

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ciencias Agroalimentarias
Escuela de Zootecnia

Implementación de prácticas de mejoramiento de
pastos y su efecto sobre la productividad de una finca
lechera en Tilarán, Guanacaste.

Luis Esteban González Arias

Informe de práctica dirigida, presentada para optar por
el título de Licenciado en Ingeniería Agronómica con
énfasis en Zootecnia

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

2013

Implementación de prácticas de mejoramiento de pastos y su efecto sobre la productividad de una finca lechera en Tilarán, Guanacaste. Informe de práctica dirigida, presentada para optar por el título de Licenciado en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia

Tribunal Examinador

Ing. Augusto Rojas Bourrillon, M. Sc.

Director de práctica
Subdirector de Escuela

Ing. Jorge Elizondo Salazar, Ph. D.

Miembro del tribunal

Ing. José Arce Cordero, Lic.

Miembro del tribunal

Ing. Luis Pineda Cordero, M.Sc.

Miembro del tribunal

Ing. Alejandro Saborío Montero, Lic.

Miembro del tribunal

Luis Esteban González Arias

Sustentante

Dedicatoria

A Dios por su eterno amor que todo lo hace posible.

A mis padres, quienes con esfuerzo y cariño me han apoyado durante toda mi formación académica.

A mi esposa e hijos por motivarme a superarme y seguir adelante.

Agradecimiento

Agradezco a don Augusto Rojas por asesorarme durante la realización de este proyecto. Su guía y apoyo han sido muy importantes para mí.

A la señora Agueda Serrano, por su extraordinaria ayuda durante tanto tiempo.

A mi jefe y amigo Geovanni Arroyo, por su ejemplo, apoyo y motivación.

A los miembros del tribunal examinador, por sus enriquecedores consejos y sugerencias.

A don Oscar Esquivel y su familia, por su amistad y por facilitarme su finca para la realización de este trabajo.

ÍNDICE

	Página
Tribunal Examinador.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice.....	v
Índice de cuadros.....	vii
Índice de figuras.....	ix
Resumen.....	x
Introducción.....	1
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	4
Capítulo 1 - Marco Teórico	
Productividad.....	5
Pastoreo rotacional.....	5
Producción de biomasa del pasto estrella africana y respuesta a la fertilización.....	7
Calidad nutricional del pasto estrella africana.....	9
Utilización de tecnología de posicionamiento global para diseño de sistemas de pastoreo.....	11
Presencia de malezas y productividad.....	12
Costo de prácticas de manejo de pasturas.....	12
Abrevaderos para ganado lechero.....	13

Capítulo 2 – Resultados y discusión

Establecimiento de pastoreo rotacional y distribución de áreas.....	15
Establecimiento del programa de fertilización.....	19
Análisis de suelo y programa de fertilización.....	19
Programa de control de malezas.....	22
Disponibilidad y calidad forrajera.....	27
Composición nutricional del forraje.....	30
Respuesta animal.....	34
Producción semanal de leche y su composición.....	34
Producción de leche y sólidos totales por hectárea.....	36
Producción individual de leche.....	38
Estimación del aporte del forraje a la dieta de las vacas lactantes.....	40
Costo de prácticas de manejo de pastos.....	42
Costo del programa de fertilización.....	42
Costo de construcción de divisiones.....	44
Costo de instalación de abrevaderos.....	45

Capítulo 3 – Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones.....	47
Recomendaciones.....	49
Literatura citada.....	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Producción total de leche por año en Costa Rica	1
2. Precio promedio pagado al productor de leche, febrero 2012.....	2
3. Exportación anual de nutrimentos del pasto estrella africana sometido a pastoreo rotacional.....	9
4. Composición nutricional del pasto estrella africana en el trópico húmedo de Costa Rica (Base Seca).....	10
5. Costos de instalación de una cerca eléctrica a un hilo, con postes vivos cada 50 m, por kilómetro de cerca.....	13
6. Informe de resultados del análisis de suelo, por zona.....	19
7. Programa de fertilización anual.....	21
8. Recuento de malezas presentes por 0,75 m ² en la rotación del lote “primera”.....	23
9. Recuento de malezas presentes por 0,75 m ² en la rotación del lote “segunda”.....	24
10. Malezas muestreadas durante los conteos, nombre común y método de control seleccionado.....	26
11. Estimación de disponibilidad forrajera mediante botanal®, lote “primera”.....	28
12. Estimación de disponibilidad forrajera mediante botanal®, lote “segunda”.....	29
13. Resultados mensuales de análisis bromatológicos para la rotación de pastoreo del lote primera.....	30

14. Resultados mensuales de análisis bromatológicos para la rotación de pastoreo del lote segunda.....	31
15. Consumo máximo estimado, valor relativo y categorización del forraje de la rotación de primera.....	32
16. Consumo máximo estimado, valor relativo y categorización del forraje de la rotación de segunda.....	33
17. Producción semanal de la finca y composición de la leche.....	35
18. Producción promedio por vaca por día del hato.....	38
19. Inventario mensual de vacas lactantes, total de partos, secados y animales por lote de producción.....	39
20. Estimación del consumo de forraje a través de balance reverso.....	40
21. Cantidad y costo total de los fertilizantes y enmiendas aplicadas durante el período del estudio.....	43
22. Costo de construcción de divisiones para pastoreo rotacional, total y por 100 metros lineales.....	45
23. Costo relacionado a la instalación de abrevaderos para el ganado.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Variabilidad en la producción de leche. vaca ⁻¹ .día ⁻¹ , según período de ocupación.....	7
2. Comportamiento del contenido de proteína cruda y de la fibra neutro detergente del pasto estrella africana, con respecto a los días de rebrote.....	10
3. Mapa de área de pastoreo de vacas lactantes, obtenido por GPS.....	16
4. Detalle de distribución de repastos	18
5. Comportamiento de la producción de leche por hectárea en producción	36
6. Comportamiento de la producción de sólidos totales por hectárea del área de vacas lactantes	37

Resumen

Se implementaron prácticas de manejo tendientes a mejorar la disponibilidad y calidad del forraje de una finca lechera ubicada en la comunidad de Río Chiquito, del distrito de Quebrada Grande del cantón de Tilarán, Guanacaste, a una altitud media de 650 msnm. El trabajo se enfocó en la redistribución de las áreas de pastoreo, el control de malezas, la fertilización del suelo y la instalación de bebederos para el ganado.

Se determinó un área aprovechable de 40,1 hectáreas, de las cuales se obtuvieron dos rotaciones de 62 repastos cada una. El tamaño de los repastos se estableció en 2700 m² y 1500 m², para los grupos 1 y 2 de vacas lactantes, respectivamente. En las zonas de topografía quebrada se adicionó de un 20% a un 30% de área, según el grado de pendiente.

Se fijó un número máximo de 65 animales para el lote 1 y 35 animales para el lote 2, para lograr una oferta meta de 29,7 kg M.S. por vaca por día, suficientes para lograr un consumo de 9,5 kg M.S. con un 32% de aprovechamiento. Los resultados mostraron una disponibilidad promedio de 36,7 y 25,2 kg MS y un promedio de aprovechamiento del forraje de 19,9 y 30,4%, para los grupos 1 y 2, respectivamente. Se estimó un consumo general de materia seca por vaca por día de 7,8 kg, a través de la metodología de consumo potencial, muy similar a los 7,7 kg M.S. obtenidos a través del balance nutricional reverso.

Se obtuvo una producción semanal promedio de 8395,8 kg de leche, resultantes en 13600,7 kg de leche por hectárea en producción por año. La producción individual fluctuó entre los 12,7 kg y los 11,4 kg de leche/vaca/día entre el primer trimestre y el segundo trimestre del estudio.

Se estimó una inversión en fertilización de \$59774 por hectárea, y un costo de \$47676 y \$120831 por cada cien metros lineales de construcción de cerca eléctrica y de instalación de tuberías de abrevadero, respectivamente.

Introducción

La producción lechera en Costa Rica es una actividad consolidada, producto del constante crecimiento que se ha dado desde el establecimiento de cooperativas de productores a mediados del siglo XX, hasta conseguir convertirse en un país autosuficiente en el abastecimiento de leche en 1988 (Cámara de Productores de Leche, 2010).

En Costa Rica se produce anualmente más de 890 millones de kilogramos de leche (Cuadro 1). Se estima que actualmente existen alrededor de 144000 empleos generados por la actividad, la cual tuvo en el 2009 una participación del 0,87% del producto interno bruto (PIB) y ha crecido del 45,5 al 48,6% del valor agregado pecuario, del año 2001 al 2009 (BCCR, 2010).

Cuadro 1. Producción total de leche por año en Costa Rica (BCCR, 2010).

Año	Producción (Miles de Kg)	Variación anual (%)
2001	737192,4	---
2002	761902,1	3,4
2003	785618,0	3,1
2004	752310,6	-4,2
2005	774621,8	3,0
2006	823799,6	6,3
2007	864295,4	4,9
2008	889957,8	3,0
2009	891737,7	0,2

Los precios pagados al productor costarricense están entre los más altos del mundo, según la organización Holandesa LTO (2010), lo cual lo coloca en una posición ventajosa, pero a la vez, de alto riesgo por la baja competitividad a nivel de comercio internacional (Cuadro 2).

Cuadro 2. Precio promedio pagado al productor de leche, febrero 2012 (LTO Netherland, 2010).

Región	Precio por kg de leche (EU\$)
Europa	0,47
Nueva Zelanda	0,41
Estados Unidos	0,44
Costa Rica	0,55

Este panorama ha hecho que el sector productivo nacional busque reducir los costos de producción a través de una mayor eficiencia en el uso de los insumos y recursos disponibles.

El propósito de esta práctica fue llevar a cabo un proceso de implementación de varias tecnologías relacionadas con el mejoramiento y la intensificación del aprovechamiento del recurso forrajero en una finca lechera en Tilarán, Guanacaste, con el propósito de aumentar la productividad por hectárea de una manera rentable. Según los datos del censo lechero Dos Pinos (2007) esta finca cuenta con un área aproximada de 245 hectáreas, de las cuales 200 se utilizan para producción de pastos y sólo 40 hectáreas (20% del área de pastos) para el ganado lactante. El hato adulto es de 170 vacas, del cual un 52,9% corresponde a vacas lactantes, mientras que en las fincas ubicadas en la misma zona de vida este valor es de un 77,1%. La carga animal y la producción de leche anual por hectárea son menores que el promedio de las otras fincas de la misma zona de vida: 1,2 UA/Ha y 2334 kg, contra 3,36 UA/Ha y 9741 kg, respectivamente.

Tilarán es un cantón ubicado en una zona montañosa al este de la provincia de Guanacaste, específicamente en la Sierra Minera de Tilarán. Su altitud se ubica entre los 500 y 1000 msnm, y sus suelos son de origen volcánico, condiciones aptas para la producción de leche, que es una de las principales actividades económicas de la región. Actualmente Tilarán cuenta con

77 productores afiliados a la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos
R.L. (Arroyo, 2012)

OBJETIVOS

a. General:

1. Aumentar la productividad en una finca lechera en Tilarán, Guanacaste, mediante la implementación de prácticas de manejo de pastos.

b. Específicos:

1. Establecer un sistema de pastoreo rotacional.
2. Redistribuir las áreas de pastoreo para promover una mayor disponibilidad de forraje y su mejor aprovechamiento por parte del ganado.
3. Establecer un programa de fertilización para mejorar la condición de los suelos y su productividad.
4. Establecer un programa de control de malezas según la densidad de población y las especies presentes.
5. Cuantificar el efecto de las prácticas de manejo sobre la disponibilidad y la calidad del forraje de la finca.
6. Monitorear la respuesta animal en términos de producción de leche y sólidos lácteos.
7. Estimar el aporte del componente forrajero a la dieta total.
8. Cuantificar el costo de implementación del programa de fertilización, instalación de abrevaderos y redistribución de repastos

Capítulo 1. Marco Teórico

Productividad

Murillo y colaboradores (2004), determinaron a través de un análisis FODA que la principal oportunidad de las fincas lecheras costarricenses para garantizar su sostenibilidad, desde un punto de vista técnico, es aumentar su productividad por hectárea. Así mismo, León (2008), encontró una gran relación entre la productividad por hectárea y el ingreso neto por hectárea ($r^2=0,82$). Esto indica que los productores que aumentan su productividad tienen una gran probabilidad de aumentar su rentabilidad.

La productividad se define como la relación entre la producción obtenida y la cantidad de recursos utilizados para tal fin (Schroeder, 1992). Villegas (2006) encontró que los factores determinantes en la productividad de las fincas lecheras en pastoreo son la carga animal, la proporción de vacas en ordeño con relación al hato adulto y la producción de leche por vaca. De la misma manera, determinó una alta relación entre la fertilización nitrogenada y los valores de carga animal y de producción por vaca.

Pastoreo rotacional

Los sistemas de pastoreo rotacional involucran la cosecha intensa de un área delimitada de la pastura seguida de un período de descanso para permitir el rebrote del pasto (Amaral-Phillips et al, 1997). Las principales ventajas que se le atribuyen a este sistema son el consumo adecuado de las plantas en un estado de madurez altamente nutritivo, la reducción en la fluctuación en la producción de leche causada por la variación en el aporte de nutrientes por parte del pasto y la mejoría en la persistencia de la pastura. Una pastura manejada correctamente puede proveer al ganado de un forraje nutritivo en cantidades adecuadas

(Amaral-Phillips et al., 1997), y por su bajo costo, representan una buena oportunidad para disminuir el gasto en alimentación (Acuña y Arroyo, 2009).

El período de rotación se define como el intervalo entre una cosecha de la pradera por parte de los animales y la anterior, e incluye el período de ocupación y el período de descanso (Beetz, 2004). Para el caso del pasto estrella, se estima que un período de descanso apropiado es del rango de 29 a 42 días (Fukumoto y Lee, 2003). Este período puede acortarse o extenderse dependiendo de la época y la tasa de crecimiento de la pastura (Mislevy, 2006).

El período de ocupación de una pradera es el lapso en que los animales pastorean en esa área. Abrahamse et al. (2008), determinaron que la producción de leche, así como la producción total de grasa y proteína aumentan cuando el período de ocupación se reduce de 4 días a 1 día. De la misma manera, encontraron una mayor estabilidad ruminal, de acuerdo con los niveles de pH y nitrógeno amoniacal. Otros autores, encontraron una marcada fluctuación en la producción de leche, que atribuyeron a la variación en la disponibilidad y digestibilidad del forraje en un sistema rotacional con período de ocupación de 8 a 9 días (Figura 1) (Blaser et al, 1986).

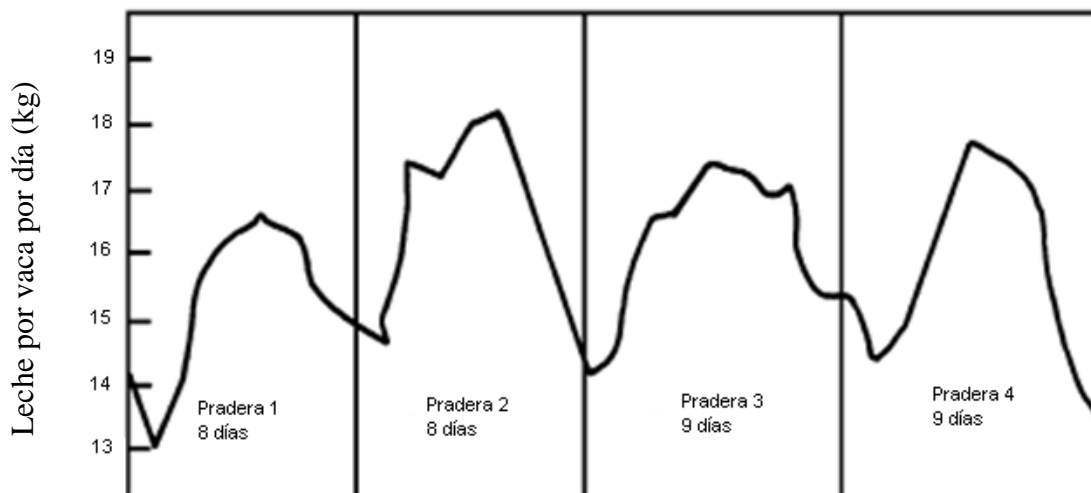


Figura 1. Variabilidad en la producción de leche.vaca⁻¹.día⁻¹, según período de ocupación. Fuente: (Blaser et al, 1986)

Producción de biomasa del pasto estrella africana y respuesta a la fertilización

Burns y colaboradores (2009), reportaron una respuesta lineal a la aplicación de fertilizante nitrogenado sobre la ganancia de peso de novillos, la producción de forraje y la carga animal. De la misma manera, Hernández et al (2004), encontraron que la proteína cruda y la digestibilidad in vitro del pasto estrella aumentó linealmente cuando se incrementó el nivel de nitrógeno aplicado a la pastura hasta 336 Kg N ha⁻¹, especialmente si se aumenta la carga animal. La utilización de altas tasas de fertilización nitrogenada, de hasta 625 Kg N Ha⁻¹, aumenta la producción de biomasa y las concentraciones de nitrógeno en el pasto (Delagarde et al., 1997).

Bajo fertilización química, el pasto estrella africana presenta producciones de 25 a 30 toneladas de materia seca por hectárea por año, en rotaciones con períodos de descanso de 20 a 25 días (Sánchez et al., 2000).

El NRC (1987), señala que los principales factores que intervienen con el consumo voluntario de los animales en pastoreo son la disponibilidad y la calidad

del forraje, siendo el primero el más importante. Proveer a los animales de una buena cantidad de forraje de calidad, promueve un mayor consumo y permite la selectividad, lo cual posibilita un mejor contenido de energía, proteína y fibra en la dieta total, lo cual influye en una mayor producción de sólidos lácteos (Mejía, 2002).

Los pastos tropicales presentan una gran variabilidad en la calidad nutricional de las distintas estructuras de la planta, por ello es importante proveer una buena cantidad de forraje a los animales, para permitir que estos seleccionen su dieta y alcancen adecuados niveles productivos (Sánchez, 2002). Bargo y colaboradores (2003), recomiendan una oferta de forraje de al menos 2 veces lo requerido por el animal.

La fertilización de una pastura debe cubrir los requerimientos del cultivo y debe hacerse basada en el tipo de suelo, el tipo de forraje y el comportamiento de los nutrimentos aplicados en el suelo (Salas y Cabalceta, 2010). Rivera (2008), estudió las cantidades de nutrimentos exportados de una pastura de estrella africana en la zona de San Carlos (Cuadro 3). Estos datos pueden ser utilizados junto con el análisis de suelos para diseñar el programa de fertilización.

Cuadro 3. Exportación anual de nutrimentos del pasto estrella africana sometido a pastoreo rotacional. (Adaptado de Rivera, 2008)

Elemento	kg ha ⁻¹ .año ⁻¹
K	325,00
N	264,80
Ca	47,70
P	42,50
Mg	22,60
S	33,10
Fe	1,92
Cu	0,39
Zn	0,82
Mn	1,33
B	0,03

Calidad nutricional del pasto estrella africana

Los forrajes tropicales presentan una menor calidad nutricional que los pastos de clima templado, porque han desarrollado más estructuras protectoras para adaptarse a condiciones de temperaturas elevadas, depredadores, plagas y enfermedades (Sánchez, 2002). Van Soest (1994), encontró que la calidad nutricional de los forrajes tropicales decrece más rápidamente con respecto al estado de madurez, que los pastos de clima templado. Esto se debe a la mayor acumulación de compuestos estructurales y de protección que los forrajes realizan para adaptarse a las condiciones adversas del trópico. Para el caso del estrella, la proteína cruda decrece gradualmente desde un 21 hasta un 10%, y la fibra cruda aumenta desde un 65 hasta un 74% desde el día 20 hasta el día 90 de rebrote, respectivamente (Figura 2) (Arroyo et al., 2009).

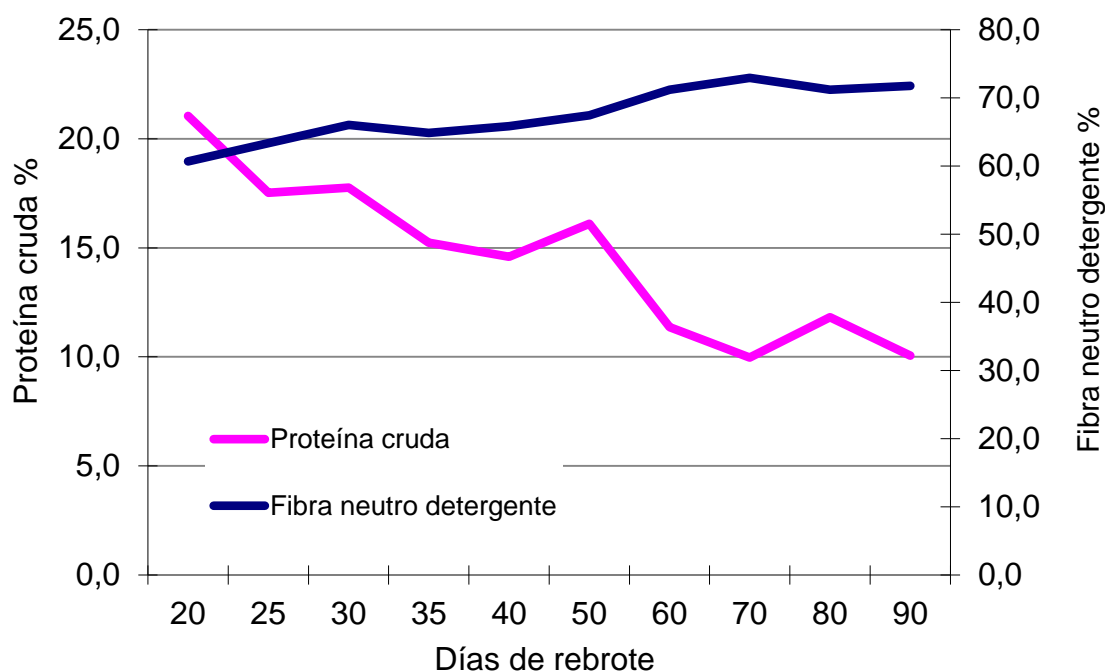


Figura 2. Comportamiento del contenido de proteína cruda y de la fibra neutro detergente del pasto estrella africana, con respecto a los días de rebrote (Arroyo et al., 2009).

La calidad nutricional promedio del pasto estrella africana en Costa Rica se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Composición nutricional del pasto estrella africana en el trópico húmedo de Costa Rica (Base Seca) (Sánchez, 2002).

Nutrimento	Época	Época	Promedio
	Seca ¹	Lluviosa	
Proteína cruda, %	8,23	17,45	12,84
Fibra detergente neutro, %	76,12	72,18	74,15
Carbohidratos no fibrosos, %	6,26	8,12	7,19
Energía neta de lactancia, Mcal/kg (3x)	1,14	1,33	1,24
Energía neta de mantenimiento, Mcal/kg	1,14	1,33	1,24
Energía neta de ganancia, Mcal/kg	0,51	0,69	0,60

¹Promedio de 40 muestras

Utilización de tecnología de posicionamiento global para diseño de sistemas de pastoreo

Recientemente se ha introducido la utilización de sistemas de posicionamiento global (GPS, acrónimo inglés) en la medición y diseño de áreas de uso agrícola y pecuario. Saborío (2010), recomienda el seguimiento de los siguientes pasos para realizar el diseño del sistema rotacional:

- Determinar el área aprovechable, descontando los sectores ocupados por otros usos: instalaciones, ríos, caminos, etc.
- Definir el número de repastos, de acuerdo con el período de rotación, el tipo de pasto y las condiciones de la zona.
- Diseñar y distribuir los repastos utilizando un programa computacional, tomando en cuenta el acceso a caminos, aceras y abrevaderos.
- Aplicar el diseño en el campo.

Otros factores importantes de tomar en cuenta durante el diseño son el acceso al agua, topografía, tipo y calidad del pasto, carga animal y geometría del aparto (Griffin et al., 2002). Gerrish y colaboradores (1995), encontraron que el consumo de agua no se afecta si el abrevadero se ubica a una distancia no mayor a 220 metros de cualquier punto del repasto. Con respecto a la forma del aparto, se busca reducir el perímetro, para lo cual se prefiere la forma cuadrada. Sin embargo, un rectángulo con una relación máxima de 4:1 es aceptable (Henning et al., 2000).

Presencia de malezas y productividad

Esqueda-Esquivel y colaboradores (2009), encontraron que el control químico de las malezas presentes, favoreció la producción de biomasa y la calidad nutricional de una pastura de estrella africana.

Estudios realizados por Camargo (2000), demostraron que la cobertura forrajera, la carga animal y la disponibilidad forrajera aumentan la productividad general de la finca lechera, mientras que la presencia de malezas la deprimen.

Costo de prácticas de manejo de pasturas

La construcción de cercas es uno de los aspectos más costosos relacionados con el pastoreo del ganado (Meyer y Olsen, 2005). Al respecto Villanueva y colaboradores (2005) encontraron que el costo de construir con alambre de púa un kilómetro de cerca viva o muerta, corresponde a 250425 y 282150 colones, respectivamente. Posteriormente, Esquivel (2009) estimó el costo de construcción de la cerca eléctrica (Cuadro 5).

Cuadro 5. Costos de instalación de una cerca eléctrica a un hilo, con postes vivos cada 50m, por kilómetro de cerca (Esquivel, 2009).

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo por unidad (colones)	Costo total (colones)
Impulsor E800 50 km	Unidad	1	68000	68000
Pararrayos	Unidad	1	10036	10036
Cuchilla doble tiro	Unidad	1	5820	5820
Tubo galvanizado 12mm	Unidad	6	2500	15000
Manguera aislada	Metro	6	130	780
Alambre liso cerca	Rollo	2	27500	55000
Aislador terminal	Unidad	20	251	5020
Aislador de varilla	Unidad	20	200	4000
Tensoras	Unidad	10	1155	11550
Postes vivos	Unidad	20	1000	20000
Aislador de tornillo	Unidad	20	180	3600
Postes de varilla	Unidad	20	560	11200
Cable aislado	Metro	60	191	11460
Resortes de portón	Unidad	6	1385	8310
Manigueta	Unidad	6	1154	6540
Recibidor manigueta	Unidad	6	350	2100
			<i>Total</i>	<i>238417</i>

Abrevaderos para ganado lechero.

La instalación de abrevaderos en los repastos permite una mejor eficiencia energética de la dieta y una mejor cosecha del forraje (Bartlett, 2000). Una vaca lechera adulta típicamente consume entre 80 y 120 litros de agua. En condiciones de pastoreo donde los repastos no exceden las tres hectáreas de tamaño, los animales tienden a ingerir agua en forma individualizada, por lo cual el uso de pequeños tanques con capacidad de 100 a 150 litros, son suficiente (Wells, 1995). Se requiere un flujo de 8 a 24 litros de agua por minuto para

mantener el tanque de agua lleno. La ubicación del tanque del agua próximo a la línea de la cerca promueve que el ganado se acerque al bebedero en forma individual.

Capítulo 2.

Resultados y discusión.

Establecimiento de pastoreo rotacional y distribución de áreas

Se determinó el área aprovechable de la finca con equipo del sistema de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés), utilizando una unidad marca Garmin®, modelo GPSmap76cs. A partir de esta información, se diseñaron dos módulos de pastoreo rotacional para los dos grupos de vacas lactantes con que cuenta la explotación. El hato lactante estuvo dividido en dos lotes, un lote de “primera” donde se ubican las vacas con menos días de lactancia –menor a 150 días- y otro de “segunda” para las vacas que están más próximas al secado –mayor a 150 días-. Este agrupamiento se mantuvo, pero se definió el número de animales máximos para cada lote.

El área de la finca destinada para pastoreo del ganado lactante según la medición con GPS fue de 47,6 hectáreas. Sin embargo, de esta área original, 7,5 hectáreas no se utilizaron para los repastos de vacas lactantes por problemas de acceso y pendientes muy pronunciadas (Figura 3).

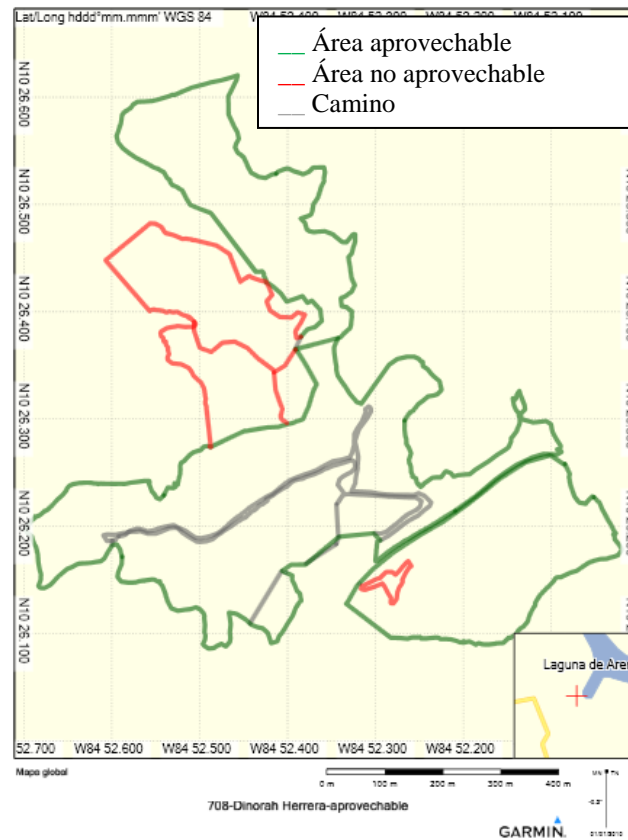


Figura 3. Mapa de área de pastoreo de vacas lactantes, obtenido por GPS.

De las 40,1 hectáreas aprovechables, 10 son de topografía plana y las restantes son de topografía quebrada. Se utilizó una rotación de 31 días, con medio día de ocupación en cada repasto. En total se diseñaron 62 repastos por grupo de pastoreo, para lo cual se empleó el programa informático Mapsource®. Se reservaron los repastos con condiciones más favorables de topografía y cercanía a las instalaciones de ordeño para el grupo de primera. Una vez diseñados los repastos en el computador, se ubicaron los puntos de referencia en la finca con estacas de madera numeradas para la construcción de las cercas de división. Una vez subdividida la finca, se identificó cada repasto con rotulación plástica.

Para el lote de primera se definieron repastos de 2700 m² cada uno, y para el lote de segunda se planificaron apartos de 1500 m² cada uno. En el grupo de primera se albergó un máximo de 65 vacas y en el de segunda 35 animales, permitiendo un área de 85 m² por vaca por día. Para definir este valor se utilizó un valor de producción de forraje de 3500 kg de materia seca por hectárea por rotación de 30 días y un aprovechamiento del 32% (Arce et al., 2013), lo cual permitiría una oferta de 29,7 kg de materia seca por vaca, lo cual es equivalente a 9,5 kg de forraje aprovechable. Esta cantidad es suficiente para suplir el consumo potencial de estrella (Cuadros 15 y 16).

En las áreas de mayor pendiente se incrementó el tamaño de los repastos de un 20 a 30% (Arroyo, 2012), según el grado de pendiente, para compensar el menor aprovechamiento del forraje y favorecer la conservación del suelo. Para aplicar este concepto se segregaron las 32,1 hectáreas en 150338 m², 27777 m² y 142885 m² de pendiente pronunciada, pendiente leve y terreno plano, respectivamente. Esto resulta en 28,2 hectáreas de “equivalente plano”. De esta forma se infiere que las 32,1 hectáreas pueden mantener una cantidad cercana a las 100 vacas lactantes.

En total se definieron 124 repastos que abarcan 32,1 hectáreas. Las restantes 8 hectáreas (de mayor lejanía al centro de ordeño) se distribuyeron en repastos de 4000 m², los cuales se utilizarán como respaldo para poder realizar las actividades de resiembra y control de maleza en los otros repastos (Figura 4).

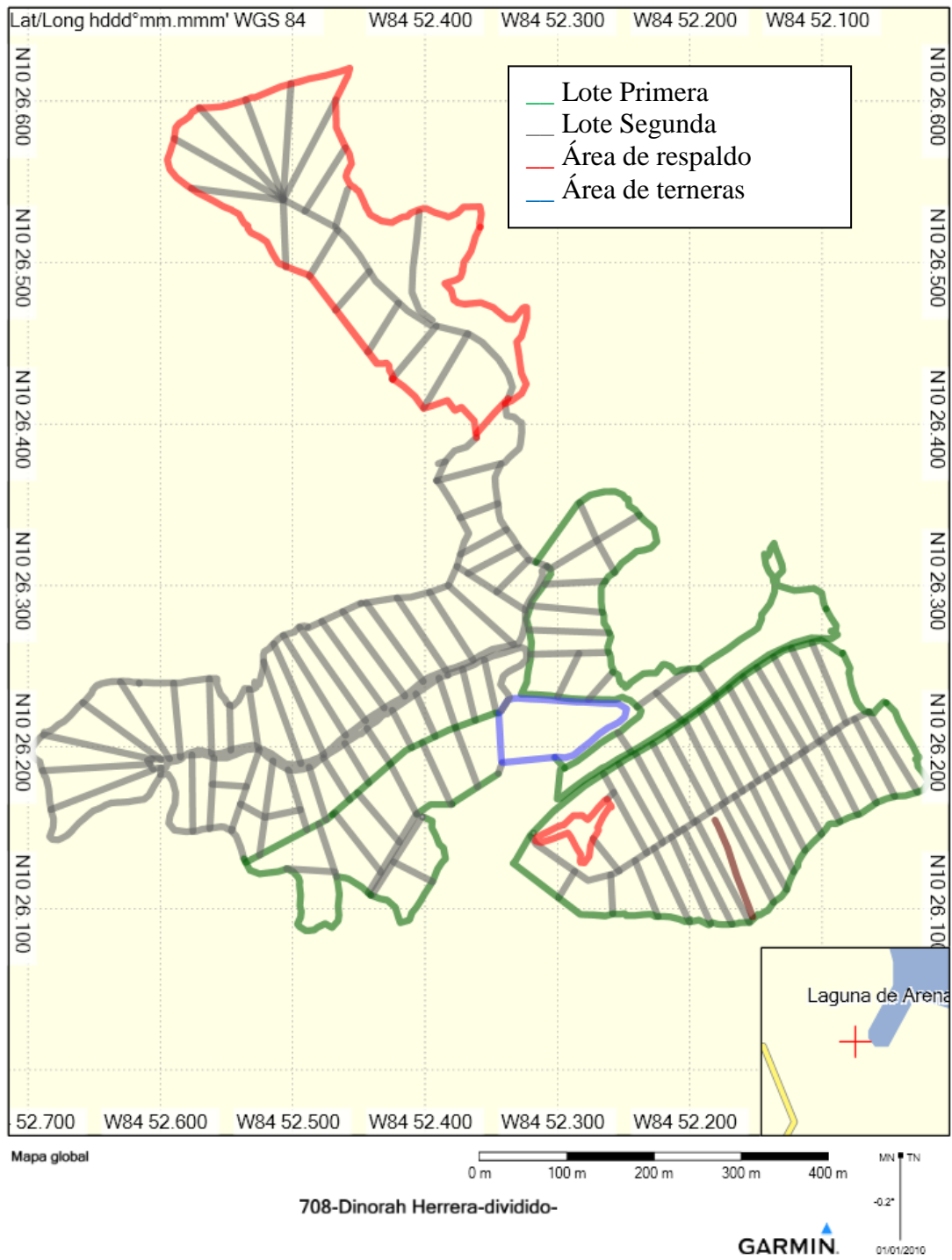


Figura 4. Detalle de distribución de repastos.

Se instaló un sistema de cañerías aprovechando los sistemas de captación de agua existentes y se utilizaron dos tanques con boya portátiles de 100 litros de capacidad, uno para cada grupo de vacas lactantes. Se instalaron tomas de agua ubicadas estratégicamente para abastecer dos o tres repastos por cada toma.

Establecimiento del programa de fertilización

Se realizó un análisis de los suelos de la finca, para lo cual se tomaron 2 muestras: zona quebrada y zona plana. Los análisis se efectuaron en el laboratorio de la Compañía Costarricense del Café S.A. (CAFESA). Se implementó un programa de fertilización a partir de los análisis de suelos utilizando los niveles de nutrimentos recomendados por Bertsch (1995), para pastos. Se calculó el costo total y por hectárea de dicho programa de fertilización.

Análisis de suelos y programa de fertilización

Se tomaron dos muestras de suelos, dividiendo el área en zona de topografía quebrada y zona de topografía plana (Cuadro 6).

Cuadro 6. Informe de resultados del análisis de suelo, por zona.

<i>Zona</i>		<i>cmol(+)/L</i>				<i>mg/L</i>					<i>%</i>
	pH	K	Ca	Mg	Acidez Ext.	P	Fe	Cu	Zn	Mn	Materia Orgánica
Quebrada	5,80	0,30	4,55	0,90	0,21	9	99	6	1,80	24	2,49
Plana	5,50	0,37	6,02	1,16	0,30	5	86	4	0,30	41	5,25
Mínimo*	5,50	0,20	4,00	1,00		10	10	1	3,00	5	
Máximo*	6,50	1,50	20,00	6,00	0,30	50	50	20	15,00	50	

*Valores recomendados por Bertsch (1995).

Ambos resultados muestran una baja saturación de acidez, con un valor de 3,52% en la zona de ladera y levemente mayor en la zona plana (3,82%). La zona plana de la finca históricamente se ha manejado de forma más intensiva, con una mayor carga animal y mayor frecuencia de fertilización tanto química como orgánica. Además, la topografía y el desnivel con respecto a las instalaciones de ordeño favorecen la acumulación de materia orgánica. Las áreas quebradas están propensas a sufrir un mayor grado de erosión por la escorrentía del agua, sobre todo por ser suelos de origen volcánico de textura arenosa.

Los contenidos de bases en la zona quebrada son inferiores que en la zona plana, al igual que la capacidad de intercambio catiónico estimada (5,96 cmol y 7,85 cmol, respectivamente). Sin embargo, sólo el caso del magnesio presenta niveles de deficiencia en la zona de ladera, no así el calcio ni el potasio, de acuerdo con los valores recomendados por Bertsch (1995). Los valores de hierro y manganeso están en un nivel medio para ambos lotes, de ahí que la aplicación de enmienda calcárea será moderada, más como aporte de bases que como corrección de acidez o neutralización del hierro y el manganeso. Para este efecto se utilizará fuentes que aporten magnesio, para favorecer el balance de este elemento, que actualmente está en estado de carencia con respecto al calcio, en las dos zonas.

El fósforo está presente en niveles bajos en toda el área muestreada, al igual que el zinc.

Con base en estos resultados se diseñó el programa anual de fertilización, utilizando formulaciones de fertilizantes comerciales (Cuadro 7). Cabe indicar que se hizo un único programa de fertilización utilizando el promedio de los resultados de los análisis de laboratorio de las diferentes zonas de la finca, para facilitar la aplicación por parte del personal de la finca. De esta manera solo se ajustaron las dosis, sin cambiar los productos utilizados.

Cuadro 7. Programa de fertilización anual.

Mes	Fertilizante	Cantidad kg/Ha	Aporte de nutrimentos (kg)							
			N ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	B ₂ O ₃	CaO	S	Zn
Junio	Carbonato de calcio	500						200		
Julio	Abopasto®	90	21,6	10,8	5,4	5,4			6,3	0,4
Agosto	Magnesamón®	90	19,8			6,7		9,9		
Septiembre	Fosfomax®	90		27,0				36		
Octubre	Complex®	90	24,3	5,4	2,7	1,8			3,6	
Noviembre	Urea	90	41,4							
Diciembre	Urea	45	20,7							
Enero	Complex®	90	24,3	5,4	2,7	1,8			3,6	
Febrero	Revital®	90	15,3	5,4	16,2	4,5	0,2	9	2,2	1,4
Marzo	Multisuelo®	90	13,5	3,8	3,5	12,1		6,8	3,0	
Abril	Magnesamón®	90	19,8			6,7		9,9		
Mayo	Cal Dolomita	180				21,6		61,2		
Total (kg)		1535	200,7	57,7	30,5	60,8	0,2	332,7	18,8	1,8

Programa de control de malezas

Con el objetivo de reducir la incidencia de malezas, se estimó la densidad de población de las mismas en la pastura, mediante la identificación taxonómica y el conteo de cada especie en el interior de un cuadro plástico de 0,25 m², en 3 repeticiones (Esqueda-Esquivel et al., 2009). Dichas estimaciones se realizaron en forma conjunta con el Botanal®, en los mismos repastos donde se estimó la disponibilidad forrajera. De acuerdo al tipo de malezas se eligieron los agroquímicos apropiados para el control.

Se hicieron conteos de malezas presentes en el cuadro que se lanzó en los repastos a la hora de hacer el botanal, por triplicado. Por esta razón los valores que se presentan en los cuadros 8 y 9 corresponden al total de malezas encontradas en un área de 0,75 m². Posteriormente al conteo se procedió a la identificación de cada maleza utilizando el manual de malezas de Costa Rica (Soto et al., 2004) y a buscar el método de control más adecuado con la ayuda del Ingeniero Agrónomo regente del Almacén Agroveterinario Dos Pinos de la zona (Cuadro 10).

Cuadro 8. Recuento de malezas presentes por 0,75 m² en la rotación del lote “primera”.

<i>Maleza</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Setiembre</i>	<i>Octubre</i>	<i>Noviembre</i>
<i>Crotalaria pallida</i>		6		1		4
<i>Eleocharis elegans</i>	8				2	
<i>Dichromena ciliate</i>	6		7		5	
<i>Digitaria sanguinalis</i>	10	9			5	1
<i>Drymaria cordata</i>		5	7			2
<i>Homolepsis aturensis</i>	9		10	2	3	2
<i>Asclepias curassavica</i>		5		2		
<i>Photomorphe peltata</i>		6			2	4

Cuadro 9. Recuento de malezas presentes por 0,75 m² en la rotación del lote “segunda”

Maleza	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
<i>Isotoma</i>	10	13		1		5
<i>Longiflora</i>						
<i>Crotalaria pallida</i>	4			1	2	
<i>Sida</i>			5		1	2
<i>rombifolia</i>						
<i>Dichromena ciliate</i>			7		6	2
<i>Digitaria sanguinalis</i>	7			4		
<i>Lantana camara</i>		12			4	5
<i>Homolepsis aturensis</i>	5		5		4	
<i>Sporobolus poiretii</i>	3		4		1	
<i>Asclepias curassavica</i>		2				

Las malezas encontradas con mayor frecuencia fueron guarda rocío (*Digitaria sanguinalis*), cascabelillo (*Isotoma longiflora*) y amargo (*Homolepsis aturensis*), las cuales se entremezclan con el pasto estrella y normalmente no se atacan durante el control manual –chapeas-, el cuál es el método más utilizado de la finca. Estas son malezas que se dispersan más por toda el área, mientras que otras se circunscriben a áreas con condiciones muy específicas de mal drenaje como el caso del cebollin (*E. elegans*) y la estrellita (*D. cilliata*).

La gran mayoría de estas malezas se propagan por semilla sexual, por lo que el control requiere de repeticiones sucesivas para evitar que las malezas logren desarrollarse y formar semilla. Por esta razón las chapeas son menos efectivas que la aplicación química, porque retardan menos el ciclo de la maleza y si se da un espaciamiento muy amplio entre una chapia y otra, no se obtiene ningún resultado.

Las malezas de hoja ancha tendieron a ser más fáciles de controlar que otras, especialmente las del género de las ciperáceas, por varias razones como la baja permeabilidad y el crecimiento en áreas de mal drenaje donde los pastos normalmente no crecen bien. En algunas de áreas de la finca se han hecho esfuerzos por mejorar el drenaje a través de canalización, con resultados variables.

En el caso de la malezas de la familia *poaceae*, el control fue más efectivo. Sin embargo, a la hora de la aplicación también se afectó la cobertura de la pastura, porque los productos también afectaron a la estrella africana.

Algunos repastos de la finca requieren resiembra por la alta degradación de la pastura, donde la sola eliminación de la maleza no era una medida satisfactoria. En estos casos se procedió a hacer la siembra por cero labranza, eliminando la cobertura existente con aplicación de glifosato. En este caso se seleccionó pasto Toledo (*B. brizantha*) sembrado por semilla sexual, en combinación con estrella africana (*C. nlemfuensis*) sembrada con estolones por esquepe. Esto se hizo para lograr una cobertura rápida del suelo, porque las zonas que requirieron resiembra son de pendiente pronunciada donde la estrella africana normalmente no se desenvuelve de manera óptima.

Cuadro 10. Malezas muestreadas durante los conteos, nombre común y método de control seleccionado.

<i>Maleza</i>	<i>Nombre común</i>	<i>Estrategia de control</i>
<i>Asclepias curassavica</i>	Viboriana	Químico 2,4-D
<i>Crotalaria pallida</i>	Cascabelillo	Químico 2,4-D
<i>Dichromena ciliate</i>	Estrellita	Drenaje, químico: glifosato
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Guarda rocío	Químico: MSMA (Daconate®)
<i>Drymaria cordata</i>	Cinquillo	Químico 2,4-D, Fenoprop
<i>Eleocharis elegans</i>	Cebollín	Drenaje, químico glifosato
<i>Homolepsis aturensis</i>	Amargo	Químico glifosato
<i>Isotoma Longiflora</i>	Campanita	Químico 2,4-D, metsulfurón metil
<i>Lantana camara</i>	Lengua de vaca	Químico 2,4-D, metsulfurón metil
<i>Photomorphe peltata</i>	Santa María	Químico 2,4-D
<i>Sida rhombifolia</i>	Escobilla	Químico 2,4-D, metsulfurón metil
<i>Sporobolus poiretii</i>	Pitilla	Químico glifosato, arranca manual

Disponibilidad y calidad forrajera

Disponibilidad forrajera

Se cuantificó la disponibilidad forrajera a través de la metodología Botanal® (Tothill et al., 1992), utilizando un marco plástico de 0,25 m² y tres puntos de referencia para alta, media y baja disponibilidad. Se utilizó para tal fin el repasto sin cosechar donde correspondería ingresar al ganado, inmediatamente posterior al que estaba en ocupación. Se hizo análisis bromatológico de una muestra tomada en cada rotación. Esta evaluación se hizo en cada visita mensual, para cada una de las dos rotaciones de vacas lactantes. A partir de estos datos se estimó la disponibilidad forrajera, expresada como kilogramos de materia seca por hectárea y por área de repasto para cada uno de las dos rotaciones de pastoreo de vacas lactantes.

Los resultados de estimación de la disponibilidad forrajera se muestran en los cuadros 11 y 12. Los datos obtenidos en el lote de primera son similares a los reportados por Salazar (2007), quien estimó una producción promedio de 4642 kg MS por hectárea prepastoreo, utilizando pasto estrella africana, en su estudio en tres fincas del cantón de San Carlos. Los valores observados en el lote de segunda son inferiores al mínimo observado por dicho autor.

Cuadro 11. Estimación de disponibilidad forrajera mediante botanal®, lote “primera”.

<i>Mes</i>	<i>Disponibilidad</i>			
	Hectárea (kg M.S.)	Repasto (kg M.S.)	Animal/día (kg M.V.)	Animal/día (kg M.S.)
Junio	4065,6	1097,7	141,7	36,6
Julio	5001,0	1350,3	174,8	38,6
Agosto	5083,0	1372,4	177,7	45,7
<i>Promedio</i>	<i>4716,6</i>	<i>1273,5</i>	<i>164,7</i>	<i>40,3</i>
<i>I trimestre</i>				
Setiembre	4487,6	1211,6	134,3	36,7
Octubre	3663,8	989,2	106,6	32,4
Noviembre	3682,5	994,3	103,2	30,1
<i>Promedio</i>	<i>3944,6</i>	<i>1065,0</i>	<i>114,7</i>	<i>33,7</i>
<i>II trimestre</i>				
<i>Promedio</i>	<i>4330,6</i>	<i>1169,2</i>	<i>144,7</i>	<i>36,7</i>
<i>general</i>				

Se observa una mayor disponibilidad de forraje en las dos rotaciones de pastoreo durante los meses de junio, julio y agosto, que son los meses que coinciden con el inicio de las lluvias y otras condiciones favorables para los pastos. Posteriormente la cantidad de biomasa disminuye considerablemente, presentando una reducción del 30,4% en la producción de forraje verde. En términos de materia seca, la reducción es menor, equivalente a un 16,4%. Esto posiblemente se debió a cambios en la composición estructural de la pastura.

Cuadro 12. Estimación de disponibilidad forrajera mediante botanal®, lote “segunda”.

Mes	Disponibilidad			
	Hectárea (kg M.S.)	Repasto (kg M.S.)	Animal/día (kg M.V.)	Animal/día (kg M.S.)
Junio	3271,2	490,7	117,3	31,6
Julio	2894,9	434,2	105,7	23,5
Agosto	2855,2	428,3	94,2	26,0
<i>Promedio</i>	<i>3007,1</i>	<i>451,1</i>	<i>105,7</i>	<i>27,0</i>
<i>I trimestre</i>				
Setiembre	3086,1	462,9	73,2	23,1
Octubre	3610,9	541,6	84,0	27,1
Noviembre	2178,6	326,8	59,6	19,8
<i>Promedio</i>	<i>2958,5</i>	<i>443,8</i>	<i>72,3</i>	<i>23,3</i>
<i>II trimestre</i>				
<i>Promedio</i>	<i>2982,8</i>	<i>447,4</i>	<i>89,0</i>	<i>25,2</i>
<i>general</i>				

La producción promedio de biomasa es marcadamente menor en la rotación del lote de segunda al compararla con el lote de primera: un 30,1% menos de forraje en términos de materia seca. Esto posiblemente se debe a que la rotación de segunda agrupa muchos de los repastos que tienen una topografía más accidentada, así como una mayor presencia de malezas. Además tiene un suelo más pobre e históricamente ha recibido menos aplicación de fertilizantes.

De la misma manera que en el lote de primera, la producción de forraje declinó de manera importante durante el segundo trimestre del proyecto, obteniéndose un rendimiento 22,5% menor de forraje verde en comparación con el primer trimestre. En este caso la reducción fue un poco menor a la observada en el lote de primera. Si se calcula en términos de materia seca, la merma fue de

sólo un 1,6%, de nuevo compensada en parte por el cambio en la composición del pasto. Sin embargo al estimar la oferta por animal, el cambio es de un 13,7%, producto de la mayor carga animal observada durante el segundo semestre.

Composición nutricional del forraje

Se monitoreó la calidad nutricional del forraje como respuesta a las prácticas agronómicas implementadas, mediante el análisis bromatológico de muestras enviadas en forma mensual al laboratorio de la Cooperativa Dos Pinos. Se tomaron muestras de las dos rotaciones de pastoreo, haciendo simulación de consumo, para un total de dos muestras por mes.

Los resultados de los análisis bromatológicos se resumen en los cuadros 13 y 14, para las rotaciones primera y segunda, respectivamente.

Cuadro 13. Resultados mensuales de análisis bromatológicos para la rotación de pastoreo del lote primera.

<i>Parámetro</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Promedio trimestral</i>	<i>Set</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Promedio trimestral</i>
Materia seca	25,83	22,07	25,75	24,55	27,33	30,43	29,18	28,98
Proteína	11,38	11,38	11,55	11,44	11,41	10,68	10,41	10,83
FAD*	37,14	46,04	39,98	41,05	45,34	43,34	42,24	43,64
FND**	67,21	68,01	66,51	67,24	72,51	71,43	70,31	71,41
Extracto etéreo	2,60	2,28	2,69	2,52	2,14	2,54	2,51	2,39
Cenizas	6,95	13,89	11,52	10,79	9,49	10,24	9,86	9,86
Lignina	4,02	4,08	3,94	4,01	3,87	4,12	4,84	4,28

*FAD: Fibra ácido detergente.

**FND: Fibra neutro detergente.

Cuadro 14. Resultados mensuales de análisis bromatológicos para la rotación de pastoreo del lote segunda.

<i>Parámetro</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Promedio</i> <i>trimestral</i>	<i>Set</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Promedio</i> <i>trimestral</i>
Materia seca	26,99	22,20	27,56	25,58	31,62	32,24	33,21	32,36
Proteína	11,30	12,15	11,22	11,56	9,81	10,17	7,92	9,30
FAD*	46,04	45,86	44,31	45,40	45,11	41,71	42,20	43,01
FND**	66,88	69,47	71,89	69,41	73,09	71,98	70,44	71,84
Extracto etéreo	2,28	2,24	2,46	2,33	2,05	2,56	1,68	2,10
Cenizas	13,89	12,90	10,81	12,53	9,34	10,79	9,18	9,77
Lignina	4,66	4,81	4,46	4,64	4,04	4,67	5,11	4,61

*FAD: Fibra ácido detergente.

**FND: Fibra neutro detergente.

En ambas rotaciones de pastoreo se muestra una tendencia al aumento en la materia seca, la fibra neutro detergente y la fibra ácido detergente hacia los meses de octubre y noviembre. En el caso de la proteína cruda, el valor tendió a disminuir a lo largo del período, lo cual evidencia un descenso en la calidad del forraje. Estos valores nutricionales son bajos al compararlos con los datos reportados por Arroyo et al. (2009), que determinó un promedio de 14, 65, 37, 2,6 y 4,3 % para proteína cruda, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente, extracto etéreo y lignina. Por su parte, Salazar (2007) reportó valores promedio de 20,3 y 72,8 % de proteína cruda y fibra detergente neutro.

Estos datos indican, al relacionarlos con la producción de biomasa (cuadros 11 y 12), que la oferta de forraje disminuyó pero al mismo tiempo la calidad de este forraje también empobreció, lo cual se manifestó en el campo como una menor cantidad de forraje general y un forraje más tosco. Estos resultados muy posiblemente son producto de las condiciones climáticas y del aumento paulatino en la presión de pastoreo. Es de esperar que el consumo de forraje no haya sido óptimo, habiendo sido limitado por la disponibilidad y calidad del forraje.

Al hacer un análisis trimestral, se observó que hacia el segundo trimestre hubo un aumento en el contenido de materia seca y fibra, mientras que la proteína mostró una leve reducción, sin embargo, se mantuvo siempre por sobre el mínimo de 8% de proteína cruda, necesario para el funcionamiento normal del rumen (Hoover y Stokes, 1991). Se estimó además los valores de consumo máximo de forraje utilizando la fórmula (Lozano et al., 2002):

$$\text{CMS} = \frac{120}{\text{FND}}$$

donde:

CMS= Consumo de materia seca como porcentaje del peso vivo.

FND= Contenido porcentual de Fibra Neutro Detergente

Se calculó el valor relativo de forraje (VRF) y se categorizó de acuerdo a este índice (Lozano et al., 2002). Este valor se calcula a partir del potencial de consumo de materia seca ($\text{CMS} = 120/\% \text{FND}$) y su digestibilidad ($\text{DMS} = 88,9 - (0,779 * \% \text{FAD})$), según la siguiente fórmula:

$$\text{VRF} = (\text{CMS} * \text{DMS} / 1,29)$$

La clasificación se realizó utilizando las categorías de excelente (>151), primera (125-151), segunda (103-124), tercera (87-102), cuarta (75-86) y quinta (<75). La información así obtenida se puede observar en los cuadros 15 y 16.

Cuadro 15. Consumo máximo estimado, valor relativo y categorización del forraje de la rotación de primera.

<i>Indicador</i>	<i>I trimestre</i>	<i>II trimestre</i>
Consumo máximo estimado de materia seca (%)	1,78	1,68
Consumo máximo estimado de materia seca (Kg)	8,03	7,56
Consumo máximo estimado materia verde (Kg)	32,71	26,09
Valor relativo del forraje (VRF)	78,75	71,52
Categoría	Cuarta	Quinta

Cuadro 16. Consumo máximo estimado, valor relativo y categorización del forraje de la rotación de segunda.

<i>Indicador</i>	<i>I trimestre</i>	<i>II trimestre</i>
Consumo máximo estimado de materia seca (%)	1,73	1,67
Consumo máximo estimado de materia seca (Kg)	7,78	7,52
Consumo máximo estimado materia verde (Kg)	30,41	23,23
Valor relativo del forraje (VRF)	71,75	71,73
Categoría	Quinta	Quinta

De estos datos se deduce que en el caso de la rotación de primera hubo una reducción importante de calidad del primero al segundo trimestre, mientras que en la rotación de segunda la diferencia no fue tan marcada. En términos de consumo de materia seca, la reducción fue de 5,9 y 3,4%, para el lote de primera y segunda, respectivamente, entre el primer trimestre y el segundo.

La calidad del forraje fue inferior en la rotación del lote de segunda en comparación con el lote de primera. Si se toma en cuenta la menor disponibilidad de esta rotación con respecto a la primera, la oferta final de forraje de calidad es considerablemente menor para el lote de segunda.

Al relacionar los valores de consumo potencial de forraje con la oferta, se podría pensar que la carga animal puede aumentarse fácilmente dado que la oferta supera de 3 a 4 veces lo consumido por el animal (cuadros 11 y 12). Sin embargo, esto es un indicador de que la calidad fue un limitante de mayor importancia que la disponibilidad de forraje en esta finca. Esto coincide con lo reportado por Bargo y colaboradores (2003), quienes establecen que ofrecer 2 veces el forraje requerido suele ser suficiente, pero al mismo tiempo observaron que los mayores consumos de materia seca de forraje se obtienen al ofrecer 3 a 5 veces el forraje requerido por el animal.

Respuesta animal

Se midió la respuesta de los animales a las prácticas de manejo de forraje mediante el monitoreo de la producción de leche, expresada como total de kilogramos de leche producidos por semana y como producción de leche por hectárea por semana. Esta información se obtuvo de las boletas de liquidación de la planta procesadora y de los datos de la medición del área obtenida por GPS. Para este fin se utilizó solamente el área efectiva dedicada al pastoreo de las vacas lactantes.

Además, se cuantificó la producción de sólidos totales, como composición porcentual de la leche y como producción por hectárea por semana. Esta información también se calculó a partir de las boletas de liquidación de la planta procesadora y de los datos de la medición del área obtenida por GPS.

Producción semanal de leche y su composición

La producción semanal de leche del hato total y su composición porcentual se aprecia en el cuadro 17. El porcentaje de sólidos es relativamente bajo para la composición racial del hato. La relación de grasa/proteína está dentro de los parámetros normales. Sin embargo, el valor de proteína es bastante bajo, menor al valor de 3%, lo cual se puede deber a causas genéticas, pero más probablemente a una deficiencia importante de la ración, principalmente la energía (Young, 2006). Esto frecuentemente se asocia con un aporte insuficiente de almidones en la dieta y la consiguiente baja liberación de propionato a nivel de rumen (Robinson, 1997). Este es un panorama muy probable en la finca, dado que la cantidad de concentrado estuvo restringida casi a una cantidad fija semanal, sin tomar en cuenta los cambios en la cantidad de animales ni la disponibilidad de forrajes, lo cual también pudo haber limitado el suministro de aminoácidos para la síntesis de proteína láctea.

Cuadro 17. Producción semanal de leche de la finca y su composición.

Fecha	Producción semanal (Kg)	Grasa	Sólidos		
			totales	Proteína	Lactosa
		-----%-----			
02/06/2012	8716,55	3,61	11,85	2,97	4,56
09/06/2012	8031,05	3,72	11,87	2,85	4,61
16/06/2012	8140,15	3,66	12,02	2,97	4,61
23/06/2012	8167,85	3,58	11,72	2,91	4,63
30/06/2012	8227,35	3,69	11,97	3,00	4,68
07/07/2012	8244,30	3,82	12,02	2,96	4,57
14/07/2012	8825,50	3,71	11,87	2,98	4,57
21/07/2012	8821,10	3,67	11,90	2,96	4,61
28/07/2012	8615,60	3,76	12,00	2,99	4,62
04/08/2012	8372,05	3,83	12,10	2,99	4,62
11/08/2012	9160,55	3,73	11,88	2,99	4,53
18/08/2012	9420,35	3,74	11,90	2,98	4,54
25/08/2012	8864,55	3,75	11,85	2,92	4,54
01/09/2012	8234,80	3,86	11,92	2,91	4,54
08/09/2012	8356,90	3,71	11,77	2,93	4,53
15/09/2012	8663,80	3,78	11,94	2,96	4,57
22/09/2012	8549,40	3,79	11,98	2,93	4,60
29/09/2012	8074,35	3,76	11,83	2,87	4,56
06/10/2012	8051,75	3,71	11,86	2,94	4,59
13/10/2012	7608,25	3,76	11,78	2,89	4,44
20/10/2012	7675,65	3,89	11,96	2,91	4,50
27/10/2012	8253,60	3,82	11,91	2,91	4,53
03/11/2012	8028,50	3,77	11,86	2,92	4,54

Si se toma en cuenta que la producción semanal de leche promedio del período fue de 8395,82 kg, y lo extrapolamos a un año, obtendríamos un valor de 436582,84 kg totales. Este valor corresponde a una producción de leche por hectárea de por año de 13600,71 kg, lo cual es un valor aceptable según el

censo lechero (Dos Pinos, 2007). Sin embargo, si se hace el cálculo con el área total de la finca el valor se reduce a 1781,91 kg anuales, lo cual indica que el aprovechamiento de área de la finca no es el más adecuado, pues el promedio de la zona es de 9741 kg.

Producción de leche y sólidos totales por hectárea

Se calculó la producción de leche y de sólidos totales por hectárea del área de vacas lactantes, en forma semanal. Para este cálculo se utilizó el valor de 32,1 hectáreas, dado que las 8 hectáreas del área de respaldo prácticamente no se emplearon para las vacas lactantes durante el período de la práctica. El comportamiento de estos indicadores de productividad se pueden observar en las figuras 5 y 6.

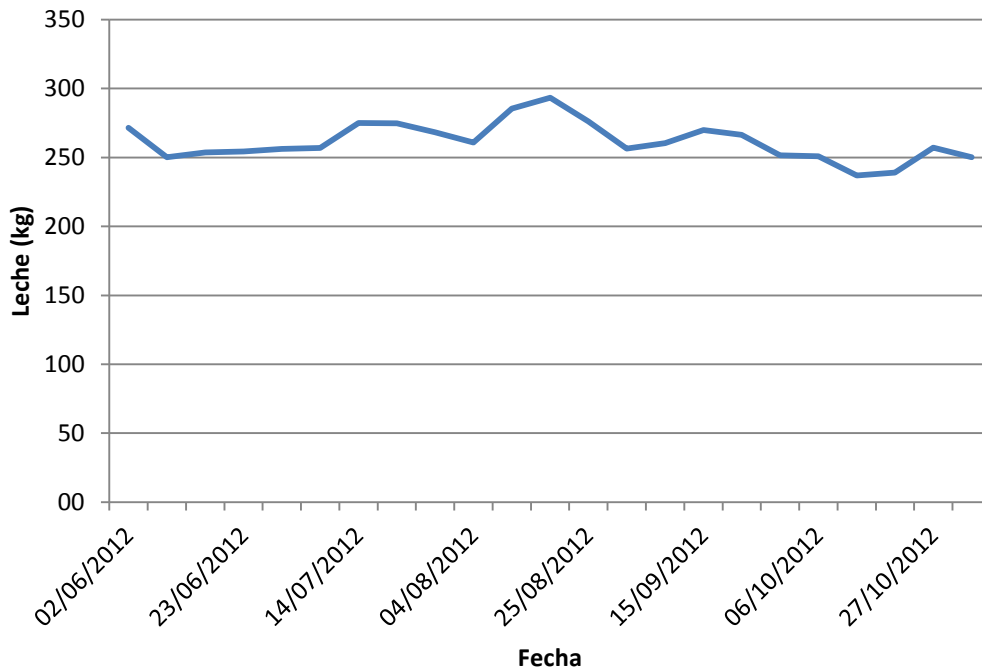


Figura 5. Comportamiento de la producción de leche por hectárea en producción, durante los meses de junio a noviembre, 2012.

Es notorio el aumento que se cuantificó hacia el mes de agosto tanto en la producción de leche como de sólidos totales, lo cual coincidió con una disminución del 13% en el número de vacas en ordeño (ver cuadro 21). Además para el caso del lote 1, este mes fue el que presentó mayor producción de biomasa. Esto podría ser indicativo de que la cantidad de forraje es una limitante para la producción de leche y para la producción de sólidos lácteos también. Sin embargo, la calidad del forraje parece limitar el consumo en mayor grado que la disponibilidad, si se toma en cuenta que la oferta es aproximadamente 4 veces (cuadros 11 y 12) el forraje consumido (cuadros 15 y 16) y que los valores nutricionales observados (cuadros 13 y 14) son bajos al compararlos con los datos reportados en fincas similares (Arroyo et al., 2009). Estos resultados coinciden con lo observado a nivel práctico en el campo, donde se observó una acumulación de material tosco y senescente.

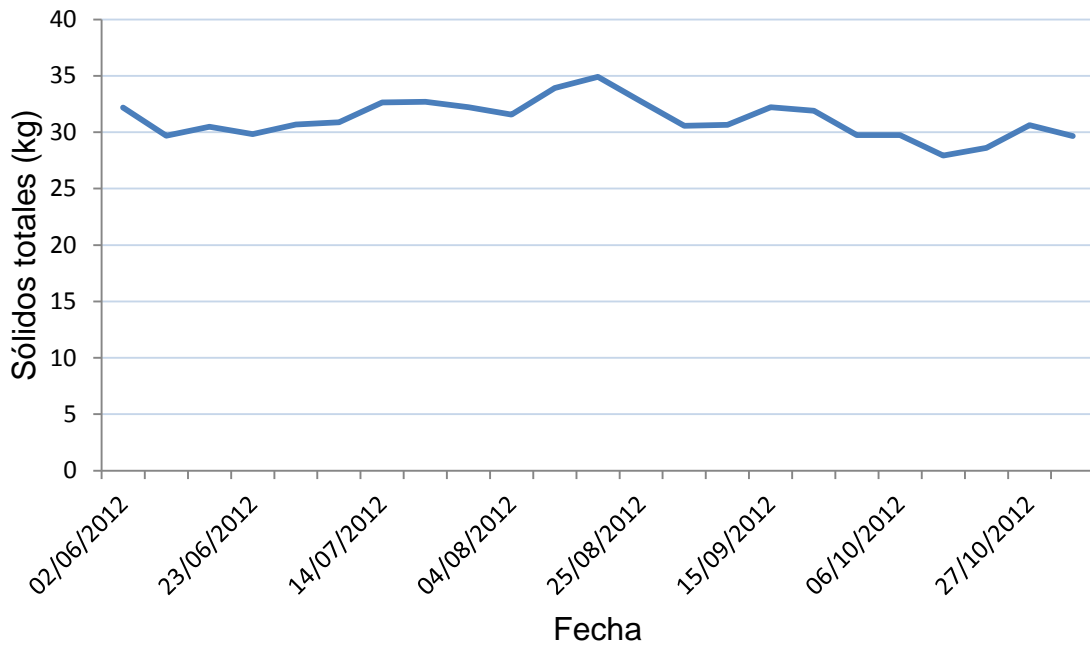


Figura 6. Comportamiento de la producción de sólidos totales por hectárea del área de vacas lactantes, durante los meses de junio a noviembre, 2012.

Producción individual de leche

Se implementó el pesaje de leche individual, en forma mensual, utilizando medidores referenciales marca Waikato®. Esta información se registró en el software para manejo de hatos Vampp®.

Los promedios de producción por vaca obtenidos de los pesajes mensuales de leche se pueden observar en el cuadro 18. La producción se redujo en 1,3 kg de leche por vaca por día (10,2%) del primer trimestre al segundo. Se observó una tendencia a mayor producción durante los meses de junio, julio y agosto. Esto se debe a la buena cantidad de partos registrados en estos meses y a una mayor disponibilidad de forraje (cuadros 11 y 12). Sin embargo, durante los meses de octubre y noviembre, donde también hubo un número importante de pariciones, estas no se reflejaron en la producción, muy posiblemente por la reducción en la disponibilidad de forraje y en la calidad de éste (cuadros 13 y 14), y a la excesiva cantidad de animales en ordeño.

Cuadro 18. Producción promedio por vaca por día del hato.

<i>Mes</i>	<i>Vacas lactantes</i>	<i>Producción (kg)</i>
Junio	91	12,9
Julio	107	11,5
Agosto	93	13,7
<i>Promedio trimestral</i>	<i>97</i>	<i>12,7</i>
Septiembre	106	11,3
Octubre	101	11,2
Noviembre	99	11,6
<i>Promedio trimestral</i>	<i>102</i>	<i>11,4</i>

El número de vacas adultas de la finca es muy elevado para la cantidad de animales que se pueden mantener en ordeño bajo este sistema, si se toma en cuenta que el promedio de días de lactancia de las vacas al secado fue de

230 días, y el promedio de días secos que tenían las vacas al parir durante el período de la práctica fue de 187 días. Lo cual indica que muchas vacas se secaron de manera forzada para mantener un tamaño de hato lactante manejable. Además hay que tomar en cuenta que la cantidad de partos que se observaron, hipotéticamente es suficiente para mantener un hato en ordeño de alrededor de 180 vacas, asumiendo un intervalo entre partos de 14 meses y una proporción de 75% de vacas en ordeño, los cuales son datos que se pueden encontrar con facilidad en la zona (Dos Pinos, 2007).

En el cuadro 19 se puede observar que se inició con un tamaño de hato conforme con lo planificado, sin embargo, en varios momentos del período de la práctica se sobrepasó el tamaño máximo deseado de 100 vacas, lo cual repercutió en la recuperación de los pastos, especialmente porque algunos meses coincidieron con períodos de alta precipitación comunes en la zona, como el caso de octubre y noviembre.

Cuadro 19. Inventario mensual de vacas lactantes, total de partos, secados y animales por lote de producción.

<i>Mes</i>	<i>Total de partos</i>	<i>Total de secados</i>	<i>Hato lactante</i>	<i>Lote primera</i>	<i>Lote segunda</i>
Junio	16	6	91	60	31
Julio	19	9	107	70	37
Agosto	18	24	93	60	33
Septiembre	14	6	106	66	40
Octubre	18	23	101	61	40
Noviembre	20	22	99	66	33

Estimación del aporte del forraje a la dieta de las vacas lactantes

Se estimó el aporte del componente forrajero a la dieta total, utilizando el programa para balanceo de raciones Dairy Cattle Program del NRC (2001), a través de balance reverso (Cuadro 20).

Cuadro 20. Estimación del consumo de forraje a través de balance reverso.

<i>Mes</i>	<i>Vacas en ordeño</i>	<i>Leche (kg)</i>	<i>Concentrado (kg MV)*</i>	<i>Materia seca del forraje (%)</i>	<i>Consumo estimado (kg MS)</i>	<i>Consumo estimado (kg MV)</i>
Junio	91	12,9	4,8	25,8	8,0	30,9
Julio	107	11,5	4,3	22,1	7,5	33,9
Agosto	93	13,7	5,3	25,8	8,3	32,2
<i>Promedio trimestral</i>	<i>97</i>	<i>12,7</i>	<i>4,8</i>	<i>24,6</i>	<i>7,9</i>	<i>32,3</i>
Setiembre	106	11,3	4,5	27,3	7,2	26,5
Octubre	101	11,2	4,2	30,4	7,4	24,2
Noviembre	99	11,6	4,3	29,2	7,6	26,1
<i>Promedio trimestral</i>	<i>102</i>	<i>11,4</i>	<i>4,3</i>	<i>29,0</i>	<i>7,4</i>	<i>25,6</i>
<i>Promedio general</i>	<i>99,5</i>	<i>12,0</i>	<i>4,6</i>	<i>26,8</i>	<i>7,7</i>	<i>29,0</i>

*Concentrado 16% P.C., 1,85 MCal ENI / kg M.S., 87% M.S.

Se evidencia que los mejores promedios de producción se obtuvieron cuando el hato tenía un tamaño menor. En los momentos en que esta situación se dio en combinación con una mayor disponibilidad de forraje se obtuvo el mejor resultado. En el mes de agosto se estimó un mayor consumo de materia seca del forraje y del concentrado también, lo cual se manifestó en una mayor producción de leche individual.

La relación forraje: concentrado fue 65:35 para el primer trimestre y 66:34 para el segundo trimestre. Esta consideración indica que el comportamiento de

la producción de leche está soportado sobre una base forrajera. La relación leche: concentrado general es de 2,6:1, la cual es una relación dentro de lo normal.

Los consumos de materia seca de forraje estimados por esta vía, fueron muy similares a los determinados a través de la composición nutricional del forraje (cuadros 15 y 16).

Al estimar el aprovechamiento de la pastura, durante el primer trimestre se obtuvo un 19,7 y un 29,2% para el lote de primera y segunda, respectivamente. Mientras que para el segundo semestre, los valores de aprovechamiento fueron 20,2 y 31,7%, para la primera y segunda, respectivamente. Esta información sugiere que la calidad juega un papel muy importante en el comportamiento de consumo en esta finca, puesto que se observó un mayor aprovechamiento por parte de las vacas de segunda, que son animales con menores requerimientos nutricionales, por lo tanto ejercen menor selección del forraje. Además la primera fue un grupo más grande de animales, lo que pudo haber favorecido las pérdidas por pisoteo.

Estos valores de aprovechamiento de forraje son bajos si se comparan con los datos de 35-45% reportados por Arce y colaboradores (2013) y al 43% promedio observado por Salazar (2007). Podría pensarse que por el bajo aprovechamiento hubiera una acumulación de forraje no consumido y por lo tanto un empobrecimiento gradual de la calidad. Sin embargo, esto no ocurrió. Posiblemente el rebrote fue débil y no aportó más que lo consumido en la cosecha anterior y la calidad de este rebrote compensó por la pérdida de calidad del forraje remanente. Esto coincidiría con la lenta recuperación que se manifestó a nivel visual en la finca.

Costo de prácticas de manejo de pastos

Se mantuvo un registro de las inversiones realizadas asociadas con la división de repastos e instalación de abrevaderos, para el cálculo de costos unitarios. Los costos que se calcularon fueron los siguientes:

- Costo anual del programa de fertilización, tomando en cuenta los costos relacionados con la compra de los fertilizantes recomendados, el transporte y la mano de obra requerida para la aplicación.

- Costo total y por cada cien metros lineales de la instalación de abrevaderos para el ganado en cada repasto. Para ello se utilizaron los registros de las inversiones en materiales y mano de obra.

- Costo total y por cada cien metros lineales de la construcción de cercas para la división de los repastos. Para ello se tomó en cuenta la información registrada de inversiones en materiales, mano de obra y servicios profesionales.

Costo del programa de fertilización

Según los registros de compras de fertilizantes realizadas, durante el lapso del estudio se aplicaron los productos enumerados en el cuadro 21. De este cuadro se deduce que la aplicación realizada en la finca no se apegó a las dosis ni a los productos recomendados, pues en todos los casos fue menor. Si se toma en cuenta las dosis de los fertilizantes granulados –sin incluir la enmienda calcárea-, de un total de 450 kg recomendados por hectárea entre todos los productos, sólo se aplicó 115 kg, lo cual equivale a un 25,6%. Esto se debe en parte a que no se aplicaba fertilizante en aquellas áreas de la finca que requieren resiembra porque están cubiertas por pastura natural o maleza. Otra causa importante es que en el comercio de la zona no hay mucha variedad de fertilizantes, probablemente por ser una zona dedicada más a la ganadería de

carne, que utiliza muy poco este insumo si se compara con cultivos o ganadería de leche. Sin embargo, estos factores no justifican del todo que la dosificación aplicada fuera tan baja.

Cuadro 21. Cantidad y costo total de los fertilizantes y enmiendas aplicadas durante el período del estudio.

<i>Fertilizante</i>	<i>Presentación (kg)</i>	<i>Cantidad (kg)</i>	<i>Costo Total (₡)</i>	<i>kg/Ha</i>
Carbonato de calcio	45	250	400000	350
Pasto fértil	45	50	730750	70
Magnesamón	45	30	340950	42
10-30-10	45	2	33520	3
TOTAL		332	1505220	

El costo de la fertilización aplicada durante el período de la práctica fue de ₡1505220, lo que equivale a una inversión por hectárea de ₡46891. Es importante aclarar que el costo de transporte ya está incluido en el precio final. El costo total de aplicación fue de ₡413550, equivalentes a 3,2 horas por hectárea en promedio. La aplicación de enmienda requirió 2,4 veces más tiempo que la aplicación de los fertilizantes granulados. Sumando los rubros de producto, transporte y aplicación, el costo del fertilizante aplicado fue de ₡1918770, equivalente a ₡59774 por hectárea. Este valor es muy bajo si se considera que el costo del programa recomendado para este período tenía un costo aproximado de ₡169000/ha, lo cual es bastante cercano al valor reportado por Acuña y Arroyo (2009), quienes establecen que un programa de fertilización anual ronda los ₡310000/ha. Es lógico pensar que ni aun duplicando el fertilizante aplicado durante el período de la práctica -6 meses- se alcanzaría el costo de un programa de fertilización adecuado.

Costo de construcción de divisiones

El total del costo de la construcción de las divisiones se puede observar en el cuadro 22. Para el caso de la valoración de los servicios profesionales se utilizó lo estipulado en el artículo 7 de la ley orgánica del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (1987) donde se define que para levantamientos de cultivos, apartos o similares que no requieren registro en el Catastro Nacional y para efectos informativos rige la siguiente tarifa:

$$\text{Tarifa base: } Y = 3000,00 \cdot i \sqrt{h}$$

En donde:

Y= Tarifa base del servicio profesional con un mínimo de \$4.200,00 i

h= Área de la parcela en hectáreas.

I = Índice inflacionario.

En este caso se hizo el cálculo para el área aprovechable de 40,1 hectáreas.

Cuadro 22. Costo de construcción de divisiones para pastoreo rotacional, total y por 100 metros lineales, en colones.

<i>Rubro</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>	<i>Por 100 m</i>
Aislador empuñadura	65	660	42900	692
Aislador de poste	375	110	41250	665
Aislador esquinero	250	167	41750	673
Alambre liso acerado 500m	15	16106	241600	3896
Alambre de púas 335m	12	16735	200820	3239
Postes muertos	392	500	196000	3161
Energizador cerca eléctrica 80km	1	108095	108095	1743
Grapa cerca 3/4 1kg	73	1541	112498	1814
Mano de obra (horas)	1056	1342	1417785	22867
Servicios profesionales			553203	8923
		<i>Total</i>	<i>2955902</i>	<i>47676</i>

Se puede señalar que casi un 50% del costo relacionado con la construcción de cercas tuvo que ver con el costo de la mano de obra, por lo que para bajar el costo de este tipo de construcciones es importante valorar opciones para facilitar la construcción o mejorar el rendimiento de los trabajadores, como por ejemplo el uso de alambre aluminizado que es mucho más fácil de manipular.

Costo de instalación de abrevaderos

La instalación de bebederos se realizó construyendo una cañería principal ubicada al lado del callejón del ganado. Las llaves de suministro se colocaron de manera que abastecieran 2 ó 3 repastos cada una. El costo final de la instalación se puede observar en el cuadro 23. Esto permitió una reducción importante en las distancias de caminata del ganado.

Cuadro 23. Costo relacionado a la instalación de abrevaderos para el ganado, en colones.

<i>Rubro</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Total</i>	<i>Por 100m</i>
Pila bebedero portátil	2	112000	224000	40000
Gaza 1 pulgada	5	185	925	165
Adaptador macho 1/2 pvc	3	55	165	29
Llaves de chorro	17	1150	19550	3491
Adaptador hembra 1/2 pvc	19	75	1425	254
Codo 1/2 pvc	29	78	2262	404
Codo liso rosca 1/2 hembra	2	115	230	41
Manguera 10 m	2	20565	41130	7345
Pegamento pvc 50 g	6	600	3600	643
Tee 1/2 pvc	19	75	1425	254
Tubo grueso 1/2 pvc	98	1785	174930	31237
Union lisa 1/2 pvc	5	50	250	45
Mano de obra (horas)	154	1342	206760	36921
		<i>Total</i>	<i>676652</i>	<i>120831</i>

Capítulo 3.

Conclusiones

1. Los efectos en la productividad de la finca producto de los cambios realizados no fueron los esperados, posiblemente porque no se llevaron a cabo fielmente las tareas requeridas, así como por la sobrepoblación del área de ordeño.
2. Se logró establecer un sistema de pastoreo rotacional.
3. El programa de fertilización propuesto no se realizó a cabalidad por razones como la alta rotación de personal, la falta de supervisión del personal y el aspecto económico. La poca disponibilidad de los productos especificados a nivel del comercio de la zona también fue un aspecto importante por considerar.
4. La disponibilidad de forraje supera 3 a 4 veces lo consumido por los animales. Sin embargo, las vacas no son capaces de consumir más porque la baja calidad de los pastos es una limitante. Por esta razón, cuando la disponibilidad de forraje disminuyó, la producción también se redujo, pues limitó la posibilidad de selección y por lo tanto el consumo final del pasto.
5. El tamaño de la finca es un factor que influye en la efectividad de las labores de campo, como es el caso del control de malezas y la construcción de cercas. La mayor parte del área de la finca está dedicada a categorías de animales no productivos, lo cual hace que se incurra en un alto costo de mantenimiento que debe ser costeado por el hato lactante. Esto limita el tiempo y los recursos disponibles para el manejo de las pasturas.
6. En la finca hay una alta proporción de animales improductivos, lo cual ya se ha empezado a corregir con la implementación de registros en programas informáticos y la visita veterinaria frecuente.

7. El costo de la construcción de divisiones para el pastoreo rotacional fue ₡47676 por cada 100 m de cerca y de la instalación de abrevaderos fue de ₡120831 por cada 100 m de tubería. Este costo es relativamente bajo, considerando su durabilidad.

Recomendaciones

1. Seguir invirtiendo en la fertilización de los suelos, para mejorar la calidad y cantidad del forraje ofertado. Además, al aumentar la densidad del forraje se disminuiría la aparición de malezas. Esto es muy importante considerando la textura y la topografía de varias zonas de la finca, que las hacen susceptibles a la erosión.
2. Definir un sistema de manejo que permita asumir el total de pariciones que ya se están dando, tratando de aprovechar mejor el potencial de producción de las vacas. Por ejemplo, se podría valorar la apertura de un nuevo módulo de ordeño en otro lugar de la finca, la implementación de un sistema parcial de confinamiento o en su defecto una política más agresiva de descarte. Esto es muy importante decidirlo, porque el área que se aprovecha actualmente para ordeño es sólo un 20% del área de la finca.
3. Un gran componente del costo de construcción de divisiones y de abrevaderos es el relacionado con la mano de obra, por lo que si se quiere disminuir estos costos es importante buscar opciones que faciliten las labores, como por ejemplo: el uso de alambre aluminizado para cerca eléctrica que se puede instalar sin herramientas, postes de madera para clavar en el suelo o el uso de “pico de zoncho” para hacer las zanjas de las tuberías donde el terreno lo permita.
4. Realizar balances nutricionales con regularidad para detectar posibles deficiencias, direccionar mejor los insumos y con ello mejorar la producción y los ingresos de la finca. De esta manera se generaría mayor liquidez para invertir en el mejoramiento de los pastos.

Literatura citada

ABRAHAMSE, P. A., DIJKSTRA, P., VLAEMINCK, B., TAMMINGA, S. 2008. Frequent allocation of rotationally grazed dairy cows changes grazing behavior and improves productivity. J. Dairy Sci. 91:2033–2045

ACUÑA, F., ARROYO, J., 2009. Factores que afectan el margen de ingreso neto en lecherías. Programa de transferencia tecnológica. Cooperativa de Productores de Leche, Dos Pinos. 3p.

AMARAL-PHILLIPS, D., HEMKEN, R., HENNING, J., TURNER, L. 1997. Pasture for Dairy Cattle: Challenges and Opportunities. Disponible en: <http://www.ca.uky.edu/agc/pubs/asc/asc151/asc151.pdf>. Accesado el 15-6-2011.

ARCE, J., VILLALOBOS, L., WINGCHING-JONES, R. 2013. Costos de producción de pastos de piso en fincas de asociados de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R. L. Revista Ventana Lechera. 21:9-12.

ARROYO, G. 2012. Comunicación personal. Coordinador del Programa de Transferencia Tecnológica. Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L.

ARROYO, J. E. ARROYO, Y. GONZÁLEZ, L.E. 2009. Parámetros productivos y reproductivos de Costa Rica. Memoria del congreso nacional lechero de Costa Rica. Disponible en: <http://www.proleche.com/memoriacongresos.html>. Accesado el 8 de agosto, 2011.

BANCO CENTRAL DE COSTA RICA (BCCR). 2010. Revisión del programa macroeconómico 2010-2011. Disponible en: http://www.bccr.fi.cr/flat/bccr_flat.htm. Accesado el 10 de julio, 2011.

BARGO, F., MULLER, L.D., KOLVER, E. S., DELAHOY, J. E. 2003. Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science*. 86:1-42.

BARTLETT, T. 2000. Water systems for grazing livestock. University of Wisconsin Extension. 3p. Disponible en: <http://www.uwex.edu/publications/bartlett.pdf> Accesado el 18 de noviembre, 2011.

BEETZ, A. E. 2004. Rotational grazing, livestock systems guide. ATTRA, servicio de información nacional sobre agricultura sostenible. 18pp. Disponible en: <http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/rotgraze.pdf>. Accesado el 15 de julio, 2011

BERSTCH, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación costarricense de la ciencia del suelo. Primera edición. San José, Costa Rica. 157p.

BLASER, R. E., HAMMES, J. P. FONTENOT, H. T. BRYANT, C. E. POLAN, D. D. WOLF, F.S. MCCLAUGHERTY, KLINE, R. G., MOORE, J. S. 1986. Forage animal management systems. Universidad Estatal e Instituto Politécnico de Virginia. Boletín 86-7. 90p.

BURNS, J. C., WAGGER, M. G., FISHER, D. S. 2009. Animal and pasture productivity of 'Coastal' and 'Tifton 44' bermudagrass at three nitrogen rates and associated soil nitrogen status. *Agronomy Journal*. 101:32-40.

CÁMARA DE PRODUCTORES DE LECHE DE COSTA RICA. 2010. Cronología de la ganadería en Costa Rica. Disponible en: <http://www.proleche.com/historicos.htm>. Accesado el 1 de mayo, 2011.

CAMARGO, M. 2000. Composición botánica forrajera y productividad lechera en fincas lecheras de doble propósito del municipio de Guanarito, estado de Portuguesa. Programa de producción animal. Universidad Ezequiel Mora. Venezuela. 8p.

COLEGIO FEDERADO DE INGENIEROS Y ARQUITECTOS. Reglamento de tarifas de honorarios para los profesionales de agrimensura, topografía e ingeniería topográfica Publicado en el Diario Oficial La Gaceta N° 74 del 20 de abril de 1987. Disponible en: <http://www.cfia.or.cr/descargas/leyes/44.pdf>. Accesado el 15 de noviembre, 2012.

DELAGARDE, R., PEYRAUD, J.L., DELABY, L., 1997. The effect of nitrogen fertilization level and protein supplementation on herbage intake, feeding behaviour and digestion in grazing dairy cows. *Tecnología y Ciencia en la Alimentación Animal*. 66: 165-180.

DOS PINOS. 2007. Reporte de diagnóstico de la finca, censo lechero de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos. 8p.

ESQUEDA-ESQUIVEL, V. A., MONTERO-LAGUNES, M., JUÁREZ-LAGUNES, F. I. 2009. Efecto de métodos de control de malezas en la productividad y calidad del pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg.). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 10. Disponible en Internet: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=93912996007>. Accesado el 18 de noviembre, 2011.

ESQUIVEL, V. J. 2009. La cerca como herramienta básica para la división de potreros. Centro de información Ciudad Neilly. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2p.

FUKUMOTO, G., LEE, C. 2003. Stargrass for forage. Department of Human Nutrition, Food and Animal Sciences. University of Hawaii at Manoa. Livestock Management. 4p.

GERRISH, J.R., PETERSON, P.R., MORROW, R.E. 1995. Distance cattle travel to water affects pasture utilization rate. American Forage and Grassland Council Procedures. Lexington KY, 12-16 March, 1995. 61-65.

GRIFFIN, T.W., EVANS, S.P., OSWALD, D.R. 2002. Utilizing precision farming technologies to implement and monitor management intensive grazing systems. Macomb Extension Center, University of Illinois Extension. Macomb, Illinois. 8p.

GONZÁLEZ, L. E. 2010. Manejo de pastos para la producción rentable de leche. Revista APROGALPA. Panamá. 2:8-12

HENNING, J., LACEFIELD, G., RASNAKE, M., BURRIS, R., JOHNS, J., JOHNSON, K., TURNER, L. 2000. Rotational grazing. ID-143. University of Kentucky Cooperative Extension Service. 16p.

HERNÁNDEZ GARAY, A., SOLLENGBER, L., McDONALD, D., RUEGSEGGER, G., KALMBACHER, R., MISLEVY, P. 2004. Nitrogen fertilization and stocking rate affect Stargrass pasture and cattle performance. Crop Science. 44: 1348-1354

HOOVER, W. H., STOKES, S.R., 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. Journal of Dairy Science. 74: 3630-3644.

LEON, H. 2008. El enfoque de la productividad y su impacto sobre las empresas lecheras. Memoria Congreso Nacional Lechero 2008, Cámara de Productores de Leche. Costa Rica. Disponible en: http://www.proleche.com/documentos/congreso2008/El_enfoque_de_la_Producti

[vidad_y_su_impacto_sobre_la_Rentabilidad_en_las_Empresa_Lecheras-Hector%20Leon.pdf](#). Accesado el 20 de junio, 2011.

LOZANO, A. J., RODRÍGUEZ-HERRERA, S. A., DÍAZ-SOLÍS, H., FUENTES RODRÍGUEZ, J. M., 2002. Producción de forraje y calidad nutritiva en mezclas de triticale (*X Triticosecale Wittmack*) y ballico anual (*Lolium multiflorum L.*) en Navidad, Nuevo León. *Técnica Pecuaria en México*.40(1):17-35.

LTO NEDERLAND, 2010. Cálculos estandarizados del precio de la leche para abril, 2010. Disponible en: <http://www.milkprices.nl/reviews/pdf/eng201202.pdf>. Accesado el 12 de mayo, 2012.

MEJÍA, J. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. *Acta universitaria*. Universidad de Guanajuato. 12(3):56-63.

MEYER, R., OLSEN, T. 2005. Estimated cost for livestock fencing. *Iowa State University Extension Bulletin B1-75*. 4p.

MISLEVY, P. 2006. Stargrass. University of Florida, IFAS extension. SS-AGR-62. 4p.

MURILLO, L., VILLALOBOS, L., SÁENZ, F., VARGAS, B. 2004. Un acercamiento integrado para determinar la sostenibilidad de granjas lecheras de Costa Rica: desarrollo de una matriz de indicadores. *Livestock Research for Rural Development* 16(12)2004. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd16/12/muri16095.htm>. Accesado el 12 de junio, 2011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1987. Predicting feed intake of food-producing animals. National Academy Press, Washington, DC. 96p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 2001. Requerimientos de nutrientes para el ganado lechero. Séptima edición revisada. National Academy Press. Washington, D. C. 381p.

PARGA, J., PEYRAUD, J.L., DELAGARDE, R., 2002. Age of regrowth affects grass intake and ruminal fermentations in grazing dairy cows. Praderas multifuncionales: forrajes de calidad, productos animales y paisajes. Memoria de la 19^{na} reunión general de la Federación Pastoral Europea. La Rochelle, Francia, 27 al 30 de mayo, 2002. Versailles, 256-257.

RIVERA, A. 2008. Curvas de absorción de nutrimentos durante el establecimiento de potreros; absorción total de nutrimentos y efecto de las excretas, durante el pastoreo rotacional con ganado lechero, en los pastos Kikuyo (*Kikuyochloa clandestinum*), Estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*) y Toledo (*Brachiaria brizantha* cv. TOLEDO). Tesis Magister Scientie, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 89 p.

ROBINSON, P. H., 1997. Manipulating milk protein percentage and production in lactating dairy cows. Cooperative extension bulletin. University of California, Davis. 1:3.

SABORIO, A. 2010. Utilización de sistemas de posicionamiento global (GPS) en la estructuración de apartos para pastoreo. Revista ECAG informa. 54:52-56.

SALAS, R., CABALCETA, G. 2010. Manejo del sistema suelo-pasto: partida para la producción de forrajes. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 15p.

SALAZAR, S. 2007. Disponibilidad de biomasa y valor nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en el distrito de Quesada, cantón de San

Carlos. Tesis de Licenciatura de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Costa Rica. 110 p.

SÁNCHEZ, J.M. 2002. Uso de recursos tropicales en la alimentación del ganado lechero. Curso de actualización en la nutrición del ganado lechero. LANCE. Costa Rica. 25p.

SÁNCHEZ, J.M., VILLARREAL, M., SOTO, H. 2000. Caracterización nutricional de los componentes forrajeros de cuatro asociaciones gramínea/*Arachis pintoi*. *Nutrición Animal Tropical*. 6(1):1-17

SCHROEDER, R. G. 1992. Administración de operaciones. Tercera edición. McGraw-Hill. 855p.

SOTO, A., VALLEJOS, E., HERRERA, F., ROJAS, C. 2004. Algunas malezas de Costa Rica y Mesoamérica: catálogo de acuáticas, terrestres y parásitas. Universidad de Florida. Instituto de ciencias agrícolas y alimentarias. Estados Unidos. Catálogo digital disponible en: http://international_extension.ifas.ufl.edu/LaFlor/weeds-of-costa-rica/index.shtml . Accesado el 8 de julio, 2012.

TOTHILL, J. C., MCDONALD, C.K., JONES, R. M., HARGREAVES, J. N. G., CSIRO. 1992. Botanal: a comprehensive sampling procedure for estimating pasture yield and composition. División de cultivos y pasturas tropicales. Brisbane. Australia. 24p.

VAN SOEST, J. P. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Segunda edición. Comstock Publishing Associates. Ithaca, New York, USA. 476p.

VILLANUEVA, C., IBRAHIM, M., CASASOLA, F., ARGUEDAS, R. 2005. Las cercas vivas en las fincas ganaderas. Proyecto enfoques silvopastoriles para manejo integrado de pasturas. Costa Rica. 20p.

VILLEGAS, L. A. 2006. Factores determinantes para la productividad de fincas lecheras en pastoreo. Revista ECAG Informa. 38:34-36.

WELLS, G. 1995. Watering systems for grazing livestock. Iowa State University Extension. PM1604. 4p.

YOUNG, A. 2006. Using milk fat and protein percentages to evaluate herd nutrition and health. Universidad Estatal de Utah. Disponible en: http://extension.usu.edu/dairy/files/uploads/htms/fat_pro2.htm. Accesado el 10 de diciembre, 2012.