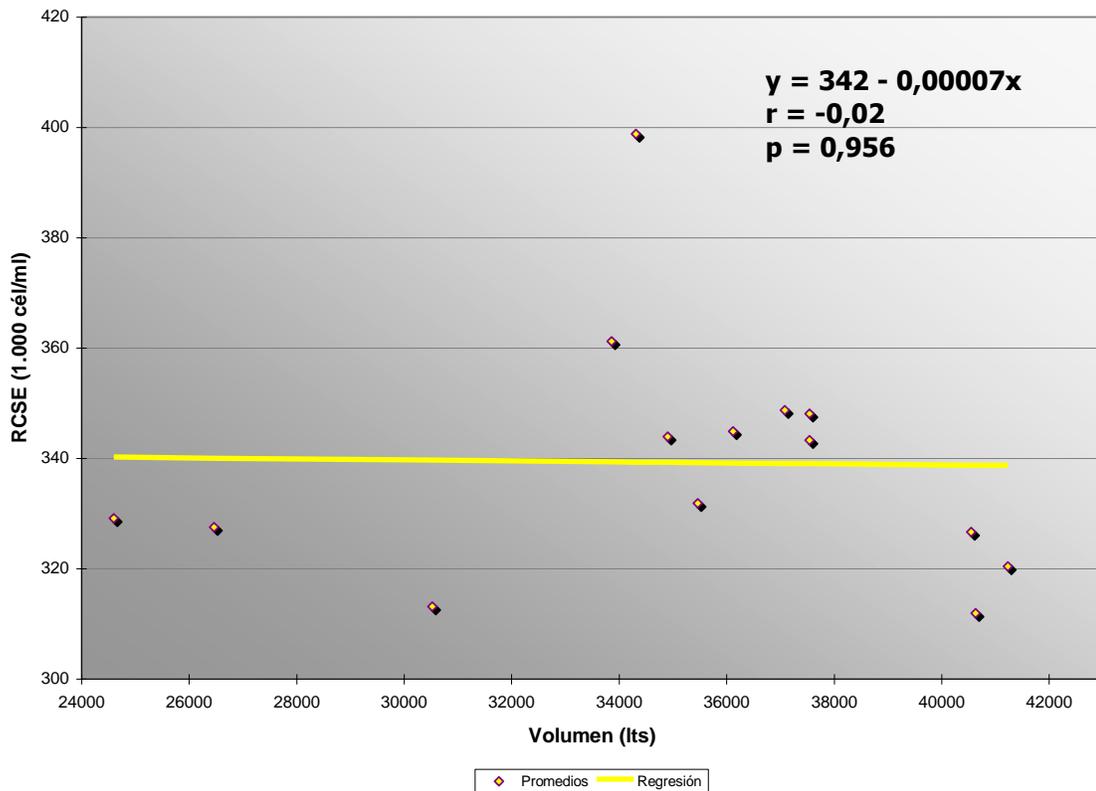
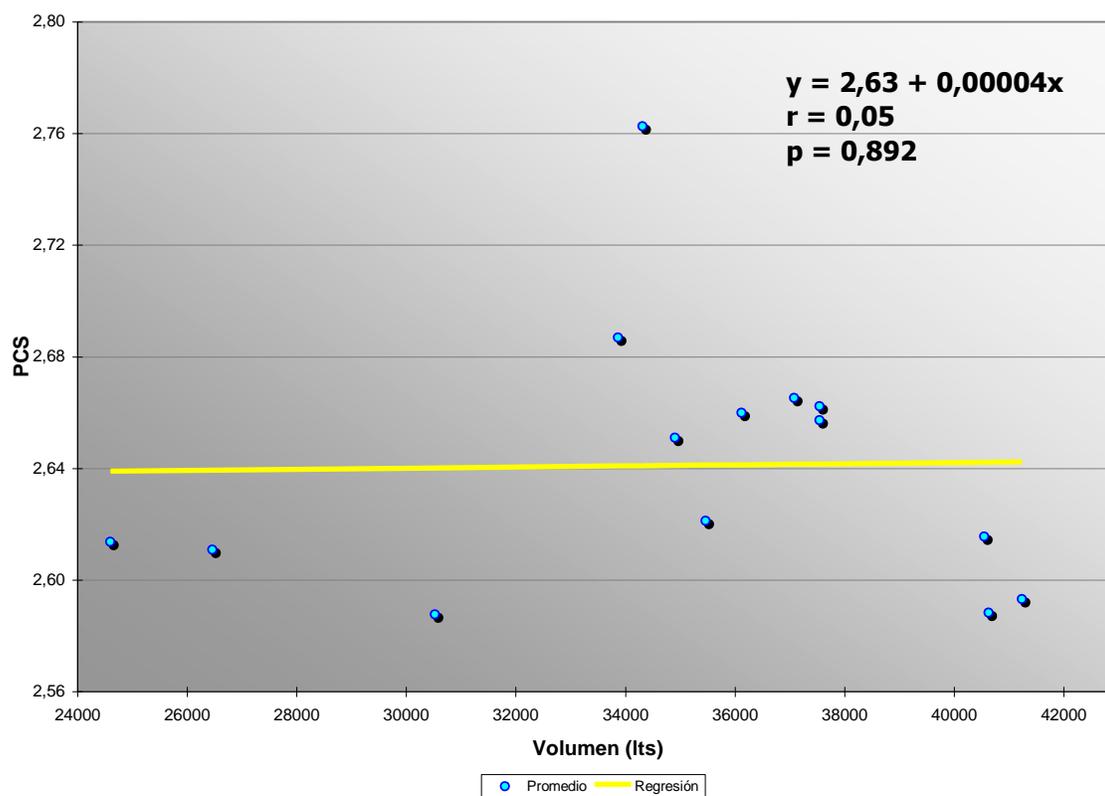


Fig. 12. Promedios de PCS quincenales y su regresión con los promedios de volumen de entrega quincenal de leche en predios bajo SMQ



5.3.2.3.2. Relación con los promedios de volumen de entrega de leche por predio

Al analizar el volumen de entrega de leche de los predios con SMD, utilizando los promedios de volumen de entrega por predio, se obtuvo resultados similares a los encontrados en el análisis de regresión del RCSE y el PCS con los promedios de volumen de entrega quincenal. En ambos casos (Figs.13 y 14), los coeficientes de correlación alcanzaron valores de baja magnitud y la relación entre dichas variables no fue estadísticamente significativa ($p > 0,05$).

Fig. 13. Promedios de RCSE en predios bajo SMD y su regresión con los promedios de volumen de entrega de leche por predio

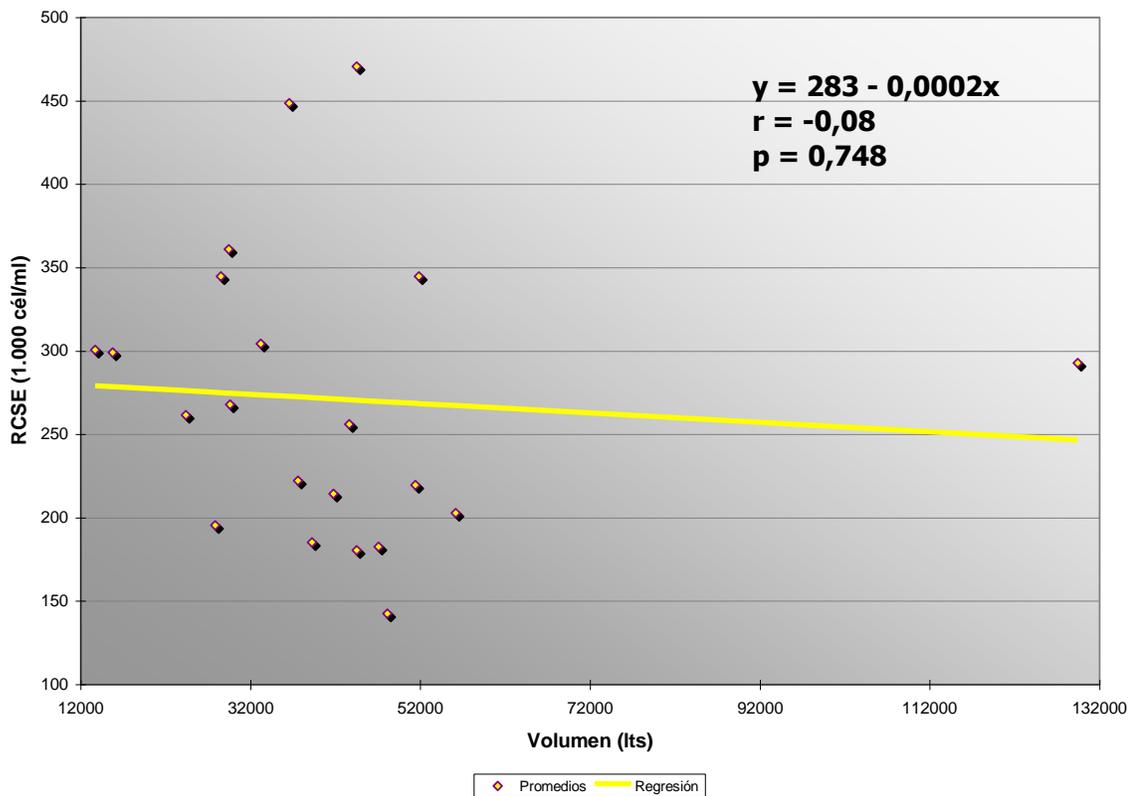
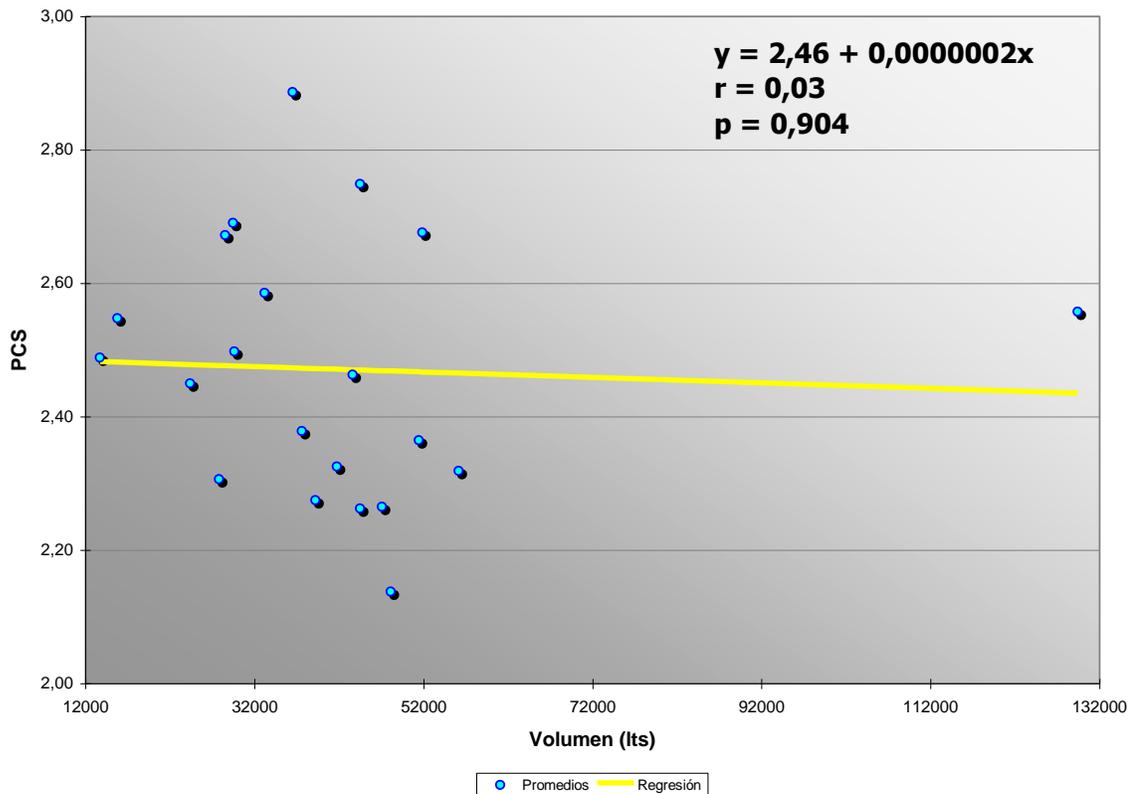


Fig. 14. Promedios de PCS en predios bajo SMD y su regresión con los promedios de volumen de entrega de leche por predio



En cambio, en los predios con SMQ, se observó una tendencia de descenso en el RCSE y PCS con el incremento del promedio de su volumen de entrega de leche; alcanzando los coeficientes de correlación valores de $-0,22$ y $0,12$, respectivamente (Figs. 15 y 16). Sin embargo, en ambos casos, dichas relaciones no alcanzaron significancia estadística ($p > 0,05$).

Fig. 15. Promedios de RCSE en predios bajo SMQ y su regresión con los promedios de volumen de entrega de leche por predio

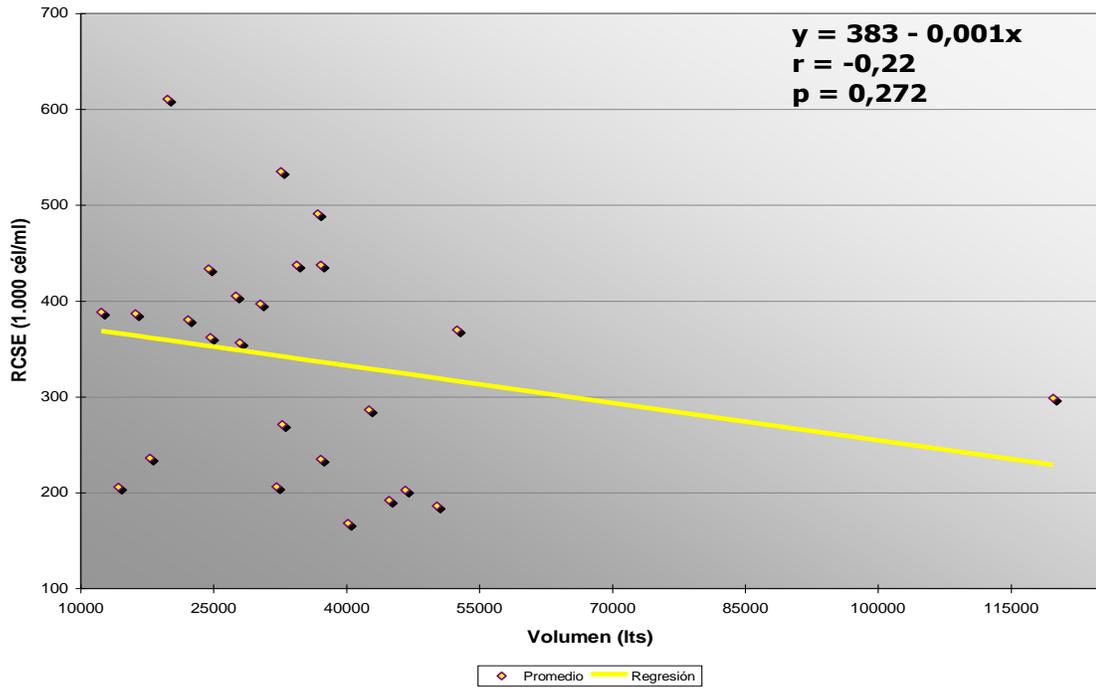
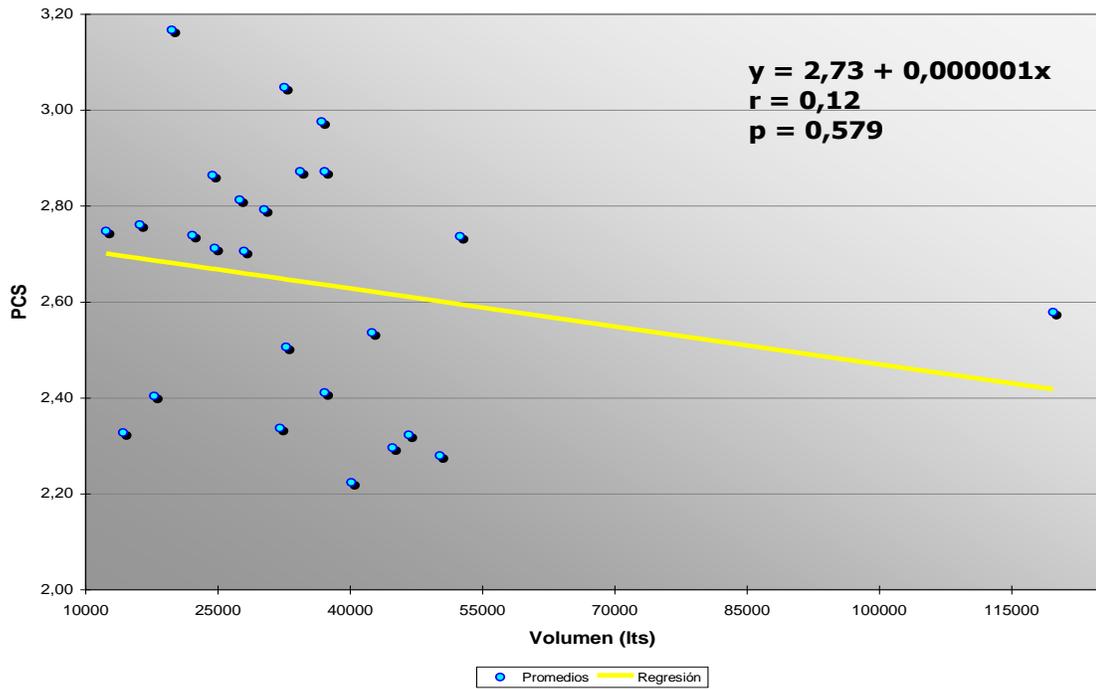


Fig. 16. Promedios de PCS en predios bajo SMQ y su regresión con los promedios de volumen de entrega de leche por predio



De acuerdo a lo expuesto, el recuento celular de leche de estanque, expresado como RCSE y PCS, no se habría visto afectado por el volumen de entrega quincenal de leche, al analizarlo tanto en términos de promedios de entrega quincenal como promedios de entrega de leche por predio. Ello podría obedecer a diversas razones, entre las cuales destaca la relación encontrada entre el volumen de entrega de leche y el tiempo de análisis, la cual denota una clara tendencia de disminución en el volumen de entrega con el transcurso del tiempo, que alcanzó significancia estadística en los predios con SMD. De acuerdo a dicha relación, los recuentos celulares podrían haber experimentado un incremento a través del período de estudio, pero la tendencia evidenciada fue la opuesta; es decir, una disminución significativa del RCSE y del PCS con el transcurso del tiempo.

Por otra parte, debe tenerse presente que la variable volumen de entrega de leche, aún cuando puede verse influenciada por el nivel productivo de las vacas, refleja la producción total de leche de un rebaño determinado durante cierto período. Si se hubiera contado con la información referente a promedios de producción de leche por vaca de los rebaños incluidos en el estudio, podría haberse encontrado una relación negativa entre nivel productivo y recuento de células somáticas, como ha sido descrito en la literatura extranjera (Wilson, *et al.*, 2004) y nacional (Lama, 2002). Sin embargo, no pudo obtenerse este tipo de información para ningún predio control con SMQ y solo fue entregada por algunos predios bajo SMD.

5.2. ANALISIS Y DESCRIPCION ESTADISTICA DEL RCSE DE GRUPOS DE PREDIOS CON SMD SEGUN SU EVOLUCION DURANTE EL ESTUDIO

5.2.1. Agrupamiento de los Predios con SMD

Como se estableció previamente, el análisis estadístico demostró un efecto significativo del sistema de monitoreo sobre el RCSE, comprobándose para los 6 meses de estudio, un promedio de recuento significativamente menor en los predios sometidos a SMD, respecto a aquellos que sólo recibían el informe quincenal de RCS entregado por la planta lechera. Además, en los predios con SMD se encontró una correlación negativa significativa, de mediana magnitud, entre el RCSE y el tiempo de análisis.

Sin embargo, el análisis individual de los predios bajo SMD, basado en los gráficos de control de RCSE y las regresiones del RCSE con el tiempo de análisis, permitió identificar 3 grupos de predios según la evolución de su recuento celular a través del período de estudio. En 10 predios se registró un descenso en el nivel de recuento celular, en 3 éste se mantuvo constante durante el estudio, mientras que en 8 casos los valores de RCSE aumentaron en el transcurso del tiempo (Cuadro 6).

Cuadro 6. Distribución de los predios con SMD según la evolución del RCSE durante el período de estudio

Evolución del RCSE	Predios		Predio N°
	N	%	
Disminución	10	47,6	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 17
Mantención	3	14,3	14, 18, 19
Aumento	8	38,1	4, 9, 10, 13, 15, 16, 20, 21
Total	21	100,0	

Para asignarle un número de identificación a los predios que aparecen en el cuadro 6, se consideraron los promedios geométricos de RCSE de las 6 quincenas previas al inicio del estudio, información que fue obtenida a partir de los

registros de calidad de leche de la planta, otorgándole a cada predio un número de identificación correlativo, de 1 a 21, desde el promedio más alto al más bajo de recuento celular. En el Cuadro 7 se presentan estos promedios, junto a los promedios aritméticos de RCSE, para los predios con SMD, agrupados de acuerdo a la evolución que experimentó el RCSE a través de los 6 meses de estudio.

Cuadro 7. Promedios de RCS (1.000 cél/ml), de las 6 quincenas previas al inicio del estudio, según la evolución del RCSE en predios con SMD

Evolución del RCS	Predio N°	Prom. Geométrico	Prom. Aritmético
Disminución			
	1	442	483
	2	437	449
	3	408	416
	5	322	326
	6	322	331
	7	285	297
	8	282	289
	11	248	297
	12	232	241
	17	184	185
	Total	316	331
Mantención			
	14	189	192
	18	175	181
	19	159	166
	Total	175	180
Aumento			
	4	391	401
	9	271	289
	10	269	270
	13	190	196
	15	188	193
	16	186	189
	20	156	156
	21	136	142
	Total	223	230

A partir del cuadro anterior, se desprende que los predios que exhibieron un descenso en el RCSE a través del estudio, habían presentado previamente un mayor nivel de recuento celular, en comparación a aquellos en que el RCSE se mantuvo o aumentó. En el trimestre inmediatamente anterior al comienzo del estudio, los promedios de RCSE del primer grupo alcanzaron un valor cercano a 300.000 cél/ml, mientras que en los otros dos grupos fueron del orden de 200.000 cél/ml.

Esta relación entre el nivel de RCSE previo al inicio del estudio y su evolución en el transcurso del tiempo en los predios con SMD, podría explicarse en parte por los rangos de recuento celular considerados en la pauta de pago de la planta lechera, para establecer bonificaciones o castigos respecto al precio base (Encalada, 2002)¹. De acuerdo a dicha pauta, un RCS \leq 250.000 cél/ml permitiría obtener el máximo de bonificación por litro de leche (+ \$ 6 pesos), lo que no motivaría económicamente a los productores con RCSE inferiores a este último valor, a seguir progresando en el mejoramiento de la calidad láctea. Este sería el caso de los 3 predios que integran el grupo que mantuvo sus recuentos celulares durante el estudio, cuyos promedios de RCSE previos fueron los más bajos entre todos los predios con SMD, así como el de 5 de los 8 predios en que se observó un aumento del RCSE en los 6 meses de estudio (Cuadro 7).

En contraposición a lo anterior, el grupo de predios que disminuyó su RCSE durante el período de estudio (Cuadro 7), estuvo integrado mayoritariamente por predios que exhibieron previamente niveles de recuentos correspondientes a una menor bonificación por litro de leche (+ \$4 pesos: 250.001 – 400.000 cél/ml) y sin bonificación por este concepto (400.001 – 500.000 cél/ml), por lo que de acuerdo con la pauta de pago, podrían optar a un mayor precio al mejorar su calidad láctea.

Si bien la estructura de una pauta de pago de leche puede contribuir a explicar el comportamiento de determinados niveles de RCSE, no es el único factor que

deberían considerar los productores, al plantearse sus objetivos de mejoramiento de la calidad láctea. Al respecto, debe tenerse presente que independientemente del efecto del recuento celular sobre el precio del litro de leche, su disminución puede asociarse a incrementos importantes en el rendimiento productivo y en los ingresos económicos de los planteles lecheros, planteándose como meta lograr al menos niveles de RCSE <200.000 cél/ml (NMC, 1996).

Si se supone que habría un 2,5% de pérdidas en producción de leche, asociada con cada aumento de 100.000 cél/ml sobre un nivel de 200.000 cél/ml (Philpot, 1999); una reducción desde 400.000 a 200.000 cél/ml, se reflejaría en un 5% de incremento en la producción de leche, lo que para un rebaño de 200 vacas con 7.000 lts de producción por lactancia, equivaldría a un incremento anual de la producción del rebaño del orden de 70.000 lts, o \$7.000.000 adicionales, a un precio de \$100 por litro, sin considerar las bonificaciones por calidad, ni el correspondiente incremento de los costos. En cambio, el aumento de la bonificación por bajo recuento celular, de \$4 a \$6, según la pauta de pago Nestlé, Osorno; involucraría un incremento anual de los ingresos por dicho concepto de solo \$2.940.000. Este ejemplo ilustra lo señalado en la literatura, en el sentido que la disminución en la producción de leche constituye el principal ítem de pérdidas por mastitis (NMC, 1996; Philpot, 1999).

Por otra parte, la producción consistente de leche de buena calidad, depende de la mentalidad o actitud con que el productor enfrenta el mejoramiento de la calidad láctea, ya que ello se relaciona de manera importante con el nivel de manejo general y la aplicación correcta de los diversos procedimientos de control de mastitis (Barkema *et al.*, 1999; Reneau, 2002; Reneau *et al.*, 2002). Probablemente este tipo de factores explique la reducción del RCSE en algunos predios durante el estudio (predios N° 11, 12 y 17), en los cuales los niveles previos de recuento eran relativamente bajos (promedios geométricos <250.000 cél/ml).

5.2.2. Descripción Estadística del RCSE de Grupos de Predios con SMD

En el cuadro 8 se presenta la descripción estadística del RCSE de los predios con SMD, para todo el período de estudio. La media de RCSE de los 21 predios fue de 258.750 cél/ml, con una mediana levemente inferior (222.000 cél/ml). El valor de la media de RCSE de estos predios, se asemeja a los promedios anuales de los rebños con control lechero de Cooprinsem, los cuales se han mantenido en alrededor de 270.000 cél/ml en los años recientes (Santibañez *et al.*, 2005). El rango de variación fue muy amplio, 2.088.000 cél/ml, con un valor mínimo de 10.000 cél/ml y un máximo de 2.098.000 cél/ml. El CV alcanzó a 52,57%; lo cual denota una alta variabilidad del RCSE diario, comparado con los valores informados en la literatura disponible para el CV del RCS de leche de estanque (Clarkson, 1975; citado por Reneau, 1986, Westgarth, 1975; citado por Reneau, 1986, Higginbotham *et al.*, 1998). La elevada variabilidad del RCSE podría ser compatible con los niveles de recuento de los predios en estudio, pudiendo también contribuir a ella las variaciones de los factores que eventualmente inciden en los recuentos a través de un efecto de dilución celular.

Como se observa en el cuadro 8, la descripción estadística del RCSE diario, arrojó el valor más alto de media aritmética para aquellos predios que disminuyeron su RCSE (288.030 cél/ml), seguidos por los que mantuvieron su nivel de recuento (241.150 cél/ml) y el grupo de predios donde éste aumentó (227.477 cél/ml). El CV del RCSE de los predios cuyo nivel de recuento se mantuvo constante durante el estudio, exhibió un valor superior (69,20%), en comparación a aquellos donde el recuento disminuyó (50,44%) o aumentó (44,48%); resultado que podría obedecer en parte al escaso número de predios que conformaron el primer grupo.

Cuadro 8. Descripción estadística del RCSE diario según su evolución durante el período de estudio y para el total de predios con SMD

Parámetro	Evolución del RCSE			Total Predios n = 21
	Disminución n = 10	Mantención n = 3	Aumento n = 8	
Media	288.030	241.150	227.477	258.750
Mediana	251.000	216.000	201.000	222.000
Moda	283.000	232.000	161.000	283.000
DE	145.284	166.870	101.190	136.020
CV (%)	50,44	69,20	44,48	52,57
Rango	1.135.000	2.051.000	897.000	2.088.000
Mínimo	63.000	47.000	10.000	10.000
Máximo	1.198.000	2.098.000	907.000	2.098.000

En general, la menor variabilidad del RCSE diario correspondió al grupo de predios donde se observó un incremento en el nivel de recuento celular, ya que exhibieron el CV más bajo y el rango más estrecho. Además, la moda de este grupo mostró un valor mucho más bajo que el determinado para la media aritmética. Considerando estos parámetros estadísticos, aún cuando el RCSE diario de estos predios aumentó durante los 6 meses que abarcó el estudio, probablemente sobrepasó en muy pocas mediciones el límite establecido por la planta para establecer la bonificación máxima por bajo recuento celular (<250.000 cél/ml). En cambio, los predios que disminuyeron su RCSE diario durante el estudio, mostraron valores más altos para el CV y el rango, y una media aritmética que superó en aproximadamente 60.000 cél/ml al valor correspondiente al grupo de predios en que se observó un incremento de los recuentos celulares, determinándose además un valor de la moda muy cercano a la media aritmética.

La descripción estadística del PCS diario, mostró el mismo ordenamiento observado para el RCSE diario de los tres grupos de predios con SMD, tanto en lo referente a la media aritmética como al CV (Cuadro 9). Los valores del CV disminuyen notablemente respecto a los obtenidos en la descripción estadística del RCSE, debido a la normalización que se produce al transformar el RCS a PCS (Ali y Shook, 1980; Shook, 1993)

Cuadro 9. Descripción estadística del PCS diario según su evolución durante el período de estudio y para el total de predios con SMD

Parámetro	Evolución del PCS			Total Predios n = 21
	Disminución n = 10	Mantención n = 3	Aumento n = 8	
Media	2,52	2,40	2,38	2,45
Mediana	2,46	2,37	2,32	2,38
Moda	2,54	2,41	2,20	2,54
DE	0,33	0,31	0,25	0,30
CV (%)	12,97	13,05	10,54	12,46
Rango	2,04	2,79	1,96	2,95
Mínimo	1,86	1,79	1,63	1,63
Máximo	3,90	4,58	3,59	4,58

7.3. DESCRIPCION ESTADISTICA Y ANALISIS DE LA EVOLUCIÓN DEL RCSE POR PREDIO CON SISTEMA DE MONITOREO DIARIO

7.3.1. Predios que Durante el Estudio Disminuyeron su RCSE

7.3.1.1. Predio N° 1

7.3.1.1.1. *Descripción estadística del RCSE durante el período de estudio*

En el cuadro 10 se observa que la media de RCSE para todo el estudio fue de aproximadamente 276.000 cél/ml, valor similar al obtenido para la media de todos los predios de este grupo. El CV de 45,08%, también se asemeja al determinado para el conjunto de predios de este grupo, siendo el mayor valor más alto respecto al resto de los predios del grupo. En cambio, la moda de 164.000 cél/ml resultó muy inferior a la media, lo que difiere respecto a lo observado en este grupo de predios (Cuadro 8).

Cuadro 10. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 1

Parámetro	RCSE (cél/ml)	PCS
Media	275.610	2,50
Mediana	240.000	2,43
Moda	164.000	2,21
Desviación estándar	124.230	0,29
Coefficiente de Variación (%)	45,08	11,57
Rango	590.000	1,32
Mínimo	93.000	1,97
Máximo	683.000	3,30
n	172	172

7.3.1.1.2. Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo

La Fig. 17 permite apreciar el descenso que experimentó diariamente el RCSE durante el estudio. Además de determinarse una relación negativa significativa entre el tiempo y el RCSE, se observa una disminución en la variabilidad de los recuentos celulares con el transcurso del tiempo, lo que también se aprecia al analizar la relación entre PCS y tiempo (Fig. 18).

Además de significativa, la reducción del RCSE sería importante en cuanto a magnitud (aproximadamente 240.000 cél/ml durante los 6 meses), obteniéndose un promedio aritmético de 275.610 cél/ml para el período de estudio (Cuadro 10), valor muy inferior al promedio aritmético de RCSE de las 6 quincenas anteriores al comienzo del mismo (483.000 cél/ml), (Cuadro 7).

Fig. 17. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 1

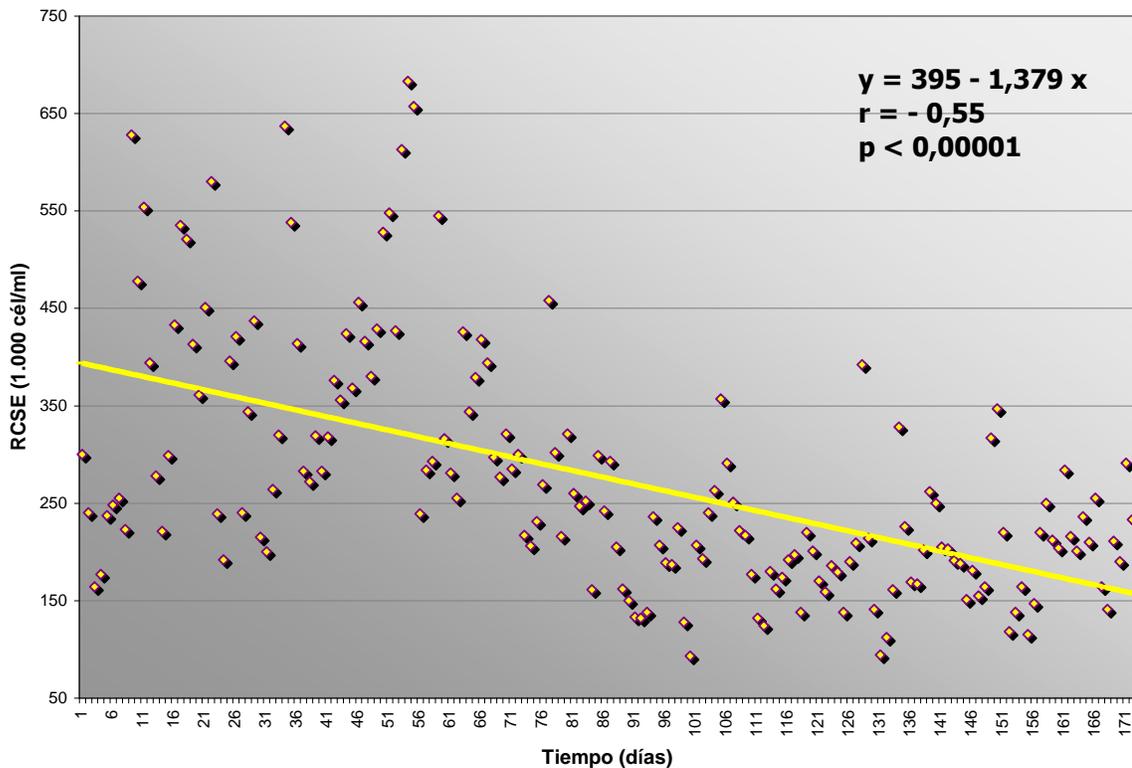
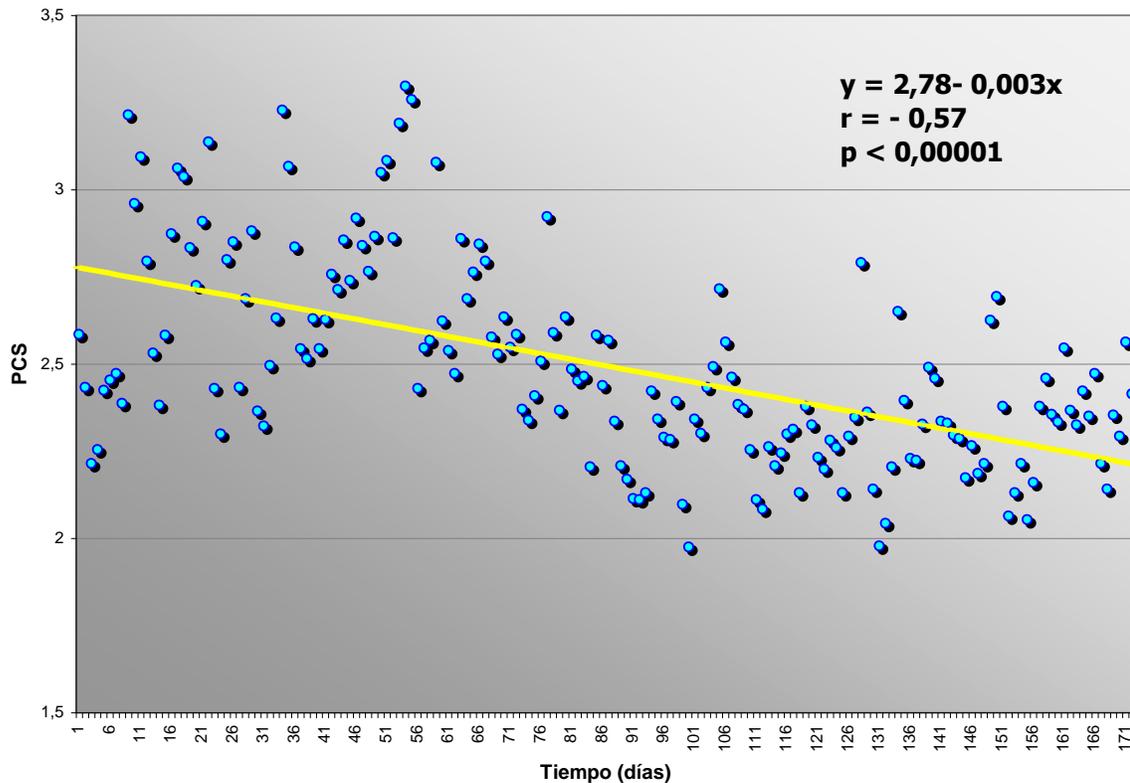


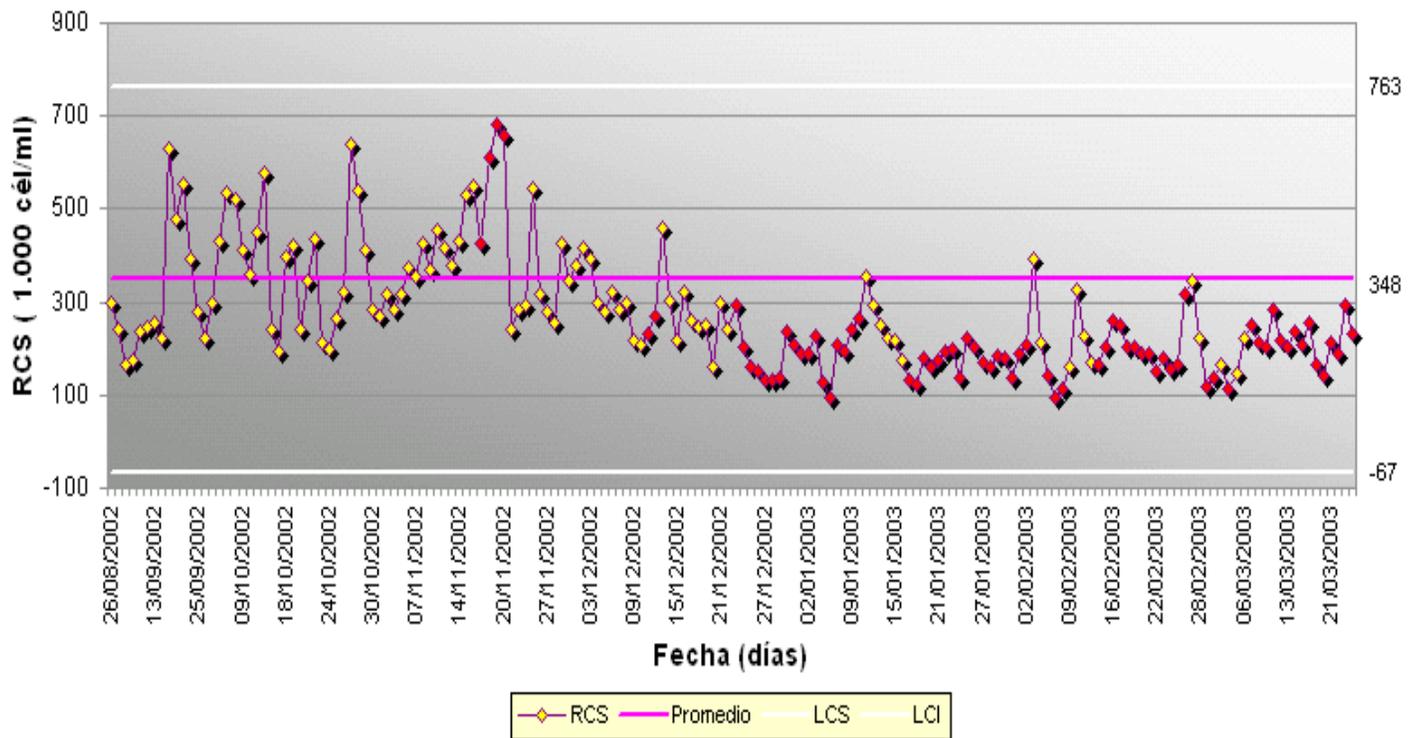
Fig. 18. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 1



7.3.1.1.3. Análisis del gráfico de control de RCSE

El análisis de los gráficos de control resultó consistente con el análisis de regresión entre el RCSE y el tiempo. En el gráfico de control de RCSE es posible distinguir dos períodos, tanto en lo referente a su nivel como variabilidad (Fig. 19). En el primero, que comprende hasta aproximadamente la 2ª quincena de noviembre (20 de noviembre), la mayoría de los puntos presentaron valores superiores a la media y cercanos al LCS, estimándose un promedio de 381.509 cél/ml. Durante el segundo período, el RCSE exhibió una tendencia clara de descenso, ubicándose la mayoría de los puntos por debajo de la media o cerca del LCI y disminuyendo su promedio a 225.829 cél/ml.

Fig. 19. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 1 durante el período de estudio



7.3.1.1.4. *Factores que explicarían el comportamiento del RCSE*

No fue posible atribuir el descenso que experimentó el RCSE durante el estudio, a cambios de manejo o factores específicos, dado que en este predio no se llevó los registros diarios en la bitácora entregada a cada productor. Tampoco se logró establecer un nexo de trabajo con el productor, con el fin de efectuar visitas prediales o entrevistas personales, que podrían haber permitido explicar el cambio en el nivel de RCSE durante el estudio.

7.3.1.2. Predio N° 2

7.3.1.2.1. *Descripción estadística del RCSE (RCSE y PCS) durante el período de estudio*

En el cuadro 11 se observa que la media de RCSE para todo el estudio fue de aproximadamente 320.000 cél/ml, obteniéndose valores inferiores para la mediana y la moda, difiriendo esto último de lo encontrado en la descripción estadística del grupo de predios en que disminuyó el RCSE, donde la media y la moda presentaron valores muy similares (Cuadro 8). El RCSE mostró un rango de variación semejante al del predio N° 1 e inferior al de su grupo, desde un mínimo de 170.000 cél/ml hasta un máximo de 692.000 cél/ml. El CV de 29,91% denota una menor variabilidad en comparación al predio N° 1, siendo su valor más bajo que el obtenido para este conjunto de predios. Como se analiza a continuación, esta variabilidad estuvo determinada principalmente por el comportamiento del RCS durante el principio del estudio.

Cuadro 11. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 2

Parámetro	RCSE (cél/ml)	PCS
Media	319.870	2,62
Mediana	284.500	2,55
Moda	262.000	2,49
Desviación estándar	95.690	0,20
Coefficiente de Variación (%)	29,91	7,76
Rango	522.000	1,08
Mínimo	170.000	2,23
Máximo	692.000	3,31
n	186	186

7.3.1.2.2. *Análisis de regresión entre RCSE (RCSE y PCS) y tiempo*

La Fig. 20 permite apreciar el descenso que experimentó el RCSE durante el período de estudio, determinándose una relación negativa significativa entre el tiempo y el RCSE, así como una disminución en la variabilidad de los recuentos celulares. Ello también se evidenció al analizar la relación entre el PCS diario y el tiempo (Fig. 21).

Además de significativa, la reducción del RCSE estimada para todo el período de estudio sería importante en cuanto a magnitud (aproximadamente 160.000 cél/ml), aunque menor a la encontrada para el predio N° 1. Este descenso se habría reflejado en la media aritmética correspondiente a los 6 meses de estudio, cuyo valor alcanzó a 319.870 cél/ml (Cuadro 11), resultando muy inferior al promedio aritmético de RCSE de las 6 quincenas anteriores al comienzo del estudio (449.000 cél/ml), (Cuadro 7).

Fig. 20. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 2

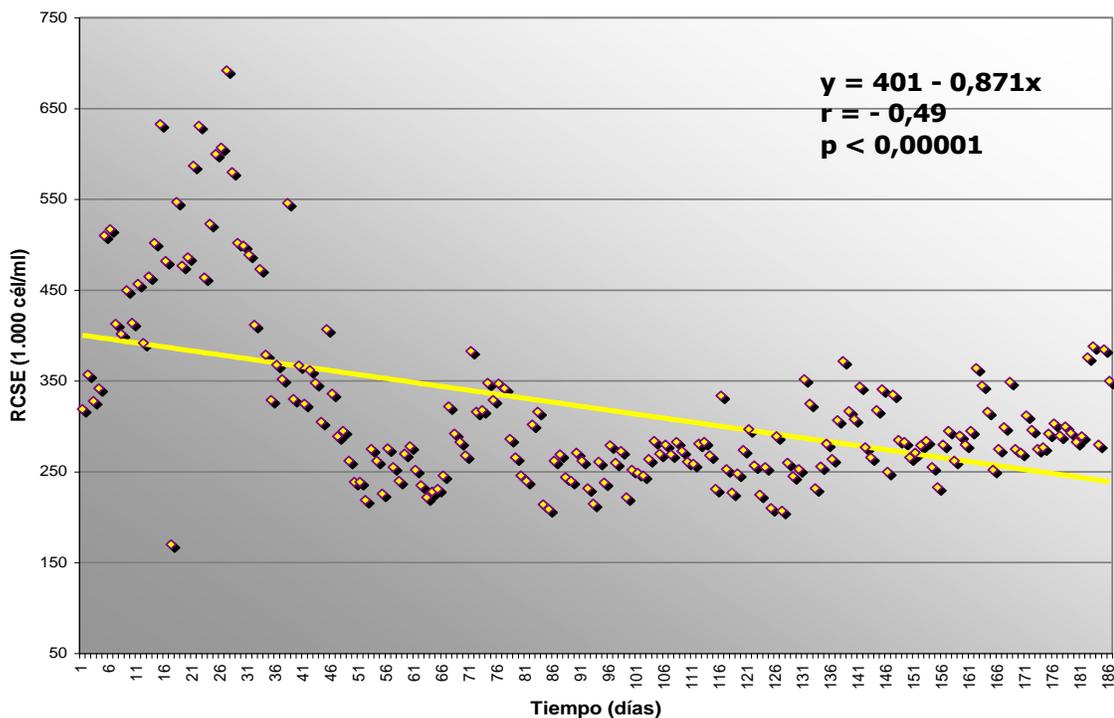
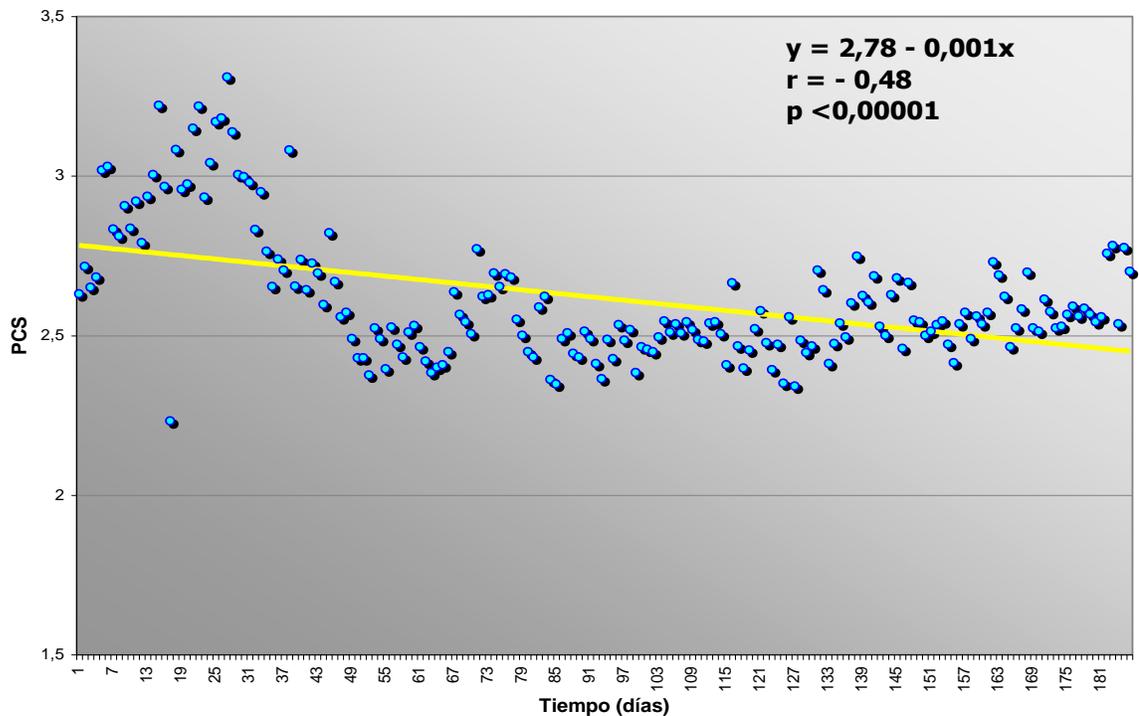


Fig. 21. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 2



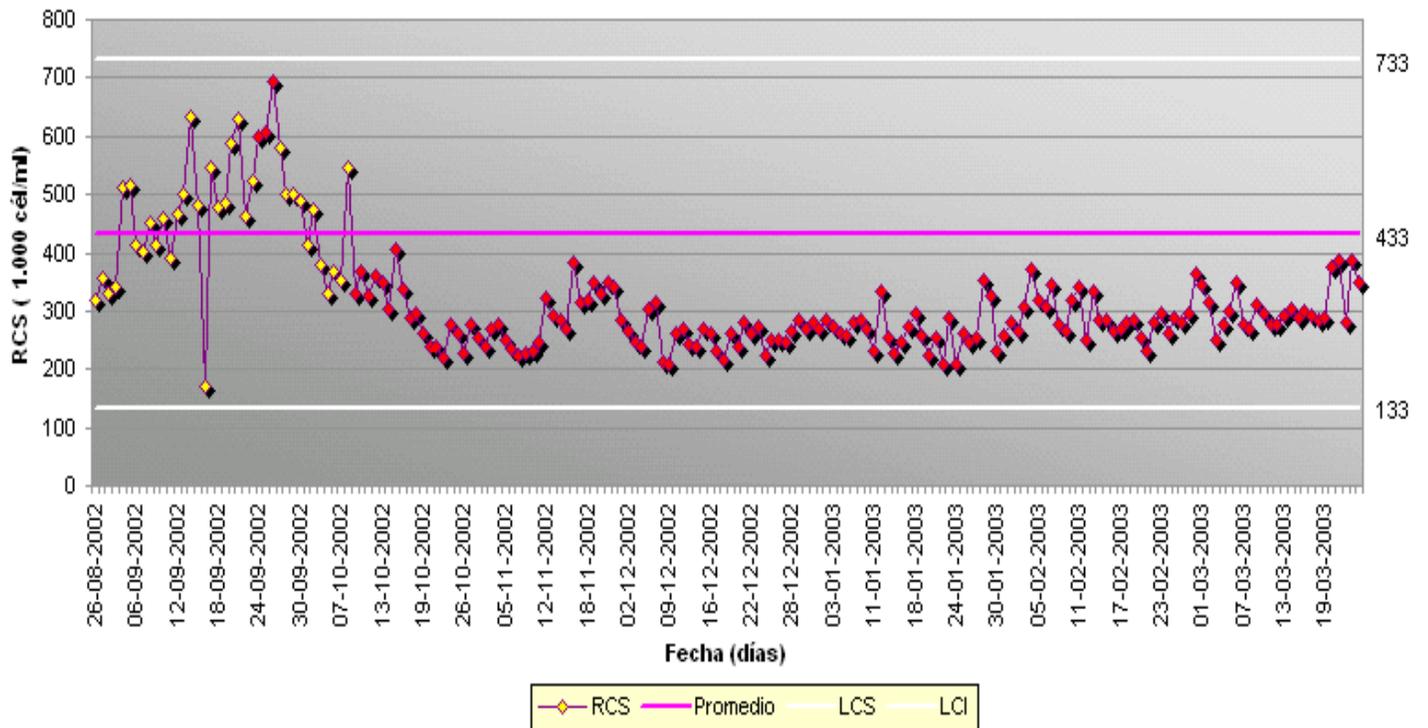
7.3.1.2.3. Análisis del gráfico de control de RCSE

El análisis del gráfico de control resultó consistente con el análisis de regresión entre el RCSE y el tiempo, distinguiéndose dos períodos, en lo referente a nivel y variabilidad de los recuentos celulares (Fig. 22).

El primero se extiende hasta fines de septiembre (30 de septiembre), y se caracteriza porque la mayoría de los puntos presentaron valores superiores a la línea media, ubicándose algunos cerca del LCS. El promedio durante este primer período fue de 479.000 cél/ml.

Durante el segundo período, el RCSE exhibió una tendencia clara de descenso, encontrándose todos los puntos, a excepción de uno, por debajo de la media y próximos al LCI, disminuyendo la media a 288.000 cél/ml.

Fig. 22. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 2 durante el período de estudio



7.3.1.2.4. Factores que explicarían el comportamiento del RCSE

Sólo se contó con información parcial de las bitácoras diarias de este predio (segunda quincena de septiembre, octubre, primera quincena de noviembre y segunda quincena de diciembre). Además, en éstas se registró únicamente información básica, lo cual limita el análisis de posibles relaciones entre las variaciones en el RCSE y cambios de manejo.

Pese a lo anterior, el análisis de las bitácoras sugiere una relación aparente entre el recuento celular y un cambio estacional en el sistema de alojamiento de las vacas. El 30 de septiembre terminó el período de confinamiento invernal en un establo cama caliente y, en adelante, los animales fueron manejados exclusivamente a pastoreo hasta el fin del estudio, observándose coincidentemente una disminución en el RCSE, el cual se mantiene relativamente constante hasta finalizar el estudio (Figs. 20, 21 y 22). Aún cuando el alojamiento de vacas en lactancia en establos de cama caliente, se ha asociado con una mayor exposición a patógenos ambientales y riesgo de mastitis, en comparación a vacas alojadas en establos de cubículos (Peeler *et al.*, 2000), en el caso de este predio no pudo establecerse que una alta carga bacteriana en la cama caliente, pudiera haber constituido un factor de riesgo de infecciones intramamarias, dado que los recuentos bacterianos de las muestras de cama enviadas al laboratorio, se encontraron dentro del rango aceptable. Sin embargo, no puede descartarse que el ensuciamiento y contaminación de los pezones durante el período de confinamiento invernal, haya contribuido a incrementar las tasas de neoinfecciones por patógenos ambientales y contagiosos (Agüero, 1988c; NMC, 1996; Goldberg *et al.*, 1992). En el caso de los patógenos ambientales, en general se acepta que las vacas confinadas enfrentan un mayor riesgo de infecciones por este tipo de patógenos que las vacas manejadas a pastoreo (NMC, 1997).

Además, el 15 de octubre se anotó en la bitácora una reestructuración de los lotes de producción, el cual coincidió con un aumento del RCSE durante ese día, debido

probablemente a la baja temporal de producción que involucran los cambios de grupos (Coppock *et al.*, 1981; Grant y Albright, 1997).

Por otra parte, es necesario tener en cuenta que el propietario de este predio había solicitado asesoría técnica en calidad de leche antes que se iniciara el estudio, la cual se mantuvo durante el transcurso del mismo. Así, fue posible detectar la permanencia en el rebaño de vacas con RCS elevados durante varias lactancias, debido a que el productor había priorizado la bonificación por volumen de entrega de leche, sobre la bonificación por bajos RCS. Durante el estudio, se recomendó al productor ordeñar estos animales después de pasar por la sala las vacas con bajos recuentos celulares, desviar del estanque la leche de las vacas con recuentos muy elevados para utilizarla en alimentación de terneros; así como eliminar las vacas que evidenciaban cronicidad en sus recuentos elevados, particularmente aquellas de menor nivel productivo, de manera de mantener el nivel de entrega de leche a planta. En general, estas recomendaciones fueron aplicadas y parte de ellas registradas en la bitácora diaria.

Durante las visitas a este predio se observó una buena rutina de ordeña, que incluía realización de la prueba de fondo oscuro, pre-dipping, secado de los pezones con toallas de papel individuales, post-dipping y uso de guantes por parte de los ordeñadores. Las vacas llegaban a la sala con la ubre relativamente limpia, observándose un mayor grado de suciedad en las patas, debido al mal estado de los callejones en épocas lluviosas (acumulación de barro y fecas), situación que también pudo evidenciarse en algunos potreros.

Uno de los problemas detectados en este predio, fue la existencia de sólo 2 grupos de ordeña: Lactancia Sanas y Lactancia Mastitis/Cojas; de modo que las vacas de primer parto se ordeñaban conjuntamente con las de más edad, exponiéndolas a un mayor riesgo de infecciones por microorganismos contagiosos, consideración que adquiere especial relevancia en este predio, donde los cultivos bacteriológicos indicarían que *Staphylococcus aureus* es el

patógeno más frecuente. Sin embargo, es preciso considerar que el manejo de un grupo separado de animales de primera lactancia, el cual debería ser el primero en ordeñarse, resulta de difícil implementación en este tipo de lecherías, cuyos sistemas productivos se basan total o parcialmente en el pastoreo.

7.3.1.3. Predio N° 3

7.3.1.3.1. *Descripción estadística del RCSE durante el período de estudio*

En el cuadro 12 se observa que la media del RCSE para todo el estudio fue de 419.420 cél/ml, valor superior al obtenido para la media del conjunto de predios de este grupo (Cuadro 8). La relación entre la media, la mediana y la moda fue similar a la observada en el predio N° 1 (mediana cercana a la media y moda muy inferior). El CV de 29,69% resultó similar al encontrado en el predio N° 1, pero bastante inferior al de este grupo de predios (50,44%). En cuanto al rango de variación del RCSE del predio N° 3, éste fue similar al obtenido para su grupo, superando los valores correspondientes a los predios N° 1 y 2 (Cuadros 10y 11).

Cuadro 12. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 3

Parámetro	RCSE (cél/ml)	PCS
Media	419.420	2,83
Mediana	412.000	2,83
Moda	291.000	2,56
Desviación estándar	124.540	0,24
Coefficiente de Variación (%)	29,69	8,49
Rango	926.000	1,60
Mínimo	156.000	2,19
Máximo	1.082.000	3,79
n	199	199

7.3.1.3.2. Análisis de regresión entre RCSE (RCS y PCS) y tiempo

La Fig. 23 permite apreciar el descenso que experimentó el RCSE diario durante los 6 meses de estudio, junto a una disminución en su variabilidad. El análisis de regresión demostró la existencia de una relación negativa significativa entre el tiempo y el RCSE. La regresión entre el PCS y el tiempo mostró el mismo comportamiento entre ambas variables (Fig. 24).

El descenso estimado para el RCSE durante todo el estudio alcanzaría aproximadamente a 283.000 cél/ml, disminuyendo desde 516.000 cél/ml al comienzo del estudio a 278.000 cél/ml a su término. Esta disminución en el RCSE fue levemente mayor a la estimada para el predio N° 1 y superó claramente a la reducción estimada para el predio N° 2. No obstante haber disminuido durante el estudio, el promedio aritmético de 419.420 cél/ml (Cuadro 12), resultó similar al promedio aritmético de RCSE de las 6 quincenas anteriores al comienzo del mismo (416.000 cél/ml), (Cuadro 7).

Fig. 23. .Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 3

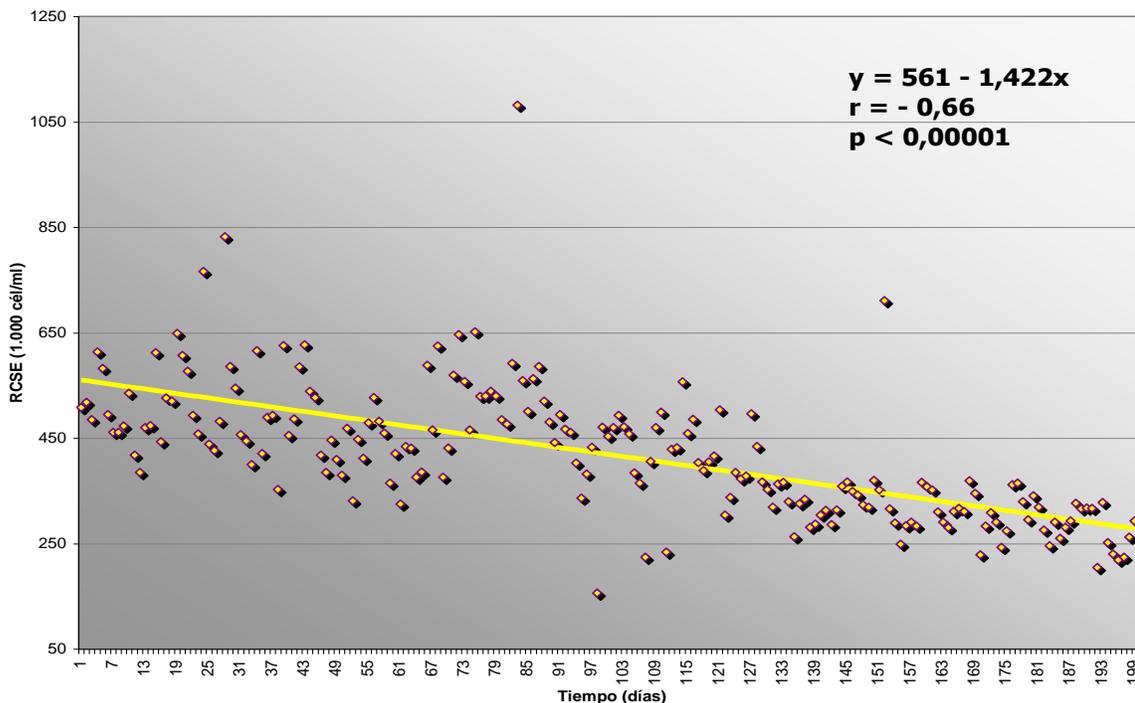
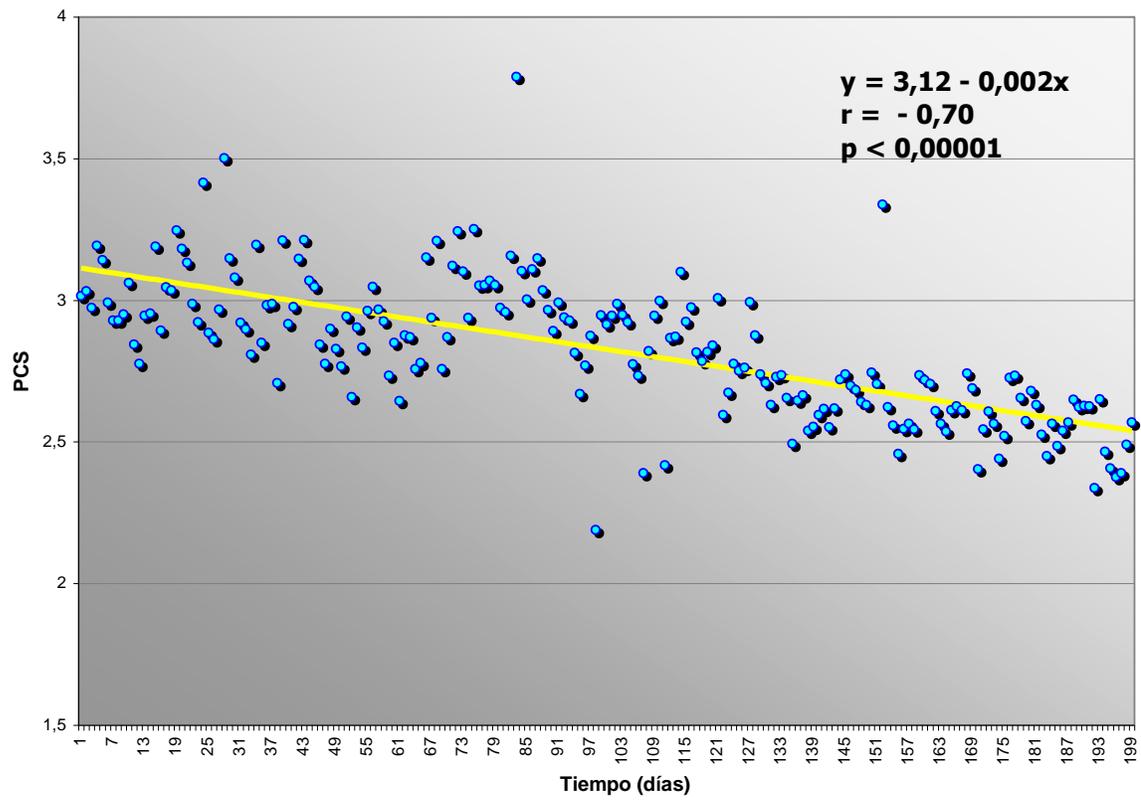


Fig. 24. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 3



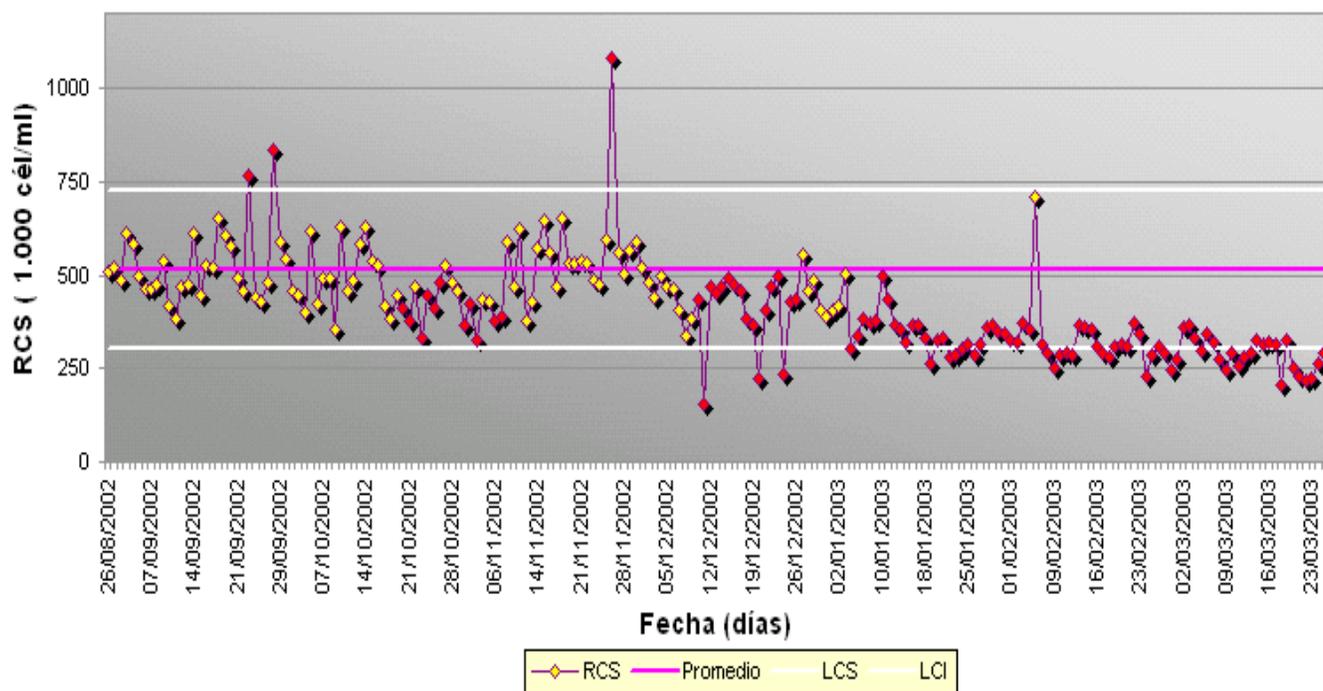
7.3.1.3.3. *Análisis del gráfico de control de RCSE*

El gráfico de control del RCSE fue consistente con el análisis de regresión entre el RCSE y el tiempo, pudiendo distinguirse dos períodos en lo referente a su nivel y variabilidad (Fig. 25).

El primero de ellos abarcó desde el comienzo del estudio hasta aproximadamente la mitad de éste (01 de diciembre), y en él se puede observar que el recuento de células somáticas se mantuvo casi siempre dentro de los límites de control. Entre los días 17 de octubre y el 07 de noviembre hubo un breve período de descenso del RCSE, ubicándose consistentemente por debajo de la línea media, pero sin sobrepasar el LCI. El promedio del RCSE durante este período alcanzó a 507.000 cél/ml, exhibiendo en general mayor variabilidad en comparación al segundo período.

El segundo período se extendió desde el 02 de diciembre hasta el final del estudio y se caracterizó por una disminución sostenida del RCSE, presentándose casi todos los registros bajo la línea media, exhibiendo la mayoría valores levemente superiores o inferiores al LCI. Durante este período, el promedio de recuento celular alcanzó a 350.000 cél/ml, valor muy inferior al correspondiente al primer período, observándose además una disminución importante en la variabilidad del RCSE diario.

Fig. 25. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 3 durante el período de estudio



7.3.1.3.4. *Factores que explicarían el comportamiento del RCSE*

Se contó con bastante información para analizar el comportamiento del RCSE en este predio, dado que se llevó un registro de las bitácoras diarias durante todo el período de estudio. Además, se visitó el predio en dos ocasiones y se sostuvo una serie de entrevistas personales con la administradora.

En primer lugar, es necesario destacar que este predio corresponde a un rebaño en formación, como segunda lechería de un mismo propietario. Sólo una pequeña proporción del rebaño es de crianza propia traída desde el primer predio. La mayoría de los animales fueron adquiridos en otros predios del sector, principalmente vacas preñadas en lactancia, a las cuales no se les practicaron exámenes bacteriológicos para determinar la presencia de patógenos mamarios, ni análisis de recuentos de células somáticas. Tampoco se analizó con mayor detalle sus RCS individuales, en caso que los hubiera, en busca de casos crónicos con altos recuentos. Estos animales fueron adquiridos en el mes previo a iniciarse el estudio y durante el primer mes de éste.

Además, durante la última semana de septiembre se cambió completamente el equipo de ordeña, lo que podría explicar en parte la elevada variabilidad del RCSE registrada en ese momento en el gráfico de control. El reemplazo del equipo de ordeña por uno nuevo, podría ser un factor que explique parte de la disminución del RCSE evidenciada posteriormente.

Durante la primera visita a este predio, a comienzos de diciembre de 2002, se observó que los animales llegaban a la sala con sus ubres sucias, comprobándose además una rutina de ordeña muy desordenada, con uso excesivo de agua. También fue evidente el estado de intranquilidad de las vacas durante la ordeña, debido al maltrato ocasionado a los animales por uno de los ordeñadores, tanto en la entrada a la sala como durante la ordeña.

Luego de la visita se recomendaron las siguientes medidas: mantener un ambiente más tranquilo para los animales en los arreos y durante la ordeña, uso de guantes de goma por parte de los ordeñadores, disminuir el uso de agua tanto en el lavado de los pezones como de las pezoneras, mejor lavado y uso más cuidadoso de los paños individuales empleados para el secado de los pezones, no realizar repaso (“apoyo”) de la unidad de ordeño, identificar las vacas con altos RCS para ordeñarlas al final y desviar su leche del estanque, y realizar cultivos bacteriológicos a animales con CMT positivo o altos RCS para la identificación del agente causal.

En la Fig. 25, se puede apreciar que durante este mes el RCSE tendió a disminuir, observándose algunos registros bajo el LCI. Ello coincidió con el despido de uno de los ordeñadores y la contratación de uno nuevo, con un mejor nivel de capacitación, con lo cual se eliminó el problema del maltrato de los animales en la sala, se ordenó la rutina de ordeña y se facilitó la adopción de las medidas recomendadas en la primera visita.

En la segunda visita, efectuada durante la última semana de enero de 2003, se comprobó que gran parte de estas medidas fueron realmente implementadas. Se insistió en aplicar las siguientes recomendaciones entregadas en la visita anterior: uso de guantes, no lavar las unidades de ordeña entre vacas, y un manejo adecuado de los paños de secado. Además, se recomendó mejorar la limpieza de un patio de alimentación, para disminuir la contaminación de los pezones y el riesgo de neoinfecciones mamarias de las vacas después de la ordeña. Todas estas recomendaciones fueron tomadas en consideración y en conjunto con las medidas implementadas después de la primera visita, explicarían la disminución del nivel y de la variabilidad del RCSE de este predio.

7.3.1.4. Predio N° 5

7.3.1.4.1. *Descripción estadística del RCSE (RCS y PCS) durante el período de estudio*

Como se observa en el cuadro 13, la media de RCSE del predio N° 5 para todo el período de estudio fue de 201.190 cél/ml, valor inferior a la media de los tres predios precedentes (Cuadros 10, 11 y 12) y a la determinada para el conjunto de predios que conforman este grupo (Cuadro 8). Los valores obtenidos para la mediana y la moda fueron idénticos, y levemente inferiores a la media. El rango de variación de 595.000 cél/ml resultó similar al rango del predio N° 1, siendo su valor aproximadamente la mitad del rango correspondiente a los predios de este grupo. El CV de 33,13%, fue similar al CV de los dos predios anteriores e inferior al del grupo.

Cuadro 13. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 5

Parámetro	RCSE (cél/ml)	PCS
Media	201.190	2,32
Mediana	188.000	2,29
Moda	188.000	2,29
Desviación estándar	66.650	0,16
Coefficiente de Variación (%)	33,13	7,02
Rango	595.000	1,26
Mínimo	125.000	2,09
Máximo	720.000	3,35
n	182	182

7.3.1.4.2. *Análisis de regresión entre RCSE (RCS y PCS) y tiempo*

En la Fig. 26 se aprecia el descenso que experimentó el RCSE durante el período de estudio, determinándose una relación negativa significativa entre el tiempo y el RCSE. Este descenso igualmente se evidencia al analizar la relación entre el tiempo y el PCS (Fig. 27).

La reducción en el nivel del RCSE durante los 6 meses de estudio (aproximadamente 77.500 cél/ml), fue menor en comparación a la observada en los predios analizados previamente, alcanzando hacia el final del estudio un valor similar al obtenido en el predio N° 1 (aproximadamente 160.000 cél/ml). Aún así, la disminución sería de importancia, si se considera que el promedio aritmético correspondiente a las 6 quincenas anteriores al comienzo del estudio, alcanzaba a los 326.000 cél/ml (Cuadro 7), valor que se redujo a 201.190 cél/ml durante los 6 meses de estudio (Cuadro 13).

Fig. 26. .Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 5

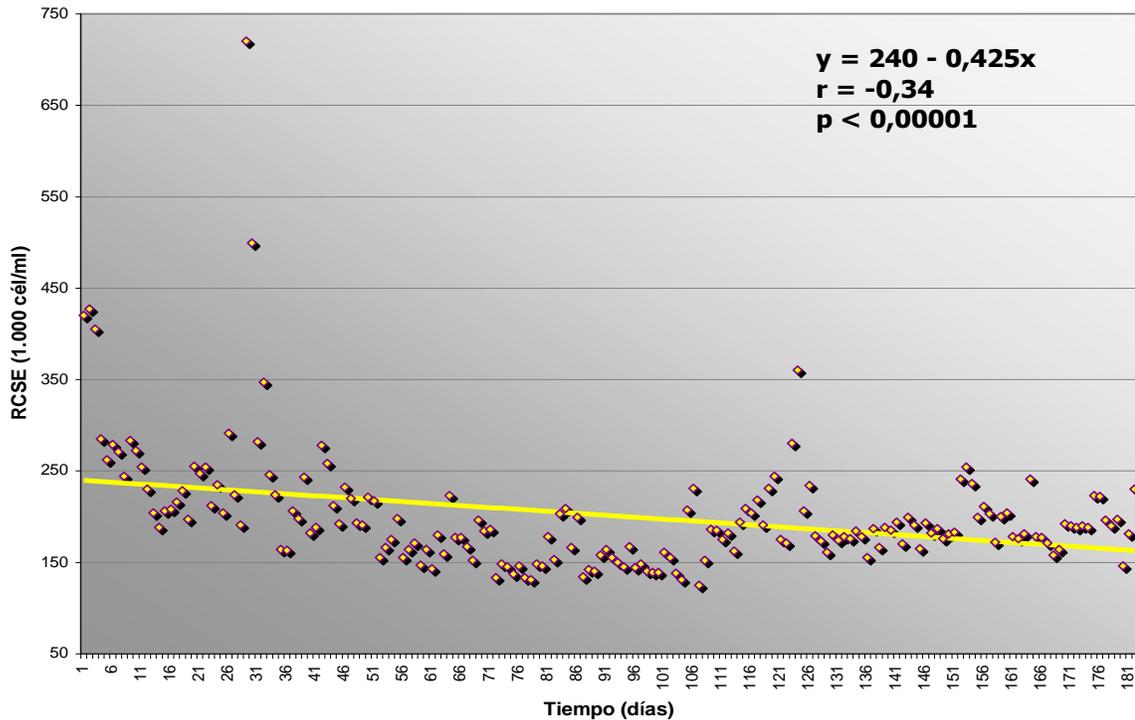
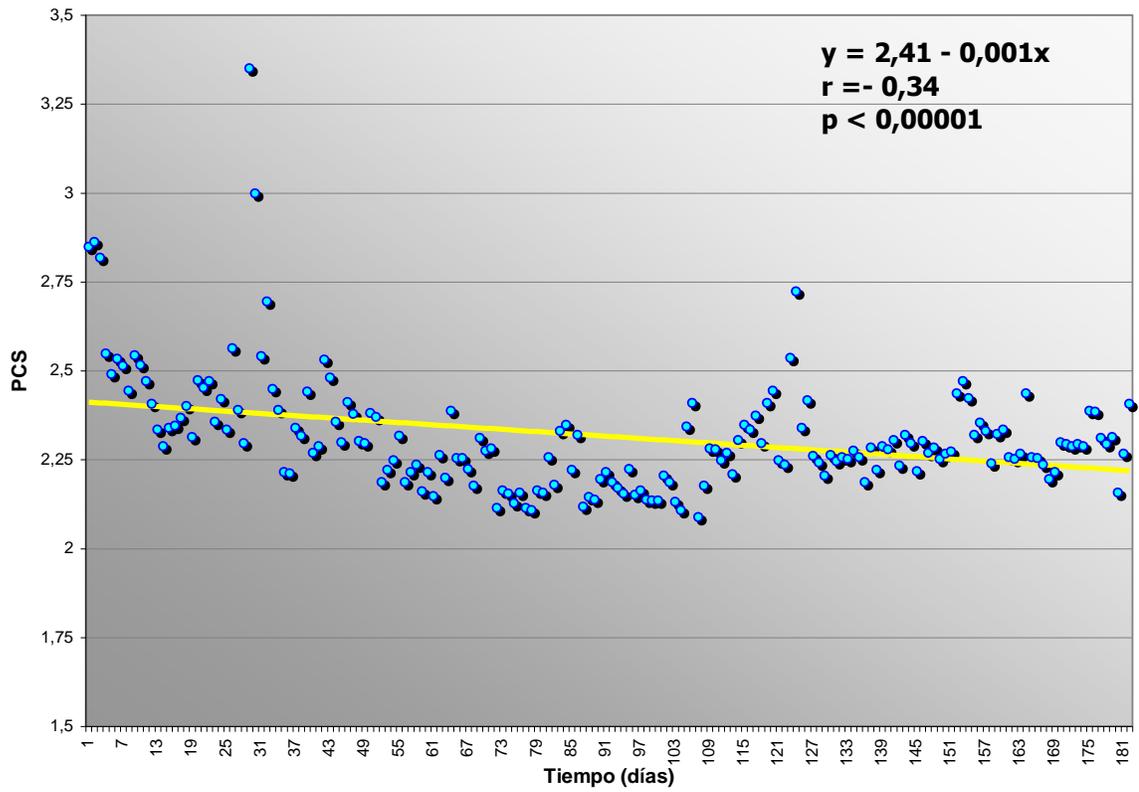


Fig. 27. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 5



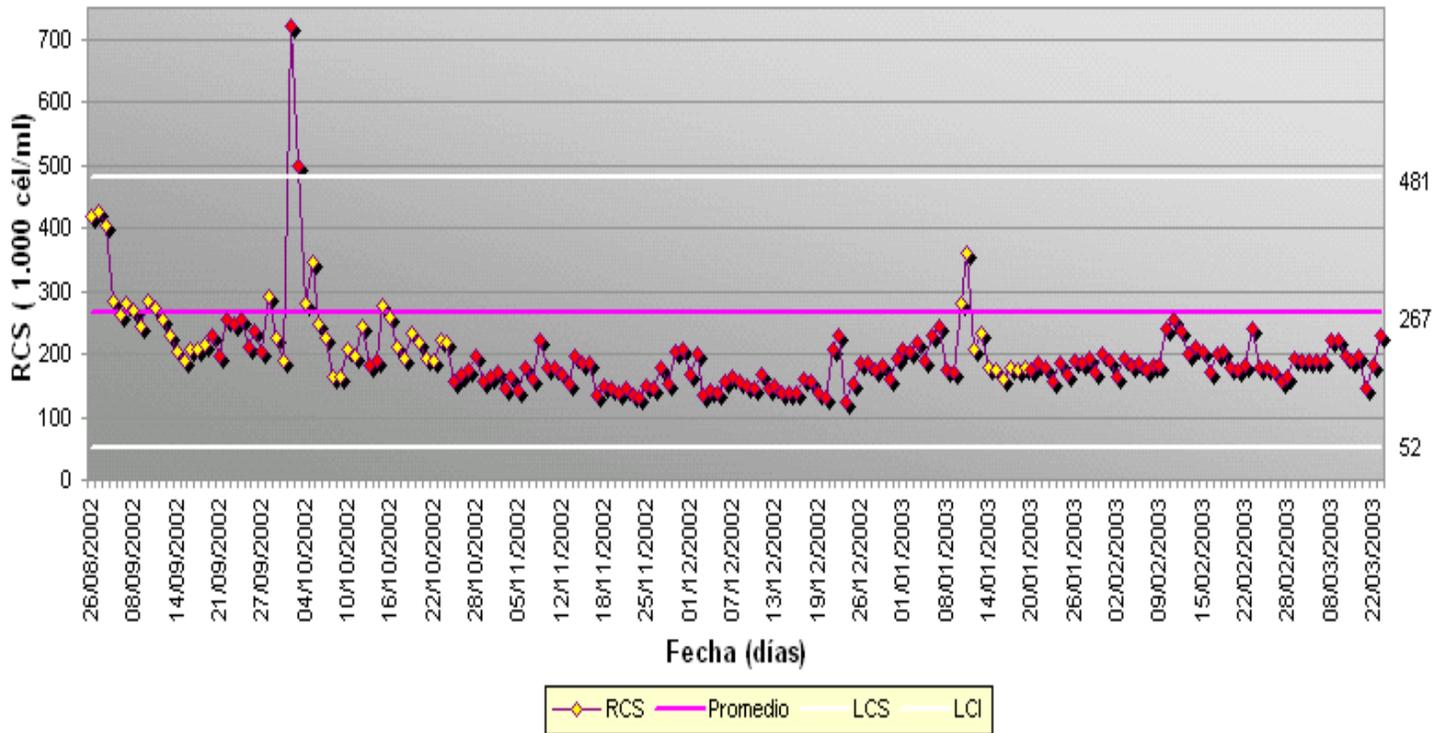
7.3.1.4.3. *Análisis del gráfico de control de RCSE*

El análisis del gráfico de control mostró consistencia con el análisis de regresión entre el RCSE y el tiempo, distinguiéndose en él dos períodos (Fig. 28), en lo referente a nivel y variabilidad del recuento celular diario.

El primero de ellos, abarca el primer tercio del estudio, extendiéndose hasta el final del mes de octubre (25 de octubre), pudiendo apreciarse una disminución sostenida del RCSE, desde valores generalmente levemente inferiores o mayores respecto a la línea media, evidenciándose también algunos puntos claramente superiores a la misma, para ubicarse posteriormente los recuentos por debajo de ella. Durante este período, el RCSE exhibió una mayor variabilidad que en el resto del estudio, con valores que fluctuaron entre 155.000 cél/ml y 720.000 cél/ml.

Durante el segundo período, el nivel del RCSE se estabilizó en un nivel que se ubicó por debajo de la línea media, acercándose durante su primera parte al LCI. Coincidentemente con ello, se observó una clara tendencia de disminución en la variabilidad del RCSE.

Fig. 28. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 5 durante el período de estudio



7.3.1.4.4. *Factores que explicarían el comportamiento del RCSE*

Se contó con las bitácoras diarias correspondientes a sólo dos meses del estudio (Septiembre y Octubre). A partir de ellas, se pudo identificar los siguientes factores que podrían explicar eventualmente la dinámica del RCSE:

El mes de septiembre y la primera quincena de octubre, corresponden a un período de concentración de partos, por lo que se introdujo al rebaño una gran cantidad de vacas en su etapa inicial de lactancia, lo que podría contribuir a explicar la variabilidad del RCSE durante este período, observándose posteriormente una disminución del RCSE que podría atribuirse en parte a un efecto de dilución celular, dado que los recuentos normalmente son menores en los primeros meses de la lactancia (Reneau, 1986; Agüero, 1988c; Harmon y Reneau, 1993; Badilla, 1995). No se encontró en las bitácoras información que permitiera relacionar otros manejos con el comportamiento del RCSE.

Por otra parte, el gráfico de control de este predio permite apreciar claramente el notable efecto que puede ejercer la suspensión de la ordeña sobre el recuento celular. El día 01 de octubre hubo un corte de luz prolongado, lo que se tradujo en la suspensión de la ordeña de la mañana, efectuándose una sola ordeña a las 18 hrs., verificándose en el gráfico de control una elevación drástica en el nivel del RCSE el día 02 de octubre, alcanzando un valor de 720.000 cél/ml (Fig. 28). El día 03 de octubre se produjo un nuevo corte eléctrico, por lo que solamente se ordeñó en la mañana, constatándose también un valor elevado de RCSE. Cabe señalar que los análisis de RCSE diarios fueron efectuados, en ambos casos, a partir de muestras de leche de estanque obtenidas en la mañana.

El predio fue visitado previo al comienzo del estudio, comprobándose que uno de los principales problemas era la gran cantidad de barro presente en los potreros y en los callejones de tránsito a la sala de ordeña, provocando incluso ensuciamiento de las ubres de las vacas. Como consecuencia de ello, se observó un uso excesivo de agua en la preparación de las vacas, lo que dificultaba un

secado apropiado de los pezones, y probablemente explique en parte la gran cantidad de deslizamientos de pezoneras evidenciados en la visita. Posteriormente se volvió a visitar este predio, sin que se observaran mayores cambios, salvo la disminución del barro debido a un mejoramiento en las condiciones climáticas.

7.3.1.5. Predio N° 6

7.3.1.5.1. *Descripción estadística del RCSE (RCS y PCS) durante el período de estudio*

En el cuadro 14 se observa que la media de RCSE diario para todo el estudio fue de aproximadamente 260.000 cél/ml, valor cercano a la media obtenida en el grupo de predios donde disminuyó el recuento celular (Cuadro 8). La mediana para el período arrojó un valor equivalente al de la media, siendo la moda levemente mayor, lo que denotaría un baja variabilidad del RCSE. Se obtuvo un CV de 17,74%, muy inferior al valor alcanzado por el conjunto de predios que componen este grupo (50,44%), e inferior a los CV de los predios analizados previamente (Cuadros 10, 11, 12 y 13). El estrecho rango de variación (263.000 cél/ml), refleja también la baja variabilidad del RCSE de este predio.

Cuadro 14. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 6

Parámetro	RCSE (cél/ml)	PCS
Media	256.880	2,47
Mediana	256.500	2,48
Moda	283.000	2,54
Desviación estándar	45.570	0,12
Coeficiente de Variación (%)	17,74	4,71
Rango	263.000	0,66
Mínimo	154.000	2,18
Máximo	417.000	2,84
n	196	196

7.3.1.5.2. *Análisis de regresión entre RCSE (RCS y PCS) y tiempo*

La Fig. 29 ilustra el descenso que experimentó el RCSE durante el período de estudio, determinándose una relación negativa significativa entre el tiempo y el RCSE. Ello también se evidenció en el análisis de regresión entre el tiempo y el PCS (Fig. 30).

Esta reducción alcanzó un valor de aproximadamente 64.000 cél/ml, inferior a la estimada en los predios previamente analizados, desde un RCSE inicial de 288.000 cél/ml a uno final de 224.000 cél/ml. El promedio aritmético correspondiente a las 6 quincenas anteriores al comienzo del estudio fue de 331.000 cél/ml (Cuadro 7), disminuyendo en los 6 meses de estudio a 256.880 cél/ml (Cuadro 14).

Fig. 29. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 6

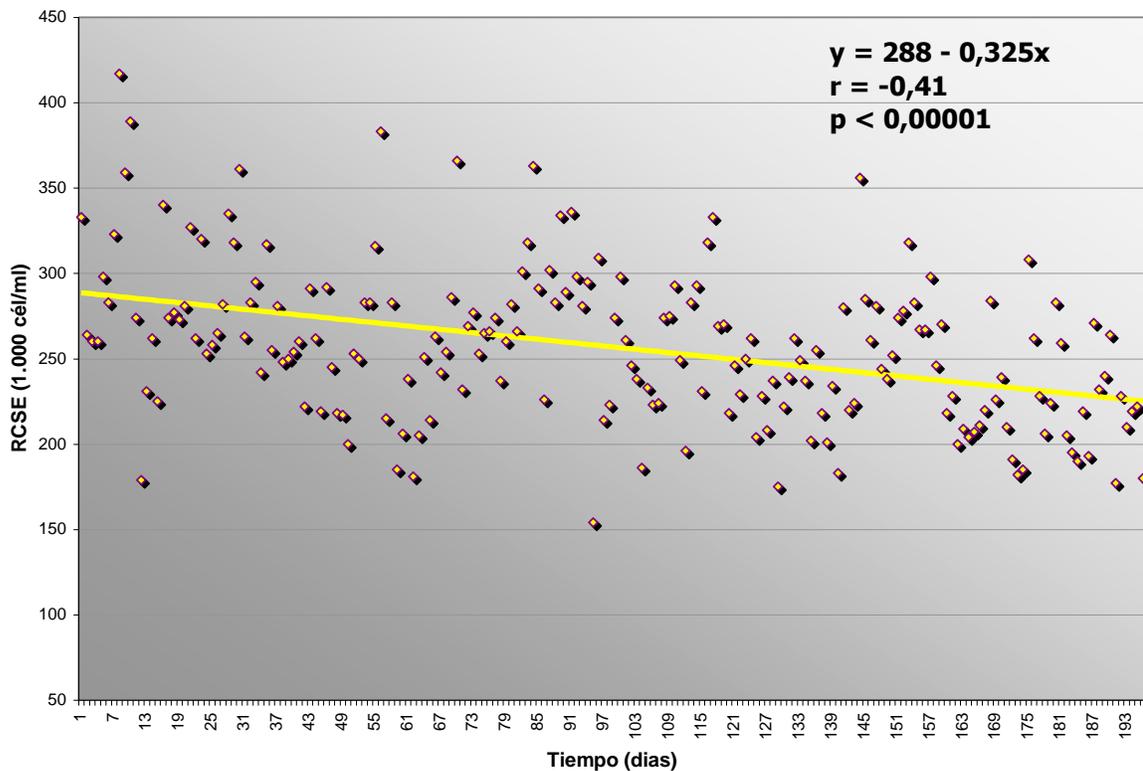
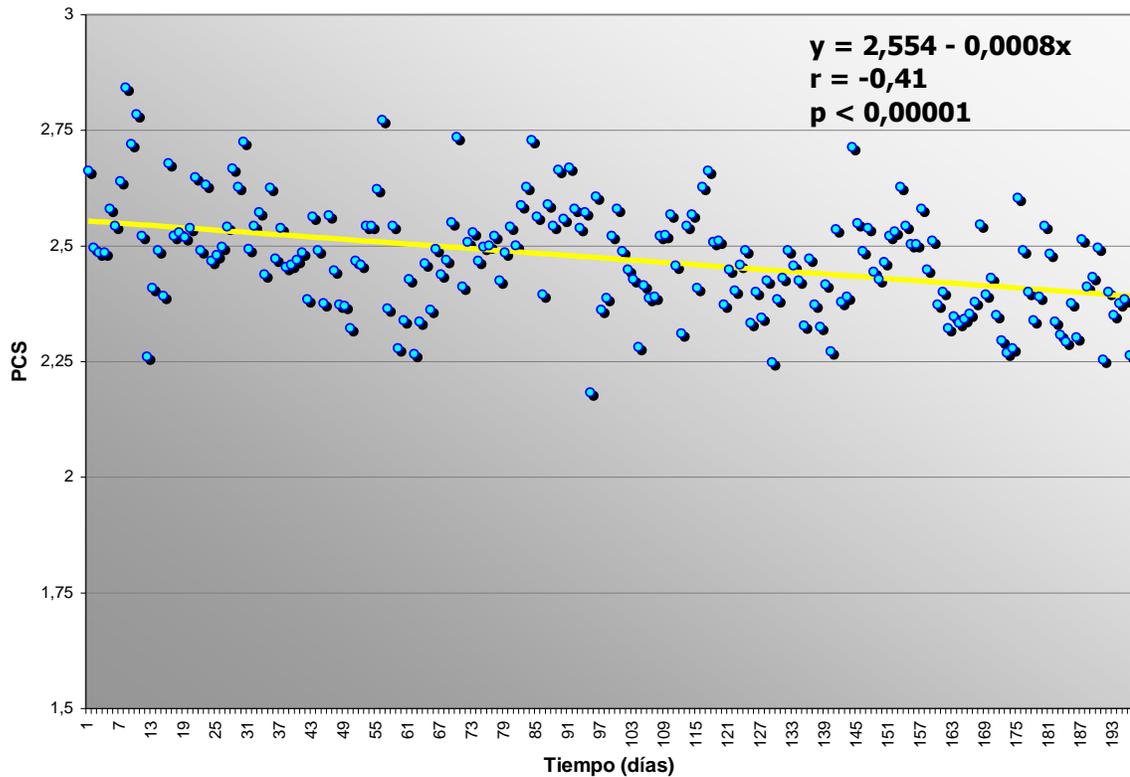


Fig. 30. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 6

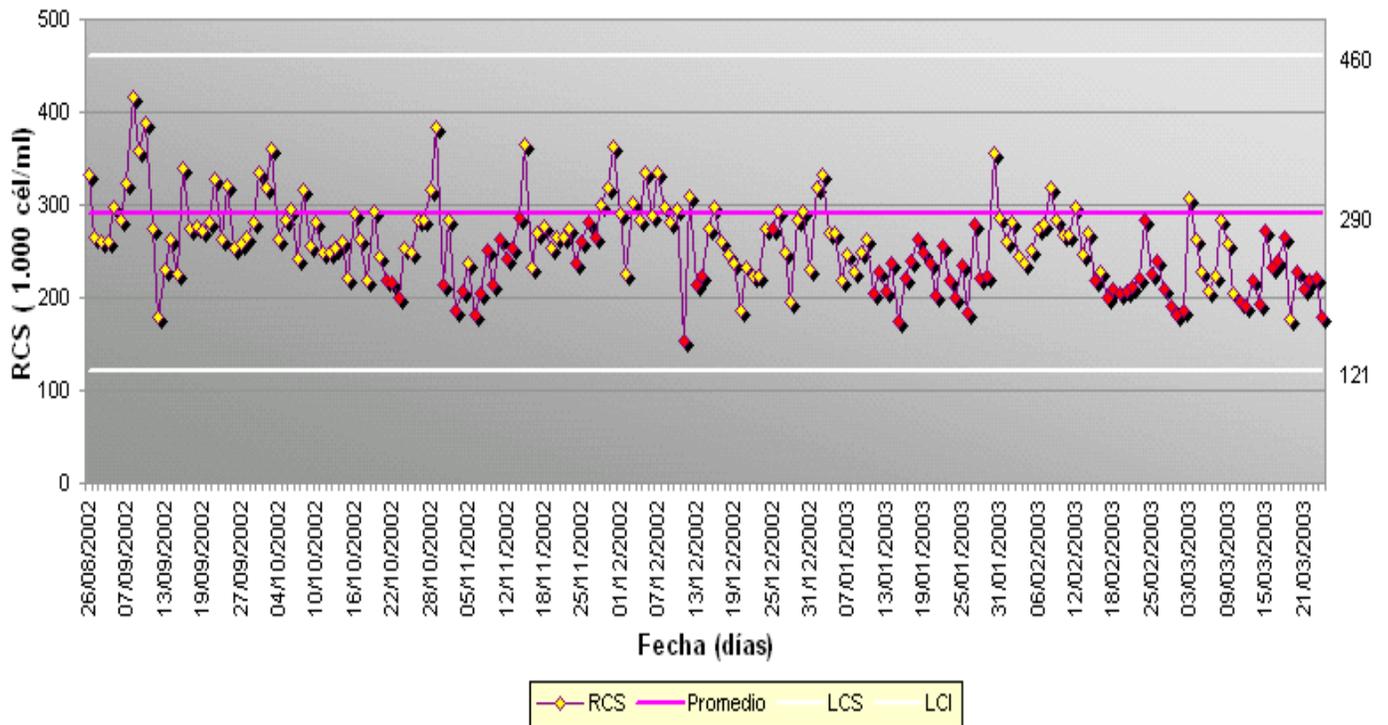


7.3.1.5.3. *Análisis del gráfico de control de RCSE*

El gráfico de control de este predio muestra el descenso experimentado en el nivel de RCSE, pudiendo distinguirse dos períodos durante los 6 meses de estudio (Fig. 31). El primero se extiende hasta principio del mes de enero y presenta un promedio de 270.000 cél/ml, ubicándose la mayoría de los puntos cerca de la línea media, sobre o bajo ella.

El segundo período se caracteriza por presentar la mayoría de los registros bajo la línea media, observándose un descenso leve y sostenido del RCSE en el tiempo y un promedio de recuento un poco menor (235.000 cél/ml), en comparación al primer período.

Fig. 31. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 6 durante el período de estudio



7.3.1.5.4. *Factores que explicarían el comportamiento del RCSE*

Durante todo el estudio, sólo pudo disponerse de las bitácoras diarias correspondientes a la última semana de Septiembre y la primera de Octubre. La información registrada en ellas, no permitió detectar cambios de manejo o factores potencialmente asociables al comportamiento del RCSE.

7.3.1.6. Predio N° 7

7.3.1.6.1. *Descripción estadística del RCSE (RCS y PCS) durante el período de estudio*

La media de RCSE diario del predio N° 7 durante el período completo de estudio alcanzó a 195.730 cél/ml (Cuadro 15), valor inferior en aproximadamente 100.000 cél/ml a la media determinada para el conjunto de predios que disminuyeron su recuento celular (Cuadro 8). Esta media también resultó inferior a la determinada en los 5 predios analizados con anterioridad. Al igual que lo observado para el grupo en que está incluido este predio, la mediana y la moda alcanzaron valores similares a la media. El rango de variación del recuento fue elevado (1.084.000 cél/ml) y alcanzó un valor semejante al correspondiente al conjunto de estos predios. El CV de 43,2% fue semejante al observado en el predio N° 1 (Cuadro 10) y levemente inferior al CV del grupo (Cuadro 8).

Cuadro 15. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 7

Parámetro	RCSE (cél/ml)	PCS
Media	195.730	2,30
Mediana	183.000	2,27
Moda	160.000	2,20
Desviación estándar	84.550	0,17
Coefficiente de Variación (%)	43,20	7,34
Rango	1.084.000	1,86
Mínimo	114.000	2,05
Máximo	1.198.000	3,90
n	192	192

7.3.1.6.2. *Análisis de regresión entre RCSE (RCS y PCS) y tiempo*

La Fig. 32 permite apreciar el descenso que experimentó el RCSE durante el período de estudio, pudiéndose determinar una relación negativa estadísticamente significativa entre el tiempo y el RCSE. El mismo tipo de relación se observó al analizar las variables tiempo y PCS (Fig. 33).

De acuerdo a la regresión estimada, este predio habría reducido su RCSE desde un nivel inicial de 228.000 cél/ml, a un valor final de 163.680 cél/ml; obteniéndose una disminución de igual magnitud que la observada en el predio N° 6 (aproximadamente 64.500 cél/ml durante el período de estudio). La media determinada en los 6 meses de estudio (195.730 cél/ml), representaría una disminución de aproximadamente 100.000 cél/ml, respecto al promedio aritmético que tenía este predio en las 6 quincenas anteriores a su inicio (297.000 cél/ml), (Cuadro 7).

Fig. 32. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 7

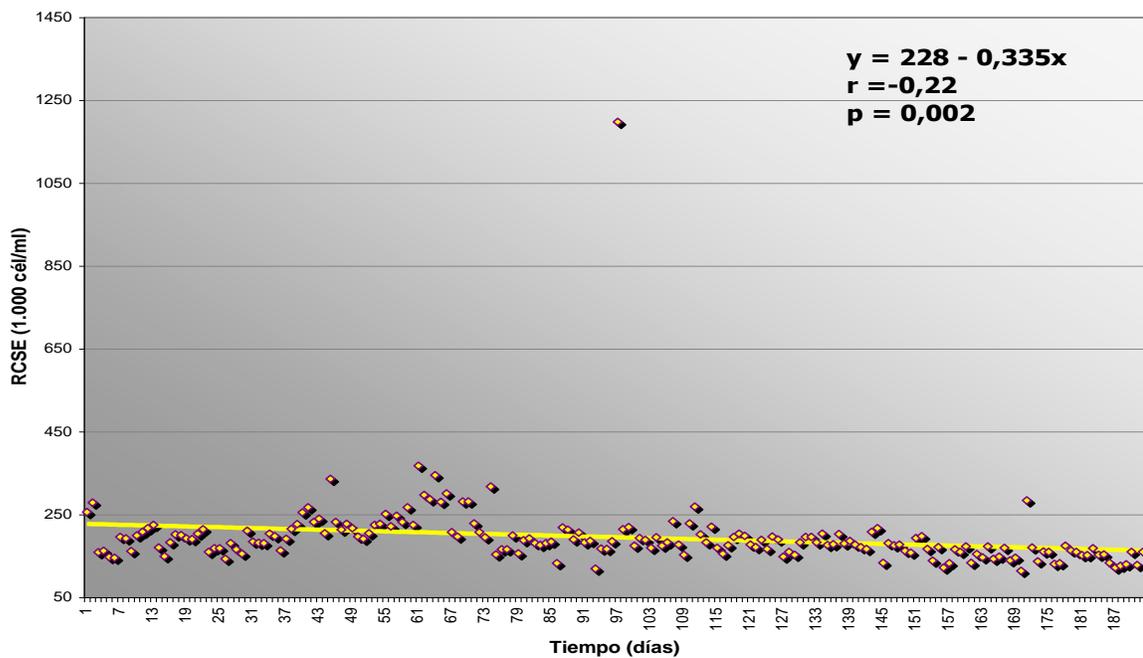
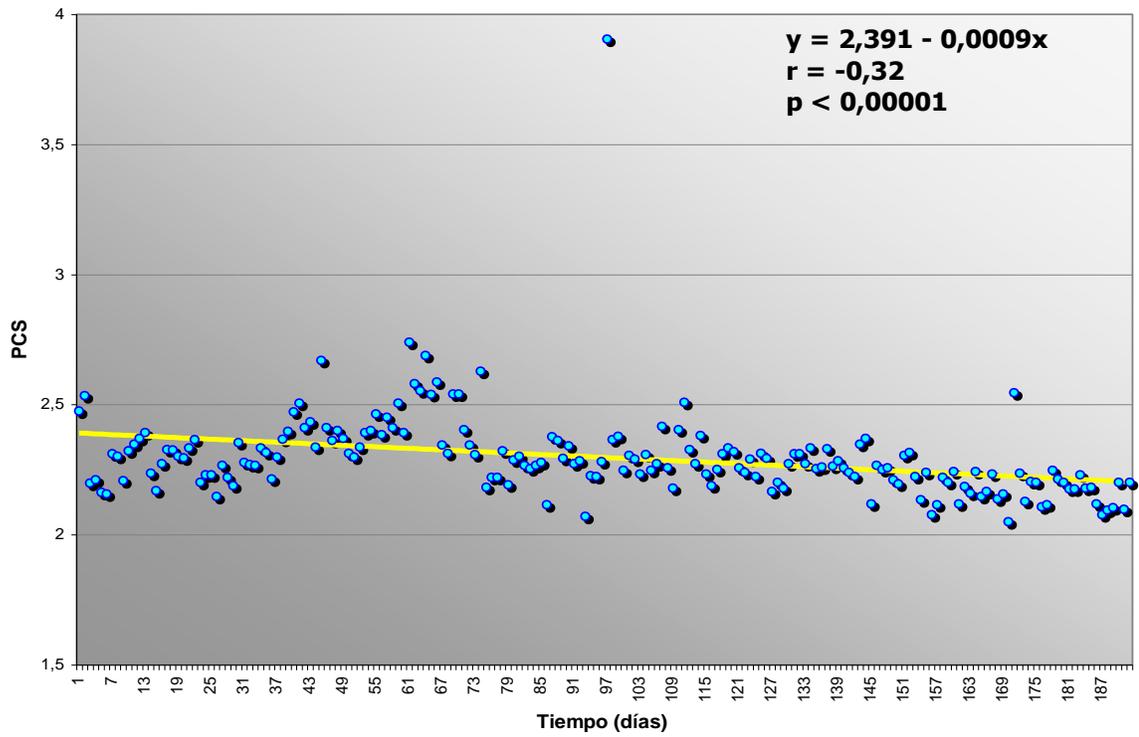


Fig. 33. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 7



7.3.1.6.3. *Análisis del gráfico de control de RCSE*

El gráfico de control de este predio mostró una situación similar a la descrita en el análisis de regresión entre el tiempo y el RCSE, permitiendo adicionalmente distinguir cuatro períodos, principalmente en lo que a nivel de recuento celular se refiere.

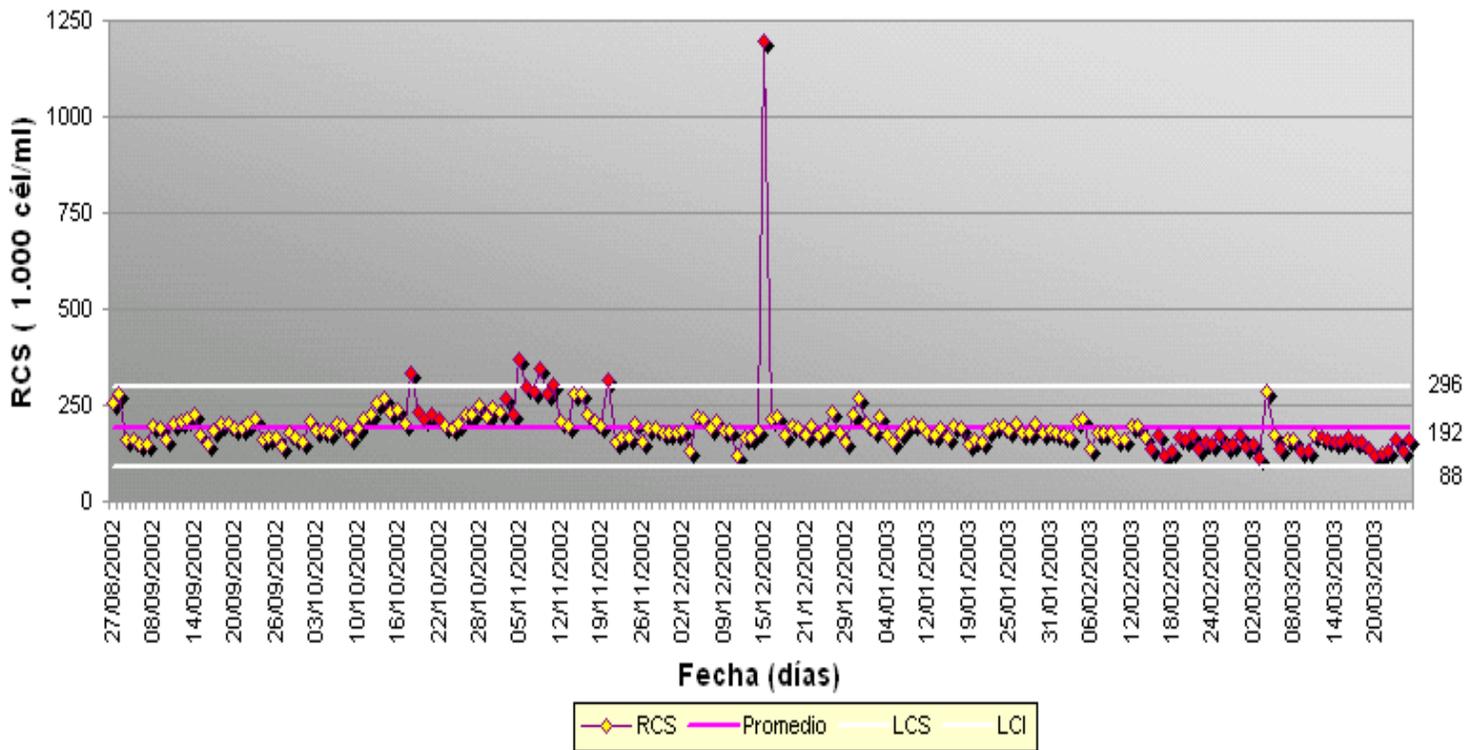
El primero de ellos se extiende desde el comienzo del estudio hasta la primera quincena de octubre (10 de octubre) y se caracteriza por un nivel del RCSE próximo al valor de la línea media, ubicándose todos los puntos alrededor de ella, con un promedio de 187.000 cél/ml.

El segundo período se prolonga hasta la segunda quincena de noviembre (22 de noviembre), verificándose un aumento en el nivel de RCSE y de su variabilidad en comparación a los demás períodos, con la mayoría de los registros ubicados sobre la línea media, superando incluso en varias ocasiones el LCS. Como consecuencia de ello, el promedio de RCSE de este período aumentó a 245.000 cél/ml.

Durante el tercer período, el cual se extiende hasta inicios de febrero (05 de febrero), el RCSE disminuyó nuevamente, con la mayoría de los puntos ubicados cercanos a la línea media, obteniéndose para este período un promedio de 200.000 cél/ml.

El último período, se caracteriza por una tendencia de disminución sostenida del RCSE, siendo ésta significativa según las reglas de interpretación establecidas para los gráficos de Control Estadísticos de Procesos, ya que la mayoría de los registros se ubicaron por debajo de la línea media, con un promedio de recuento de 156.000 cél/ml.

Fig. 34. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 7 durante el período de estudio



7.3.1.6.4. *Factores que explicarían el comportamiento del RCSE*

No fue posible atribuir el descenso que experimentó el RCSE durante el estudio, a cambios de manejo o factores específicos, dado que se recibió solamente las bitácoras diarias correspondientes a la primera quincena de Septiembre, a partir de las cuales no se pudo determinar posibles asociaciones entre cambios del RCSE y manejos implementados. Tampoco se logró establecer un nexo de trabajo con el productor, con el fin de efectuar visitas prediales o entrevistas personales, que podrían haber permitido explicar el comportamiento del RCSE durante el estudio.

7.3.1.7. Predio N° 8

7.3.1.7.1. *Descripción estadística del RCSE (RCS y PCS) durante el período de estudio*

En el cuadro 16 se puede observar que la media de RCSE diario para todo el período de estudio fue del orden de 190.000 cél/ml, obteniéndose una mediana y una moda levemente inferiores a dicho valor. Estos valores son muy similares a los determinados en el predio N° 7 (Cuadro 15) y la media representa aproximadamente 100.000 cél/ml menos que la correspondiente al conjunto de predios que disminuyeron su recuento celular durante los 6 meses de estudio (Cuadro 8). El rango de variación de 293.000 cél/ml resultó similar al observado en el predio N° 6 (Cuadro 14) y muy inferior al determinado para el grupo. El CV de 28,57% denota una mediana variabilidad dentro de este grupo, siendo su valor similar a los obtenidos para los predios N° 2 y 3 (Cuadros 11 y 12).

Cuadro 16. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 8

Parámetro	RCSE (cél/ml)	PCS
Media	192.560	2,29
Mediana	183.000	2,27
Moda	179.000	2,26
Desviación estándar	55.020	0,16
Coeficiente de Variación (%)	28,57	6,79
Rango	293.000	0,80
Mínimo	94.000	1,98
Máximo	387.000	2,78
n	187	187

7.3.1.7.2. *Análisis de regresión entre RCSE (RCS y PCS) y tiempo*

Las Figs. 35 y 36 muestran claramente el descenso que experimentó el recuento diario de células somáticas durante el período de estudio, determinándose una relación negativa significativa del tiempo con el RCSE y el PCS.

El descenso estimado para el RCSE alcanzó aproximadamente a 94.000 cél/ml durante los 6 meses de estudio, disminuyendo desde un nivel de 239.000 cél/ml a 145.000 cél/ml al término del período del estudio. Esta reducción fue mayor que la presentada por los predios N° 5, 6 y 7 (Figs. 26, 29 y 32). Respecto al promedio aritmético de 289.000 cél/ml de las 6 quincenas anteriores al comienzo del estudio (Cuadro 7), la media de 192.560 cél/ml denotaría una reducción de aproximadamente 100.000 cél/ml durante el estudio.

Fig. 35. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 8

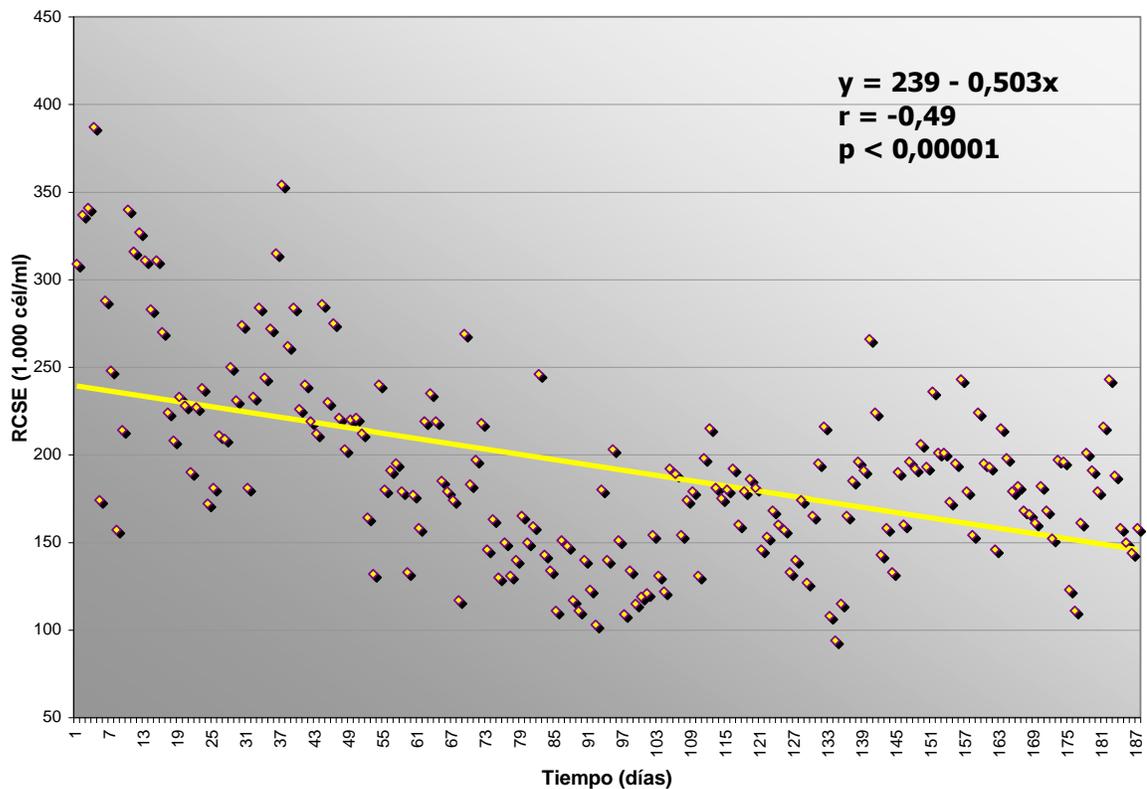
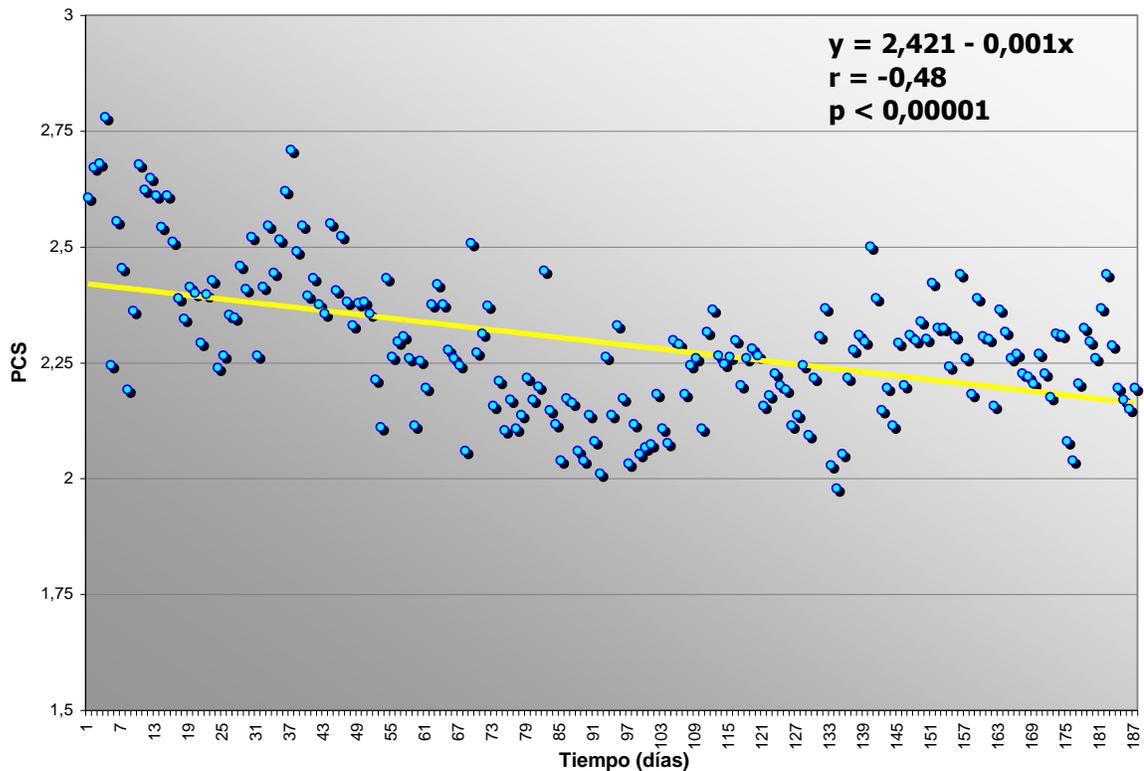


Fig. 36. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 8

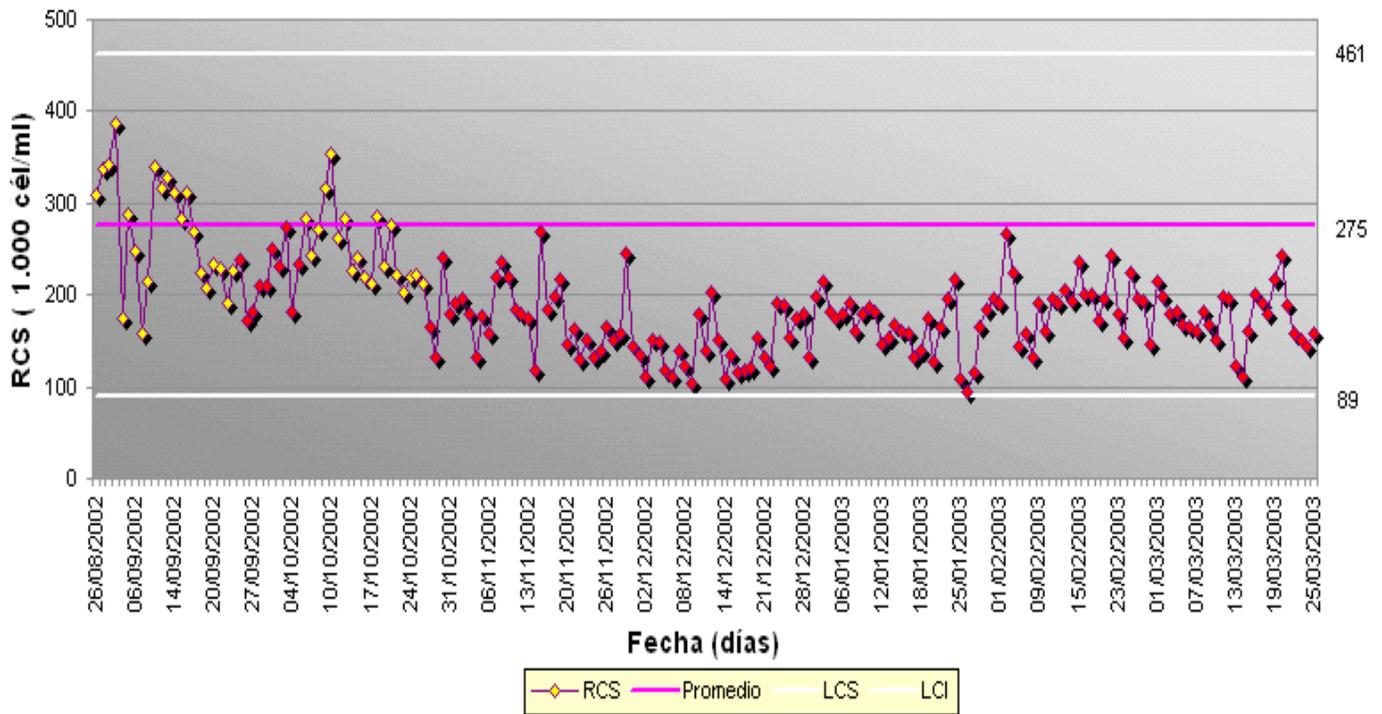


7.3.1.7.3. Análisis del gráfico de control de RCSE

En el gráfico de control de este predio se pueden observar dos períodos, referido tanto al nivel como a la variabilidad del RCSE (Fig. 37). El primero de ellos, que se extiende hasta finales de octubre, está caracterizado por una distribución de los registros cercanos a la línea media y una tendencia a ubicarse por debajo de ella a medida que transcurre el tiempo, siendo el promedio para este período 253.000 cél/ml.

Durante el segundo período, la disminución del nivel del RCSE diario se hizo más consistente y significativa según las reglas de interpretación de los gráficos de control, ubicándose todos los registros por debajo de la línea media y cercanos al nivel del LCI. El promedio de recuento celular (170.000 cél/ml), fue muy inferior en comparación al valor correspondiente al primer período.

Fig. 37. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 8 durante el período de estudio



7.3.1.7.4. *Factores que explicarían el comportamiento del RCSE*

No fue posible atribuir el descenso que experimentó el RCSE durante el estudio, a cambios de manejo o factores específicos, dado que en este predio no se llevó los registros diarios en la bitácora entregada a cada productor. Tampoco se logró establecer un nexo de trabajo con el productor, con el fin de efectuar visitas prediales o entrevistas personales, que podrían haber permitido explicar el cambio en el nivel de RCSE durante el estudio.

7.3.1.8. Predio N° 11

7.3.1.8.1. *Descripción estadística del RCSE (RCS y PCS) durante el período de estudio*

En el cuadro 17 se observa que la media de RCSE diario para todo el período de estudio fue de 560.440 cél/ml, con una mediana y una moda que exhibieron valores similares, mostrando de esta forma el mismo comportamiento del conjunto de predios que componen este grupo (Cuadro 8). El valor de la media resultó el más elevado entre todos estos predios y superó en casi 300.000 cél/ml al promedio del grupo. Sin embargo, el CV de 17,52%, fue el más bajo dentro del conjunto de predios en que disminuyó el RCSE, siendo levemente menor al valor determinado en el predio N° 6 (Cuadro 14).

Cuadro 17. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 11

Parámetro	RCSE (cél/ml)	PCS
Media	560.440	3,10
Mediana	558.000	3,10
Moda	603.000	3,17
Desviación estándar	98.210	0,16
Coeficiente de Variación (%)	17,52	5,29
Rango	598.000	1,05
Mínimo	262.000	2,49
Máximo	860.000	3,54
N	188	188

7.3.1.8.2. Análisis de regresión entre RCSE (RCS y PCS) y tiempo

Se determinó una relación negativa significativa entre el tiempo y las variables RCSE y PCS. Las Figs. 38 y 39, muestran el descenso que experimentaron el RCSE y el PCS diario durante el estudio, respectivamente.

Durante las 6 quincenas anteriores al comienzo del estudio, este predio presentó un promedio aritmético de RCSE de 297.000 cél/ml (Cuadro 7). Por lo tanto, aún cuando se verificó una reducción del RCSE durante los 6 meses de estudio, en este predio no hubo una disminución del recuento de células somáticas respecto al nivel de recuento determinado en el período previo. El recuento celular estimado al comienzo del estudio fue de 591.000 cél/ml, descendiendo después de 6 meses a aproximadamente a 529.500 cél/ml, lo que representa una diferencia de 61.500 cél/ml, asemejándose esta reducción a la evidenciada en los predios N° 6 y 7 (Figs. 29 y 32).

Fig. 38. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 11

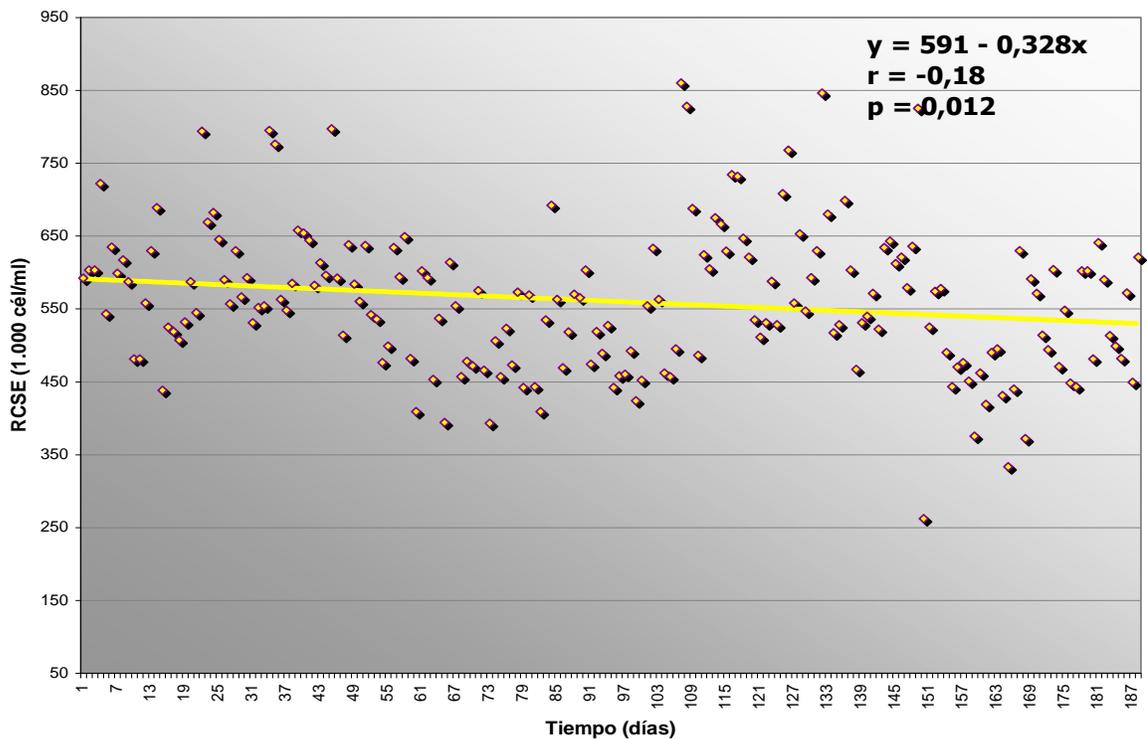
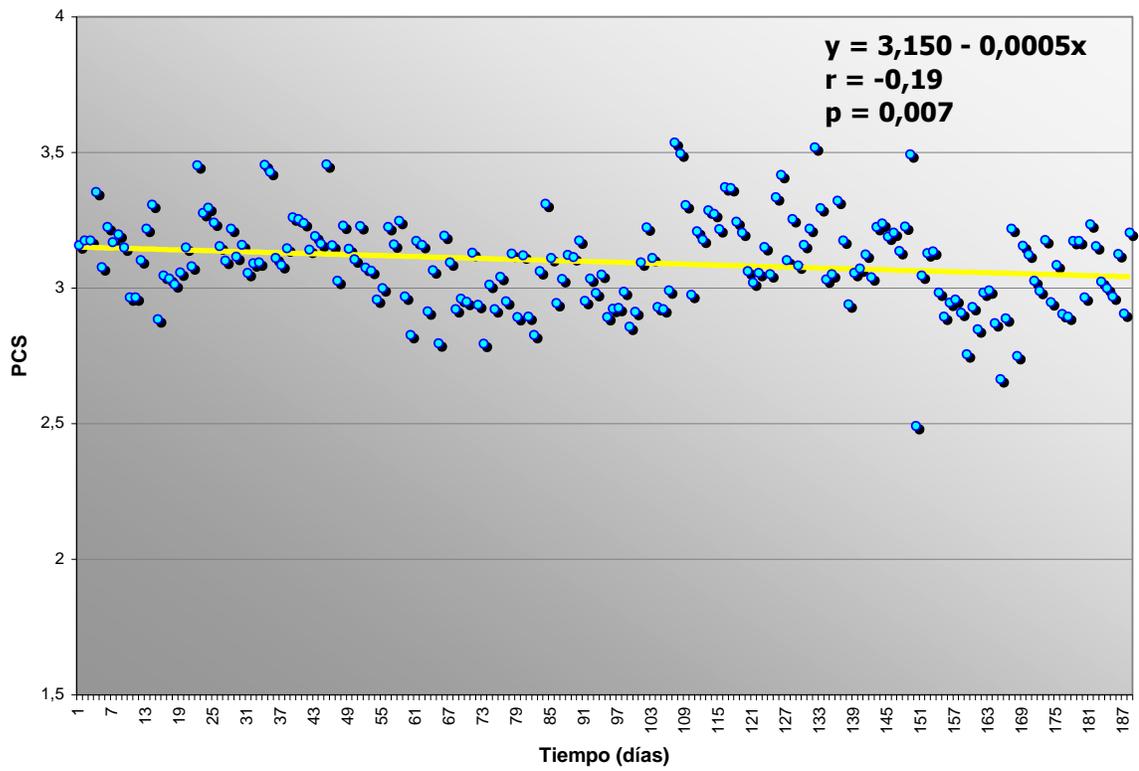


Fig. 39. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 11



7.3.1.8.3. *Análisis del gráfico de control de RCSE*

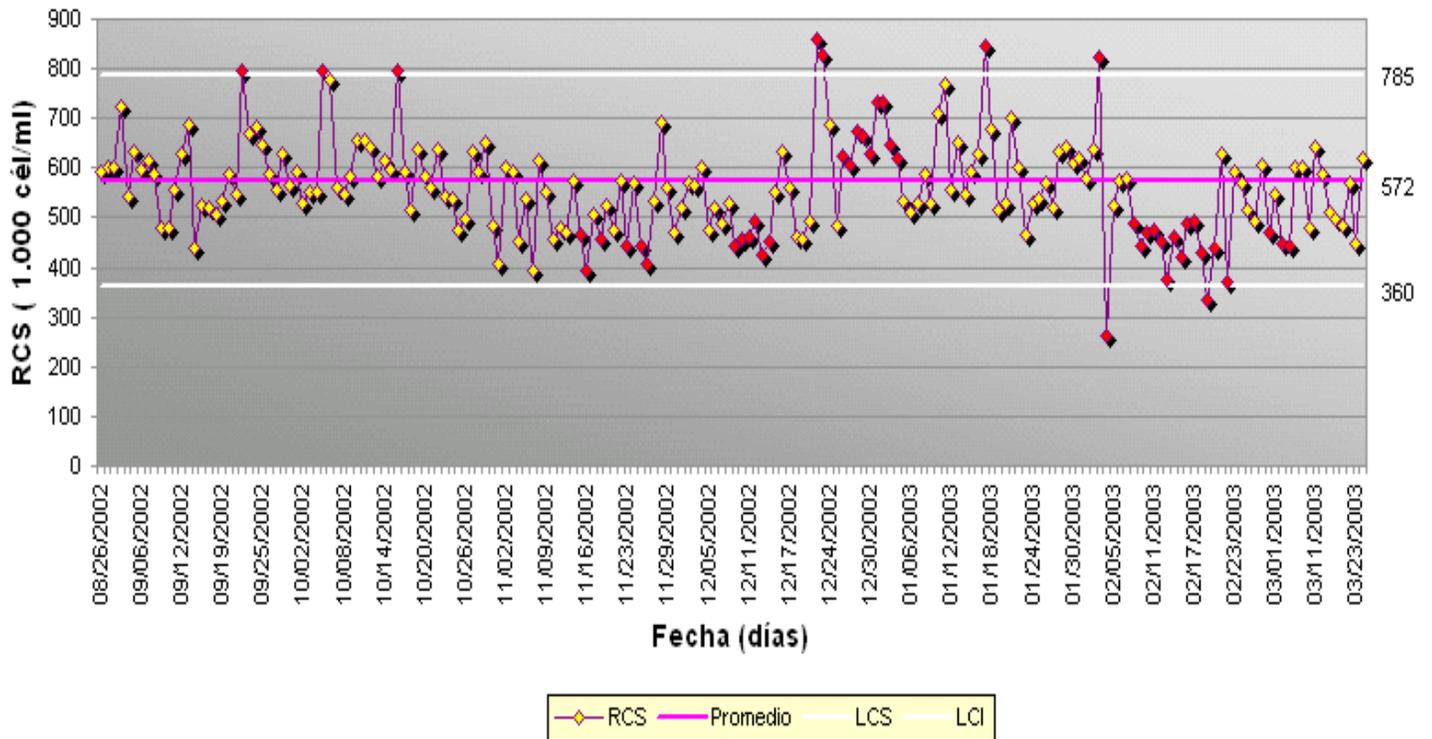
En el gráfico de control correspondiente a este predio (Fig. 40), pueden identificarse hasta cuatro períodos claramente delimitados. El primero de ellos se extiende hasta finales del mes de octubre (29 de octubre) y está caracterizado por presentar valores de RCSE ubicados alrededor de la línea media, sobrepasando ocasionalmente el LCS, alcanzando el promedio de RCSE un valor de 597.000 cél/ml.

Durante el segundo período (hasta 21 de diciembre), se observa una disminución en el nivel del recuento celular, descendiendo el promedio a 506.000 cél/ml. La mayoría de los registros se ubican por debajo de la línea media, siendo esta disminución en tres ocasiones significativa de acuerdo con las reglas de interpretación de los gráficos de control.

El tercer período se extiende hasta principios del mes de febrero (03 de febrero) y se caracteriza por un aumento tanto en el nivel como en la variabilidad del RCSE. Los registros se ubican en su mayoría por sobre la línea media, alcanzando en varias mediciones el nivel del LCS. El promedio de RCSE correspondiente a este período alcanzó a 628.000 cél/ml.

Durante el último período se observa un nuevo descenso del recuento celular, en un comienzo significativo, con la mayoría de los valores ubicados bajo la línea media y algunos incluso por debajo del LCI; para posteriormente mostrar una tendencia de aumento, pero sin sobrepasar en general la línea media. El promedio disminuye en forma importante respecto al período anterior, alcanzando un valor de 499.000 cél/ml.

Fig. 40. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 11 durante el período de estudio



7.3.1.8.4. *Factores que explicarían el comportamiento del RCSE*

Al igual que en otros predios donde se verificó una disminución del RCSE (predios N° 1, 7 y 8), no fue posible relacionar el descenso que experimentó el RCSE durante el estudio, con cambios de manejo o factores específicos, dado que en este predio tampoco se llevó los registros diarios en la bitácora entregada a cada productor. Análogamente, no pudo establecerse un nexo de trabajo con el productor, con el fin de efectuar visitas prediales o entrevistas personales, que podrían haber permitido explicar cambios en el nivel de RCSE durante el estudio.

7.3.1.9. Predio N° 12

7.3.1.9.1. *Descripción estadística del RCSE (RCS y PCS) durante el período de estudio*

Como se observa en el cuadro 18, la media de RCSE diario para el período de estudio alcanzó a 284.280 cél/ml, obteniéndose una mediana similar y una moda levemente superior a dicho valor, situación que también caracterizó a los predios N° 6 y 11 (Cuadros 14 y 17). El CV de 20,9% fue levemente mayor al del predio N° 11, y uno de los más bajos para el conjunto de predios que componen este grupo (Cuadro 8); lo que también se evidenció para el rango de variación, cuyo valor alcanzó a 350.000 cél/ml.

Cuadro 18. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 12

Parámetro	RCSE (cél/ml)	PCS
Media	284.280	2,54
Mediana	277.500	2,53
Moda	315.000	2,62
Desviación estándar	59.420	0,14
Coeficiente de Variación (%)	20,90	5,68
Rango	350.000	0,84
Mínimo	140.000	2,14
Máximo	490.000	2,98
n	162	162

7.3.1.9.2. *Análisis de regresión entre RCSE (RCS y PCS) y tiempo*

La Fig. 41 permite apreciar el descenso que experimentó el RCSE diario durante el transcurso del estudio, determinándose una relación negativa significativa entre el RCSE y el tiempo. Al analizar la relación entre el tiempo y el PCS, también se determinó la misma relación entre ambas variables (Fig. 42).

El descenso estimado del RCSE diario para los 6 meses de estudio fue de 61.560 cél/ml, disminuyendo desde 315.000 cél/ml al inicio del estudio a 253.440 cél/ml al término de éste. Pese a ello, en comparación al promedio aritmético de 241.000 cél/ml correspondiente a las 6 quincenas previas al comienzo del estudio (Cuadro 7), este predio habría presentado un aumento leve del recuento de células somáticas, ya que la media para todo el período de estudio alcanzó a 284.280 cél/ml.

Fig. 41. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 12

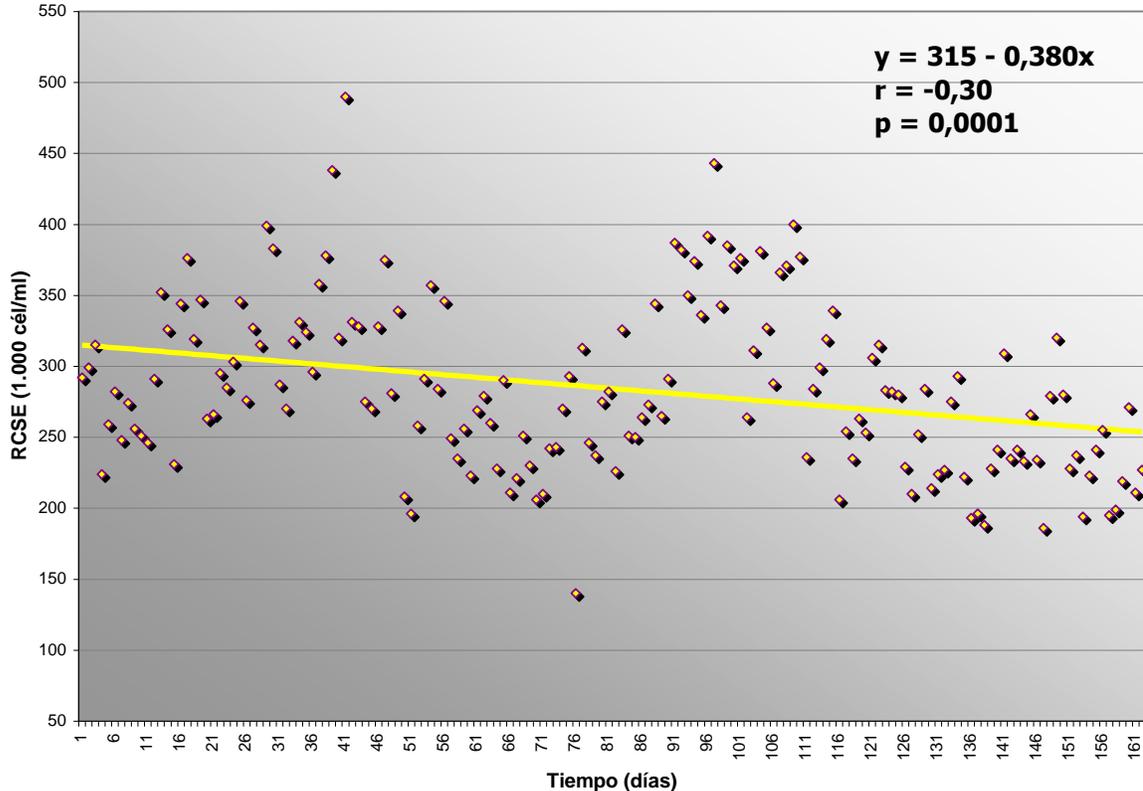
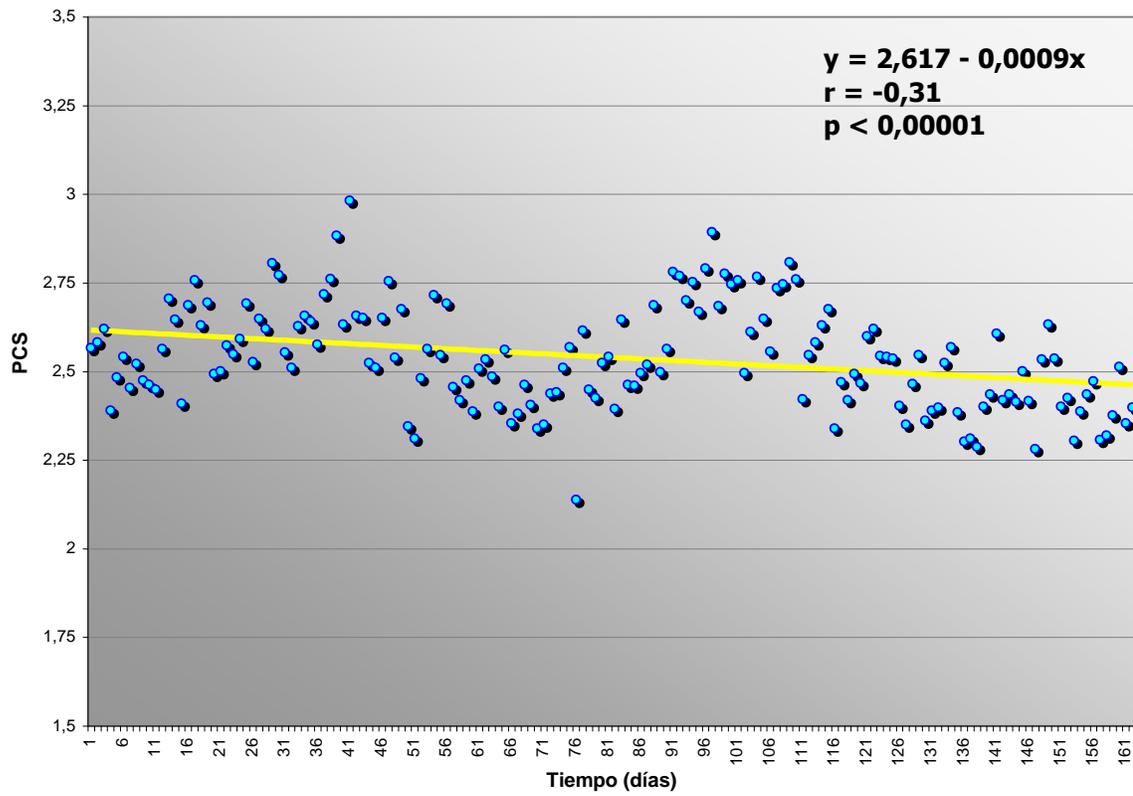


Fig. 42. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 12



7.3.1.9.3. *Análisis del gráfico de control de RCSE*

El gráfico de control de este predio resultó consistente con la regresión entre el tiempo y el RCSE, permitiendo adicionalmente determinar la existencia de cuatro períodos en lo que a nivel y variabilidad del RCSE se refiere (Fig. 43).

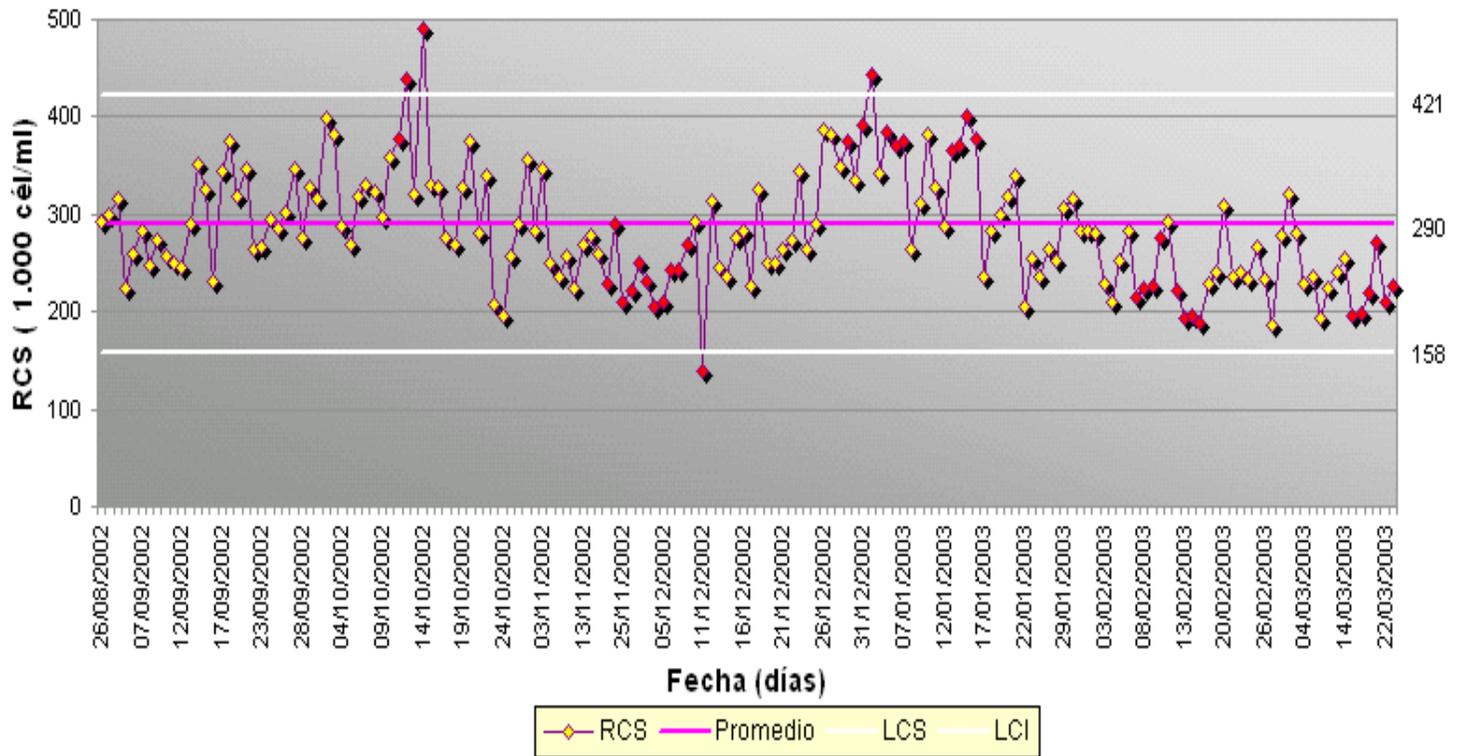
El primero de ellos se extiende hasta la segunda quincena del mes de octubre (22 de octubre) y se caracteriza por una tendencia de alza del RCSE, ubicándose la mayoría de los registros por sobre la línea media, para sobrepasar algunos puntos el LCS al final de este período. El promedio de RCSE alcanzó en este período a 313.000 cél/ml.

Durante el segundo período, el cual se prolonga hasta fines de noviembre (25 de noviembre), la tendencia del RCSE se invierte respecto al período anterior, verificándose una disminución significativa de los recuentos según las reglas de interpretación de los gráficos de control, ya que la mayoría de los puntos se ubican por debajo de la línea media, acercándose al LCI, con lo cual el RCSE de este período disminuyó alcanzando un promedio de 260.000 cél/ml.

El tercer período concluye con posterioridad a la segunda quincena del mes de enero (21 de enero), después de registrarse un segundo aumento en el nivel del RCSE diario, ubicándose la mayoría de los puntos entre el LCS y la línea media. Como consecuencia de ello, el promedio de RCSE alcanzó un valor de 348.000 cél/ml, el más alto dentro de todo el período de estudio de este predio.

El último período está caracterizado por una nueva tendencia de disminución en el RCSE, observándose que la mayor parte de los registros se ubican por debajo de la línea media. El promedio de recuento de este período fue 243.000 cél/ml.

Fig. 43. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 12 durante el período de estudio



7.3.1.9.4. *Factores que explicarían el comportamiento del RCSE*

Aún cuando no se llevó un registro completo para todo el período de estudio, se dispuso de bastante información puesto que se contó con las bitácoras diarias de septiembre, primera y última semana de octubre, noviembre, diciembre, última quincena de enero y primera quincena de febrero. Sin embargo, al igual que en otros casos, no fue posible efectuar visitas prediales o entrevistas personales con el propietario, lo que limitó el análisis de eventuales asociaciones entre cambios de manejo y comportamiento del RCSE.

La información contenida en las bitácoras sugiere la existencia de diferencias en el nivel de capacitación de los ordeñadores, ya que cada vez que se registró un reemplazo en la bitácora diaria, se verificó un alza en el RCSE en el gráfico de control (18 - 19/09, 09/11, 23/11, 09 - 12/12 y 16/12). Estos aumentos en el recuento celular generalmente no fueron muy acentuados, pero aún así señalan cambios en el comportamiento del RCSE.

En las bitácoras también se anotó un corte de electricidad el día 01 de octubre, atrasándose una de las ordeñas en casi 2 horas, lo que coincidió con un aumento del RCSE durante ese día y el siguiente.

El 17 de noviembre se eliminaron las vacas con los mayores recuentos celulares y se comenzó a desviar del estanque la leche de las vacas con altos recuentos, lo cual podría explicar la disminución significativa que experimentó el RCSE durante los días inmediatamente posteriores. Sin embargo, en las bitácoras no se anotó durante cuanto tiempo se mantuvo este último manejo, antecedente importante de considerar para intentar determinar las posibles causas del incremento que mostró el RCSE en el mes de diciembre.

7.3.1.10. Predio N° 17

7.3.1.10.1. *Descripción estadística del RCSE (RCS y PCS) durante el período de estudio*

La media de RCSE diario determinada para todo el estudio fue de aproximadamente 131.000 cél/ml (Cuadro 19), valor muy inferior en comparación a la media del conjunto de predios donde disminuyó el recuento celular (Cuadro 8). La media de RCSE fue la más baja dentro de este grupo de predios, al igual que los valores determinados para el rango de variación (187.000 cél/ml) y el CV (30,89%).

Cuadro 19. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 17

Parámetro	RCSE (cél/ml)	PCS
Media	130.800	2,10
Mediana	117.000	2,06
Moda	105.000	2,02
Desviación estándar	40.410	0,13
Coeficiente de Variación (%)	30,89	6,25
Rango	187.000	0,60
Mínimo	63.000	1,86
Máximo	250.000	2,46
N	201	201

7.3.1.10.2. *Análisis de regresión entre RCSE (RCS y PCS) y tiempo*

En las Figs. 44 (RCSE) y 45 (PCS), es posible observar el grado de disminución que experimentó el recuento celular diario durante todo el período de estudio, estableciéndose una relación negativa significativa con el tiempo.

Mediante la ecuación de regresión correspondiente, se estimó que en este predio hubo una reducción de aproximadamente 74.000 cél/ml, desde un valor inicial de 168.000 cél/ml a un valor final de 94.000 cél/ml, lo que lo sitúa como el predio con el RCSE más bajo al finalizar el período estudio. Además, la media de aproximadamente 131.000 cél/ml, denotaría un descenso de aproximadamente 90.000 cél/ml, respecto al promedio aritmético de 185.000 cél/ml, determinado en las 6 quincenas previas al comienzo del estudio (Cuadro 7).

Fig. 44. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 17

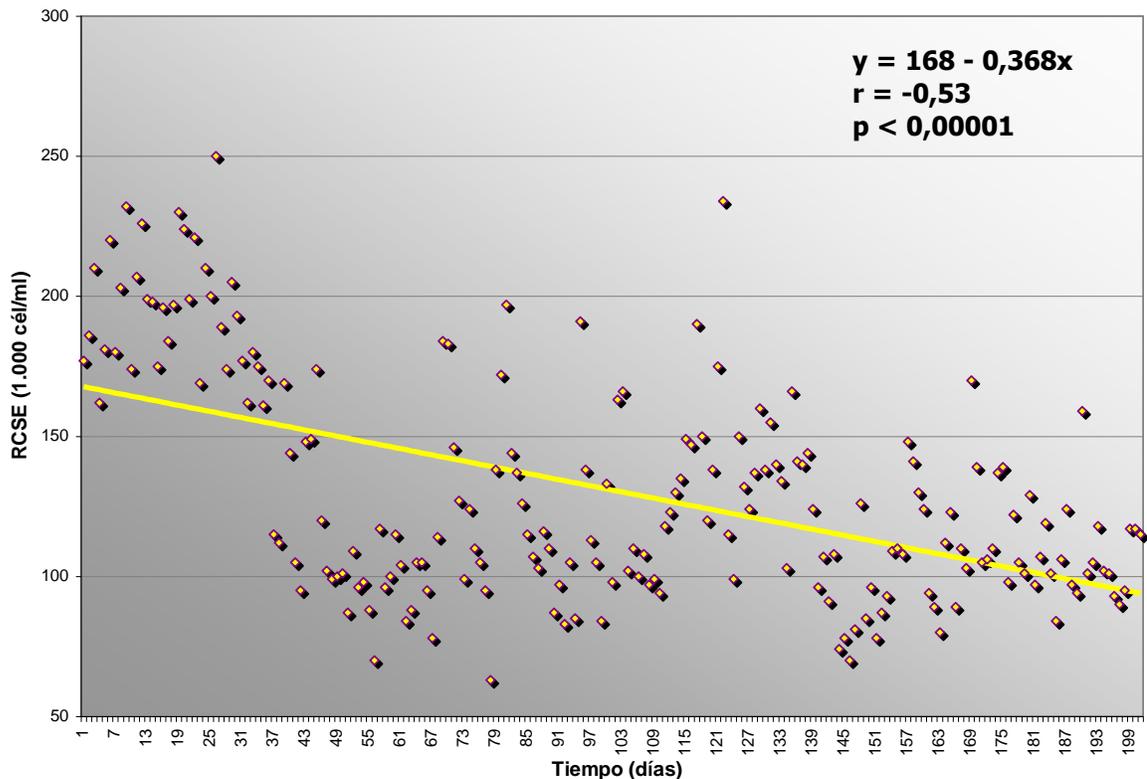
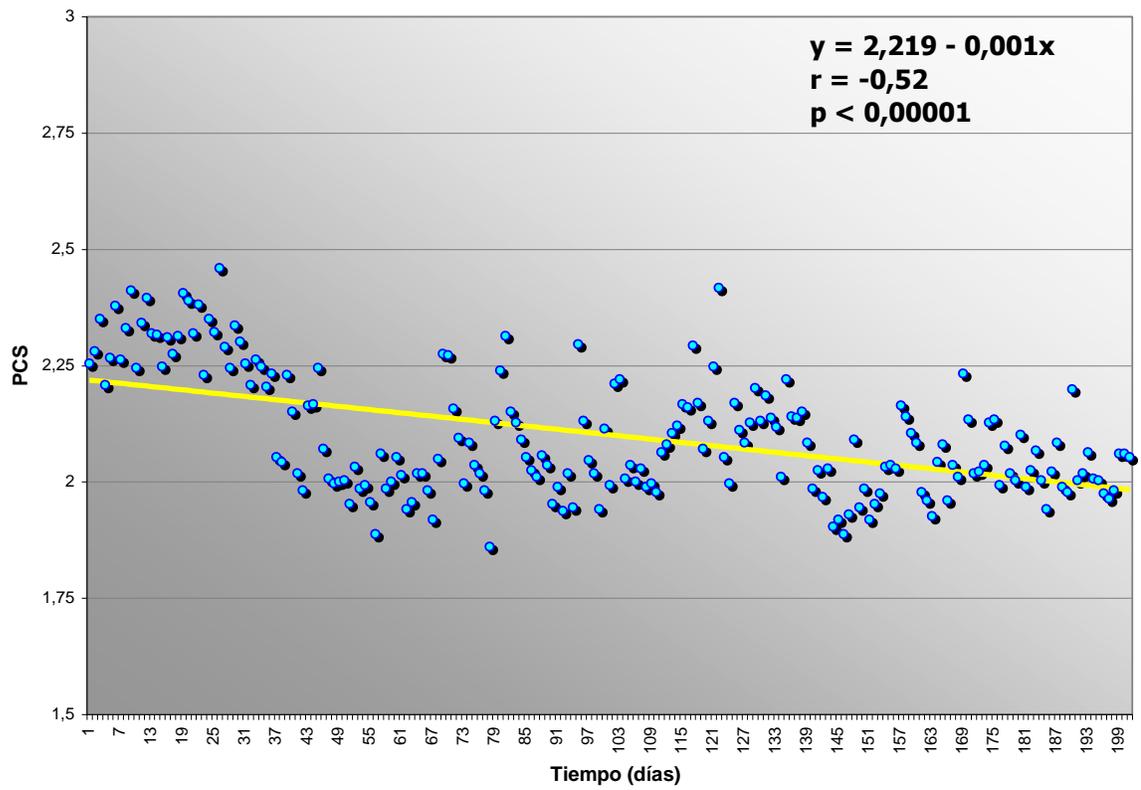


Fig. 45. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 17



7.3.1.10.3. *Análisis del gráfico de control de RCSE*

El gráfico de control de este predio es compatible con el análisis de regresión previo, pudiendo observarse cuatro períodos que muestran algunas diferencias en el comportamiento del RCSE, aunque el análisis del período total de estudio denota una disminución consistente del recuento celular (Fig. 46).

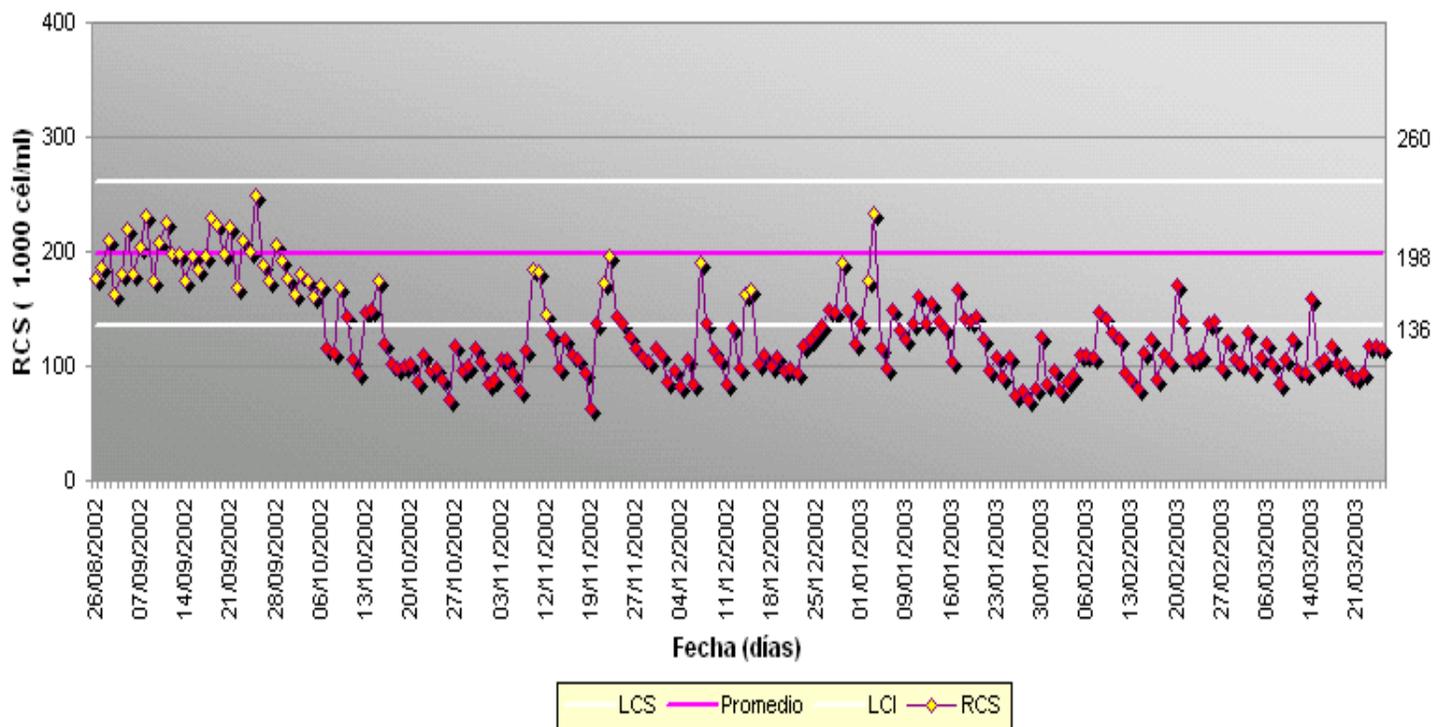
El primero de ellos, con un promedio de 181.000 cél/ml, se extiende hasta la primera quincena de octubre (16 de octubre) y se caracteriza por presentar valores de RCSE cercanos a la línea media, exhibiendo una marcada tendencia a disminuir al final de este período, como lo revelan los puntos ubicados cerca del LCI, e incluso bajo dicho límite.

Durante el segundo período, cuya duración es bastante breve, extendiéndose tan solo hasta principios del mes de noviembre (08 de noviembre), el nivel del RCSE se mantuvo constantemente por debajo del LCI, presentando un promedio menor a 100.000 cél/ml.

El tercer período (hasta el 20 de enero), está caracterizado por un leve aumento del RCSE, llegando al final del período a sobrepasar el LCI y acercarse en ocasiones a la línea media. El promedio de este período aumentó a 129.000 cél/ml, observándose además un incremento de la variabilidad del RCSE respecto del período anterior.

En el último período, los valores de RCSE vuelven a posicionarse mayoritariamente por debajo del LCI, disminuyendo tanto el promedio (107.000 cél/ml), como la variabilidad del RCSE, en comparación al período previo.

Fig. 46. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 17 durante el período de estudio



7.3.1.10.4. Factores que explicarían el comportamiento del RCSE

El propietario de este predio entregó las bitácoras diarias correspondientes a 4 de los 6 meses de estudio (septiembre, octubre, noviembre y diciembre), las cuales contenían solo la información más básica.

Del análisis de las bitácoras, sólo en dos ocasiones pudo establecerse una relación aparente entre el RCSE y cambios de manejo. La primera corresponde a una tendencia de disminución del RCSE posterior al 30 de septiembre, día en que se registró en la bitácora el apartado de la leche de vacas con altos RCS. La segunda posible relación sería el período de bajo nivel de RCSE, comprendido entre los días 17 de octubre y 07 de noviembre, coincidente con el término del confinamiento estacional de las vacas el día 15 de octubre, pasando posteriormente los animales a ser manejados exclusivamente en potreros, con lo que disminuye la contaminación ambiental de los pezones y el riesgo de infecciones intramamarias, particularmente por algunos patógenos ambientales (Agüero, 1988c; NMC, 1996; Goldberg *et al.*, 1992; NMC, 1997).

Las reuniones sostenidas con el productor, sugieren que los bajos niveles de RCSE de este predio, reflejan en gran medida su actitud y motivación frente al mejoramiento de la salud mamaria y calidad láctea (Barkema *et al.*; 1999; Reneau, 2002; Reneau *et al.*, 2002). Entre los aspectos que ilustran la motivación del propietario por el mejoramiento de la calidad de la leche, destacan su presencia en la mayoría de las ordeñas y la capacitación constante en el tema, tanto de él como de su personal de ordeña. La capacitación de los ordeñadores constituye un aspecto fundamental en la prevención de la mastitis y mejoramiento de la calidad láctea (Kuze, 1976), que debería ser actualizada y reforzada periódicamente (Blanlot, 1999). Se ha descrito una relación significativa entre la frecuencia de la capacitación de los ordeñadores y las tasas de incidencia mensuales de mastitis clínica (Ruegg, 2004).

Al visitar el predio, se observó que los animales llegaban limpios a la sala de ordeña, debido al buen estado de mantención de los callejones de tránsito de las vacas. Además, la rutina de ordeña se realizaba con un alto grado de cumplimiento de las prácticas recomendables, destacando entre ellas el uso mínimo de agua en la preparación de las vacas.

5.3.2. Predios que Durante el Estudio Mantuvieron su RCSE

5.3.2.1. Predio N° 14

5.3.2.1.1. *Descripción estadística del RCSE (RCS y PCS) durante el período de estudio*

La media de RCSE diario para todo el estudio alcanzó un valor de 200.920 cél/ml (Cuadro 20), lo que sitúa a este predio como el de más bajo nivel de recuento, entre los tres predios que mantuvieron su recuento celular. La mediana y la moda fueron levemente inferiores a la media. El CV de 25,69% resultó similar al determinado en el predio N° 18 y muy inferior al del otro predio en que el recuento celular se mantuvo estable durante el estudio (Predio N° 19), (Cuadros 21 y 22). El rango de variación (475.000 cél/ml), también resultó semejante al del predio N° 18 y mucho más bajo que el determinado en el predio N° 19.

Cuadro 20. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 14

Parámetro	RCSE (cél/ml)	PCS
Media	200.920	2,32
Mediana	195.500	2,31
Moda	186.000	2,28
Desviación estándar	51.610	0,13
Coficiente de Variación (%)	25,69	5,77
Rango	475.000	1,19
Mínimo	71.000	1,89
Máximo	546.000	3,08
N	102	102

5.3.2.1.2. Análisis de regresión entre RCSE (RCS y PCS) y tiempo

Las Figs. 47 (RCSE) y 48 (PCS), permiten apreciar una leve tendencia de incremento en el recuento de células somáticas, pero ninguna de dichas relaciones fue estadísticamente significativa. Comparada con al promedio aritmético correspondiente a las 6 quincenas previas al comienzo del estudio (192.000 cél/ml), la media determinada en el estudio (200.990 cél/ml), no indica un cambio en el nivel de recuento celular.

Fig. 47. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 14

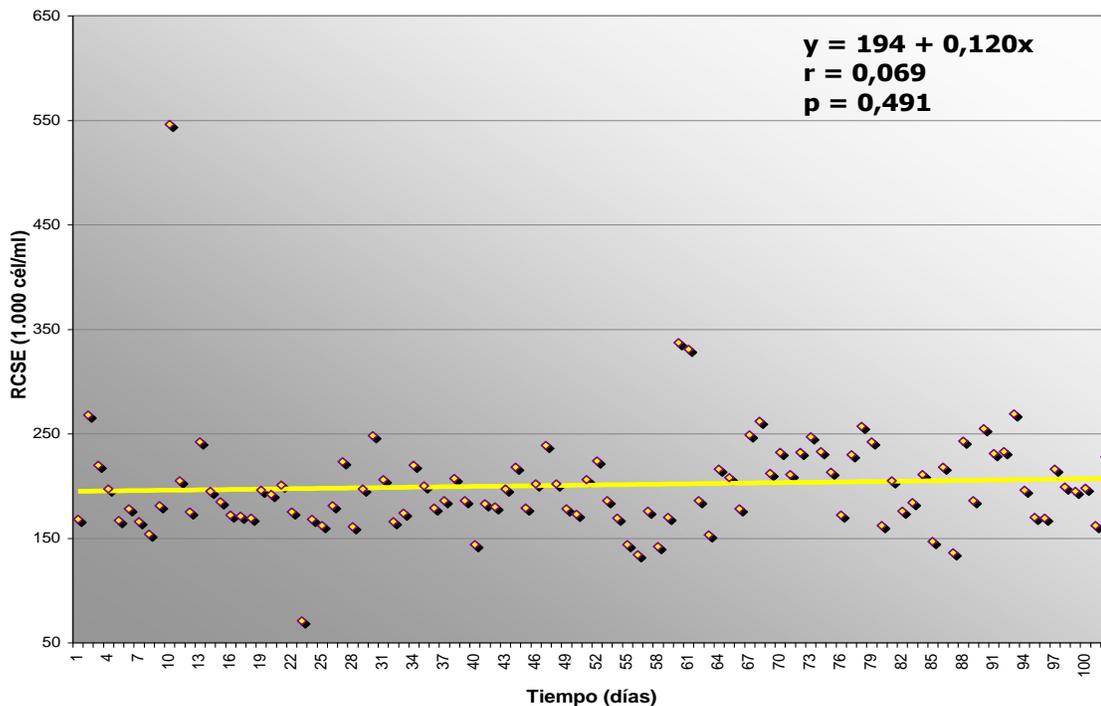
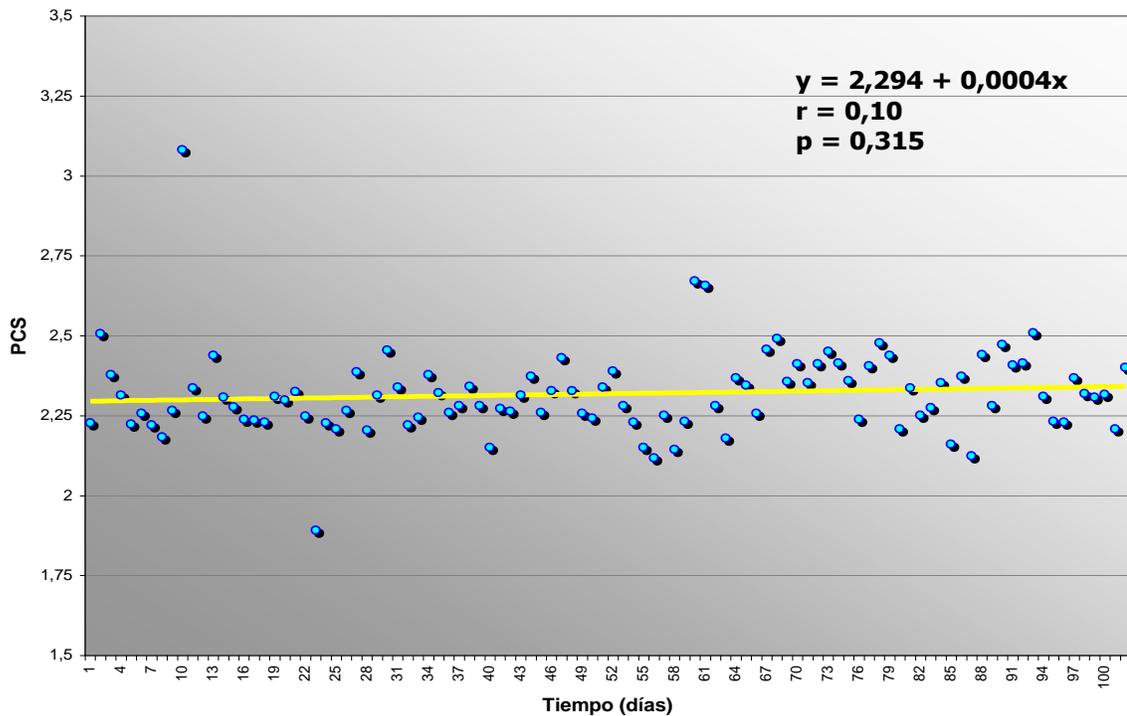


Fig. 48. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 14



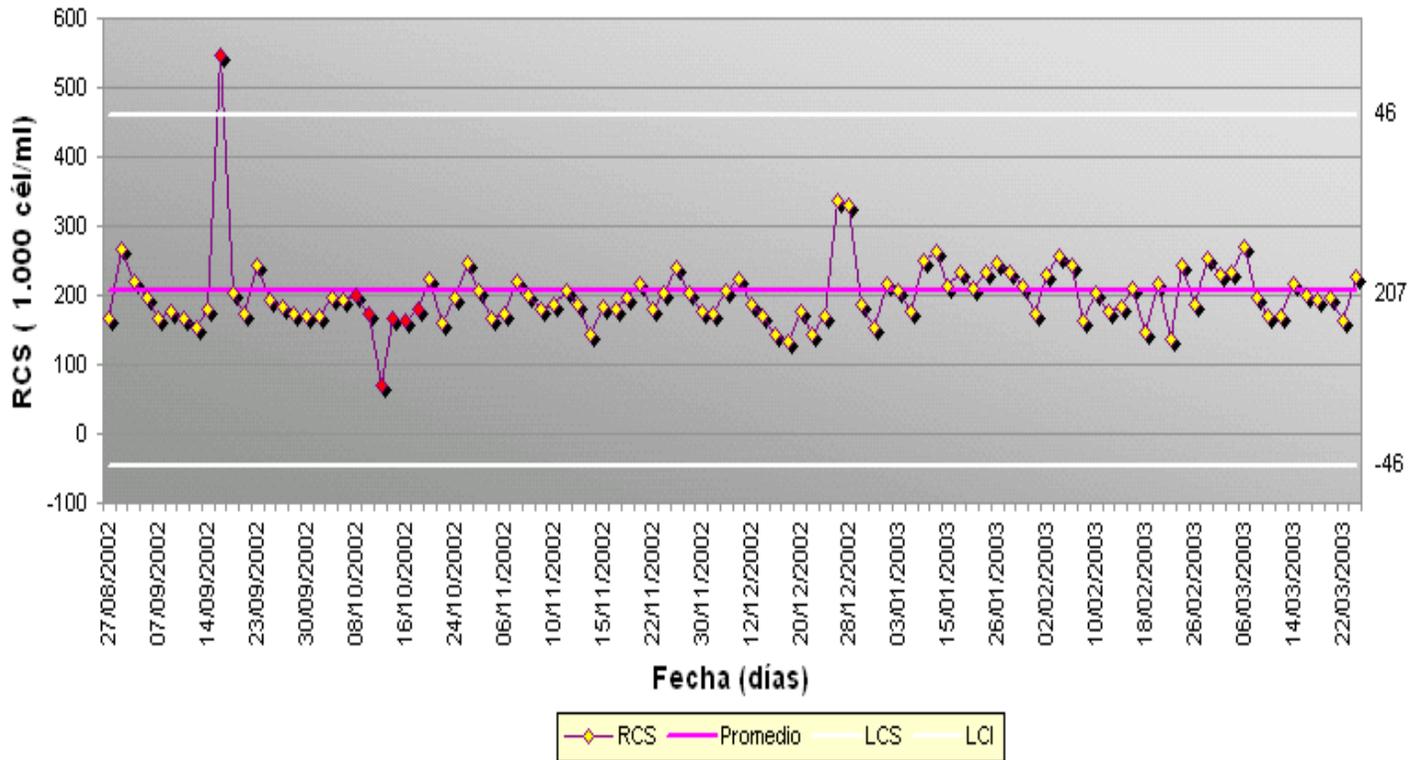
5.3.2.1.3. *Análisis del gráfico de control de RCSE*

El gráfico de control de este predio, refleja también la estabilidad de los recuentos celulares en el tiempo, descrita en el análisis de regresión previo, pudiendo identificarse dos períodos que no muestran grandes diferencias entre sí (Fig. 49).

El primero de ellos se prolonga hasta el final del mes de diciembre (24 de diciembre), registrándose en él un nivel del RCSE muy cercano a la línea media, manteniéndose la mayor parte de los puntos por debajo de ella. El promedio de este período fue de 191.500 cél/ml.

Durante el segundo período, el RCSE exhibió una leve tendencia de aumento, alcanzando el promedio a 214.000 cél/ml, tendiendo los registros a ubicarse más por sobre la línea media que por debajo de ella.

Fig. 49. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 14 durante el período de estudio



5.3.2.1.4. *Factores que explicarían el comportamiento del RCSE*

El propietario del predio entregó las bitácoras diarias correspondientes a todo el período de estudio, pero éstas contenían tan solo la información básica requerida, por lo cual no se pudo realizar un análisis de eventuales relaciones entre cambios en el manejo predial y el RCSE, que por lo demás mostró una gran estabilidad en el transcurso de todo el estudio.

Al analizar la información consignada en las bitácoras e incluso al consultarle al propietario del predio, no se pudo establecer la posible causa de la notable alza que experimentó el RCSE el día 19 de septiembre, pudiendo estar involucrados factores como alteración de la rutina de ordeña debido a las Fiestas Patrias, y fallas en la obtención de de la muestra de leche de estanque.

Entre los días 18 y 25 de diciembre se puede observar una leve tendencia de disminución en el RCSE, la cual coincide con el inicio del apartado de la leche de las vacas con altos recuentos celulares. El único factor que parece estar asociado al incremento posterior del RCSE (26 de Diciembre), sería la elevada pluviometría registrada durante los días previos a su presentación.

Al ser entrevistado, este productor manifestó su interés por disminuir el nivel de RCSE, pero por el tiempo dedicado a otros rubros, se veía imposibilitado de introducir algunos cambios que estimaba necesarios y supervisar personalmente su implementación.

5.3.2.2. Predio N° 18

5.3.2.2.1. *Descripción estadística del RCSE (RCS y PCS) durante el período de estudio*

La media de RCSE diario de este predio durante todo el estudio alcanzó a 233.990 cél/ml (Cuadro 21), valor un poco mayor al registrado por el predio N° 14 (Cuadro 20). Al igual que en el caso del predio N° 14, los valores determinados para la mediana y la moda fueron muy similares al de la media. El CV (21,34%) y el rango (499.000 cél/ml), se asemejan a los encontrados en el predio N° 14 y denotan una variabilidad relativamente baja del RCSE diario.

Cuadro 21. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 18

Parámetro	RCSE (cél/ml)	PCS
Media	233.990	2,41
Mediana	230.000	2,41
Moda	230.000	2,41
Desviación estándar	49.930	0,12
Coefficiente de Variación (%)	21,34	5,14
Rango	499.000	1,12
Mínimo	124.000	2,08
Máximo	623.000	3,21
n	160	160

5.3.2.2.2. *Análisis de regresión entre RCSE (RCS y PCS) y tiempo*

Las Figs. 50 (RCSE) y 51 (PCS), ilustran claramente la estabilidad que mantuvo el nivel del RCSE de este predio durante los 6 meses de estudio. Las regresiones de ambas variables con tiempo, mostraron una relación negativa no significativa.

La comparación de la media alcanzada durante el estudio (233.990 cél/ml), con el promedio aritmético de 181.000 cél/ml determinado para las 6 quincenas previas a su inicio (Cuadro 7), indicaría un aumento del recuento celular durante los 6 meses del estudio.

Fig. 50. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 18

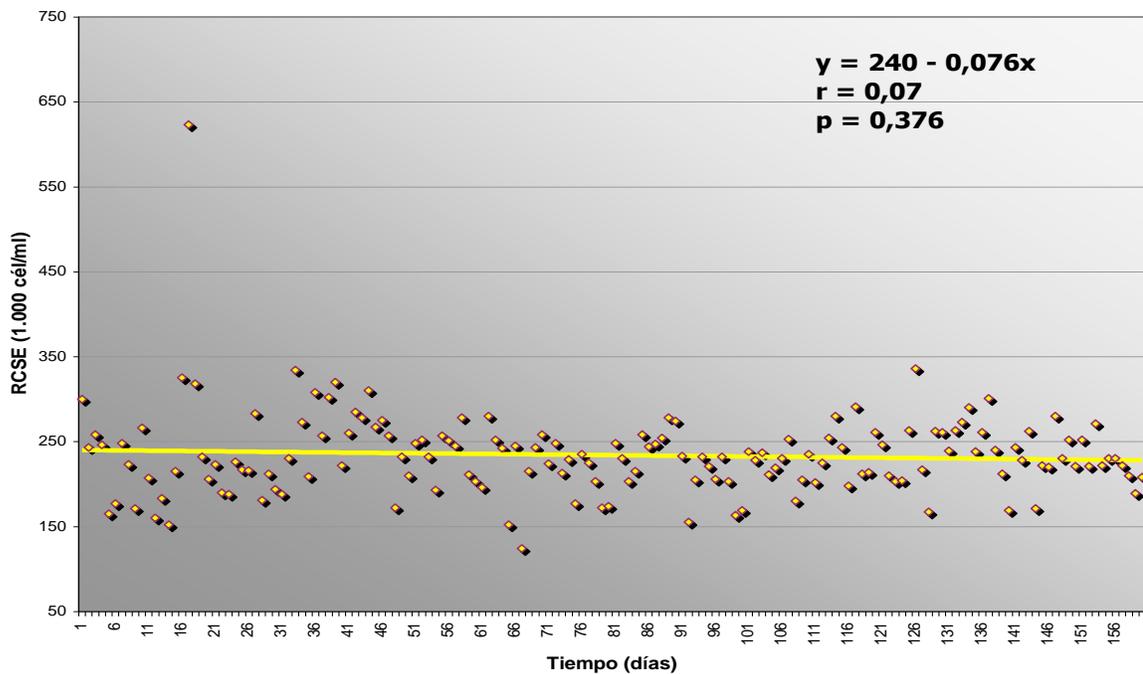
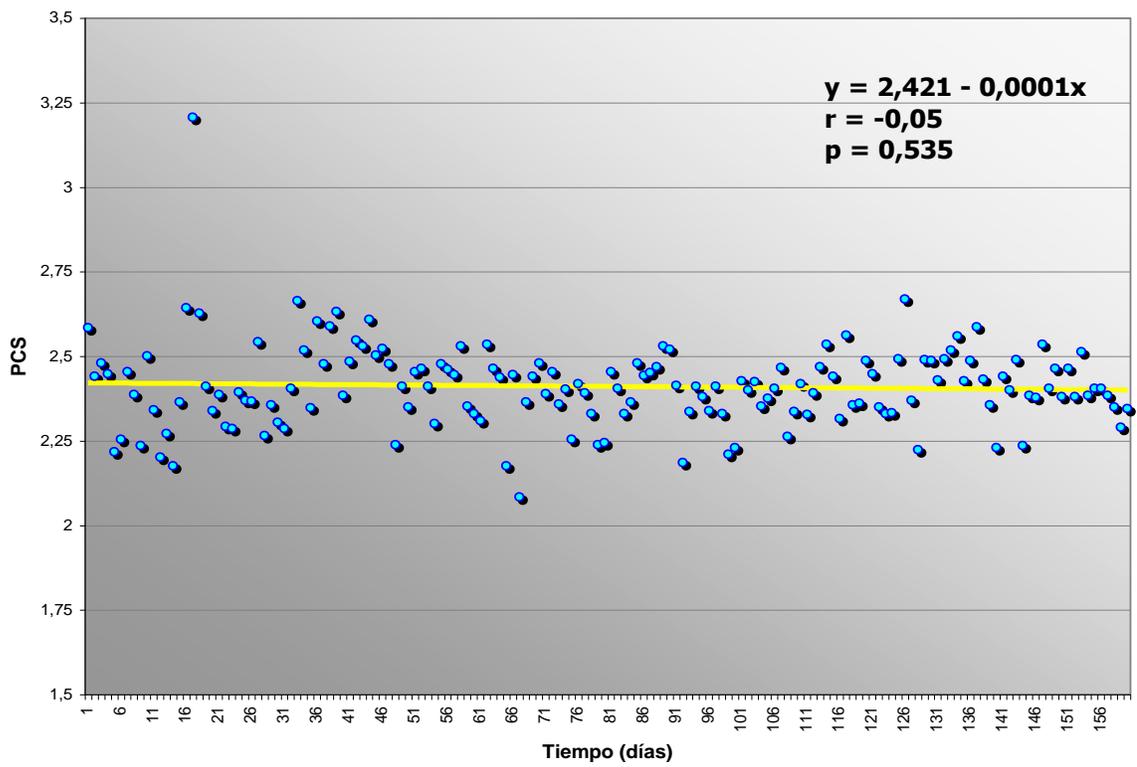


Fig. 51. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 18



5.3.2.2.3. *Análisis del gráfico de control de RCSE*

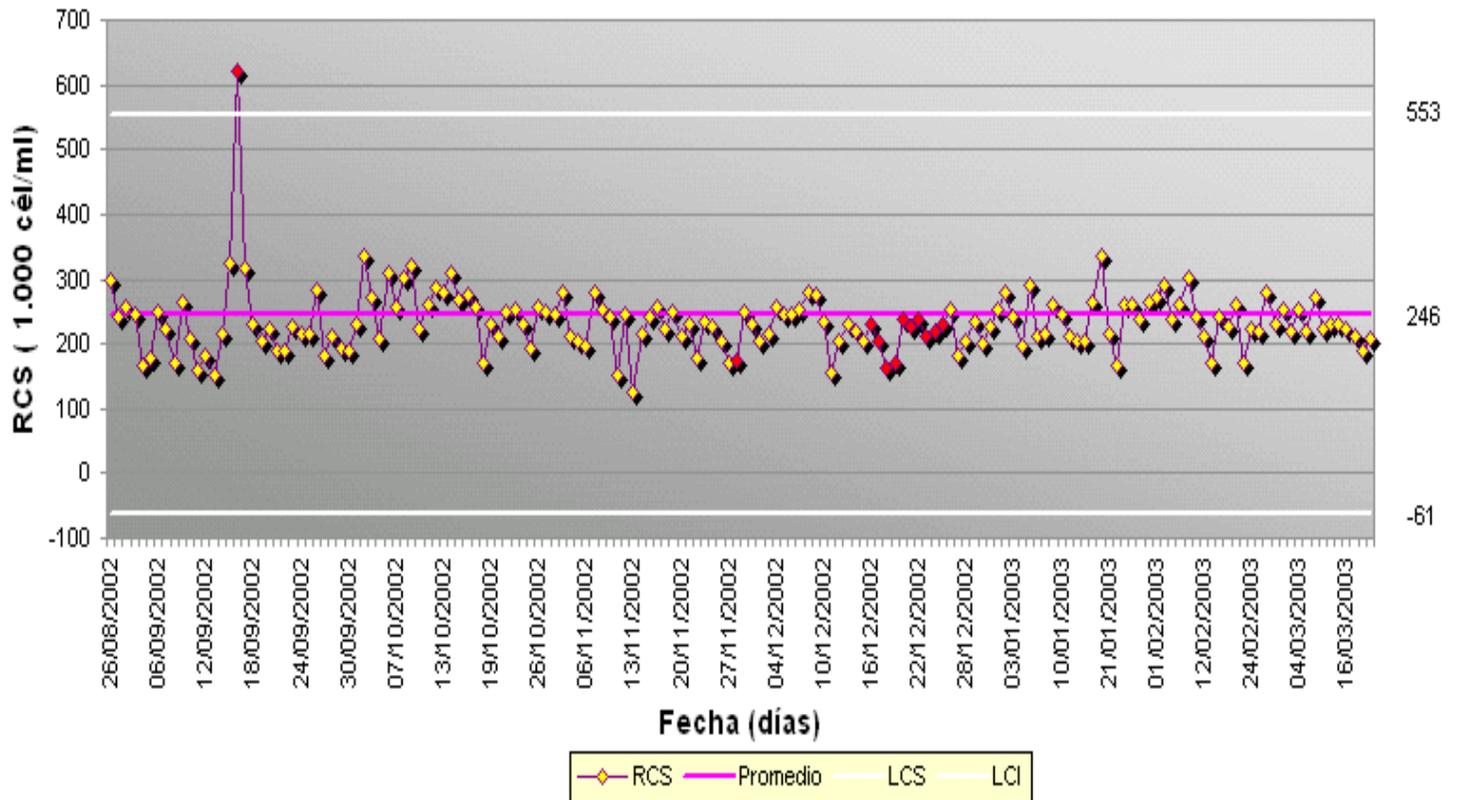
Aunque este predio presenta un gráfico de control consistente con el análisis de regresión, caracterizado por su homogeneidad en cuanto a nivel y variabilidad del RCSE diario, se pueden distinguir tres períodos que muestran pequeñas diferencias entre sí (Fig. 52).

El primero se extiende hasta la primera quincena de noviembre (14 de noviembre), siendo su promedio de 239.900 cél/ml, y se caracteriza por presentar registros que bordean en su mayoría la línea media, tanto sobre como bajo su nivel.

Durante el segundo período (hasta el día 17 de enero), el nivel de RCSE tiende a disminuir levemente, alcanzando el promedio a 224.790 cél/ml y los registros se ubican en su mayoría por debajo de la línea media.

En el último período, el RCSE tiende a aumentar levemente, alcanzando el promedio a 237.510 cél/ml, valor similar al promedio del primer período.

Fig. 52. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 18 durante el período de estudio



5.3.2.2.4. *Factores que explicarían el comportamiento del RCSE*

El administrador de este predio entregó las bitácoras diarias correspondientes a la casi totalidad del período de estudio, exceptuando la segunda quincena de noviembre y la primera de diciembre. Como en muchos otros casos, la información anotada en ellas, no permitió deducir las posibles razones de las salidas de control registradas en el gráfico.

Análogamente a lo observado en el gráfico de control del predio N° 14, en este predio el gráfico también mostró un aumento notable del RCSE el día 19 de septiembre. Tampoco fue posible determinar la causa probable de esta alza, pudiendo estar involucrados factores como alteración de la rutina de ordeña debido a las Fiestas Patrias, y fallas en la obtención de de la muestra de leche de estanque.

5.3.2.3. Predio N° 19

5.3.2.3.1. *Descripción estadística del RCSE (RCS y PCS) durante el período de estudio*

Dentro del grupo de predios que mantuvieron constante su recuento celular durante el estudio, el predio N° 19 fue el que exhibió la media más elevada de RCSE diario, alcanzando su valor a 267.660 cél/ml (Cuadro 22). En contraposición a los otros dos predios de este grupo, la mediana y, particularmente la moda, mostraron valores más bajos que la media de RCSE diario. Ello indicaría que el valor de la media fue afectado fuertemente por algunos recuentos diarios muy elevados.

Esto último se vería corroborado por los valores que alcanzaron tanto el CV (91,46%), como el rango (2.051.000 cél/ml), los cuales no sólo superaron notoriamente a los valores correspondientes a los otros dos predios de este grupo, sino que fueron los valores más altos determinados para todos los predios participantes del estudio.

Cuadro 22. Descripción estadística del RCSE (RCS y PCS) durante el período de estudio: Predio N° 19

Parámetro	RCSE	PCS
Media	267.660	2,42
Mediana	206.500	2,34
Moda	90.000	1,96
Desviación estándar	244.790	0,45
Coefficiente de Variación (%)	91,46	18,56
Rango	2.051.000	2,79
Mínimo	47.000	1,79
Máximo	2.098.000	4,58
n	198	198

5.3.2.3.2. Análisis de regresión entre RCSE (RCS y PCS) y tiempo

La Fig. 53 permite apreciar que el nivel del RCSE diario de este predio tendió a disminuir durante el período de estudio, determinándose una relación negativa entre el recuento celular y el tiempo, pero ésta no alcanzó significancia estadística; comprobándose el mismo resultado al analizar la relación entre las variables tiempo y PCS (Fig. 54).

En cambio, la media de 267.660 cél/ml, determinada durante el transcurso del estudio, sugeriría un aumento importante del nivel de recuento, en comparación al promedio aritmético de 166.000 cél/ml, correspondiente a las 6 quincenas previas al comienzo del estudio (Cuadro 7).

Fig. 53. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 19

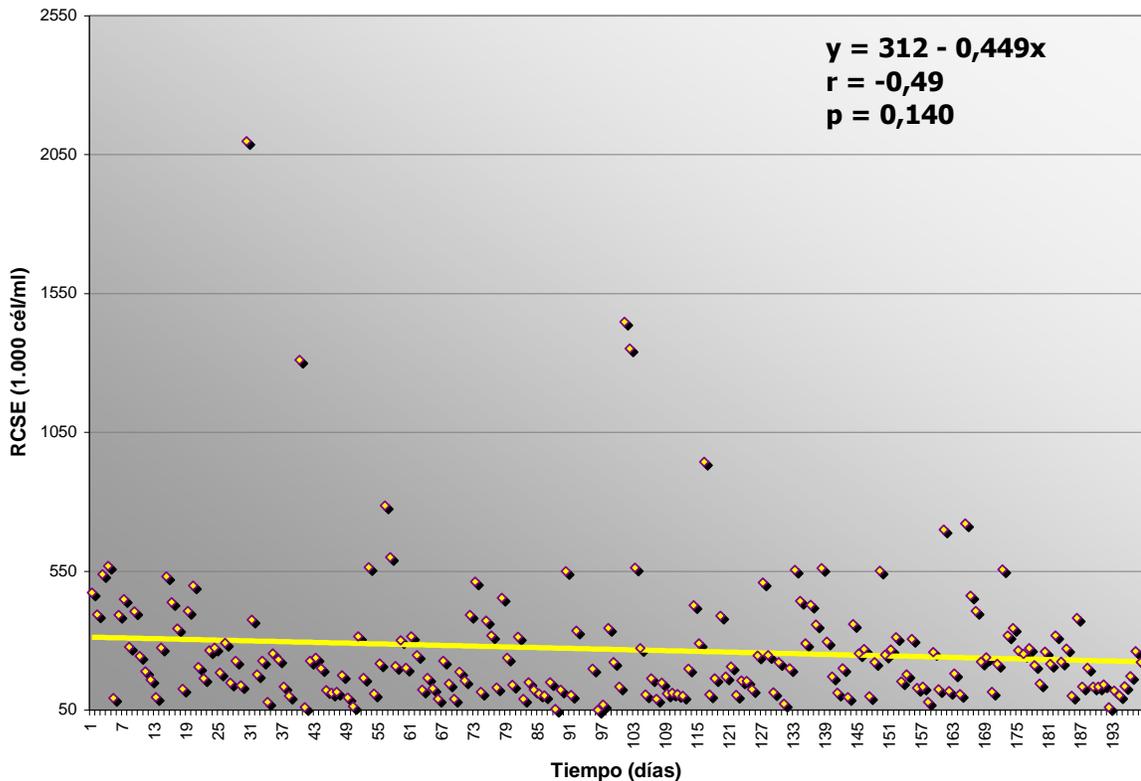
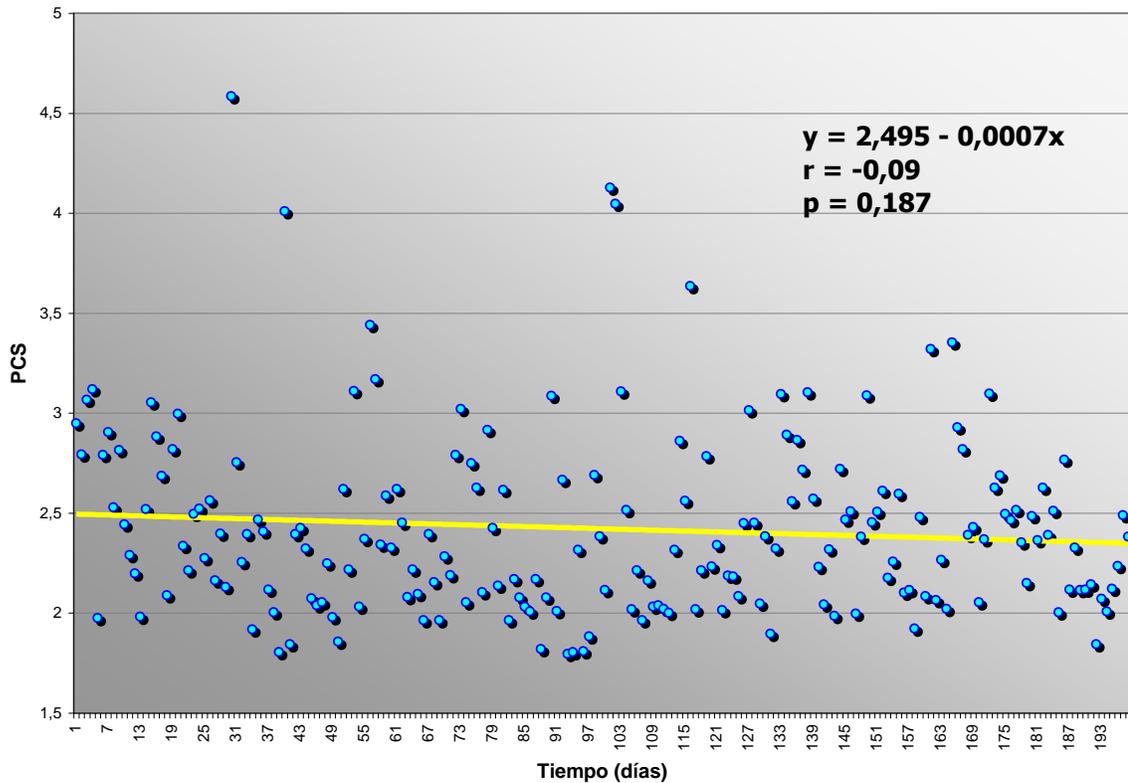


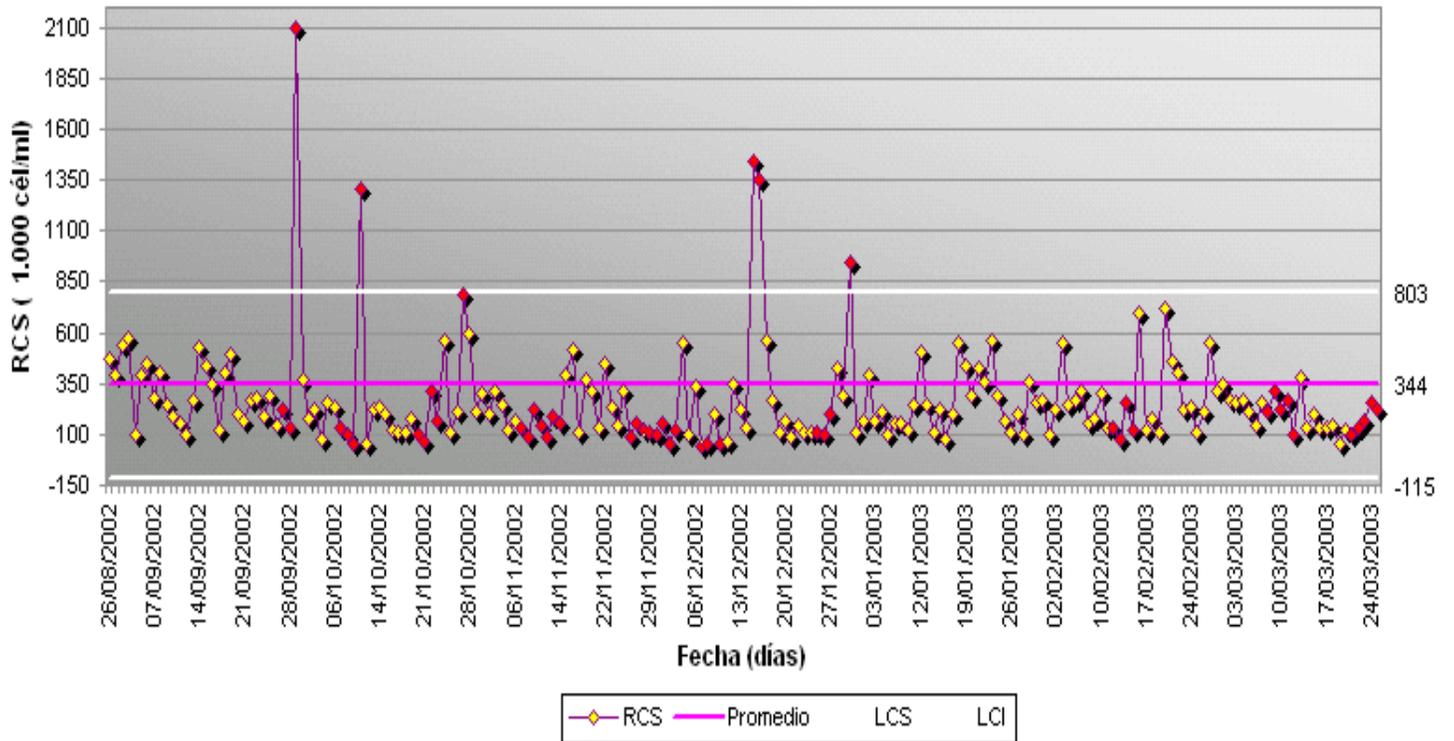
Fig. 54. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 19



5.3.2.3.3. *Análisis del gráfico de control de RCSE*

El gráfico de control (Fig. 55), es consistente con los resultados obtenidos en la descripción estadística del RCSE diario de este predio, pudiendo observarse en él varios puntos que se acercan e incluso superan al LCS, que explican los elevados valores obtenidos para el CV y el rango. Debido a la elevada variabilidad, no es posible distinguir en el gráfico de control períodos con distinto comportamiento del RCSE, excepto las alzas puntuales ya señaladas, las cuales alcanzaron hasta un máximo de aproximadamente 2.100.000 cél/ml (Cuadro 22).

Fig. 55. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 19 durante el período de estudio



5.3.2.3.4. Factores que explicarían el comportamiento del RCSE

Como en otros casos, en este predio no se llevó los registros diarios en la bitácora entregada a cada productor, ni pudo efectuarse visitas prediales o entrevistas personales, lo que no permitió analizar el comportamiento del RCSE diario durante el estudio, particularmente en lo referente a las posibles causas de su elevada variabilidad.

5.3.3. Predios que Durante el Estudio Aumentaron su RCSE

5.3.3.1. Predio N° 4

5.3.3.1.1. *Descripción estadística del RCSE (RCS y PCS) durante el período de estudio*

En el cuadro 23 se observa que la media de RCSE diario alcanzó a 368.910 cél/ml, siendo ésta la más elevada dentro del grupo de predios en que se verificó un aumento del recuento celular durante el estudio, llegando a superar en aproximadamente 140.000 cél/ml la media de este grupo (Cuadro 8). A diferencia de lo observado para el conjunto de estos predios, sólo la mediana presentó un valor menor al de la media, mientras que la moda fue levemente mayor a la media. Dentro de su grupo, el predio N° 4 se caracterizó por presentar un CV relativamente bajo (29,9%) y un rango amplio de variación (728.000 cél/ml).

Cuadro 23. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 4

Parámetro	RCSE (cél/ml)	PCS
Media	368.910	2,72
Mediana	350.000	2,70
Moda	385.000	2,78
Desviación estándar	110.290	0,22
Coficiente de Variación (%)	29,90	8,04
Rango	728.000	1,33
Mínimo	179.000	2,26
Máximo	907.000	3,59
n	170	170

5.3.3.1.2. *Análisis de regresión entre RCSE (RCS y PCS) y tiempo*

La Fig. 56 permite apreciar que el nivel del RCSE diario de este predio aumentó durante el período de estudio, mostrando una relación positiva significativa con el tiempo. La Fig. 57 describe el mismo tipo de relación entre el tiempo y el PCS.

Mediante regresión se estimó un alza de 187.850 cél/ml durante el período de estudio, desde 274.000 a 461.850 cél/ml, constituyendo el mayor incremento dentro de este grupo de predios. Pese al aumento que experimentó el recuento celular durante el estudio, la media de 368.910 cél/ml resultó inferior al promedio aritmético de 401.000 cél/ml, determinado en las 6 quincenas previas al comienzo del mismo (Cuadro 7).

Fig. 56. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 4

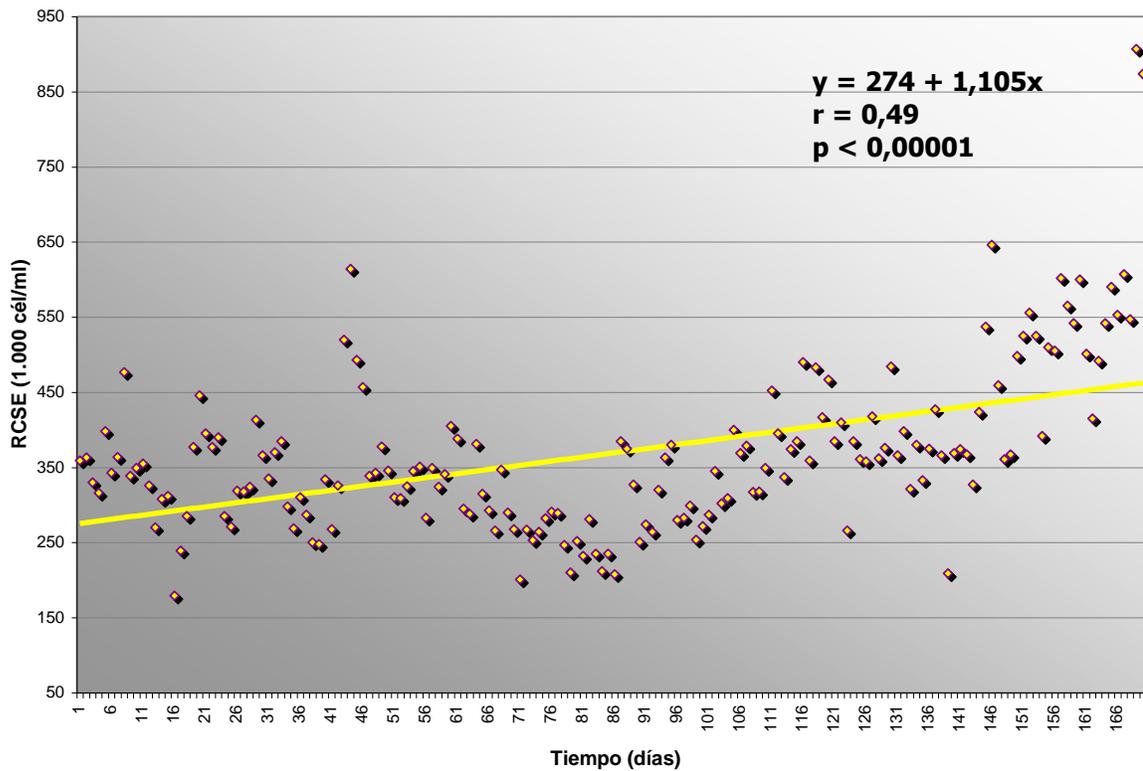
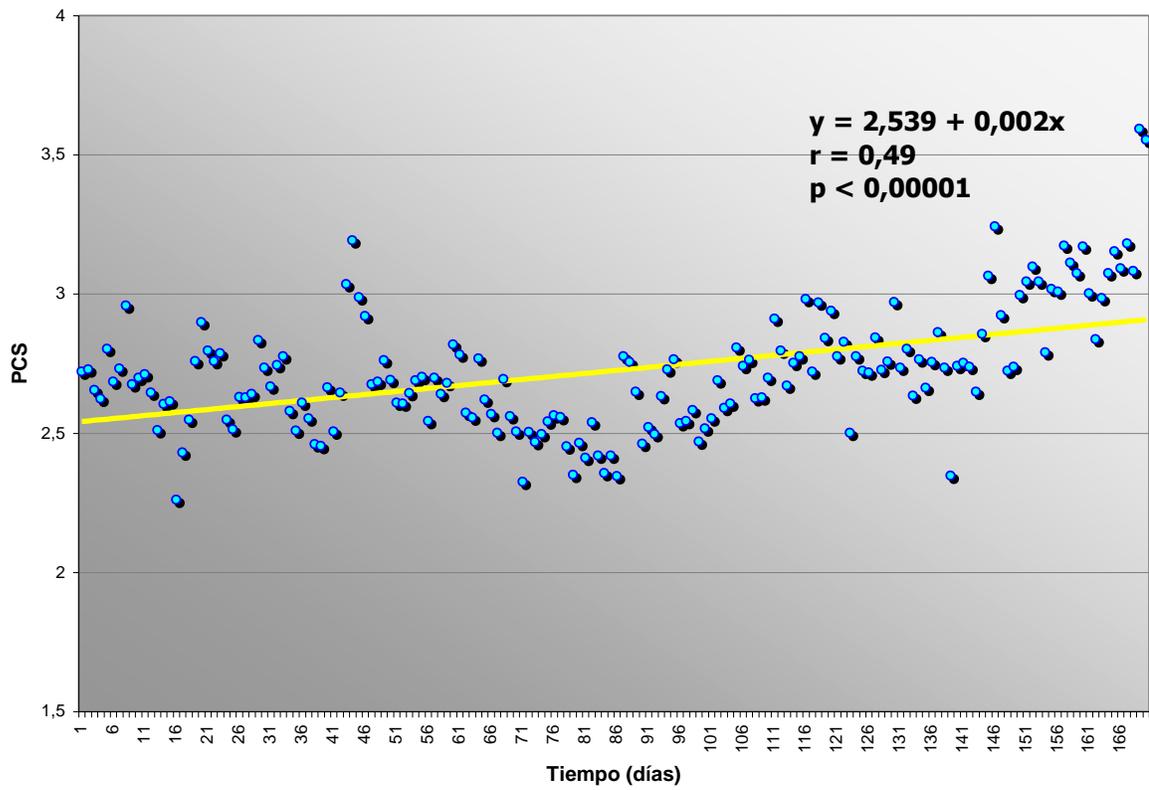


Fig. 57. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 4



5.3.3.1.3. *Análisis del gráfico de control de RCSE*

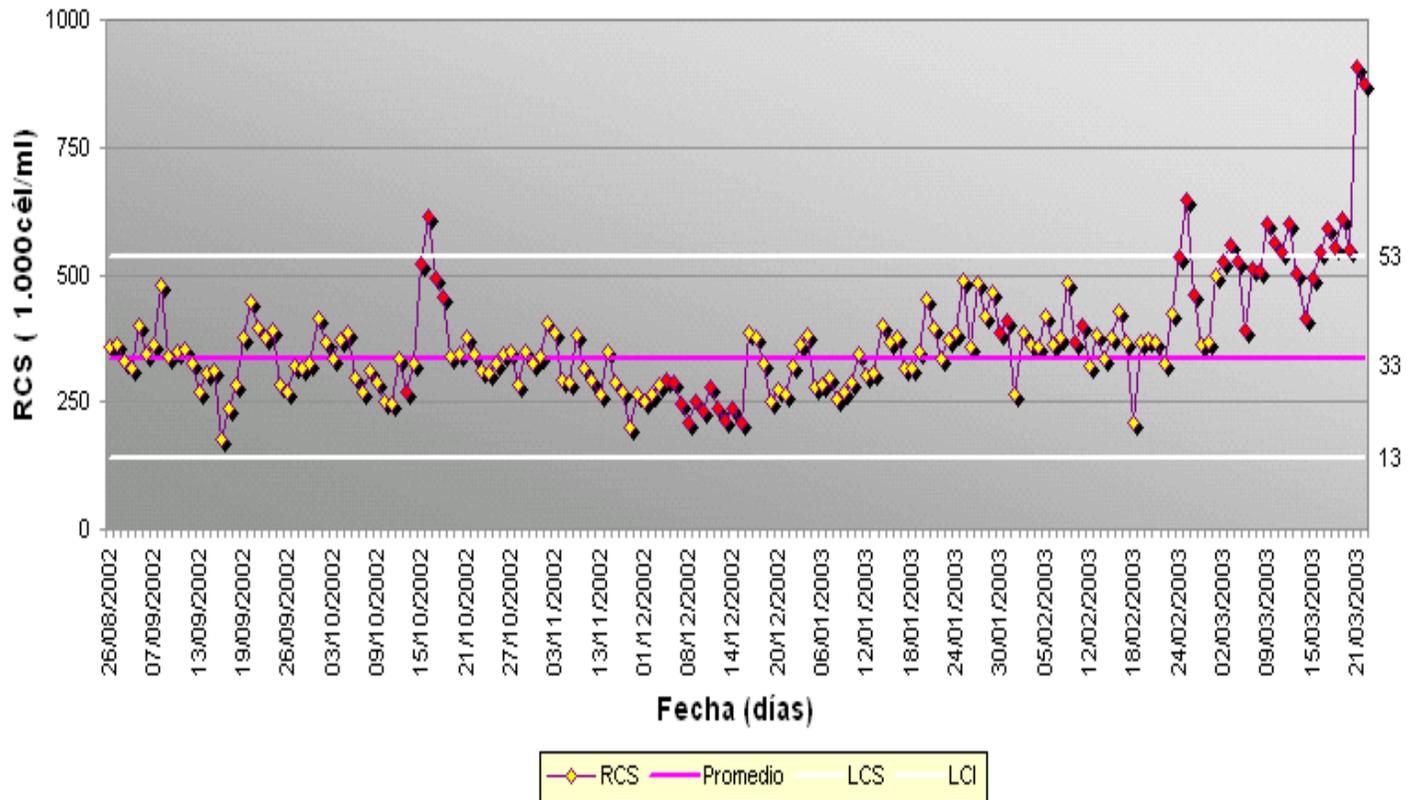
El gráfico de control resultó consistente con la descripción estadística del RCSE diario de este predio (moda mayor a la media y rango de variación elevado), siendo posible distinguir en él tres períodos, tanto en lo referente al nivel de los recuentos como a su variabilidad (Fig. 58).

El primero de ellos se prolonga hasta la primera quincena de octubre (19 de octubre). En él se observa que los registros de RCSE se mantuvieron, en general, dentro de los límites de control definidos, pudiéndose determinar un alza significativa entre los días 15 y 17 de octubre, llegando algunos registros a superar el LCS. El promedio para este primer período alcanzó a 346.723 cél/ml.

El segundo período se ubica entre los días 20 de octubre y 19 de enero. Se observa una menor variabilidad de los registros de RCSE, los cuales tendieron a ubicarse por debajo o sobre la línea media, e incluso cercanos al LCI. Ello se reflejó en una reducción del nivel de recuento, alcanzando el promedio de este período a 305.000 cél/ml.

Durante el último período, el recuento celular mostró una clara tendencia a aumentar su nivel y variabilidad, incrementándose el valor del promedio respecto al período anterior en más de 150.000 cél/ml (453.633 cél/ml). En el gráfico de control se observa claramente la mayor parte de los registros por encima de la línea media, sobrepasando incluso el LCS hacia el final del estudio.

Fig. 58. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 4 durante el período de estudio



5.3.3.1.4. *Factores que explicarían el comportamiento del RCSE*

Se recibió sólo parte de las bitácoras diarias de este predio, contándose con información para la última semana de noviembre, el mes de diciembre y la primera semana de enero.

En éstas, se registró el reemplazo de uno de los ordeñadores, entre los días 27 de noviembre y 24 de diciembre, período que coincide con una disminución en el nivel del RCSE, la cual fue significativa de acuerdo con las reglas de interpretación de los gráficos de control.

En las bitácoras, existen cinco registros de chequeos y mantenciones del equipo de ordeña (02, 17, 26 y 31 de diciembre y 07 de enero), de las cuales las cuatro primeras coinciden con una leve alza del RCSE que no alcanza a ser significativa, por lo que estas actividades de control del funcionamiento y mantención del equipo, parecen no guardar relación con variaciones en el RCSE.

Durante las visitas a este predio se pudo diagnosticar una serie de falencias en el manejo del rebaño y la rutina de ordeño, que explicarían la regular calidad de leche del rebaño. Las más importantes fueron: franjas de pastoreo muy estrechas, donde los animales descansaban sobre sus fecas, a pesar de efectuarse rotaciones frecuentes; corral de espera post-ordeña de tierra, con acumulación de gran cantidad de barro y fecas, en el cual los animales al no ser alimentados se echaban, pudiendo ser un foco importante de infecciones intramamarias; uso excesivo de agua durante la ordeña; empleo de paños de uso doméstico remojados en una solución de agua y cloro para el secado de los pezones, los cuales se volvían a enjuagar en la solución cada dos vacas; y realización de apoyo con unidades de retirado automático, efectuándose incluso repaso manual en algunas vacas.

Se entregaron una serie de indicaciones de mejoras a realizar, las cuales no fueron tomadas en cuenta, con excepción de un menor uso de agua durante la ordeña.

5.3.3.2. Predio N° 9

5.3.3.2.1. *Descripción estadística del RCSE (RCS y PCS) durante el período de estudio*

Del cuadro 24, se desprende que la media de RCSE diario determinada para todo el período de estudio (306.240 cél/ml), también resultó más elevada que la media calculada para el conjunto de predios en que aumentó el recuento celular (Cuadro 8), pero menor a la correspondiente al predio N° 4 (Cuadro 23). A diferencia de este último predio y del comportamiento estadístico de su grupo, tanto la mediana como la moda superaron a la media. El CV (52,6%) y rango (859.000 cél/ml), denotan una elevada variabilidad del RCSE, siendo sus valores los más elevados dentro del grupo de predios en que se verificó un aumento del recuento celular.

Cuadro 24. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 9

Parámetro	RCSE (cél/ml)	PCS
Media	306.240	2,54
Mediana	320.000	2,63
Moda	324.000	2,64
Desviación estándar	161.000	0,42
Coefficiente de Variación (%)	52,57	16,33
Rango	859.000	1,91
Mínimo	10.000	1,63
Máximo	869.000	3,55
n	191	191,00

5.3.3.2.2. Análisis de regresión entre RCSE (RCS y PCS) y tiempo

La Fig. 59 describe el incremento que experimentó el nivel de RCSE de este predio durante el transcurso del estudio, comprobándose una relación positiva significativa entre el RCSE y el tiempo. Esta misma relación se puede observar en la Fig. 60, que presenta la regresión entre el PCS y el tiempo.

De acuerdo a la ecuación de regresión correspondiente, el aumento del RCSE durante los 6 meses de estudio, sería de 114.027 cél/ml, desde un valor inicial de 248.000 cél/ml a uno final de 362.027 cél/ml. Sin embargo, comparada con el promedio aritmético de 289.000 cél/ml, obtenido para las 6 quincenas previas al comienzo del estudio (Cuadro 7), la media de 306.240 cél/ml, indicaría un nivel levemente mayor de recuento celular.

Fig. 59. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 9

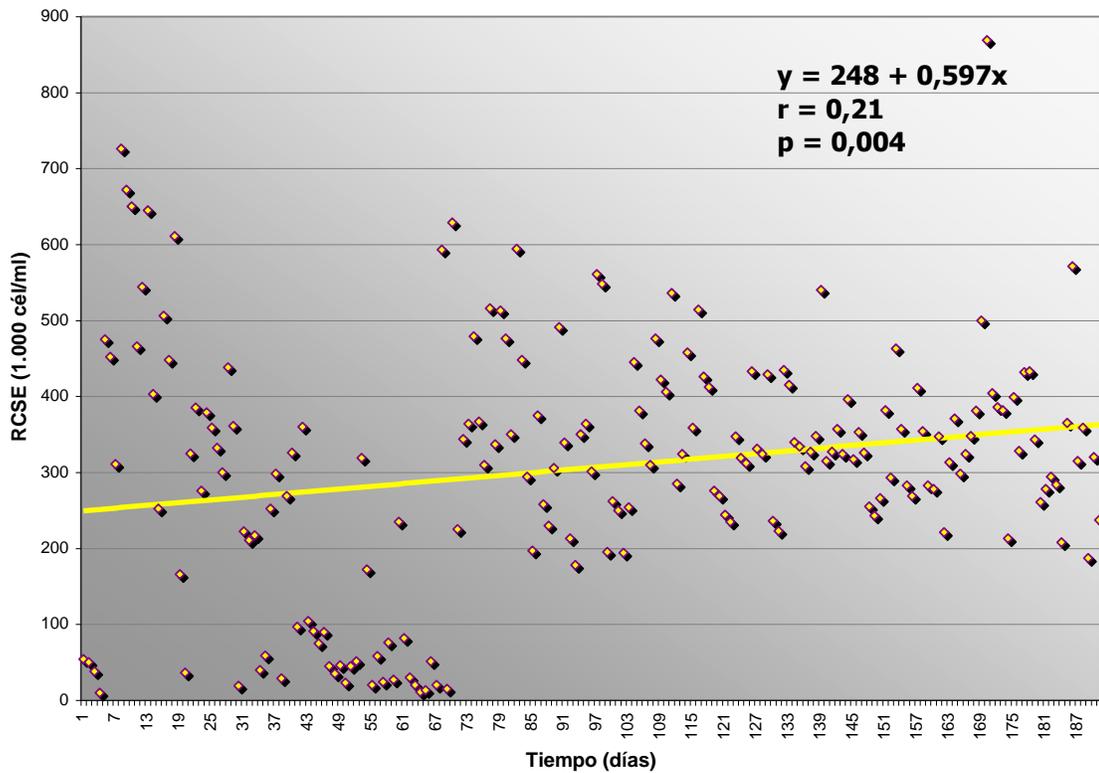
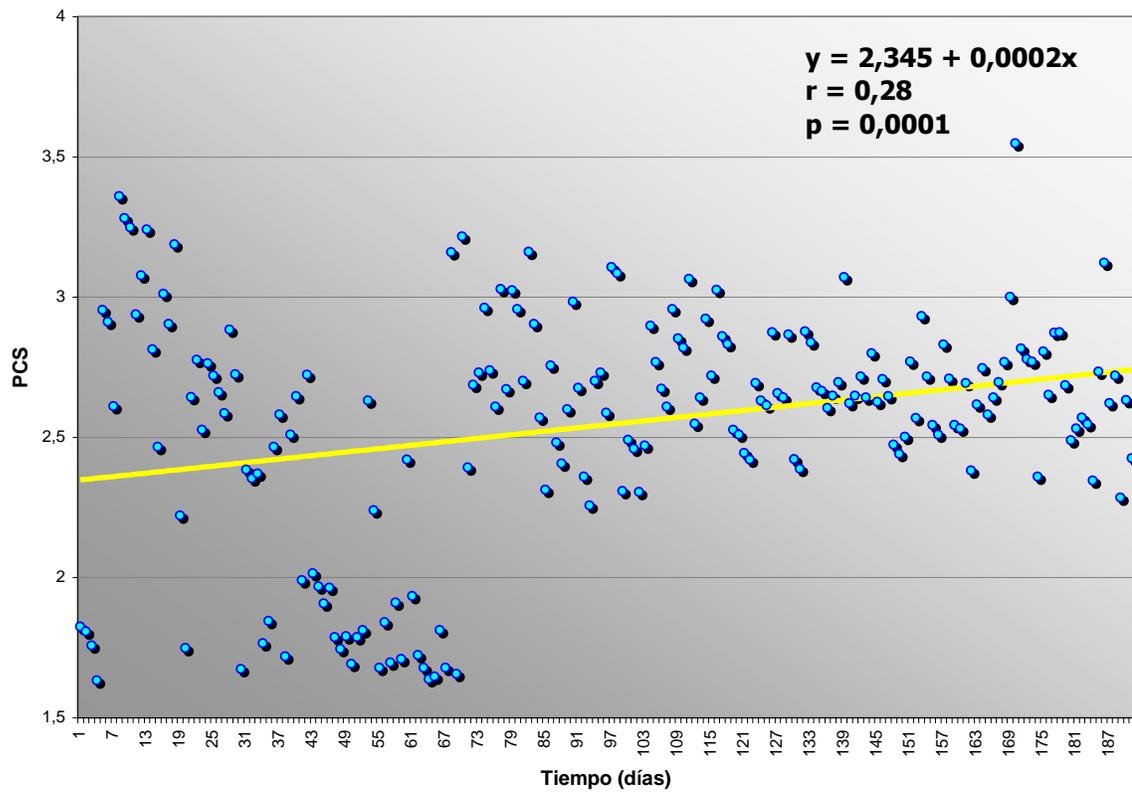


Fig. 60. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 9



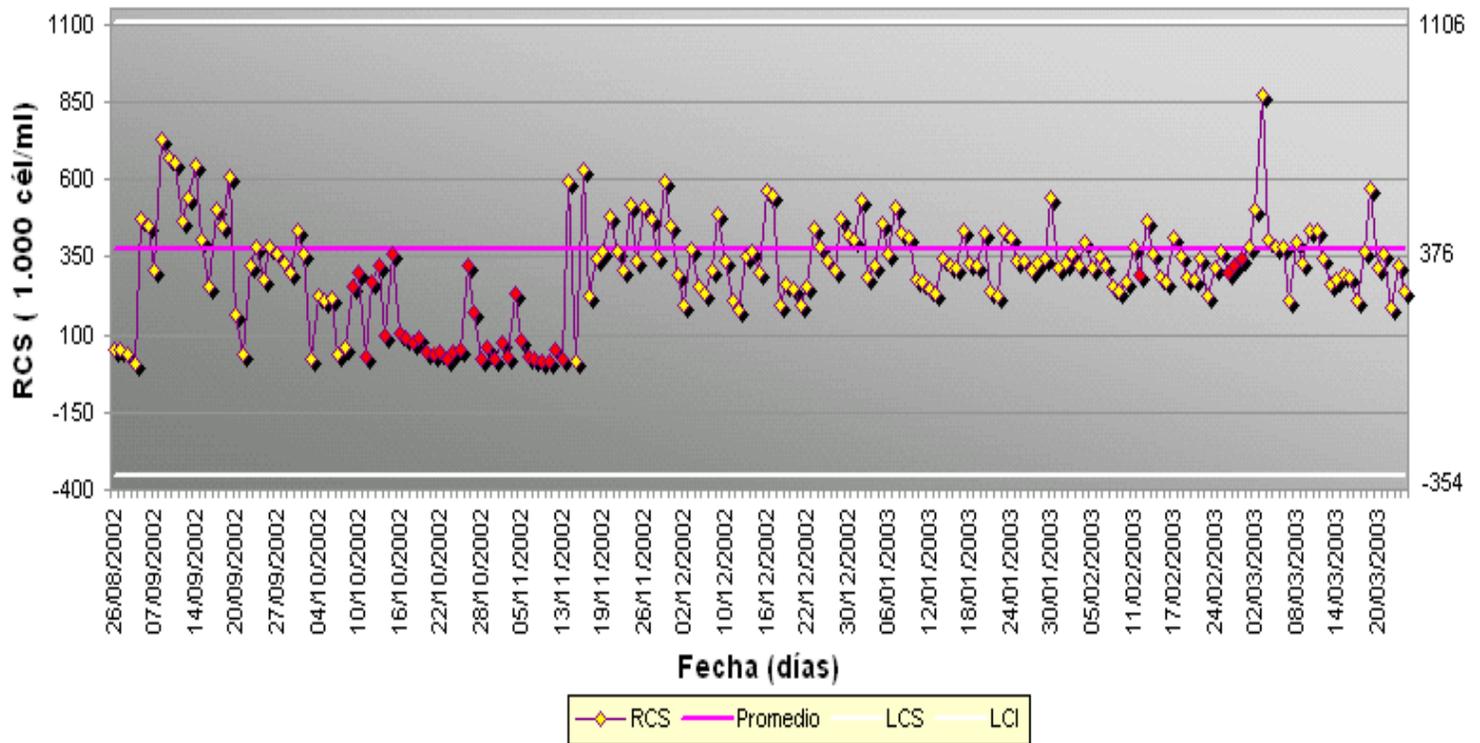
5.3.3.2.3. *Análisis del gráfico de control de RCSE*

El gráfico de control de este predio resulta compatible con la regresión obtenida entre el RCSE y el tiempo, siendo posible distinguir en él dos períodos claramente diferentes (Fig. 61).

El primero de ellos abarca hasta la primera quincena de noviembre (17 de noviembre) y se caracteriza por una elevada variabilidad de los registros de RCSE, con un rango que fluctuó entre 10.000 y 726.000 cél/ml. Además, se observa una tendencia clara de disminución en el nivel del RCSE, ubicándose la gran mayoría de los registros por debajo de la línea media definida para este predio.

En cambio, durante el segundo período, el RCSE exhibió una tendencia a aumentar y estabilizarse alrededor de la línea media, ubicándose gran parte de los registros por debajo de su nivel los dos últimos meses del estudio. Las diferencias en el nivel de RCSE entre el primer y segundo período, se reflejan en los promedios correspondientes, cuyos valores alcanzaron a 230.000 y 351.000 cél/ml, respectivamente.

Fig. 61. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 9 durante el período de estudio



5.3.3.2.4. *Factores que explicarían el comportamiento del RCSE*

El propietario del predio no registró nunca información en las bitácoras diarias proporcionadas al comienzo del estudio. Tampoco pudieron concretarse visitas a su predio, ni entrevistas personales.

Sin embargo, durante el estudio este productor solicitó asesoría, debido a los bajos niveles de grasa determinados por la planta en la segunda quincena de octubre y la primera de noviembre, período que coincide con una disminución notoria y sostenida del RCSE en el gráfico de control (Fig. 61). A pesar de recibir periódicamente los gráficos de control, éstos no eran revisados por el productor debido a falta de interés y tiempo, por lo que se le explicó detalladamente su interpretación. Estudiando los datos pudo concluirse que los anormalmente bajos niveles de grasa y de RCSE, podrían deberse a la falta de agitación de la leche almacenada en el estanque, con lo cual aumentan tanto la concentración de grasa como el recuento celular en la capa superior de la leche. Esta situación no reflejaría deficiencias en los muestreos de leche, sino robo de leche de la capa superior del estanque, ya que al poner un candado en él, se normalizaron los niveles de grasa y recuento celular.

Por otra parte, los antecedentes expuestos explicarían la elevada variabilidad y el bajo nivel de recuento celular evidenciados durante el primer período de estudio, generándose de esta manera una tendencia de aumento en el RCSE durante todo el estudio, debido fundamentalmente a los bajos valores determinados en parte del primer período registrado en el gráfico de control.

5.3.3.3. Predio N° 10

5.3.3.3.1. *Descripción estadística del RCSE (RCS y PCS) durante el período de estudio*

A diferencia de los dos predios analizados precedentemente, tanto la mediana como la moda fueron menores a la media de RCSE diaria, la cual alcanzó a 240.340 cél/ml (Cuadro 25), superando levemente el valor correspondiente al total de predios que componen este grupo (Cuadro 8), pero inferior en comparación a las medias obtenidas en los predios N° 4 y 9 (Cuadros 23 y 24).

Dentro de su grupo, este predio mostró una variabilidad relativamente baja del RCSE diario, como lo revelan el valor del CV (23,55%) y, en menor medida, el del rango de variación (334.000 cél/ml).

Cuadro 25. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 10

Parámetro	RCSE (cél/ml)	PCS
Media	240.340	2,43
Mediana	228.000	2,40
Moda	209.000	2,35
Desviación estándar	56.610	0,15
Coficiente de Variación (%)	23,55	5,99
Rango	334.000	0,81
Mínimo	144.000	2,15
Máximo	478.000	2,96
N	195	195

5.3.3.3.2. Análisis de regresión entre RCSE (RCS y PCS) y tiempo

Las Figs. 62 (RCSE) y 63 (PCS), muestran la relación positiva significativa de ambas variables con el tiempo de análisis.

Durante los 6 meses de estudio, puede estimarse que este predio experimentó un alza de 78.195 cél/ml en su recuento celular, desde 200.000 a 278.195 cél/ml.

Aún cuando el recuento celular diario aumentó con el transcurso del estudio, la media de 240.340 cél/ml resultó algo más baja que el promedio aritmético de 270.000 cél/ml, determinado en las 6 quincenas anteriores a su inicio (Cuadro7). Sin embargo, al análisis del gráfico de control, permitió comprobar claramente que la diferencia en el nivel de recuento celular respecto al período previo al inicio del estudio, fue mucho más evidente durante la primera mitad el mismo.

Fig. 62. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 10

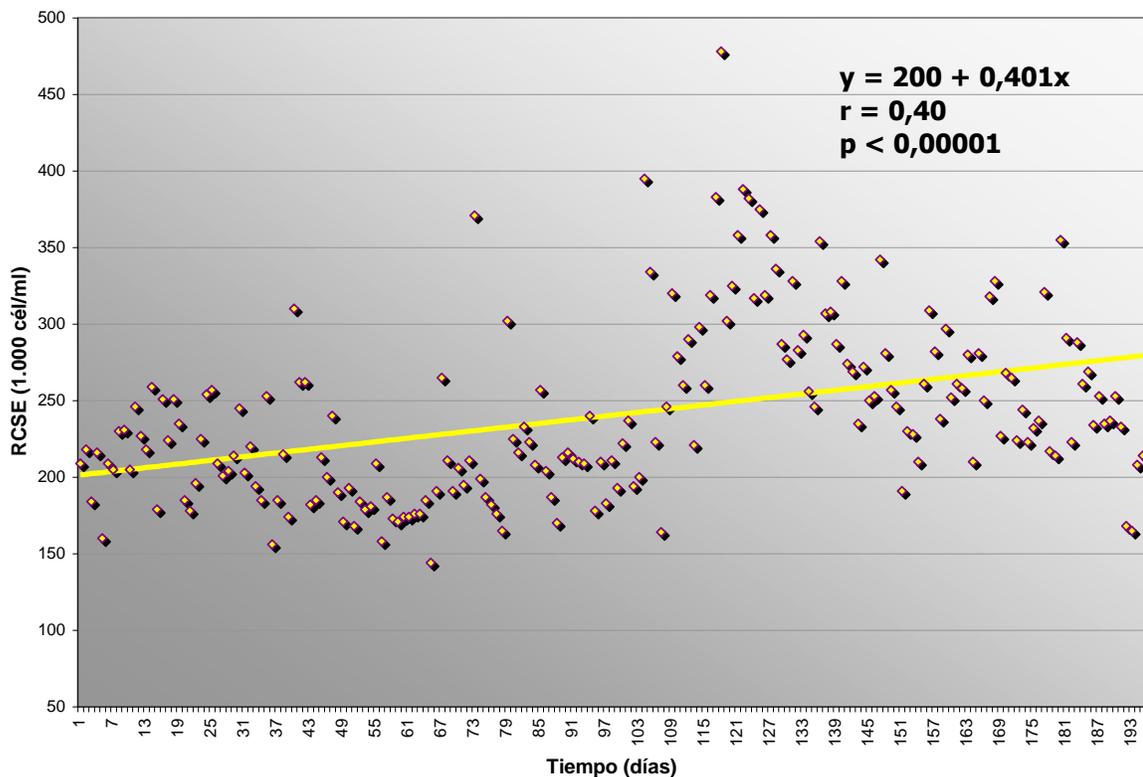
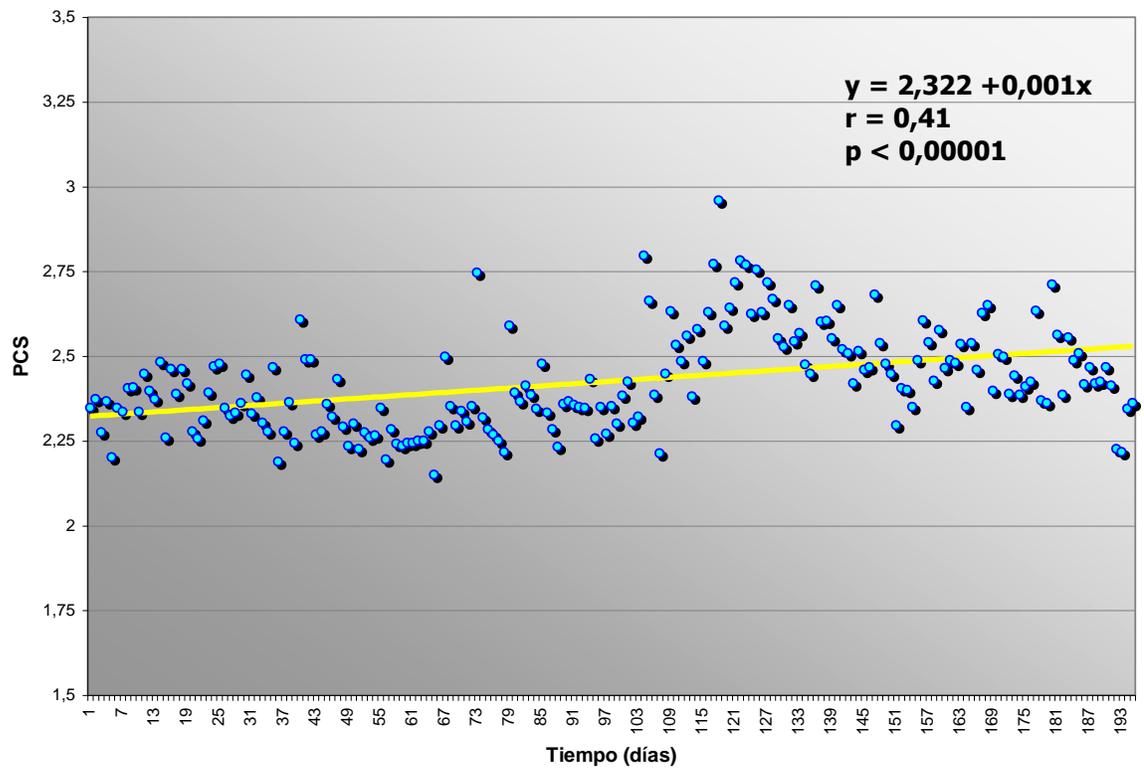


Fig. 63. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 10



5.3.3.3.3. *Análisis del gráfico de control de RCSE*

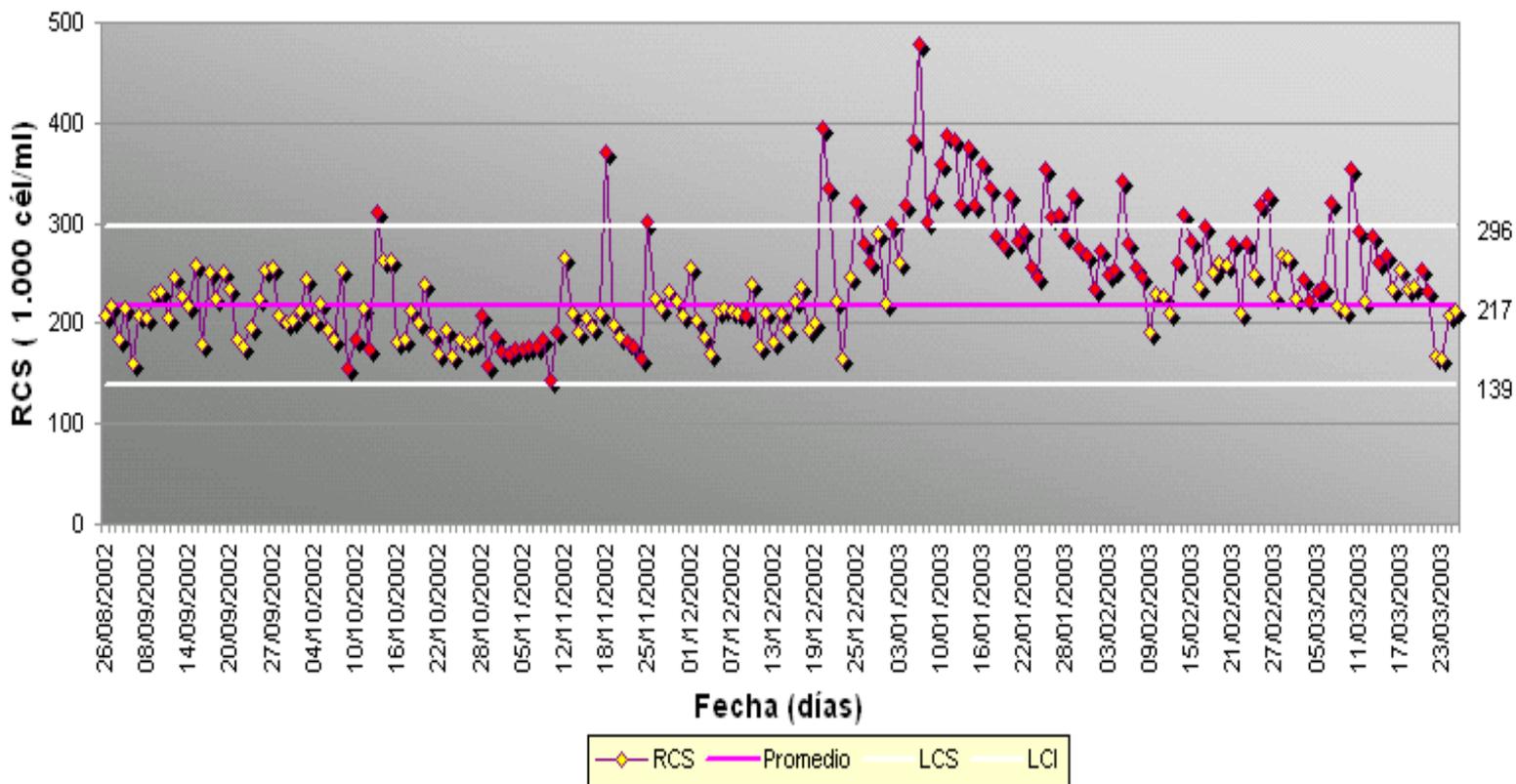
El gráfico de control de este predio muestra dos períodos muy diferentes en el comportamiento del RCSE diario (Fig. 64).

El primero de ellos se extiende hasta el 19 de diciembre y en él se observa que, aún cuando se verifican algunas salidas de control, los registros de RCSE se ubican generalmente dentro de los márgenes establecidos por los LCS y LCI, para concentrarse en la segunda mitad del período alrededor de la media.

El segundo período presenta una mayor variabilidad de los recuentos celulares y se caracteriza en un inicio por un franco aumento del nivel de RCSE, sobrepasando muchos de los registros el LCS, para ubicarse posteriormente la mayoría de los registros entre el LCS y la línea media.

Los promedios de aproximadamente 200.000 cél/ml (período 1) y 300.000 cél/ml (período 2), indican las diferencias en los niveles de recuento entre ambos períodos.

Fig. 64. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 10 durante el período de estudio



5.3.3.3.4. *Factores que explicarían el comportamiento del RCSE*

El administrador de este predio hizo entrega de las bitácoras diarias correspondientes a todo el período de estudio. Sin embargo, la información contenida en ellas no permitió analizar posibles relaciones entre variaciones en el RCSE y cambios de manejo o factores específicos.

Tampoco fue posible coordinar visitas al predio u obtener información a través de entrevistas personales con el administrador.

5.3.3.4. Predio N° 13

5.3.3.4.1. *Descripción estadística del RCSE (RCS y PCS) durante el período de estudio*

La media de recuento celular diario para todo el estudio fue 186.920 cél/ml (Cuadro 26), siendo de esta manera menor a la determinada para el conjunto de predios en que aumentó el RCSE (Cuadro 8) y en comparación a las obtenidas en los predios N° 4, 9 y 10 (Cuadros 23, 24 y 25). La mediana y la moda presentaron valores similares al de la media.

Esto último es consistente con la baja variabilidad que exhibieron los recuentos celulares durante el estudio. El CV de 17,88% fue el valor más bajo entre los predios de este grupo, exhibiendo también uno de los menores rangos de variación (204.000 cél/ml).

Cuadro 26. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 13

Parámetro	RCSE (cél/ml)	PCS
Media	186.920	2,28
Mediana	183.500	2,27
Moda	194.000	2,30
Desviación estándar	33.430	0,10
Coefficiente de Variación (%)	17,88	4,24
Rango	204.000	0,57
Mínimo	117.000	2,06
Máximo	321.000	2,63
n	194	194

5.3.3.4.2. Análisis de regresión entre RCSE (RCS y PCS) y tiempo

En las Figs. 65 y 66 se observan las relaciones positivas significativas, establecidas para el predio N° 13 entre las variables RCSE y PCS con el tiempo, respectivamente.

Basado en la ecuación de regresión correspondiente, el nivel del RCSE de este predio se habría incrementado durante el estudio en aproximadamente 28.000 cél/ml, desde 172.000 a aproximadamente 200.000 cél/ml. Dicho incremento, fue el más bajo entre todos los predios en que se verificó un aumento del RCSE durante el estudio.

Esto último explicaría en parte que pese al aumento del recuento celular, la media de 186.920 cél/ml determinada para todo el período de estudio, haya resultado similar al promedio aritmético de 196.000 cél/ml, correspondiente a las 6 quincenas anteriores a su inicio (Cuadro7).

Fig. 65. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 13

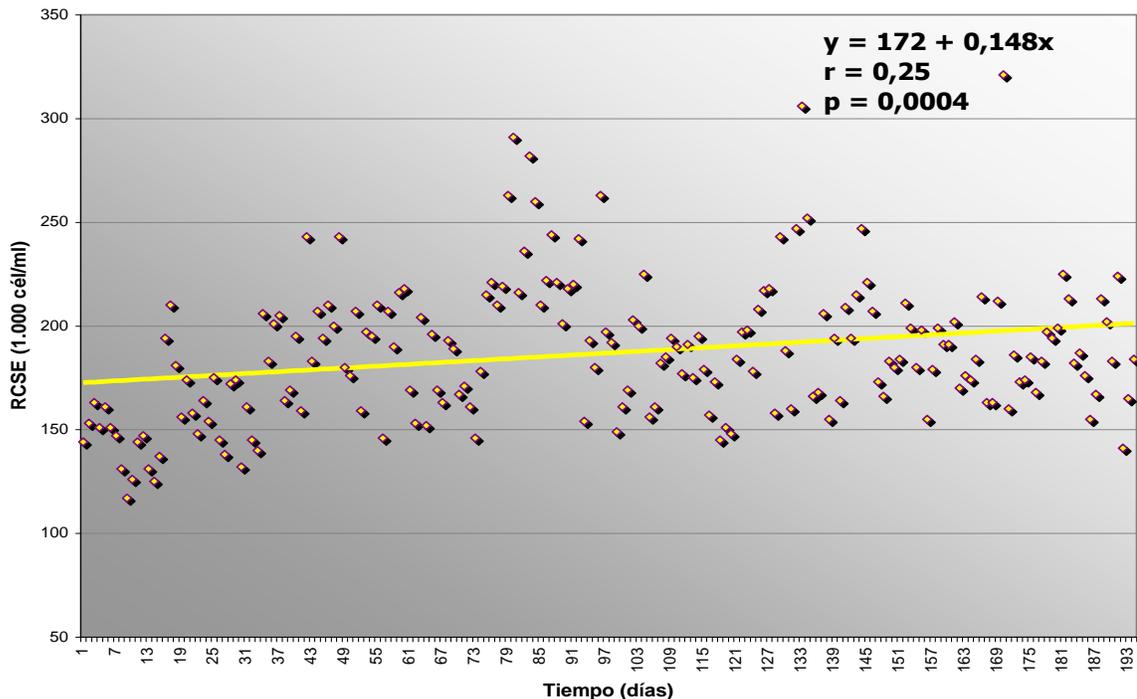
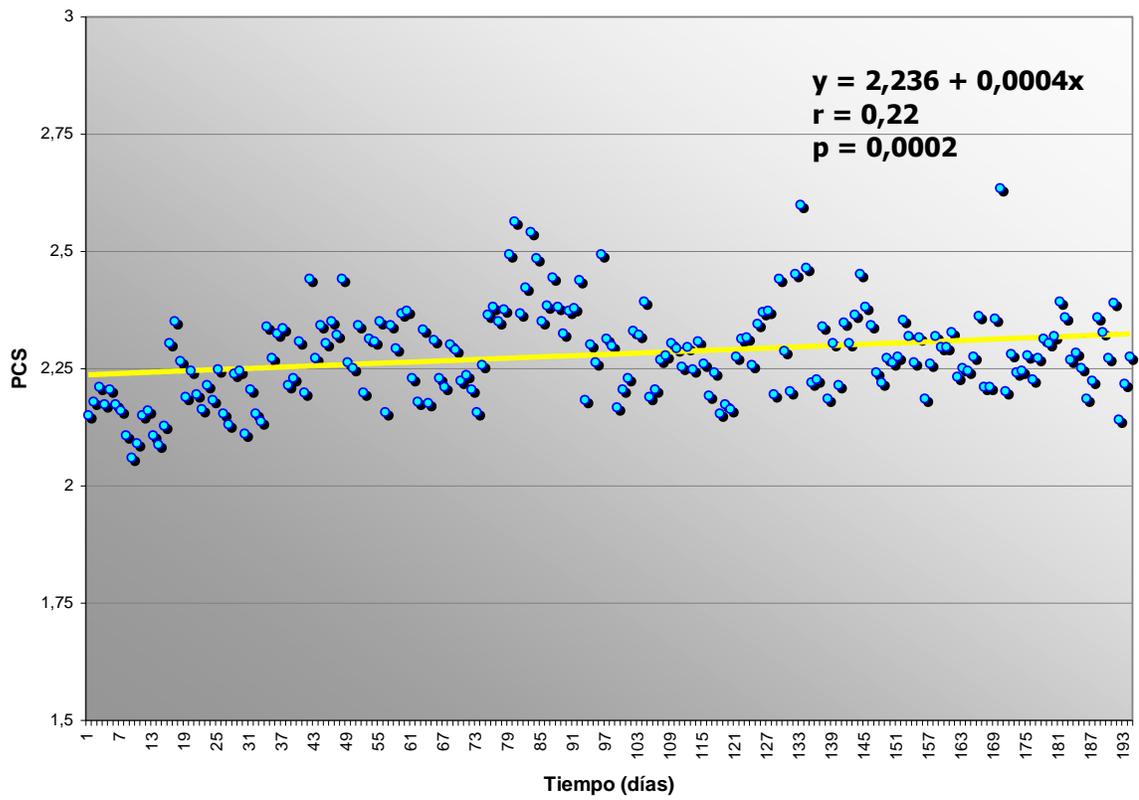


Fig. 66. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 13



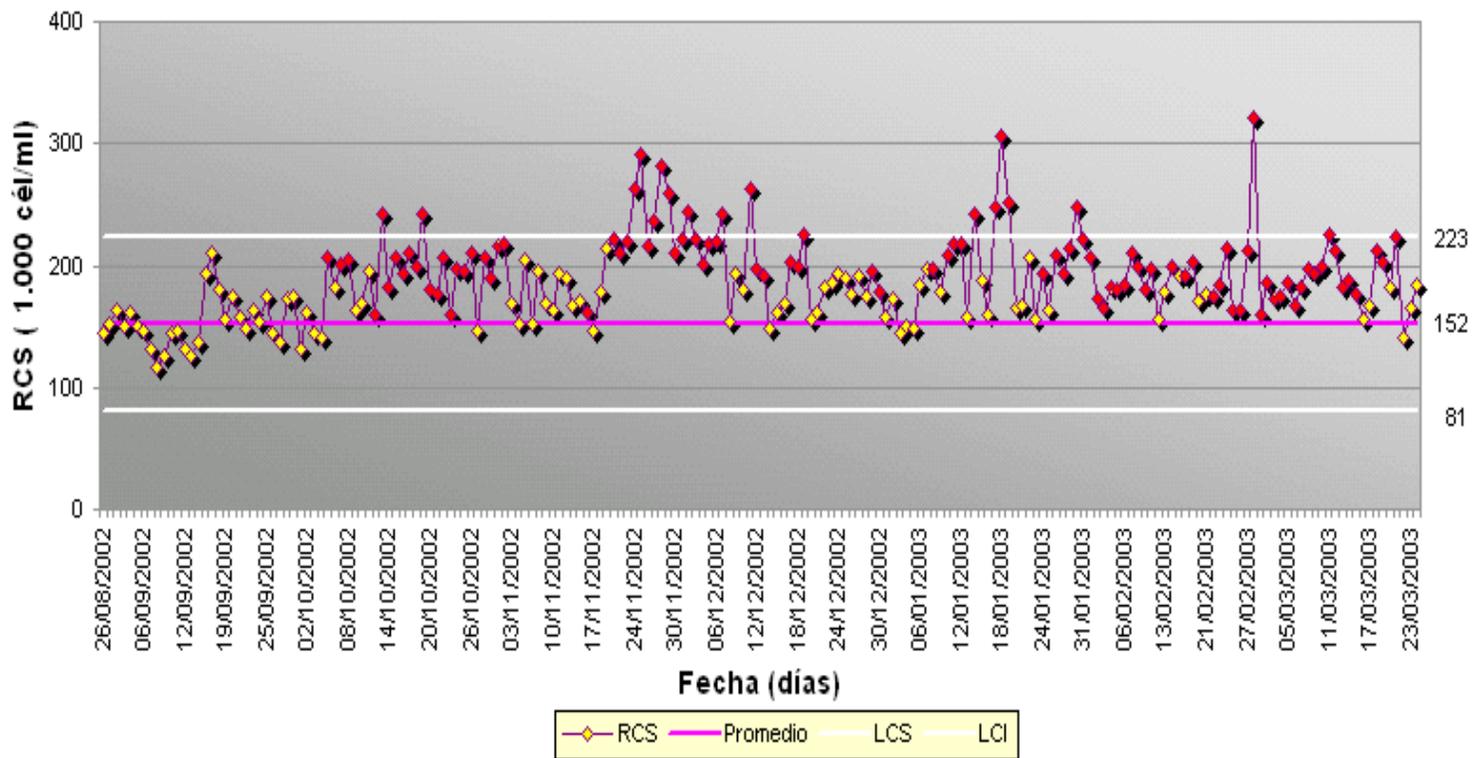
5.3.3.4.3. *Análisis del gráfico de control de RCSE*

Como se observa en la Fig. 67, en el gráfico de control de este predio es posible distinguir dos períodos.

Durante el primero de ellos, que se extiende hasta la primera quincena de noviembre (18 de noviembre), hubo un aumento gradual del nivel del RCSE en el tiempo, comenzando este período con los registros próximos a la línea media, para luego sobrepasar o acercarse al LCS. Esta alza se hizo significativa de acuerdo con las reglas de interpretación de los gráficos de control, en la segunda mitad del período descrito. El promedio correspondiente al primer período alcanzó a 171.932 cél/ml.

En el segundo período el nivel del RCSE tendió a estabilizarse transitoriamente en valores cercanos al LCS, encontrándose posteriormente la mayor parte de los registros entre la línea media y el LCS. En algunas ocasiones los registros superaron ampliamente el LCS, pero la media de este período aumentó sólo levemente en comparación al anterior, determinándose un valor de 196.167 cél/ml.

Fig. 67. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 13 durante el período de estudio



5.3.3.4.4. Factores que explicarían el comportamiento del RCSE

Se recibió las bitácoras diarias correspondientes a los meses de septiembre, octubre, noviembre, la primera quincena de diciembre y la primera veintena de enero.

Como en otros casos, éstas contenían escasa información que se pueda asociar eventualmente con alzas o bajas significativas del RCSE detectadas por el gráfico de control.

El día 04 de septiembre se registró desvío del estanque de la leche proveniente de las vacas con altos recuentos celulares, el cual podría haberse reflejado en una tendencia de descenso del RCSE en los días posteriores, pero no pudo establecerse claramente el efecto de este manejo sobre los recuentos celulares, dado que dicha disminución no se mantuvo en el transcurso del tiempo.

En la Fig. 67 se observa un alza significativa del RCSE el 05 de octubre, día en que se registró en las bitácoras la entrada casual al estanque de leche proveniente de una vaca con alto recuento. Sin embargo, no se puede afirmar que ésta sea la causa del mayor nivel de recuento celular, que caracteriza al período inmediatamente posterior.

El 18 de noviembre se registra que el equipo de ordeña presentó algunas fallas de funcionamiento (problemas de turbulencia y un retirador defectuoso que no realizaba el retirado de la unidad en forma automática). A partir de este día, en el gráfico de control se puede observar una fase de alza del RCSE, llegando algunos registros a superar el LCS. Sin embargo, no es posible establece una probable relación de causalidad entre este tipo de fallas del equipo y el aumento del recuento celular.

También se anotó en las bitácoras, un incremento del número de animales positivos al examen de fondo oscuro y al CMT, a partir de fines del mes de

noviembre, que podrían reflejar un aumento en las tasas de neoinfecciones intramamarias, cuyas causas no se pudo determinar, pero que contribuirían a explicar el comportamiento del RCSE de este predio.

5.3.3.5. Predio N° 15

5.3.3.5.1. *Descripción estadística del RCSE (RCS y PCS) durante el período de estudio*

El predio N° 15 presentó la media de RCSE diario más baja (173.960 cél/ml), (Cuadro 27), entre aquellos en que se observó un aumento del recuento durante el estudio (Cuadro 8). La mediana exhibió un valor similar al de la media, pero la moda fue bastante menor, lo que reflejaría el la influencia de algunos recuentos diarios muy elevados sobre la media del período de estudio.

Pese a esto último, tanto el CV (21,83%), como el rango de variación (275.000 cél/ml) presentaron valores relativamente bajos dentro de este grupo de predios.

Cuadro 27. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 15

Parámetro	RCSE (cél/ml)	PCS
Media	173.960	2,24
Mediana	170.500	2,23
Moda	129.000	2,10
Desviación estándar	37.980	0,11
Coficiente de Variación (%)	21,83	4,98
Rango	275.000	0,75
Mínimo	104.000	2,01
Máximo	379.000	2,76
N	196	196

5.3.3.5.2. Análisis de regresión entre RCSE (RCS y PCS) y tiempo

La regresión entre el RCSE y el tiempo (Fig. 68), así como entre el PCS y el tiempo (Fig. 69), muestran un incremento significativo del recuento celular con el transcurso del tiempo.

Durante los 6 meses de estudio, el aumento del recuento celular estimado para este predio fue de 38.808 cél/ml, desde 154.000 a 192.808 cél/ml.

Debido a lo moderado que resultó este incremento, la media determinada para todo el estudio (173.960 cél/ml), resultó algo menor que el promedio aritmético de 193.000 cél/ml, obtenido para las 6 quincenas previas a su inicio (Cuadro 7).

Fig. 68. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 15

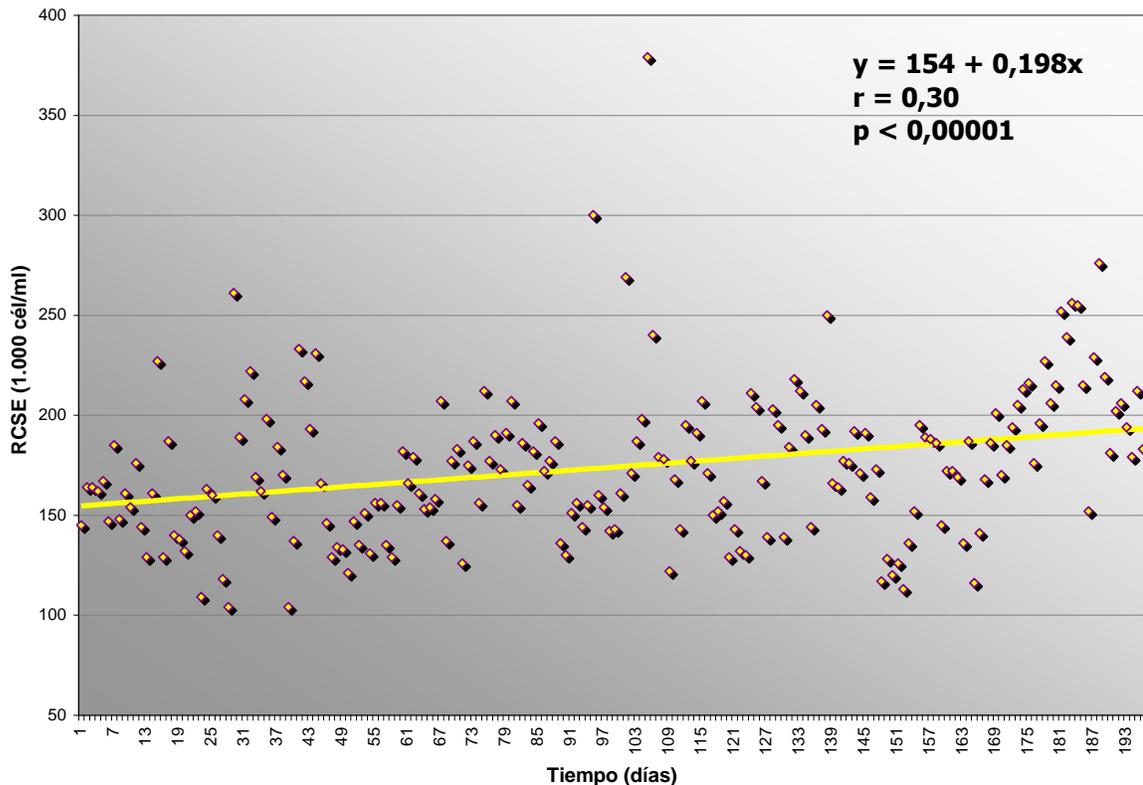
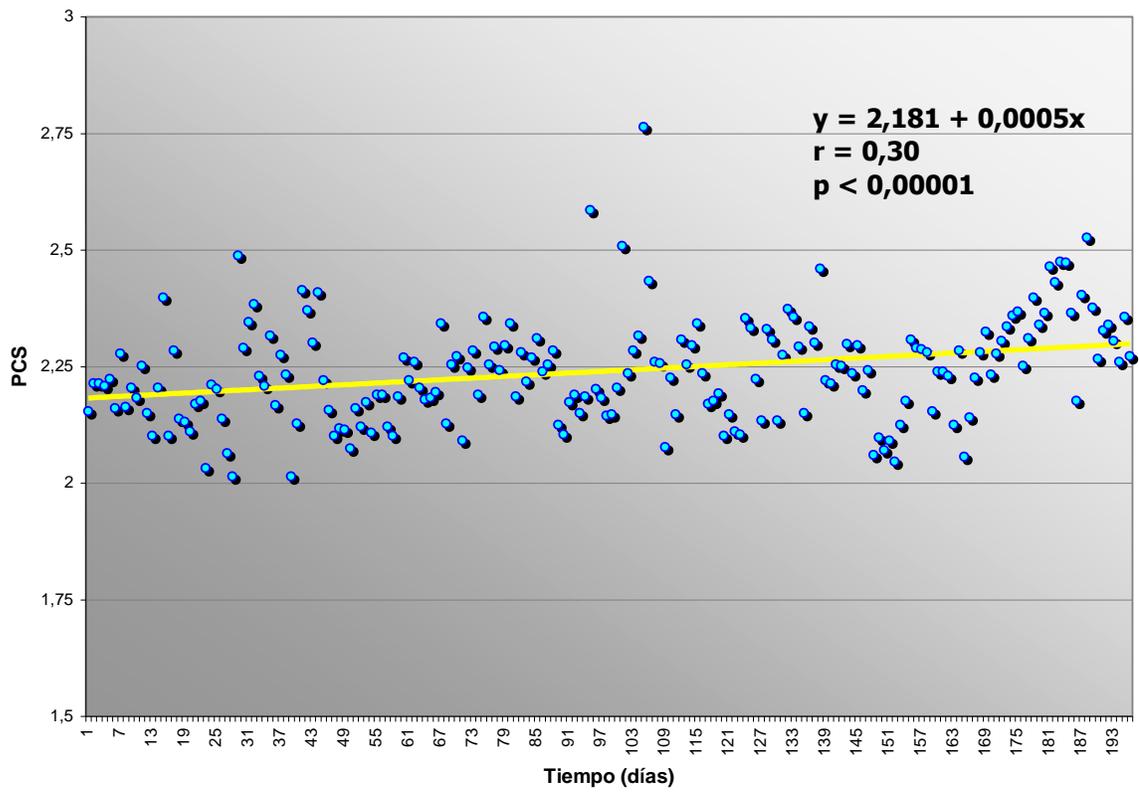


Fig. 69. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 15



5.3.3.5.3. *Análisis del gráfico de control de RCSE*

En el gráfico de control de este predio, es posible distinguir cuatro períodos con un comportamiento distinto del RCSE (Fig.70).

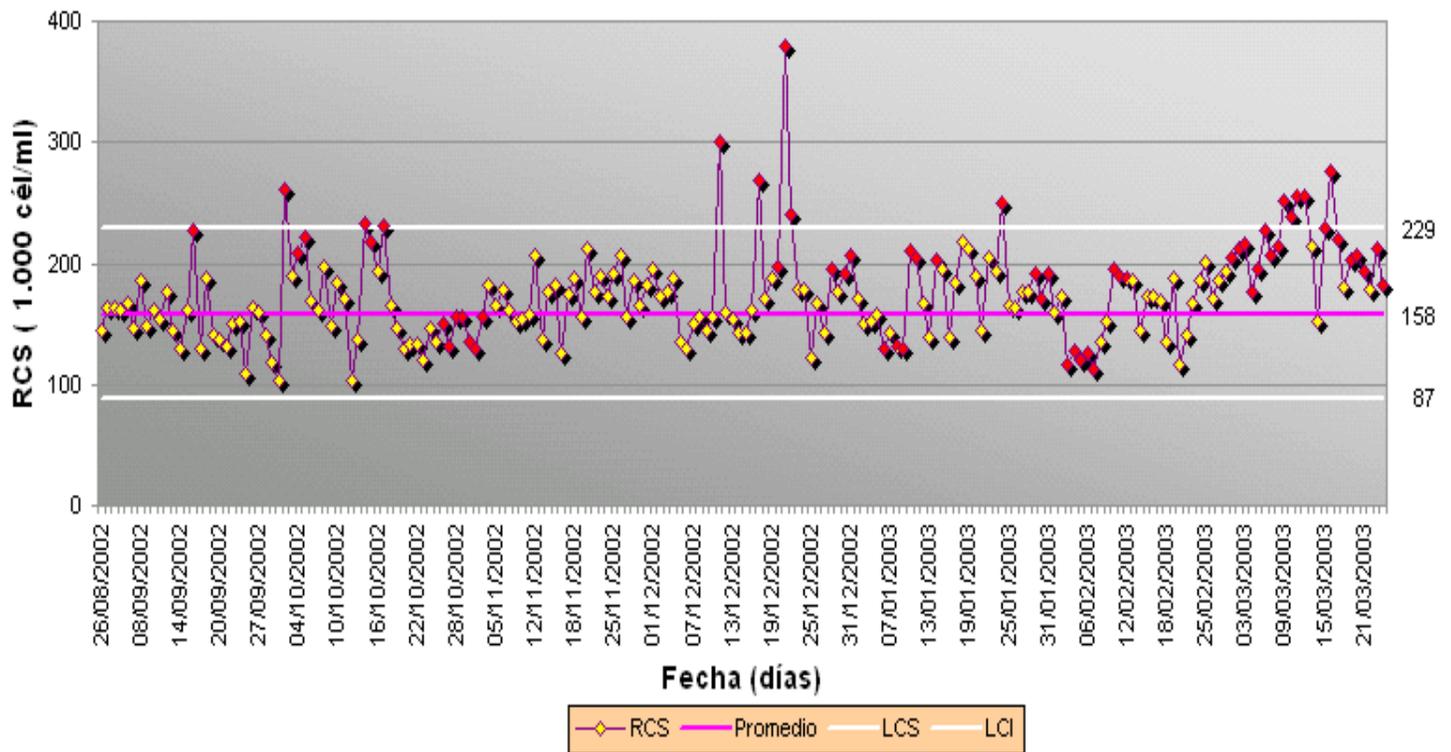
El primero de ellos se extiende hasta la primera quincena de octubre (19 de octubre) y en él se observa un RCSE variable dentro de los límites de control establecidos para el predio, siendo la media del período 165.109 cél/ml. En ocasiones se observan salidas de control significativas del RCSE, con varios puntos por encima del LCS.

En el segundo período, que se extiende hasta principios de diciembre (04 de diciembre), se puede apreciar una disminución importante de la variabilidad del RCSE. Este período comienza con una disminución significativa del nivel del RCSE, ya que una serie de registros se ubica sucesivamente bajo la línea media, aumentando luego paulatinamente hasta sobrepasar el nivel de la línea media, pero sin salirse del límite de control. El promedio se mantuvo en un valor muy cercano al determinado para el período anterior.

Durante el tercer período, el cual se prolonga hasta inicios de febrero (02 de febrero), se pueden observar varias salidas de control del RCSE, cuyo promedio aumentó levemente comparado con los períodos anteriores (178.356 cél/ml), dado que predominan los registros que denotan alzas significativas, algunas de las cuales sobrepasan el LCS.

El último período, está caracterizado por una tendencia más definida de aumento en el nivel del recuento celular, la cual se hace significativa en la mitad del período, sobrepasando incluso el LCS. El promedio de este período indica un leve aumento del recuento respecto del período anterior, determinándose un valor de 185.633 cél/ml.

Fig. 70. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 15 durante el período de estudio



5.3.3.5.4. *Factores que explicarían el comportamiento del RCSE*

El propietario de este predio hizo entrega de muy pocas bitácoras diarias, disponiéndose finalmente sólo de la información correspondiente al mes de septiembre y la primera quincena de octubre. La información recopilada además fue muy escasa y no permitió analizar alguna posible relación con los cambios que experimentó el recuento celular.

Se registró reemplazos del personal de ordeña entre los días 23 y 28 de septiembre, y 01 y 05 de octubre, coincidiendo en ambas ocasiones con alzas del RCSE en el gráfico de control.

5.3.3.6. Predio N° 16

5.3.3.6.1. *Descripción estadística del RCSE (RCS y PCS) durante el período de estudio*

La media de RCSE diario para los 6 meses de estudio fue de 197.020 cél/ml (Cuadro 28), valor menor a la media determinada para el grupo de predios en que aumentó el recuento celular durante el estudio (Cuadro 8). La mediana resultó similar a la media, pero la moda la superó levemente, mostrando de esta manera un comportamiento distinto al observado para estos predios como grupo y la influencia que pueden ejercer los altos recuentos diarios sobre la media del período.

El CV de 25,67 % y el rango de variación de 266.000 cél/ml, indicarían una mediana variabilidad del RCSE, en comparación a lo observado en otros predios que componen este grupo.

Cuadro 28. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 16

Parámetro	RCSE (cél/ml)	PCS
Media	197.020	2,31
Mediana	196.000	2,31
Moda	226.000	2,40
Desviación estándar	50.580	0,14
Coeficiente de Variación (%)	25,67	6,26
Rango	266.000	0,74
Mínimo	99.000	2,00
Máximo	365.000	2,73
n	171	171

5.3.3.6.2. Análisis de regresión entre RCSE (RCS y PCS) y tiempo

Las Figs. 71 y 72 presentan las regresiones del RCSE y PCS respecto al tiempo de análisis, ilustrando ambas la relación positiva significativa establecida con el tiempo.

El nivel de incremento del RCSE de este predio durante el período de estudio, puede estimarse en aproximadamente 100.000 cél/ml, ascendiendo desde un recuento inicial de 146.000 cél/ml a uno final de 245.846 cél/ml. La magnitud de este aumento situaría al predio N° 16, junto a los predios N° 4 y 9, entre los que mostraron un mayor incremento del RCSE durante el estudio.

No obstante el aumento que exhibió el recuento celular, la media de 197.020 cél/ml obtenida para todo el estudio resultó solo un poco mayor que el promedio aritmético de 189.000 cél/ml, correspondiente a las 6 quincenas previas a su inicio (Cuadro7).

Fig. 71. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 16

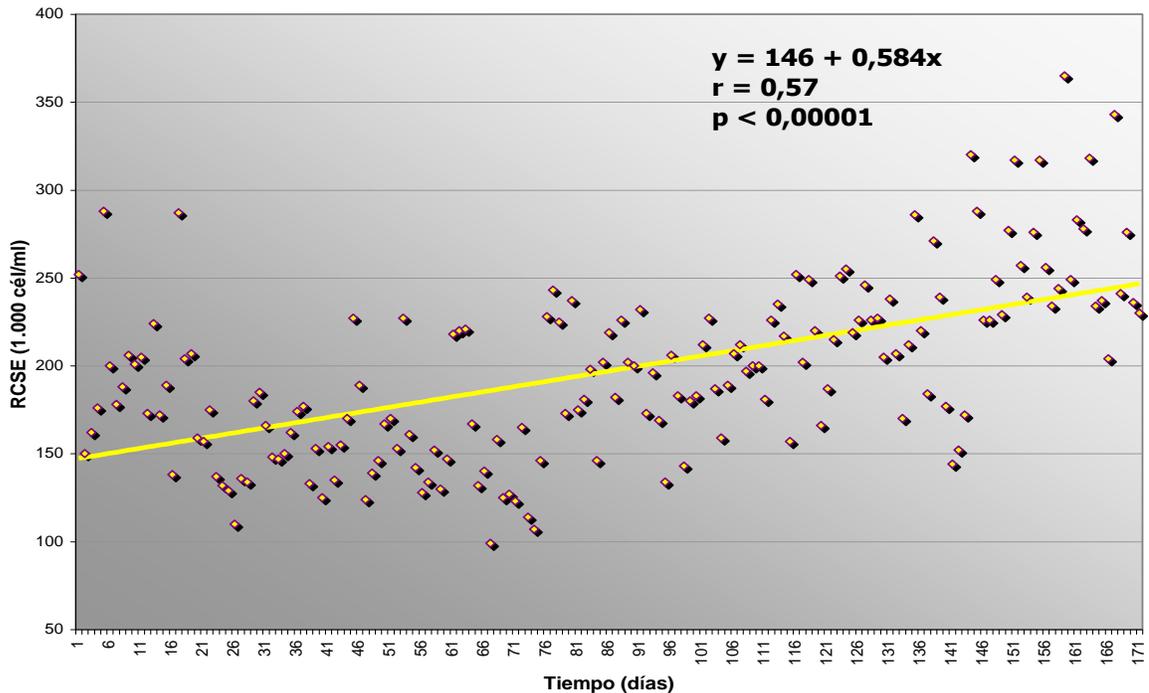
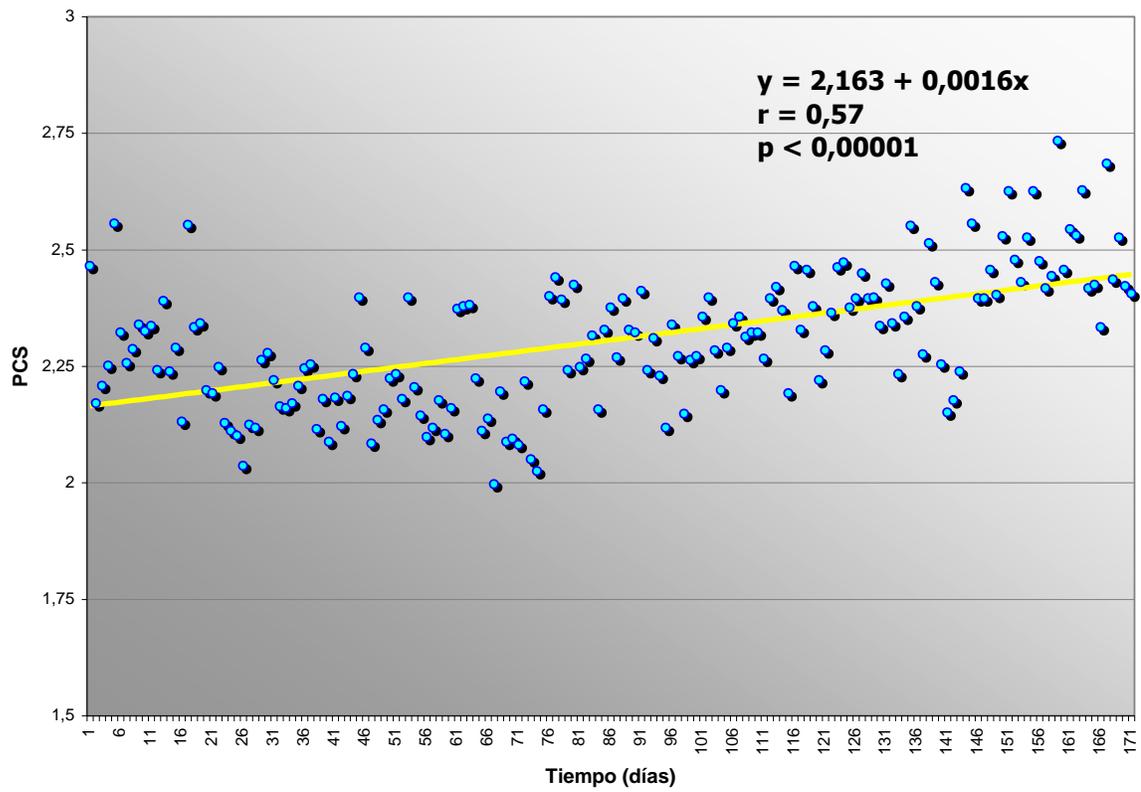


Fig. 72. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 16



5.3.3.6.3. *Análisis del gráfico de control de RCSE*

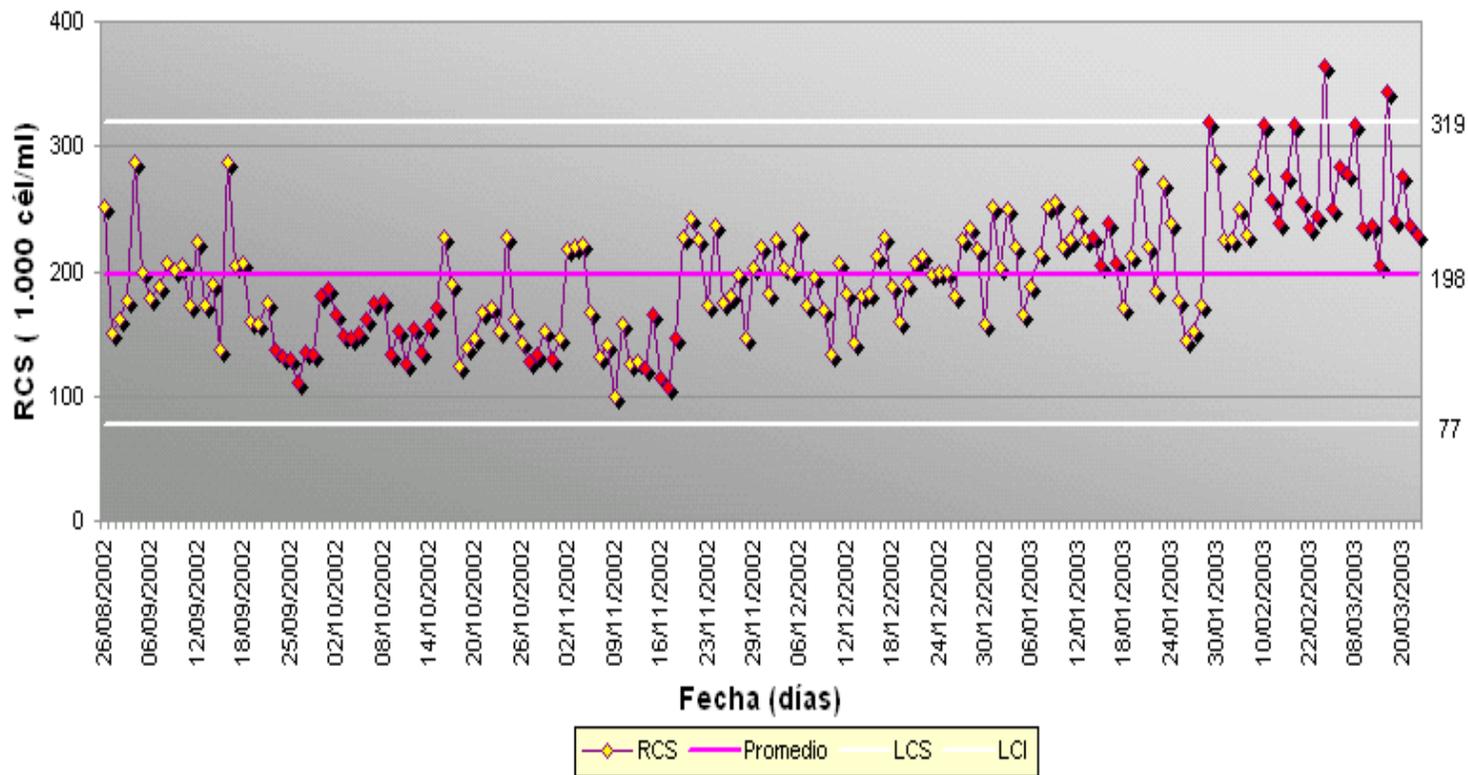
En el gráfico de control de RCSE de este predio, que resultó consistente con el análisis de regresión, es posible distinguir tres períodos (Fig. 73).

El primero se extiende hasta la segunda quincena de noviembre (18 de noviembre) y presentó un promedio de 165.080 cél/ml. Se caracteriza por un RCSE variable, pero dentro de los límites de control, con una tendencia a disminución, como se desprende de la gran cantidad de registros ubicados por debajo de la línea media, acercándose algunos al LCI.

En el segundo período, que se prolonga hasta finales de diciembre (26 de diciembre), el nivel del RCSE aumenta para alcanzar valores mayores y menores al de la línea media, manteniéndose los registros muy próximos a ella. En este período el promedio de recuento aumentó levemente en relación al período previo, alcanzando un valor de 194.639 cél/ml.

El último período se caracteriza por un aumento paulatino pero constante del RCSE, cuyos registros se acercan cada vez más al LCS a medida que transcurre el tiempo, superándolo en ocasiones. El promedio correspondiente a este período (238.367 cél/ml), indica un aumento importante del RCSE respecto al período previo.

Fig. 73. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 16 durante el período de estudio



5.3.3.6.4. *Factores que explicarían el comportamiento del RCSE*

El propietario del predio hizo entrega de gran parte de las bitácoras diarias, pero no se dispuso de esta información para la última semana de septiembre, octubre, la primera quincena de noviembre y la primera veintena de diciembre.

La información registrada en ellas, sólo sugeriría una posible asociación entre el aumento de la disponibilidad de praderas (18 de octubre), con una tendencia de descenso del recuento celular de aproximadamente un mes de duración; aunque no fue posible determinar si ellos correspondería a un efecto de dilución celular, asociado a un incremento en la producción de leche o un aumento en la proporción de vacas en etapas tempranas de lactancia.

5.3.3.7. Predio N° 20

5.3.3.7.1. *Descripción estadística del RCSE (RCS y PCS) durante el período de estudio*

Como se observa en el cuadro 29, la media de recuento celular diario para todo el período de estudio fue 221.840 cél/ml, valor similar al de la media del grupo de predios que mostraron un aumento del recuento celular (Cuadro 8). Al igual que en la descripción estadística de su grupo, la mediana y la moda presentaron valores menores que el de la media.

El CV del RCSE de este predio alcanzó un valor relativamente bajo dentro de su grupo (21,14%), lo que también ocurrió para el rango de variación (242.000 cél/ml).

Cuadro 29. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 20

Parámetro	RCSE (cél/ml)	PCS
Media	221.840	2,38
Mediana	214.000	2,36
Moda	203.000	2,33
Desviación estándar	46.900	0,13
Coefficiente de Variación (%)	21,14	5,34
Rango	242.000	0,64
Mínimo	134.000	2,12
Máximo	376.000	2,76
n	197	197,00

5.3.3.7.2. Análisis de regresión entre RCSE (RCS y PCS) y tiempo

Las Figs. 74 (RCSE) y 75 (PCS), muestran la relación positiva significativa de ambas variables con el tiempo de análisis, para todo el período de estudio.

El aumento estimado para el RCSE de este predio alcanzó un valor de 54.175 cél/ml, desde un nivel inicial 194.000 cél/ml a uno final de 248.175 cél/ml. La media de 221.840 cél/ml obtenida para todo el estudio, denotaría también un incremento del recuento celular, respecto al promedio aritmético de 156.000 cél/ml determinado en las 6 quincenas previas a su inicio (Cuadro 7).

Fig. 74. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 20

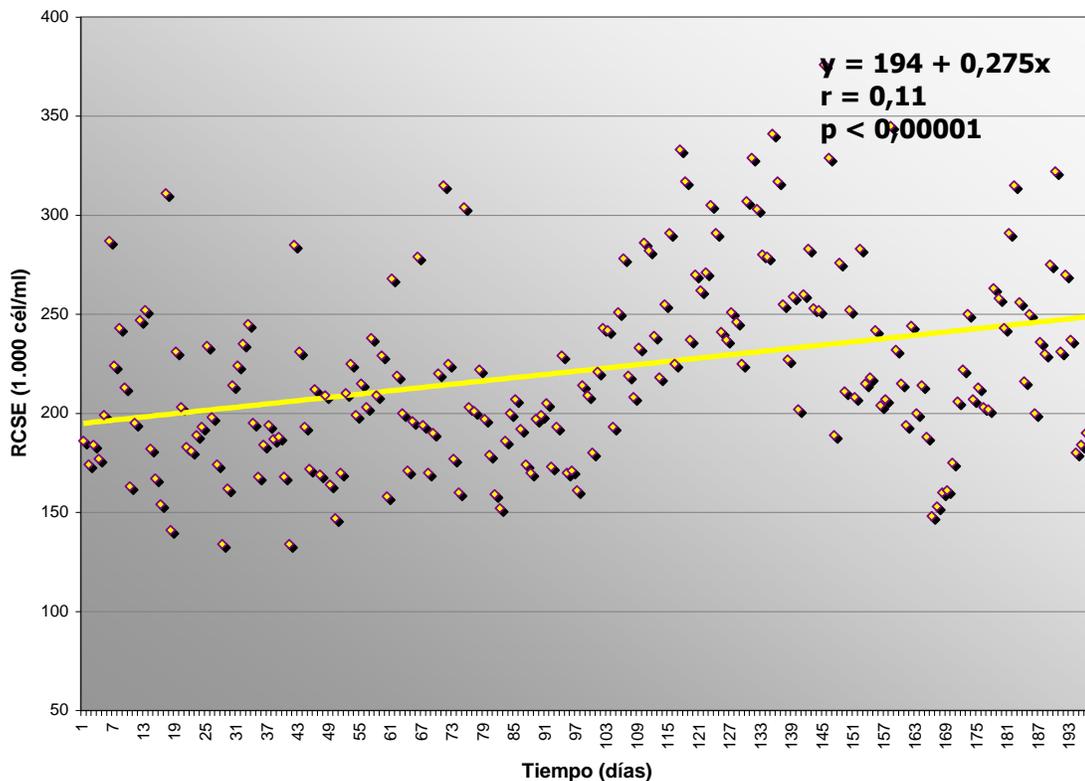
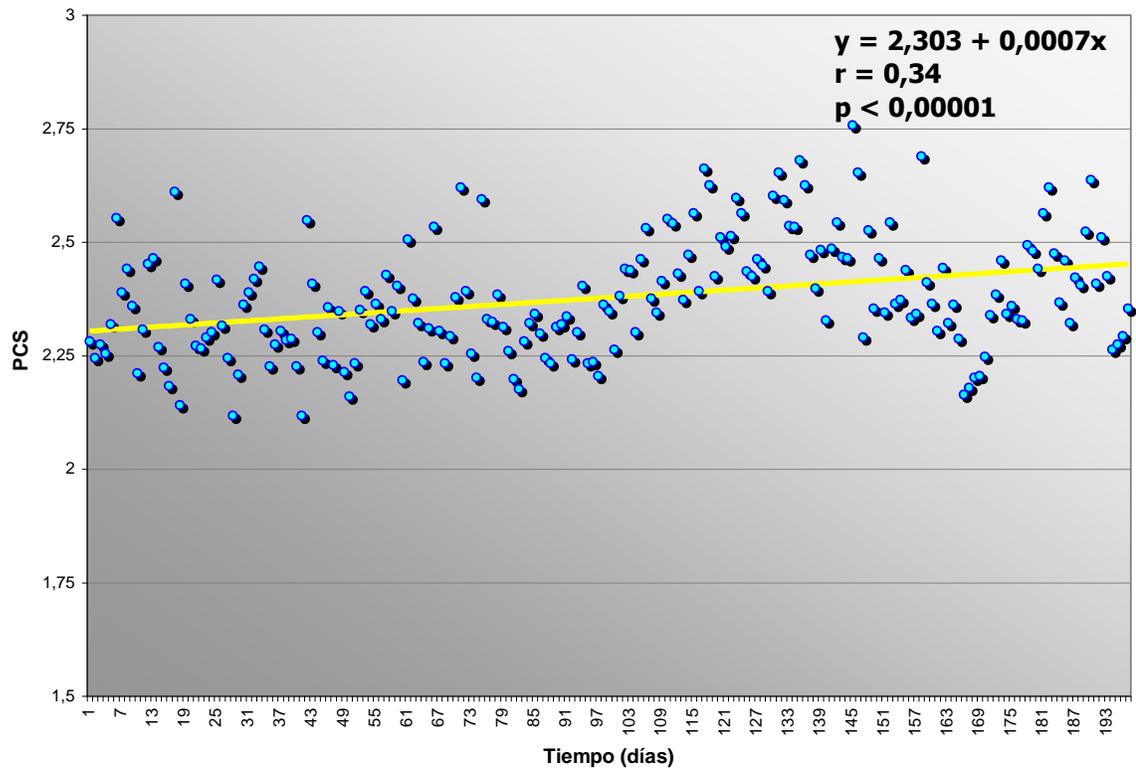


Fig. 75. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 20



5.3.3.7.3. *Análisis del gráfico de control de RCSE*

El gráfico de control de este predio es compatible con el aumento del RCSE determinado en el análisis de regresión, siendo posible distinguir cuatro períodos (Fig. 76).

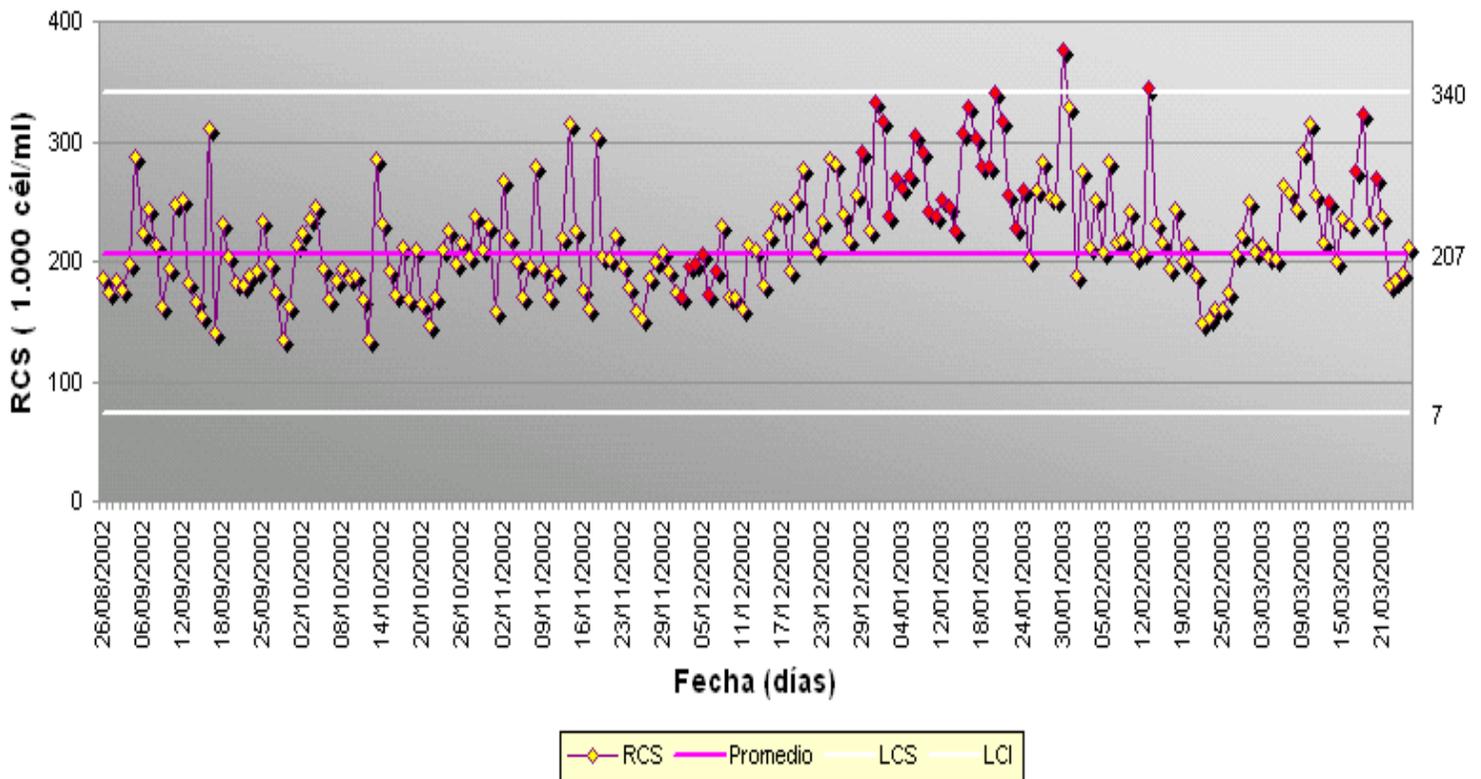
El primero de ellos se extiende hasta la primera quincena de diciembre (13 de diciembre) y en él se observa que los registros de RCSE se mantienen alrededor de la línea media definida para este predio, acercándose ocasionalmente al LCS. El promedio de este período fue de 199.825 cél/ml.

En el segundo período, que abarca hasta el 21 de enero, el RCSE presenta una marcada tendencia de aumento, ubicándose inicialmente los registros bajo la línea media hasta llegar a niveles cercanos al LCS en la segunda mitad del período. Ello se refleja en un mayor promedio de recuento (259.718 cél/ml), en comparación al período anterior.

Durante el tercer período, el nivel del recuento celular muestra una tendencia opuesta, ubicándose algunos registros bajo la línea media. Este período es de duración breve, ya que finaliza el 25 de febrero, y su nivel de recuento no difiere notablemente respecto al período anterior, ya que el promedio alcanzó a 239.367 cél/ml.

El último período se caracteriza por una nueva tendencia de aumento del RCSE, ubicándose la mayoría de los registros entre la línea media y el LCS, a pesar de los cual el promedio de este período disminuye levemente (226.129 cél/ml).

Fig. 76. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 20 durante el período de estudio



5.3.3.7.4. *Factores que explicarían el comportamiento del RCSE*

Este productor hizo entrega de las bitácoras diarias correspondientes a aproximadamente dos tercios del período de estudio. No se dispuso de información para la última semana de septiembre, octubre, noviembre y la primera veintena de diciembre.

Sin embargo, la información registrada en las bitácoras, no permitió relacionar el comportamiento del RCSE con ninguno de los antecedentes consignados en ellas. Como en varios de los casos en estudio, no pudo materializarse ninguna visita a este predio, ni se logró entrevistar al propietario.

5.3.3.8. Predio N° 21

5.3.3.8.1. *Descripción estadística del RCSE (RCS y PCS) durante el período de estudio*

En el cuadro 30 se observa que la media de RCSE diario para todo el período estudio fue 186.200 cél/ml, menor a la media del grupo de predios que mostraron un incremento del recuento celular (Cuadro 8), obteniéndose valores similares a la media para la mediana y la moda, lo que difiere de la descripción estadística de su grupo.

El CV de 18,65 % demuestra una baja variabilidad del recuento celular, respecto a la determinada en la mayoría de los predios que componen este grupo, exhibiendo el menor rango de variación (182.000 cél/ml), dentro de los predios que componen este grupo, así como entre el total de predios participantes en el estudio.

Cuadro 30. Descripción estadística del RCSE y PCS durante el período de estudio: Predio N° 21

Parámetro	RCSE (cél/ml)	PCS
Media	186.200	2,28
Mediana	185.000	2,28
Moda	189.000	2,29
Desviación estándar	34.740	0,10
Coefficiente de Variación (%)	18,65	4,52
Rango	182.000	0,53
Mínimo	111.000	2,04
Máximo	293.000	2,57
n	191	191,00

5.3.3.8.2. *Análisis de regresión entre RCSE (RCS y PCS) y tiempo*

La Fig. 77 muestra la relación positiva significativa entre el RCSE del predio N° 21 con el tiempo. La Fig. 78 presenta el mismo tipo de relación entre el PCS y el tiempo.

En el transcurso de los 6 meses de estudio, el aumento estimado para el RCSE de este predio alcanzó a 39.199 cél/ml, desde 166.000 a 205.155 cél/ml.

Durante las 6 quincenas previas al comienzo del estudio, este predio presentaba un promedio aritmético de recuento de 142.000 cél/ml (Cuadro 7), mientras que la media correspondiente a todo el estudio alcanzó un valor de 186.200 cél/ml, evidenciándose de esta manera un aumento del RCSE respecto al período previo.

Fig. 77. Recuento de células somáticas de leche de estanque (RCSE) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 21

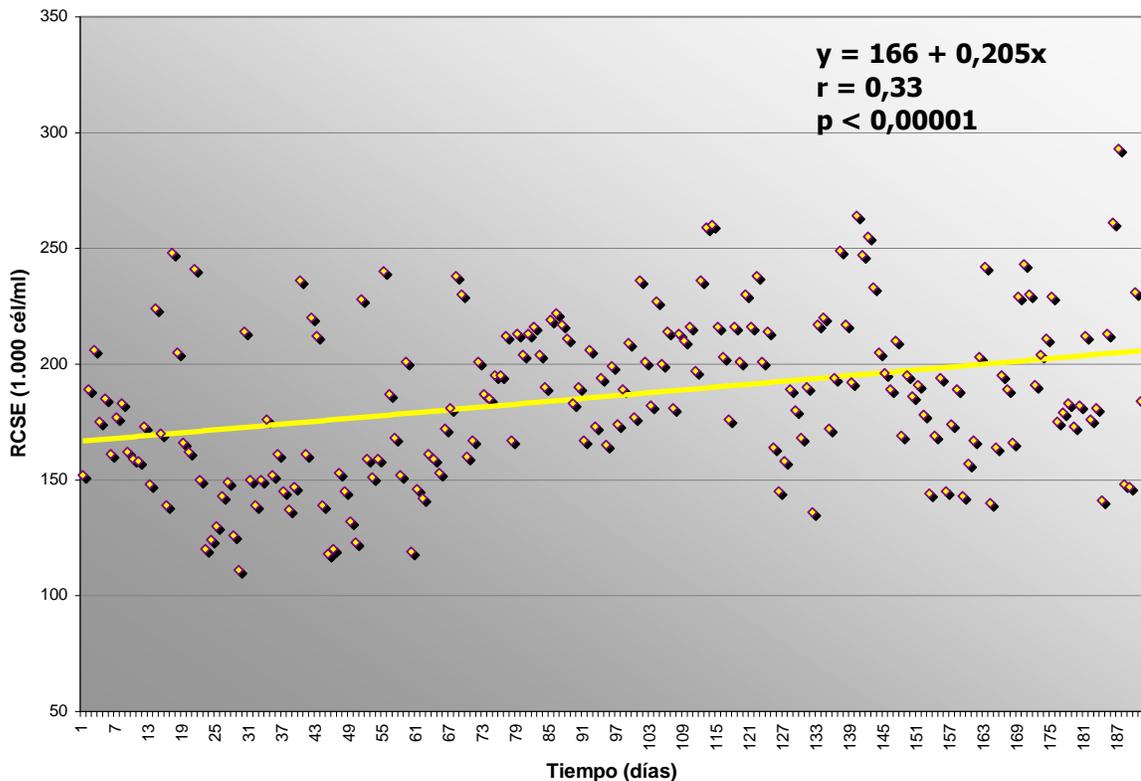
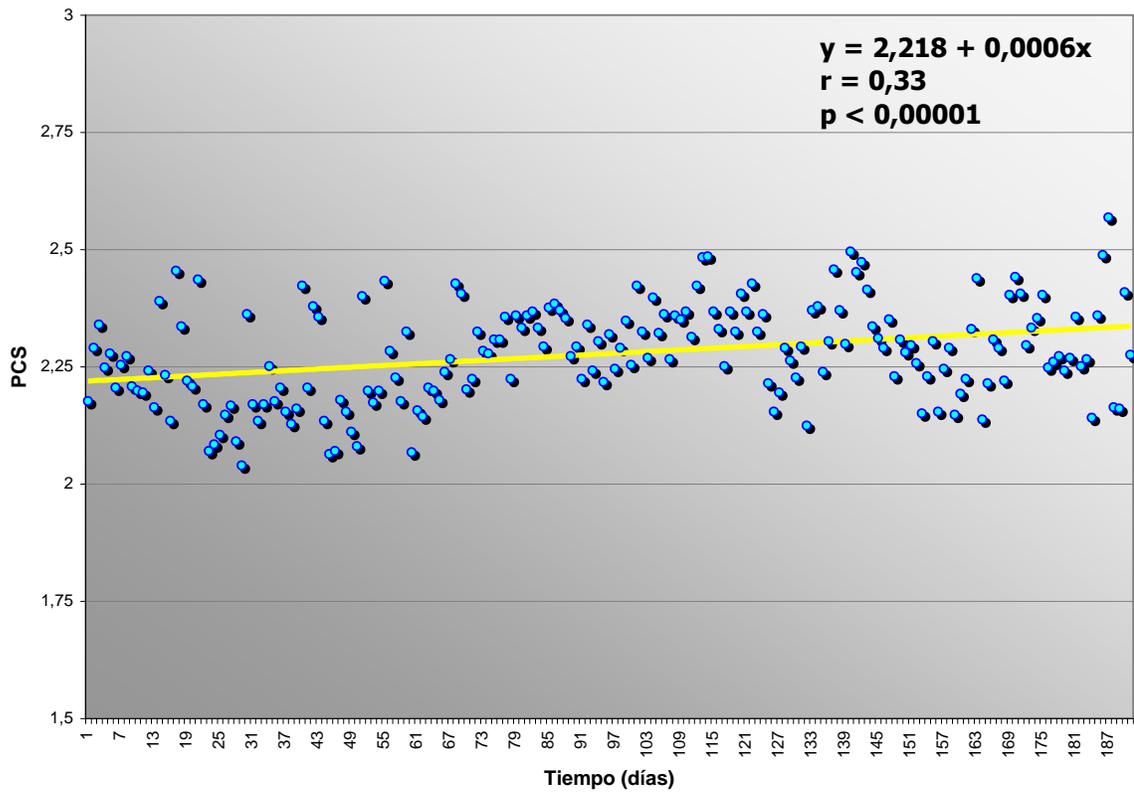


Fig. 78. Puntaje de células somáticas (PCS) y su regresión con el tiempo de análisis, Predio N° 21



5.3.3.8.3. *Análisis del gráfico de control de RCSE*

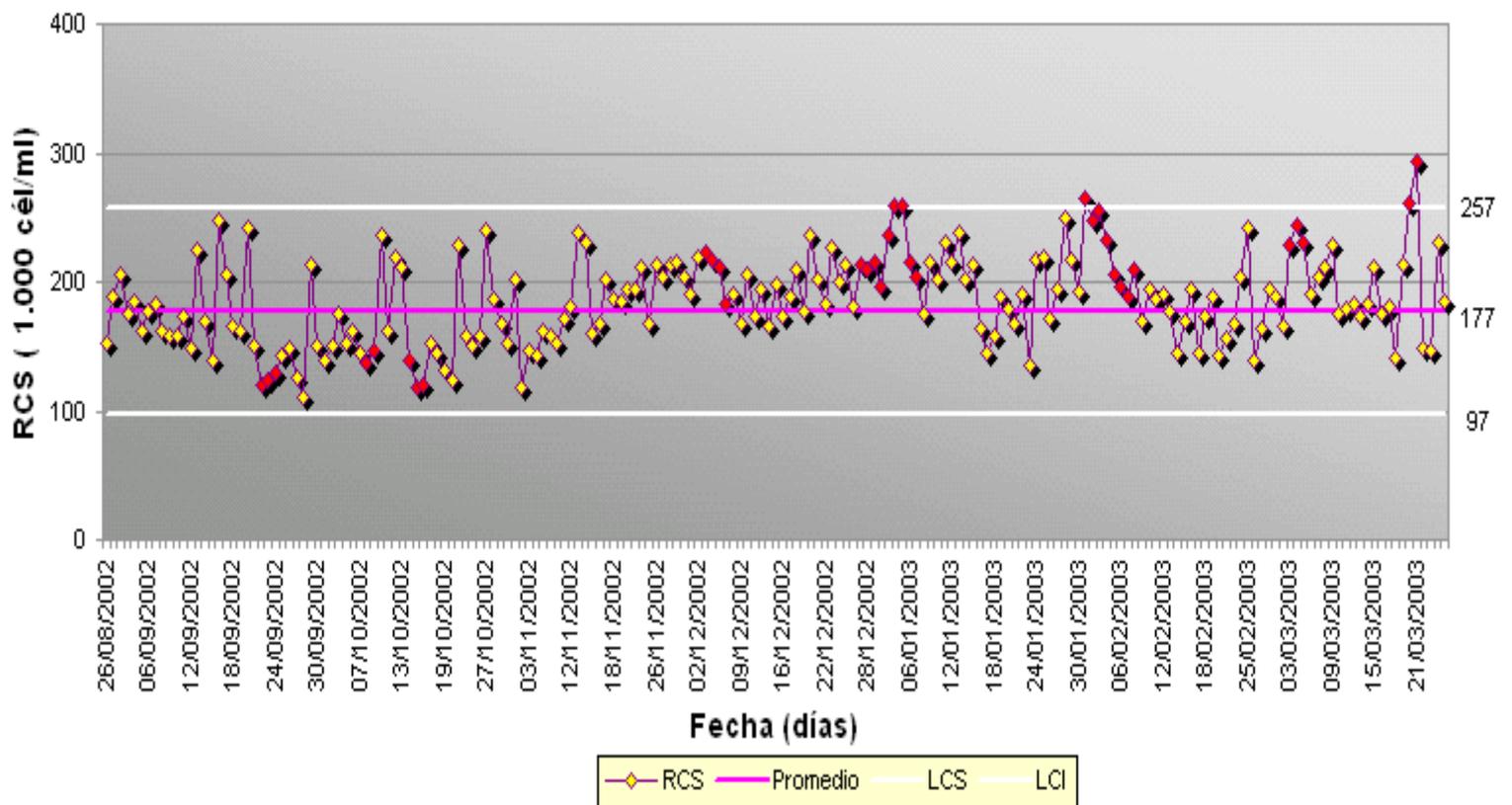
El análisis del gráfico de control de este predio permite distinguir tres períodos, principalmente en lo referente al nivel del RCSE (Fig. 79).

Durante el primero de ellos, que se prolonga hasta el 18 de noviembre, se observa que los registros de RCSE se encuentran sobre y bajo la línea media, tendiendo a presentarse más en esta última ubicación.

El segundo período abarca hasta el 30 de diciembre y se caracteriza por un leve aumento del recuento celular, ya que los registros se sitúan predominantemente por sobre la línea media, acercándose algunos al LCS al final de este período, con lo cual la media aumentó desde 166.746 cél/ml (período 1), a 198.850 cél/ml (período 2).

Durante el tercer y último período, el nivel del RCSE muestra inicialmente una tendencia de disminución, registrándose posteriormente dos incrementos en el RCSE, con la mayoría de los registros ubicados entre la línea media y el LCS. Pese a estas alzas en el recuento celular, el promedio mostró un valor semejante al determinado en el período inmediatamente anterior (197.000 cél/ml).

Fig. 79. Gráfico de Control para el RCSE (1.000 cél/ml) determinado para el Predio N° 21 durante el período de estudio



5.3.3.8.4. *Factores que explicarían el comportamiento del RCSE*

No fue posible detectar posibles relaciones entre el comportamiento del RCSE de este predio, con cambios de manejo o factores específicos, dado que no se llevó los registros diarios en las bitácoras entregadas a cada productor. Tampoco se logró concretar la realización de visitas prediales o entrevistas personales, que podrían haber ayudado a explicar la dinámica del RCSE durante el estudio.

7.4. FACTIBILIDAD DE LA APLICACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS AL MONITOREO DIARIO DEL RCSE PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD LÁCTEA

Al considerar globalmente los resultados obtenidos al analizar los gráficos de control de los 21 predios en estudio, es posible señalar que su obtención como su interpretación son relativamente sencillas, permitiendo determinar claramente los cambios que experimenta el RCSE diario, en lo referente a nivel y variabilidad, tanto al interpretarlos periódicamente durante el transcurso del estudio, como al analizarlos retrospectivamente al término del mismo.

A diferencia de lo observado al analizar los 3 grupos de predios bajo SMD, en el análisis realizado a nivel de predios individuales, si pudo comprobarse en general una relación entre el nivel del RCSE y su variabilidad, ya que en la medida que disminuían los valores de RCSE durante el estudio, también tendía a reducirse su variabilidad, lo que fue más evidente en aquellos que exhibieron una mayor tasa de descenso respecto al recuento inicial. Ello sería compatible con los resultados obtenidos por Schukken *et al.* (1990), quienes señalan que las prácticas de manejo de los predios con recuentos celulares bajos, son más consistentes que las de aquellos con altos recuentos.

Sin embargo, los resultados demuestran también que la aplicación de los gráficos de control al mejoramiento de la calidad láctea, en un sistema de monitoreo diario del RCSE, se vería limitada por varios factores, como el registro y/o análisis insuficiente de la información que en general se evidenció en el estudio, lo que dificultó establecer posibles relaciones entre cambios de manejo o factores específicos, con el comportamiento del recuento celular. A ello también contribuyó, la imposibilidad de obtener la colaboración de algunos productores o administradores, con el fin de realizar visitas prediales y entrevistas, destinadas a complementar la información obtenida a partir de los registros, de modo de contar con más antecedentes que permitieran explicar el comportamiento del RCSE.

En relación a lo anterior, no debe perderse de vista que los gráficos de control de RCSE diario tendrán alguna utilidad en el mejoramiento de la calidad láctea, sólo si el productor adopta la idea del mejoramiento continuo, ya que de lo contrario constituyen una forma más de representar información en un gráfico. Su objetivo no es proporcionar a los productores información frecuente de RCSE, sino relacionarla con el manejo predial y motivarlos a desarrollar una actitud proactiva en pos del mejoramiento continuo de la calidad láctea (Franks, 2001; Reneau y Kinsel, 2001; Williamson, 2002).

En 7 de los 21 casos estudiados (33%), no se logró establecer un nexo de trabajo con los productores o sus administradores, para obtener los registros diarios de manejos, realizar visitas prediales o entrevistas personales, con el fin de asesorarlos en la aplicación práctica de los gráficos de control. En el caso de los registros (bitácoras diarias), pudo obtenerse finalmente información para 14 de los 21 predios bajo SMD del RCSE (67%), los cuales se distribuyeron de la siguiente manera, de acuerdo a las bitácoras entregadas respecto al período total en estudio: todo el período (14%), gran parte del período (10%), parte del período (29%) y mínima parte del período (14%). Basado en la información contenida en los registros de estos 14 predios, en un 79% de ellos, equivalentes a un 52% del total de casos, se logró establecer alguna posible relación entre cambios en el manejo predial o factores específicos, y cambios en el nivel del RCSE durante el estudio.

En cuanto a la posibilidad de realizar visitas prediales, como una forma de complementar la información consignada en los registros, o apoyar a los productores en la interpretación de los gráficos de control y en el análisis de su relación con cambios de manejo, éstas lograron concretarse sólo en el 24% de todos los casos estudiados (5 predios), efectuándose generalmente 1 a 2 visitas por predio. Las entrevistas personales permitieron lograr una mayor cobertura de casos que las visitas prediales, ya que pudo entrevistarse al 48% de los productores (10 productores), principalmente para detectar si los gráficos de

control estaban siendo efectivamente utilizados, y brindarle apoyo en la interpretación y aplicación de éstos, a aquellos productores que manifestaban mayor interés en aprovechar esta herramienta de mejoramiento y monitoreo de la calidad láctea. Durante todo el período de estudio, se realizaron aproximadamente 4 a 5 entrevistas por productor.

Si bien no es posible establecer caso a caso las razones exactas que explicarían las falencias en la información entregada por los participantes en el estudio, probablemente ello obedezca a un conjunto de factores. Entre éstos destacaría la necesidad de haber proporcionado a los productores un mayor apoyo técnico en el registro y análisis de la información de manejo, y su relación con el comportamiento de los RCSE diarios, con el fin de aumentar su motivación y el aprovechamiento de los gráficos de control, como una herramienta práctica de monitoreo y mejoramiento de la calidad láctea, y no solo como una expresión gráfica de los RCSE con fines de investigación. Sin embargo, aún cuando esta consideración es importante, como se analiza más adelante, la motivación económica derivada de la estructura de la pauta de pago de leche según rangos de recuentos celulares, habría jugado un rol más relevante en este sentido.

Con respecto a la utilidad que tendría el monitoreo diario de RCSE, como herramienta de mejoramiento de la calidad láctea, los resultados obtenidos en el estudio sugieren que podría haber contribuido a reducir el nivel recuento celular en los predios bajo SMD, aunque ello podría reflejar también un mejor nivel de manejo y de control de mastitis en comparación a los predios bajo SMQ. El análisis estadístico demostró una diferencia significativa del orden de 68.000 cél/ml ($p \leq 0,0001$), entre los promedios de RCSE de los predios bajo SMD (271.327 cél/ml) y SMQ (339.246 cél/ml), para todo el período de estudio e independientemente del factor tiempo (Cuadro 2). El RCSE tendió a disminuir durante el transcurso del estudio, evidenciándose una diferencia estadísticamente significativa de aproximadamente 34.000 cél/ml ($p \leq 0,05$), entre los promedios correspondientes a la primera (271.327 cél/ml) y segunda (339.246 cél/ml) mitad

del estudio, independientemente del sistema de monitoreo (Cuadro 4). La ausencia de interacción estadística entre ambos factores, indica que el descenso del RCSE ocurrió tanto en los predios con SMD como en aquellos con SMQ, y que las diferencias entre sistemas de monitoreo, se verificaron tanto en el primer como en el segundo período del estudio.

Las regresiones entre el RCSE y el tiempo de análisis, resultaron significativas para los predios bajo SMD ($r = -0,56$; $p \leq 0,05$) y SMQ ($r = -0,66$; $p \leq 0,05$), (Figs. 1, 2, 3 y 4); estimándose un mayor descenso en el RCSE para el SMD respecto al SMQ (28.140 cél/ml o 57%). A pesar de la magnitud de esta diferencia, la comparación de las pendientes de las regresiones (RCSE y PCS), no demostró diferencias significativas entre predios bajo SMD y SMQ (Figs. 5 y 6). La comparación descriptiva de los promedios aritméticos de RCSE obtenidos para todo el estudio, respecto a los promedios aritméticos correspondientes a las 6 quincenas previas a su inicio, también mostró un mayor grado de reducción del recuento celular para el SMD (24%), que para el SMQ (14%).

Es importante resaltar que la disminución del RCSE observada en los predios bajo ambos sistemas de monitoreo, parece reflejar una reducción real en el recuento celular con el transcurso del tiempo, dado que no se encontró una correlación positiva entre el volumen de entrega de leche quincenal y el tiempo de análisis (Figs. 7 y 8), que eventualmente podría haber explicado parte del descenso del RCSE debido a un efecto de dilución celular (Agüero, 1988c; Miller *et al.*, 1983; Brolund, 1985), evidenciándose más bien la tendencia opuesta; es decir, una disminución en el volumen de entrega de leche con el incremento del tiempo de análisis, aunque en parte ello se explica en los predios bajo SMD, porque algunos vendieron parte de su leche a otra planta durante parte del estudio. Tampoco se encontró una relación significativa entre los promedios quincenales de las variables RCSE y PCS, con los promedios quincenales de volumen de entrega de leche, para los predios incluidos en ambos sistemas de monitoreo (Figs. 9, 10, 11 y 12), ni entre los promedios prediales de dichas variables (Figs. 13, 14, 15 y 16);

lo que corroboraría que el RCSE no se vio afectado por las variaciones que experimentó el volumen de entrega de leche durante el transcurso del estudio, reflejando probablemente el descenso de los recuentos celulares observados en los predios bajo ambos sistemas de monitoreo, el efecto de medidas aplicadas para disminuir el nivel de infecciones intramamarias y/o reducir el RCSE a través del desvío del estanque de la leche proveniente de vacas con altos recuentos celulares.

Aún cuando al analizarlos grupalmente, se encontró una relación significativa que denota un descenso del RCSE quincenal en los predios bajo SMD con el transcurso del tiempo, el análisis de regresión individual de estos predios, permitió clasificarlos en 3 grupos de acuerdo a los cambios que experimentó el RCSE diario durante el estudio: disminución (10 predios), estable (3 predios) y aumento (8 predios). La existencia de estos grupos, mostraría una situación que guarda cierta similitud a la descrita por Williamson (2002), a partir de un estudio realizado en Nueva Zelanda, en el cual se proporcionó información de RCSE diarios a los productores. Los resultados de dicho estudio permitieron identificar tres tipos de productores, de acuerdo a su respuesta a la entrega de información frecuente de recuentos celulares: algunos realizaron acciones correctivas para mejorar la calidad láctea, cada vez que el nivel de recuento celular aumentaba; otros productores no reaccionaron sino hasta que el recuento celular alcanzó un nivel determinado, y por último, algunos solo recibieron la información, sin realizar ninguna medida de mejoramiento.

Una razón que parece explicar de manera importante la evolución del RCSE diario en los predios bajo SMD, son los rangos de recuentos celular considerados para las bonificaciones por calidad, en la pauta de pago de leche de la planta. De acuerdo a ésta, un recuento ≤ 250.000 cél/ml permitiría obtener el máximo de bonificación por litro de leche (\$6), lo cual probablemente no incentivaría a continuar mejorando la calidad láctea, a aquellos productores que se encuentran por debajo de dicho nivel. En esta condición, es decir, con niveles de recuento

≤ 250.000 cél/ml, se encontrarían durante el trimestre previo al comienzo del estudio (Cuadro 7), los 3 predios donde el RCSE diario se mantuvo estable; el 62,5% de los casos en que se verificó un incremento en el RCSE diario y solo el 20% de los predios donde hubo una disminución del RCSE diario.

En cambio, los predios que mostraron un descenso del RCSE a través del estudio, se caracterizaron mayoritariamente durante el período previo (80%), (Cuadro 7), por presentar niveles de recuento celular superiores al establecido para percibir la bonificación máxima por este concepto, en comparación a aquellos que mantuvieron o aumentaron el nivel de recuento celular. En consecuencia, los propietarios de estos predios se habrían motivado para realizar esfuerzos orientados a mejorar la calidad láctea, incentivados económicamente frente a la posibilidad de acceder a un mayor precio del litro de leche, al lograr niveles de recuento que permitan obtener una bonificación de \$4/litro (250.001 – 400.000) o de \$6/litro (≤ 250.000 cél/ml).

Al analizar mediante regresión los RCSE diarios de los 10 predios en que hubo una reducción de los recuentos, se puede estimar que éstos disminuyeron en 85.920 cél/ml, desde un nivel inicial de 336.000 cél/ml a un nivel final de 250.080 cél/ml (Fig. 80). Proporcionalmente, ello equivale a un descenso del RCSE de un 35%. Los análisis de regresión individuales, mostraron un rango amplio de variación entre predios en la tasa de descenso del RCSE inicial, desde un mínimo de 10% (predio N° 11) hasta un máximo de 61% (predio N° 1).

En los predios donde el recuento celular se mantuvo estable durante todo el estudio, el nivel de recuento alcanzó valores del orden de 250.000 cél/ml (Fig. 81). En el grupo en que se verificó un aumento del RCSE, éste lo hizo desde un valor inicial de 200.000 cél/ml a uno final de 245.746 cél/ml (+ 45.746 cél/ml), (Fig. 82), equivalente a un 39% de incremento. Los análisis de regresión individual también mostraron un amplio rango de variación, desde un aumento mínimo de 16% (predio N° 13), hasta un valor máximo de 69% (predio N° 4).

De lo expuesto anteriormente se desprende que, no obstante las diferencias observadas en los promedios aritméticos de recuento celular en las 6 quincenas previas (Cuadro 7), los tres grupos de predios exhibieron al término del estudio niveles similares, correspondientes al rango de bonificación máxima por concepto de recuento celular. Siguiendo la misma línea de análisis, podría señalarse que una vez concluido el estudio, basado en las regresiones estimadas por predio, solo 6 de 21, presentarían niveles >250.000 cél/ml (29%), de los cuales 3 pertenecen al grupo de predios donde disminuyó el RCSE (predios N° 3, 11 y 12) y 3 al grupo de predios cuyo recuento celular aumentó (predios N° 4, 9 y 10).

Fig. 80. Promedios de RCSE quincenales y su regresión con el tiempo de análisis en predios bajo SMD que disminuyeron su recuento celular durante el período de estudio

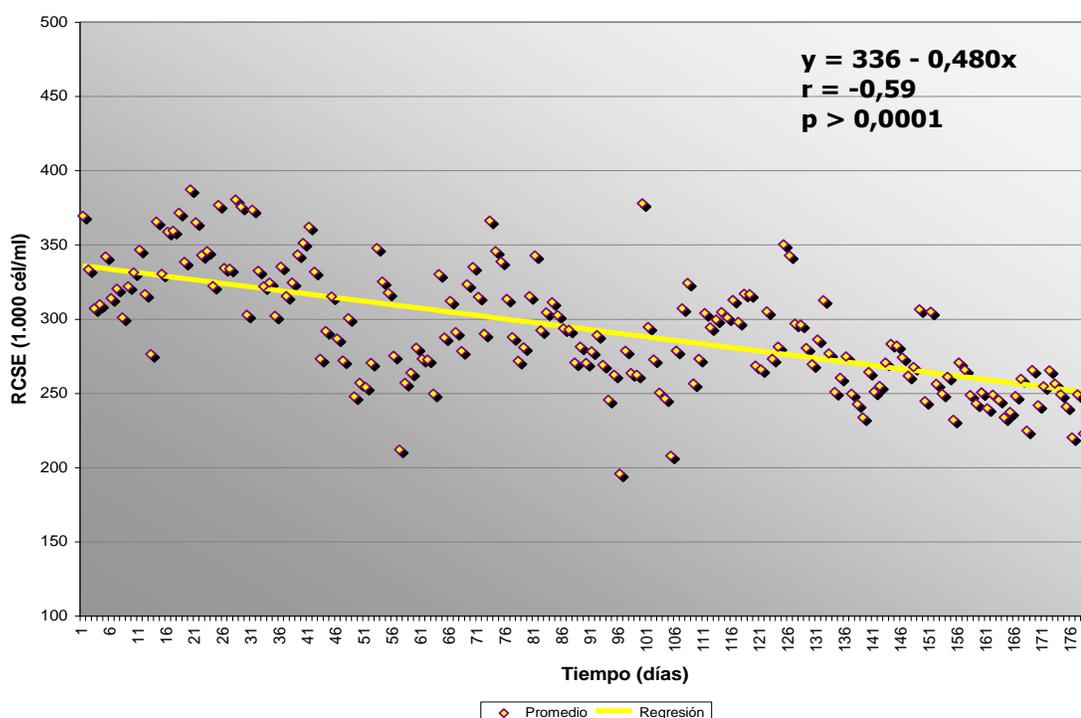


Fig. 81. Promedios de RCSE quincenales y su regresión con el tiempo de análisis en predios bajo SMD que mantuvieron estable su recuento celular durante el período de estudio

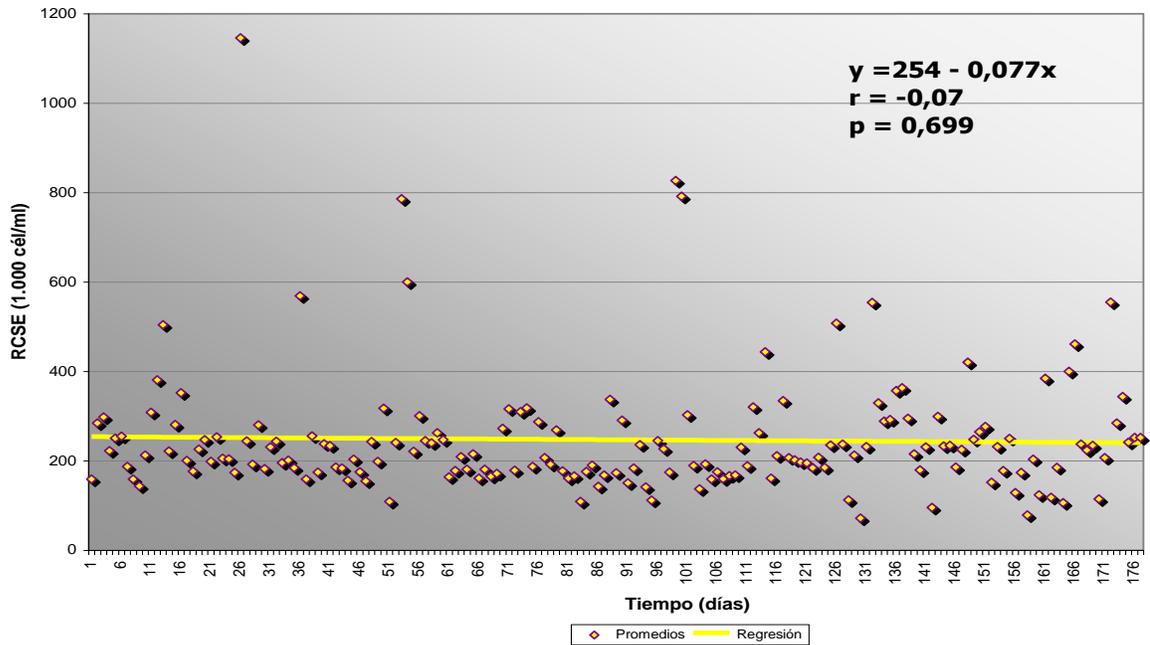
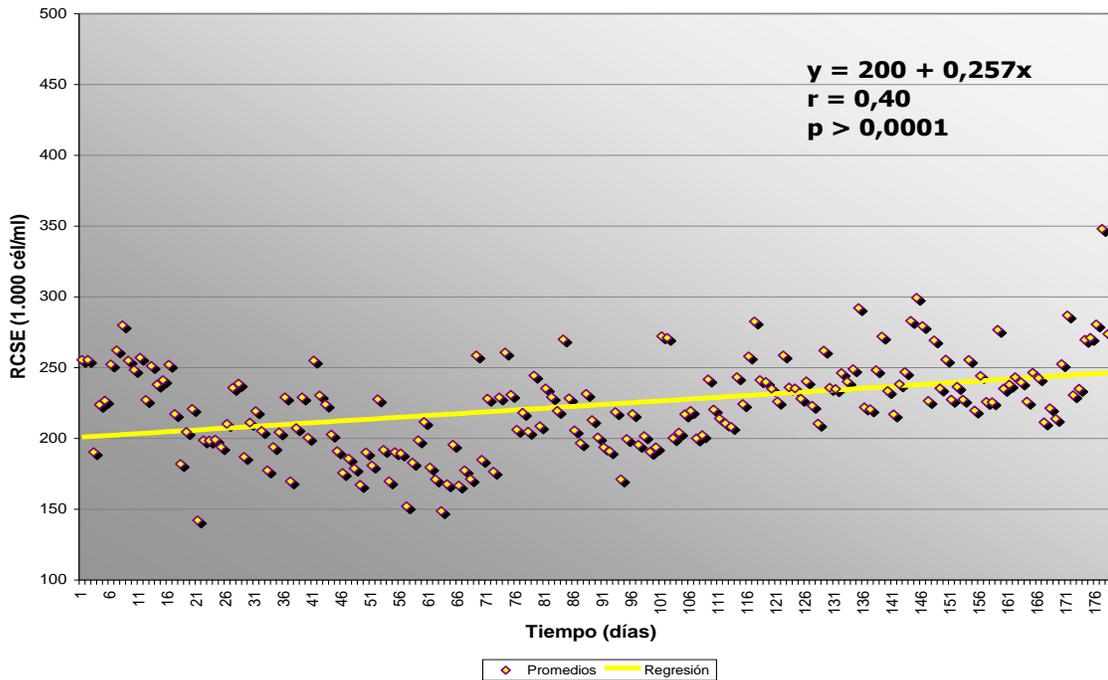


Fig. 82. Promedios de RCSE quincenales y su regresión con el tiempo de análisis en predios bajo SMD que aumentaron su recuento celular durante el período de estudio



Considerando la duración del estudio y el número de predios incluidos en éste, fueron relativamente pocas las ocasiones en que pudo establecerse posibles relaciones entre los cambios de RCSE detectados por los gráficos de control, y algunos cambios de manejo o ciertas fuentes de variación específicas del recuento celular. En primer lugar, ello obedecería a la insuficiente información de manejo registrada en general por los productores durante el estudio, la que además no pudo complementarse adecuadamente mediante visitas prediales y entrevistas a los propietarios o administradores. En segundo lugar, es posible que algunos de los aspectos incluidos en el sistema de registros utilizado por los productores (bitácoras diarias), no se reflejaran en cambios evidentes a corto plazo en el RCSE diario. Este sería el caso, por ejemplo, del cambio de los productos utilizados para la prevención de neoinfecciones mamarias (desinfección pre y post-ordeña de pezones), y aquellos empleados en la terapia de secado o tratamiento de las mastitis clínicas, que aún cuando mostraran una mayor efectividad que los previamente aplicados, se requeriría probablemente de un tiempo prolongado para observar su efecto sobre el recuento celular.

A continuación se resumen los principales tipos de relaciones que pudieron evidenciarse entre cambios de manejo o factores específicos, con el comportamiento mostrado por el RCSE en los gráficos de control.

Entre las posibles relaciones con cambios de manejo general, una de las pocas que pudo evidenciarse en algunos predios, fue una asociación aparente de la disminución del RCSE con el cambio estacional en el manejo del alojamiento de las vacas, desde un sistema de confinamiento invernal permanente a un manejo de primavera a pastoreo (predio N° 2 y 17), o desde un sistema de semi-estabulación invernal, en que los animales pastoreaban en el día y se sometían a confinamiento nocturno, para pasar posteriormente a un manejo de pastoreo exclusivo (predio N° 16).

Uno de los manejos más frecuentemente observados en los predios bajo SMD, para disminuir el RCSE de la leche vendida a la planta, fue el desvío del estanque de la leche proveniente de las vacas con altos recuentos celulares. En general, el análisis de los gráficos de control y de la información consignada en las bitácoras, permitió establecer relaciones aparentes entre este tipo de manejo y reducción posterior del RCSE diario (predios N° 2, 12, 13, 14, 17). La eliminación de vacas con mastitis subclínica crónica o mastitis clínicas recurrentes, alcanzó un menor nivel de difusión que la práctica de excluir del estanque la leche de animales con altos recuentos celulares, pudiendo evidenciarse en un caso una relación bastante clara con la subsiguiente reducción de los RCSE diarios (predio N° 2).

Por otra parte, el análisis conjunto de los gráficos de control y la información registrada en las bitácoras, permitió corroborar lo señalado en la literatura, en cuanto a la importancia que puede tener el personal encargado de la ordeña en la prevención de la mastitis y su impacto sobre la calidad láctea. Es así como en los predios N° 3, 4, 12 y 15 pudo establecerse nexos entre cambios del RCSE diario, disminuciones o aumentos, y el reemplazo de algún ordeñador, debido fundamentalmente a diferencias en sus niveles de capacitación.

Con respecto a algún factor propio del equipo de ordeña, en dos casos se logró detectar una relación aparente con el RCSE diario (predios N° 3 y 13). En el primero de ellos, se efectuó un cambio del equipo de ordeña, comprobándose durante su período de instalación un incremento del nivel y de la variabilidad del RCSE diario, atribuible probablemente a la alteración de la rutina normal de ordeña, puesto que después de instalado el nuevo equipo, el gráfico de control mostró una clara disminución del RCSE diario y de su variabilidad (predio N° 3). Aún cuando la metodología utilizada en el estudio no permite demostrarlo, es posible que los menores niveles de RCSE posteriores, reflejen también un mejor estado de mantenimiento y funcionamiento del equipo nuevo, en comparación a lo observado al inicio del estudio, donde la ordeña se efectuaba con el otro equipo. En el otro predio (predio N° 13), se observó una coincidencia entre un alza

temporal del RCSE diario y algunas fallas de funcionamiento del equipo (turbulencia excesiva y un retirador automático en mal estado), que aún cuando no explicarían directamente el comportamiento de los recuentos celulares, podrían indicar otro tipo de deficiencias en el funcionamiento del equipo eventualmente relacionadas con éstos, respecto a las cuales no pudo obtenerse información.

Un aspecto no considerado en las bitácoras y que ejerció un efecto notorio sobre el RCSE diario, fue la suspensión o postergación de la ordeña debido a la interrupción del suministro eléctrico. Los gráficos de control de los predios N° 5 y 12, mostraron claramente incrementos transitorios en el nivel de recuento celular asociados a este tipo de situaciones, probablemente debido a una concentración celular causada por una disminución momentánea de la producción de leche.

Sólo en uno de los casos estudiados (predio N° 13), pudo relacionarse fehacientemente aumentos puntuales y de elevada magnitud en el RCSE diario, con la ordeña accidental de vacas con mastitis clínica, dado que ello fue registrado en la bitácora diaria. Es muy probable que incrementos de este tipo del RCSE diario, observados en otros predios, correspondan a la ordeña accidental de animales afectados por mastitis clínica o a fallas en la detección de algún caso clínico.

Finalmente, cabe destacar que en el caso del predio N° 3, con posterioridad a la disminución del RCSE, aparentemente asociada a la instalación y operación del equipo de ordeña nuevo, hubo un incremento en el nivel de recuento celular, razón por la cual se visitó este predio en varias oportunidades, para evaluar el cumplimiento de un conjunto de recomendaciones tendientes a corregir las deficiencias observadas en la primera visita, principalmente en la rutina de ordeña. En estas visitas, pudo comprobarse que la mayoría de las recomendaciones fueron llevadas a la práctica, lo cual coincidió con una disminución progresiva del nivel y variabilidad del RCSE diario.

8. CONCLUSIONES

1. Independientemente del tiempo de análisis, el sistema de monitoreo afectó significativamente el RCSE y PCS, determinándose para todo el período de estudio promedios más bajos en los predios bajo SMD que en los con SMQ.
2. Dentro de ambos sistemas de monitoreo, se encontraron relaciones negativas significativas, entre el RCSE y PCS con el tiempo, evidenciándose una tasa de descenso del RCSE muy superior para los predios bajo SMD, pero la diferencia respecto a la reducción estimada para los predios con SMQ no fue estadísticamente significativa.
3. La comparación descriptiva de los promedios aritméticos de RCSE obtenidos para todo el estudio, respecto a los promedios aritméticos correspondientes a las 6 quincenas previas a su inicio, también mostró un mayor grado de reducción del recuento celular para el SMD que para el SMQ.
4. El monitoreo diario de RCSE mediante los gráficos de control, podría haber contribuido a reducir el nivel recuento celular en los predios bajo SMD, aunque los resultados sugieren que ello podría reflejar un mejor nivel de manejo en comparación a los predios bajo SMQ.
5. El descenso observado en el RCSE de los predios bajo SMD, refleja principalmente la disminución verificada en algunos de estos predios, ya que en otros el RCSE se mantuvo constante e incluso aumentó.
6. La explicación principal de la distinta evolución del RCSE diario en los predios bajo SMD, sería la estructura de la pauta de pago de leche de la planta, ya que la mayoría de los que mantuvieron o aumentaron el RCSE, presentaban previo al estudio recuentos dentro del rango correspondiente a la bonificación máxima, lo que no habría incentivado económicamente a mejorar la calidad láctea;

verificándose la situación opuesta en aquellos en que se observó un descenso del RCSE.

7. Los gráficos de control permitieron determinar claramente los cambios experimentados por el RCSE diario, siendo su interpretación relativamente sencilla, tanto al analizarlos periódicamente como retrospectivamente.

8. El registro y/o análisis insuficiente de la información que en general se evidenció en el estudio, limitó el análisis de eventuales relaciones entre cambios de manejo o factores específicos, con el comportamiento del RCSE diario.

9. El registro insuficiente de información, junto con la falta de colaboración de algunos participantes en el estudio en la realización de visitas prediales y entrevistas, sugiere que no se logró motivarlos suficientemente para utilizar los gráficos de control como una herramienta de mejoramiento de la calidad láctea.

10. Pese a lo anterior, aproximadamente en un 50% de los predios bajo SMD, se logró establecer posibles relaciones entre cambios en el manejo predial o factores específicos, y los cambios en el RCSE diarios evidenciados en los gráficos de control.

11. Los gráficos de control de Shewhart podrían constituir en el futuro una herramienta útil para el monitoreo del RCSE diario, aunque la factibilidad de su aplicación al mejoramiento de la calidad láctea en la X Región, depende de la información de manejo que registren los productores, la asesoría que reciban en su interpretación y en el análisis de su relación con cambios de manejo o medidas específicas de control de mastitis, y el estímulo que generen las pautas de pago de leche para lograra mayores avances en el mejoramiento de la calidad láctea.

7. BIBLIOGRAFÍA

AGÜERO, H. 1988a. Situación de la ordeña mecánica en Chile. **In:** Curso Corto de Postgrado Ordeña Mecánica. Santiago, Chile. 23-27 Mayo, 1988. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. p. 3-57.

AGÜERO, H. 1988b. Ordeña mecánica y mastitis bovina. **In:** IV Curso: Mastitis del Bovino y su Impacto Económico. Santiago, 24 - 26 Octubre, 1998. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. p. 40-102.

AGÜERO, H. 1988c. Aspectos multifactoriales en la etiopatogenia de la afección. **In:** IV Curso: Mastitis del Bovino y su Impacto Económico. Santiago, 24 - 26 Octubre, 1998. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. p. 16-39.

AGÜERO, H. 2002. Calidad de leche en la X Región. **In:** Seminario Internacional Avances en Control de Mastitis y Mejoramiento de la Calidad de Leche. Puerto Varas, Chile. 10 Septiembre, 2002. Osorno, Chile. 11 Septiembre, 2002. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias - Cooprinsem. 28 p.

ALI, A. K. A.; SHOOK, G. E. 1980. An optimum transformation for somatic cell concentration in milk. J. Dairy Sci. 63: 487-490.

ANDRES, L. 2001. Higiene en el equipo de ordeño: un constante desafío. Revista de Lechería, El Diario Austral de Osorno. Osorno, Chile, 25 Septiembre. Edición Nº 6: 16-18.

ANRIQUE, R.; BIDEGAIN, H. 2005. Evolución de la producción lechera nacional. [Disco Compacto]. **In:** 1^{er} Seminario Internacional y Exposición del Sector Lechero. Valdivia, Chile. 26 - 28 Mayo, 2005. Fedeleche.

BADILLA, J. A. 1995. Dinámica del recuento de células somáticas de la leche y estimación del efecto de algunos factores que lo afectan en vacas de las regiones IX y X (Chile). Memoria Título Medico Veterinario. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. 129 p.

BANLOT, E. 1999. La rutina de ordeño en la prevención de mastitis. **In:** Curso de Perfeccionamiento Mejoramiento de la Calidad Higiénica de Leche de Pequeños Productores. Osorno, Chile. 6 - 8 Diciembre, 1999. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias - UFOCO S.A. p. 85-95.

BARKEMA, H. W.; VAN DER PLOEG, J. D.; SCHUKKEN, Y. H.; LAM, T. J. G. M.; BENEDICTUS, G.; BRAND, A. 1999. Management style and its association with bula milk somatic cell count and clinical mastitis. J. Dairy Sci. 82: 1655-1663.

BARRÍA, N.; JARA, A. 2000. Relaciones entre el recuento de células somáticas, producción y componentes lácteos en vacas lecheras de la X Región (Chile) utilizando un modelo del día de control. Av. Prod. Anim. 25(1-2):23-32.

BEZAMA, M. 1991. Mastitis del bovino lechero. Estudio de prevalencia en la Región Metropolitana y descripción de factores asociados con la enfermedad. Memoria Título Medico Veterinario. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. 217 p.

BOMBAL, E. 2003. Evaluación de la capacidad de conservación de muestras de leche para análisis de recuento bacteriano, recuento de células somáticas, grasa y proteína. Memoria Título Medico Veterinario. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. 223 p.

BOOTH, J. 1998a. Recuento de células somáticas como indicador de mastitis. **In:** Kruze, J. (Ed.) II Jornada Conamascal, Control de Mastitis y Calidad de Leche. Valdivia, Chile. Abril 1998. Consejo Nacional de Mastitis y Calidad de Leche A.G. p. 13-18.

BOOTH, J. 1998b. Monitoreo de la incidencia de mastitis clínica. **In:** Kruze, J. ed. II Jornada Conamascal, Control de Mastitis y Calidad de Leche. Valdivia, Chile. Abril 1998. Consejo Nacional de Mastitis y Calidad de Leche A.G. p. 1-6.

BROLUND, L. 1985. Cell counts in bovine milk, causes of variation and application for diagnosis of subclinical mastitis. Act. Vet. Scand. Suppl. 80: 1-123.

CLARKSON, A. R. 1975. Milk leucocyte counts and their significance in mastitis control. N. Z. Vet. J. 23:284. (citado por: Reneau, J. 1986. Effective use of dairy herd improvement somatic cell counts in mastitis control. J. Dairy Sci. 69 : 1708-1720.)

COPPOCK, C. E.; BATH, D. L.; HARRIS JR, B. 1981. From feeding to feeding systems. J. Dairy Sci. 64 : 1230-1249.

De VRIES, A. 2001. Statistical process control charts applied to dairy herd reproduction. Ph. D. thesis. University of Minnesota. [en línea]. <http://www.animal.ufl.edu/devries/publications.html> (miscellaneous) [Fecha consulta 12 de Diciembre, 2005]

De VRIES, A.; CONLIN B. J. 2003. Design and performance of statistical process control charts applied to estrous detection efficiency. J. Dairy Sci. 86:1970-1984.

DURANDAL, P. 2003. Diagnóstico predial de producción, obtención, almacenamiento y transporte de leche en tres centros de acopio lechero, Región Metropolitana. Memoria Título Medico Veterinario. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. 223 p.

FRANKS, R. 2001. New Zealand milk quality – lesson learned. In: 40th Annual Meeting Proceedings, NMC. Reno, Nevada. 11-14 February, 2001. National Mastitis Council (NMC). p. 60-68.

GILL, M. S.; HOLMES, C. W. 1978. Somatic cell counts, mastitis and milk production in dairy herds. N. Z. J. Dairy Sci. Technol. 13:157 (citado por: Reneau, J. 1986. Effective use of dairy herd improvement somatic cell counts in mastitis control. J. Dairy Sci. 69 : 1708-1720.)

GILSON, W. D.; SMITH, J. W. ; ELY, L. O. 2004. Seasonal effects on DHI somatic cell counts. 43rd Annual Meeting Proceedings, NMC. Charlotte, North Carolina. 1-4 February, 2004. National Mastitis Council (NMC). p. 314-315.

GOLDBERG, J. J.; WILDMAN E. E.; PANKEY, J. W.; KUNKEL, J. R.; HOWARD, D. B.; MURPHY, M. 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.

GRANT, R.; ALBRIGHT, J. 1997. Dry matter intake influenced by cow grouping, behavior. Feedstuffs. December 8: 12-16.

HARDY, G. 1997. Aspectos de las instalaciones de ordeño en Chile y su posible relación con la calidad lacteal. In: II Seminario Calidad de Leche Bovina. Osorno, Chile. 15-16 Julio, 1997. Colegio Médico Veterinario de Chile A.G., Consejo Regional Osorno. p. 45-57.

HARDY, G. 1999. Aspectos a considerer en el lavado e higienización del equipo y utensilios de ordeño de pequeños productores lecheros. In: Curso de Perfeccionamiento Mejoramiento de la Calidad Higiénica de Leche de Pequeños Productores. Osorno, Chile. 6-8 Diciembre, 1999. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias - UFOCO S.A. p. 139-145.

HARMON, R. 2001. Somatic cell counts: A primer. In: 40th Annual Meeting Proceedings, NMC. Reno, Nevada. 11-14 February, 2001. National Mastitis Council (NMC). p. 3-9.

HIDALGO, E.; LIZANA, C. 2004. Causas de eliminación en rebaños lecheros. Cooprinforma. 72: 12-18.

HIGGINBOTHAM, G. E.; PETERSON, N. G.; VERBOORT, W. R.; BEALER, R.; BERRY, S. I. 1998. Variation in milk urea nitrogen taken from daily bulk tank samples. In: American Dairy Science Association; American Society of Animal Science. Denver, Colorado. 28 – 31 July, 1998. p. 109.

INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 2002. Estudio de la ganadería bovina. Provincias de Valdivia, Osorno y Llanquihue. Instituto Nacional de Estadísticas. Santiago, Chile. 67 p.

KRUZE, J. 1976. Diagnóstico y control de mastitis bovina. **In:** II Jornadas Médico Veterinarias. Valdivia, Chile. U. Austral de Chile, Fac. Med. Veterinaria. p. 92-117.

KRUZE, J. 2000a. Milk quality in Chile: Progress towards reducing SCC and TBC in raw milk during the last twenty years. **In:** Pacific Congress on Milk Quality and Mastitis Control. Nagano, Japan. 13-16 November, 2000. p. 113-118.

KRUZE, J. 2000b. Resultado de una encuesta sobre el uso y manejo del dipping en rebaños lecheros de la IX y X Región. **In:** Curso Internacional Mastitis Bovina. Valdivia, Chile. 23 – 25 Noviembre, 2000. U. Austral de Chile, Fac. Cs. Veterinarias. s.p.

LAMA, J. 2002. Recuento de células somáticas. Evolución de predios C.L.O. entre 1994-2001. Cooprinforma. 62: 10-11.

LATRILLE, L. 1999. Calidad de leche y sistemas de pago. **In:** Anrique, R., Latrille, L., Balocchi, O., Alomar, D., Moreira, V., Smith, R., Pinochet, D., Vargas, G. Competitividad de la producción lechera nacional. Valdivia, Chile. U. Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Vol 2. p. 259-316.

LEON, B. 1999. Métodos de determinación de la calidad higiénica de leche y procedimientos de muestreo **In:** Curso de Perfeccionamiento Mejoramiento de la Calidad Higiénica de Leche de Pequeños Productores. Osorno, Chile. 6-8 Diciembre, 1999. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias - UFOCO S.A. p. 35-48.

LEON, B. 1997. Frecuencia de aislamiento de los principales agents de mastitis en el sur de Chile. **In:** II Seminario Calidad de Leche Bovina. Osorno, Chile. 15-16 Julio, 1997. Colegio Médico Veterinario de Chile A.G., Consejo Regional Osorno. p. 34-41.

LOCHER, G. S. 2001. La rutina de ordeño y su asociación con el recuento celular y recuento bacteriano en rebaños lecheros del sur de Chile. Memoria Título Médico Veterinario. Valdivia, Chile. U. Austral, Fac. Cs. Veterinarias. 63 p.

LUKAS, J. M.; HAWKINS, D. M.; KINSEL, M. L.; RENEAU, J. K. 2005. Bulk tank somatic cell counts analyzed by statistical process control tools to identify and monitor subclinical mastitis incidence. J. Dairy Sci. 88: 3944-3952.

MILLER, R. H.; EMANUELSON, U.; PERSSON, E.; BROLUND, L.; PHILIPSSON, J.; FUNKE, H. 1983. Relationships of milk somatic cell counts to daily milk yield and composition. Act. Agric. Scand. 33: 209-223.

NMC (National Mastitis Council). s.f. Recomendado milking procedures. [en línea]. Disponible en: <http://www.nmconline.org/milkprd.htm> [Fecha de Consulta: 26 de Abril, 2006].

NMC (National Mastitis Council). 1996. Current concepts of bovine mastitis. 4th ed. Madison, Wisconsin. National Mastitis Council (NMC). 64 p.

NMC (National Mastitis Council). 1997. A practical look at environmental mastitis. [en línea]. Disponible en: <http://www.nmconline.org/environmental.htm> [Fecha de Consulta: 08 de Junio, 2006].

NIZA-RIBEIRO, J.; NOORDHUIZEN, J. P. T. M.; MENEZES, J. C. 2004. Capability index – a statistical process control tool to aid in udder health control in dairy herds. *J. Dairy Sci.* 87: 2459-2467.

PANKEY, J. W.; EBERHART, R. J.; CUMING, A. L.; DAGGETT, R. D.; FARNSWORTH, R. J.; Mc DUFF, C. K. 1984. Update on postmilking teat antiseptics. *J. Dairy Sci.* 67: 1336-1353.

PEELER, E. J.; GREEN, M. J.; FITZPATRICK, J. L.; MORGAN, K. L.; GREEN, L. E. 2000. Risk factors associated with clinical mastitis in low somatic cell count British dairy herds. *J. Dairy Sci.* 83: 2464-2472.

PEDRAZA, C.; AGÜERO H.; GOMEZ M.; JAHN, E.; LANUZA, F.; HAZARD, S.; VIDAL, A.; FAJARDO, P.; LEIVA, R. 1994. Relación entre la concentración de células somáticas y producción diaria de leche, determinada en cinco rebaños lecheros de Chile. *Agric. Técnica* 54: 259-267.

PHILPOT, N. 1999. Aumento de la rentabilidad mediante el mejoramiento de la calidad de leche y la reducción de la mastitis. **In:** Curso de Perfeccionamiento Mejoramiento de la Calidad Higiénica de Leche de Pequeños Productores. Osorno, Chile. 6-8 Diciembre, 1999. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias - UFOCO S.A. p. 49-84

RENEAU, J. 1986. Effective use of dairy herd improvement somatic cell counts in mastitis control. *J. Dairy Sci.* 69 : 1708-1720.

RENEAU, J. 2001. Manejo del medio ambiente para la obtención de leche con bajos recuentos de células somáticas. **In:** III Jornada Internacional en Producción Lechera. Santiago, Chile. 22 y 23 Junio, 2001. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. p. 123-137.

RENEAU, J.; KINSEL, M. 2001. Record systems and herd monitoring in production – orientated health management programs. **In:** Radostits, O.M. (Ed.) Herd Health: Food Animal Production Medicine. 3rd ed. Saunders. Philadelphia, US. p. 107-141.

RENEAU, J. 2002. La actitud es clave para el mejoramiento de los procesos. **In:** Seminario Internacional Avances en Control de Mastitis y Mejoramientos de la Calidad de Leche. Puerto Varas, Chile. 10 Septiembre, 2002. Osorno, Chile. 11 Septiembre, 2002. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias - Cooprinsem. 28 p.

RENEAU, J.; SCHUKKEN, Y. H.; WILSON, D. J. ; BARKEMA, H. W. 2002. Best management practices to lower herd SCC. **In:** NMC 2002 Regional Meeting Proceedings. Syracuse, New York. 8-9 July, 2002. National Mastitis Council (NMC). p. 1-10.

RUEGG, P. 2004. Pre-milking cow preparation – Secret methods of producing high quality milk. **In:** NMC 2004 Regional Meeting Proceedings. Bloomington, Minnesota. 29-30 June, 2004. National Mastitis Council (NMC). p. 34-40.

SALAZAR, E. 2001. Descripción de la rutina de ordeño en lecherías de la provincial de Bío-Bío. Memoria Título Médico Veterinario. Chillán, Chile. U. Concepción, Fac. Medicina Veterinaria. 45 p.

SANTA CRUZ, G. 1983. Características de instalación, diseño de componentes y mantención de equipos de ordeña utilizados en lecherías de la zona central de Chile. Tesis Título Médico Veterinario. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. Cs. Agrarias, Veterinarias y Forestales. 137 p.

SANTIBAÑEZ, F.; LAMA, J.; LIZANA, C. 2005. Control lechero oficial, una herramienta para la toma de decisiones. [Disco Compacto]. **In:** 1^{er} Seminario Internacional y Exposición del Sector Lechero. Valdivia, Chile. 26-28 Mayo, 2005. Fedeleche.

SAS (STATISTICAL ANALISYS SISTEM). 1989. Copyright © 1989 – 1996 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. SAS ® Proprietary Software Release 6.12 TS020 Licensed to UNIVERSIDAD DE CHILE, Site 0003329002.

SCHUKKEN, Y. H.; BUURMAN, A.; BRAND, A.; Van der GEER, D.; GROMMERS, F. J. 1990. Population dynamics of bulk milk somatic cell counts. J. Dairy Sci. 73: 1343-1350.

SCHUKKEN, Y. H.; WILSON, D. J.; WELCOME, F.; GARRISON-TIKOFSKY, L.; GONZALEZ, R. N. 2003. Monitoring udder health and milk quality using somatic cell counts. Vet. Res. 34: 579-596.

SHEARER, J. K.; SCHMIDT, R. H.; RENEAU, J. K. 1992. Monitoring milk quality and udder health. **In:** Van Horn, H. H.; Wilcox, C. J. eds. Large dairy herd management. Champaign, Illinois, US. American Dairy Science Association. p. 475-488.

SHOOK, G. E. 1993. Genetic improvement of mastitis through selection on somatic cell count. The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice 9: 563-581.

SMITH, R. 1999. Caracterización de los sistemas productivos lecheros en Chile. **In:** Anrique, R., Latrille, L., Balocchi, O., Alomar, D., Moreira, V., Smith, R., Pinochet, D., Vargas, G. Competitividad de la producción lechera nacional. Valdivia, Chile. U. Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Vol 2. p. 149-216.

SMITH, K. L.; HOGAN, J. S. 2000. Strategies to control contagious mastitis pathogens. **In:** XI Congreso Nacional de Medicina Veterinaria. Santiago, Chile. 25–27 Octubre, 2000. Sección Salud y Producción Bovina. s.p.

SMITH, L.; HILLERTON, J.; HARMON, R. 2001. NMC Guidelines on normal and abnormal raw milk based on somatic cell counts and signs of clinical mastitis. [en línea]. www.nmconline.org/docs/abnmilk.pdf [Consultado 05 marzo 2003].

WESTGARTH, D. R. 1975. Interpretations of herd bula milk cell counts. Proc. Sem. Mastitis Control, Int. Dairy Fed. Doc. 85:110. (citado por: Reneau, J. 1986. Effective use of dairy herd improvement somatic cell counts in mastitis control. J. Dairy Sci. 69 : 1708-1720.)

WHEELER, D. J. 1995. Advanced topics in statistical process control - the power of Shewart`s charts. SPC Press, Knoxville, TN. (citado por: De Vries, A. 2001. Statistical process control charts applied to dairy herd reproduction. Ph. D. thesis. University of Minnesota. [en línea]. <http://www.animal.ufl.edu/devries/publications.html> (miscellaneous) [Fecha consulta 12 de Diciembre, 2005]

WILLIAMSON, J. 2002. An udder health program for New Zealand grassland dairies. Hemling, T., Ingalls, W. eds. DeLaval Hygiene Technology Center, Inaugural Symposium. Kansas City, Missouri. 15-16 May, 2002. DeLaval. p. 53-60.