

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

ESCUELA DE ZOOTECNIA

Práctica dirigida en la finca de ganado lechero de la Asociación Roblealto Pro-Bienestar del Niño. San José de la Montaña, Barva de Heredia.

Susana Arguedas Sánchez

Práctica dirigida presentada para optar por el título en el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

2014

Tribunal Examinador

Esta práctica dirigida fue aceptada por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia.

Ing. Augusto Rojas Bourrillon, M.Sc.

Director de práctica

Ing. Jorge Alberto Elizondo Salazar, Ph.D

Miembro del tribunal

Ing. Rodolfo WingChing Jones, M.Sc.

Miembro del tribunal

Ing. Alejandro Saborío Montero, Lic.

Miembro del tribunal

Ing. Andrea Brenes Soto, M.Sc.

Directora a.i. de Escuela

Susana Arguedas Sánchez

Sustentante

DEDICATORIA

Dedico a mi familia el proyecto de licenciatura, ya que su apoyo fue crucial durante toda mi carrera y mi vida.

A mi madre por ser una gran mujer, cuyo ejemplo siempre me instó a seguir adelante y trabajar duro por lograr mis metas. Te amo mi negra. Gracias por todo.

A mis tíos Diego y Olga, por todo su apoyo, ejemplo y cariño.

A la memoria de mi padre cuyo recuerdo me acompaña siempre.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por todas las bendiciones recibidas en mi vida y por la oportunidad de concluir la licenciatura.

A la Universidad de Costa Rica por la oportunidad de una educación integral de alta calidad.

A la Escuela de Zootecnia por enseñarme esta maravillosa profesión. A Agueda Serrano por su guía y paciencia.

Al profesor Augusto Rojas por ser un excelente mentor y amigo. Gracias por creer en mí.

A mis compañeros y amigos de la Universidad. Sin Ustedes esto no habría sido lo que fue.

A Gerson Lazo por todo su apoyo y buenas ideas 83266.

A la Ingeniera Maritza Araya y al ingeniero Luis Noguera, por todo el apoyo.

A Asociación Roblealto Pro-Bienestar del Niño por la oportunidad y confianza brindada.

ÍNDICE

Tribunal Examinador.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	3
a. Objetivo General:.....	3
b. Objetivos Específicos:	3
Capítulo 1. Maco teórico.....	4
1.1. Balance nutricional de vacas en producción, alimentación de reemplazos y vacas secas	4
1.1.1 Balance nutricional de vacas en producción.....	4
1.1.2 Alimentación de reemplazos de lechería.....	8
1.1.3 Alimentación de vacas secas.....	10
1.1.4 El pesaje de reemplazos y el sistema de calificación de condición corporal para evaluar el estado nutricional del hato	11
1.2. Uso eficiente del recurso forrajero en lechería	13
1.2.1. Pastoreo rotacional	13
1.2.2. Medición de disponibilidad forrajera	14
1.2.3. Análisis de suelos	14
1.2.4. Análisis forrajero	15
1.2.5. El ensilaje como método de conservación de forraje	18
1.3. El uso del purín de lechería como fertilizante	21
Capítulo 2. Descripción de la finca lechera Asociación Roblealto Pro- Bienestar del Niño.....	23
2.1 Características generales.....	23
2.2. Instalaciones.....	26

2.3. Animales.....	26
2.3.1. Terneras pre- destete	26
2.3.2. Terneras destetadas.....	28
2.3.3. Novillas de reemplazo	29
2.3.4. Vacas secas	29
2.3.5. Vacas en producción.....	30
2.4. Recurso forrajero	32
2.5. Manejo de desechos.....	33
Capítulo 3. Desarrollo de objetivos	34
3.1. Balance nutricional de vacas en producción, alimentación de reemplazos y vacas secas.....	34
3.1.1. Balance nutricional de vacas en producción.....	34
3.1.2. Alimentación de reemplazos.....	42
3.1.2.1 Pesaje de reemplazos.....	50
3.1.3. Alimentación de vacas secas.....	52
3.1.4. Evaluación de condición corporal.....	55
3.2. Uso eficiente del recurso forrajero.....	59
3.2.1. Mapeo de la finca de ganado lechero Asociación Roblealto.....	59
3.2.2. Estimación de disponibilidad forrajera.....	60
3.2.3. Análisis de suelos.....	64
3.2.3.1. Planes de fertilización.....	68
3.2.4. Análisis de pasturas.....	71
3.2.5. Estudio de factibilidad para establecer un adecuado sistema de rotación y tamaño de apartos.....	76
3.2.5.1. Planteamiento.....	76
3.2.5.2. Análisis técnico.....	77
3.2.5.3. Análisis de mercado.....	82
3.2.5.4. Análisis económico	82
3.2.6 Implementación de un sistema de ensilaje.....	84
3.2.6.1 Ensayos de ensilaje.....	84
3.2.6.2. Plan de ensilaje para Roblealto	87

3.3. Plan de manejo de excretas para el buen uso de las aguas de boñiga provenientes del lavado de instalaciones como fertilizante.	91
3.3.1. Producción anual y contenido de nutrimentos de los purines.....	91
3.3.1.1 Producción anual y contenido de nutrimentos de los purines generados en instalaciones físicas.....	91
3.3.1.2. Volumen de las excretas de las vacas en los apartos.....	95
3.3.2. Clima local y suelos.....	95
3.3.3. Área requerida para recibir purines.	99
3.3.4. Selección de lugar para la aplicación de purines.	100
3.3.5. Aspectos adicionales para la aplicación de los purines	102
Capítulo 4. Conclusiones y recomendaciones	103
Conclusiones	103
Recomendaciones	105
Literatura citada	108
Apéndice 1	119

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Nivel de nitrógeno ureico en leche como indicador balance energía: proteína.....	5
2. Porcentaje de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y carbohidratos no fibrosos (CNF) recomendados para la alimentación de vacas en alta producción.....	6
3. Interpretación de análisis foliar en pastos dedicados a ganadería lechera en Costa Rica.....	16
4. Indicadores físicos y químicos que permiten valorar la intensidad y calidad del proceso fermentativo en los ensilajes.....	20
5. Concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en estiércol de ganado lechero de diferente peso corporal.....	21
6. Descripción de la dieta diaria aportada a las vacas en producción. Finca Roblealto. Agosto – Diciembre 2013.....	34
7. Balance de la dieta diaria de las vacas en producción promedio de 7 kg/día. Finca Roblealto. Agosto – Diciembre 2013.....	34
8. Balance de la dieta diaria de las vacas en producción promedio de 21,5 kg/día. Finca Roblealto. Agosto – Diciembre 2013.....	35
9. Descripción de la dieta diaria aportada a las vacas en producción. Finca Roblealto. Diciembre 2013 – febrero 2014.....	40
10. Balance de la dieta diaria de las vacas en producción promedio de 21,5 kg/día. Finca Roblealto. Diciembre 2013 – febrero 2014.....	40
11. Balance de la dieta diaria de las vacas en producción promedio de 7 kg/día. Finca Roblealto. Diciembre 2013 – febrero 2014.....	40

Cuadro.....	Página
12. Evaluación del calostro bovino. Finca Roblealto 2013.....	45
13. Evaluación de la transferencia de inmunoglobulinas a reemplazos mediante refractómetro. Roblealto 2013.....	45
14. Programa de alimentación para animales hasta las doce semanas de vida.....	47
15. Balance de la dieta para animales de 4 - 8 meses de edad. Finca Roblealto 2013.....	48
16. Balance de la dieta para animales de 4 - 8 meses de edad con 0,5 kg de DDGS adicional. Finca Roblealto 2013.....	48
17. Balance de la dieta para animales de 8 - 15 meses de edad. Finca Roblealto. 2013.....	49
18. Balance de la dieta para animales mayores a 15 meses de edad. Finca Roblealto. 2013.....	49
19. Recomendación para la desparasitación de terneras. Roblealto 2013.....	50
20. Balance actual de la alimentación de vacas secas.....	52
21. Balance de la recomendación alimenticia para vacas secas.....	54
22. Resultado de la medición mensual de condición corporal en finca Roblealto. Setiembre 2013 – febrero 2014.....	56
23. Resultados de la disponibilidad de forraje fresco de piso. Roblealto 2013-2014.....	61
24. Resultados de la disponibilidad de forraje fresco de corta. Roblealto 2013.....	62
25. Necesidades anuales de pasto de corta en finca Roblealto 2013.....	63

Cuadro	Página
26. Análisis del suelo de los apartos pastoreados por vacas en producción. Roblealto 2013.....	65
27. Análisis de la textura del suelo de los apartos de pastoreo de las vacas en producción. Roblealto 2013.....	66
28. Análisis del suelo de los apartos de corta. Roblealto 2013.....	66
29. Análisis del suelo de los apartos de corta. Relaciones de elementos. Roblealto 2013.....	67
30. Programa de Fertilización para el mantenimiento de los apartos de pastoreo del hato en producción. Roblealto 2014.....	69
31. Programa de Fertilización para los apartos de corta. Roblealto 2014.....	70
32. Resultados del análisis químico completo del pasto Estrella africana para pastoreo del hato de producción. Finca Roblealto. 2014.....	72
33. Resultados del análisis bromatológico del pasto Estrella africana para pastoreo y pasto de corta consumido en canoa por el hato de producción. Finca Roblealto. Diciembre 2013.....	73
34. Resultados del análisis bromatológico del pasto Estrella africana para pastoreo y pasto de corta consumido en canoa por el hato de producción. Finca Roblealto. Febrero 2014.....	75
35. Materiales necesarios para la instalación de una cerca eléctrica de un kilómetro a un hilo, con postes sostenedores cada 50 metros.....	79
36. Materiales necesarios para la nueva distribución de apartos en finca.....	80
37. Flujo de efectivo de la inversión en redistribución de apartos.....	83
38. Resultados del primer ensayo de ensilaje en Roblealto. 2014.....	84

Cuadro	Página
39. Resultados del segundo ensayo de ensilaje en Roblealto. 2014.....	85
40. Cronograma anual para la planificación del ensilado y suministro de pasto de corta en finca Roblealto.....	89
41. Balance de la dieta diaria de las vacas en producción promedio de 21,5 kg/día con suplementación de 8 kilogramos de ensilaje. Finca Roblealto. 2013.....	90
42. Costos de implementación de un sistema de ensilaje en Roblealto.....	90
43. Volumen de purines producidos en lechería Roblealto. 2013.....	93
44. Resultado del análisis químico completo del purín de lechería en la finca Roblealto.....	94
45. Aporte anual de nutrimentos del purín de lechería Roblealto.....	97
46. Balance hídrico anual del suelo de finca Roblealto. Barva de Heredia. 2014.....	98
47. Recomendación máxima de litros a verter por época por hectárea.....	99
48. Determinación de dosis requerida del purín en finca Roblealto.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Instalaciones de terneras pre – destete. Finca Roblealto 2013.....	27
2. Galerón de crianza de reemplazos. Finca Roblealto 2013.....	28
3. Pastoreo de novillas en finca de Asociación Roblealto 2013.....	29
4. Suplementación de pasto de corta a vacas en periodo seco. Finca Roblealto 2013.....	30
5. Curva de lactancia de finca Roblealto 2012-2013.....	30
6. Alimentación de vacas en producción en galerón. Finca Roblealto 2013.....	32
7. Sistema para el manejo de excretas bovinas.....	33
8. Efecto de la escasez de agua durante un día en la entrega de leche de diferentes fechas.....	36
9. Disminución en la entrega de leche en diferentes fechas por faltante de desecho de piña.....	37
10. Efecto de la falta de distintas materias primas en la entrega de leche.....	39
11. Diseño de ternerera elaborado para la finca Asociación Roblealto. 2013.....	42
12. Evaluación de calostro en finca Roblealto. 2013.....	43
13. Evaluación de la efectividad de la transferencia de inmunoglobulinas. Finca Roblealto 2013.....	44
14. Resultado del pesaje mensual de reemplazos en finca Roblealto. Agosto 2013 – febrero 2014.....	50
15. Ejemplo de vacas en periparto con problemas alimenticios.....	53

Figura	Página
16. Comparación de las calificaciones individuales de condición corporal con la curva estándar del programa VAMPP® bovino. Finca Roblealto. Agosto 2013- febrero 2014.....	58
17. Áreas de pastoreo, pasto de corta, instalaciones y caminos en lechería Roblealto. 2013.....	59
18. Medición de disponibilidad forrajera en finca Roblealto 2013.....	60
19. Propuesta para la nueva distribución de apartos en finca Roblealto.....	78
20. Ensilaje de pasto y melaza deteriorado por mal almacenamiento. Finca Roblealto 2014.....	86
21. Ensilaje de pasto y desecho de piña.....	87
22. Muestreo de tanques purineros.....	93
23. Zonas de alto riesgo para la aplicación de purines en finca Roblealto.....	101

RESUMEN

La práctica tuvo como objetivo aplicar los conocimientos obtenidos durante la formación zootécnica, a través de la participación y análisis del sistema de producción lechera en la finca de la Asociación Roblealto Pro- Bienestar del Niño. Para esto, se realizaron balances nutricionales, se calificó la condición corporal de animales en producción y se midió el peso de reemplazos. Para planificar un uso más eficiente del recurso forrajero, se estimó la biodisponibilidad forrajera, se realizaron análisis a pastos y suelo, se recomendaron programas de fertilización, se efectuó un estudio de factibilidad para establecer un adecuado sistema de rotación y tamaño de apartos; y se realizó el planteamiento para implementar un sistema de ensilaje en la finca. Se desarrolló acorde con el reglamento SENASA-DG-D-003-2010 un plan de manejo de excretas para el buen uso de las aguas de boñiga provenientes del lavado de instalaciones como fertilizante. El periodo de la práctica fue de agosto del 2013 a febrero del 2014 en la finca lechera de la Asociación Roblealto, en San José de la Montaña de Barva de Heredia. El balance nutricional del grupo de 21,5 kg promedio tuvo ENL para producir 23,2 kg y PM para producir 23,8 kg, valores que no se alcanzaron, se analizó la inconstancia en el suministro de materias primas y agua como posible causa y se mostró una disminución de producción promedio por vaca/día de $1,61 \pm 0,64$ kg al faltar alguna materia prima y $1,23 \pm 0,51$ kg al faltar agua. Para la alimentación de reemplazos, los calostros tuvieron concentraciones mayores a los 50 g/L, sin embargo en evaluaciones de TIP se presentaron concentraciones inferiores a 5,5 g/dl de proteína sérica, lo que contribuyó al 26% de mortalidad en animales menores a un año durante el 2013. El balance de la dieta de vacas secas demostró -5,6 Mcal/día de EM y -119 g/día de PM. En calificaciones de condición corporal las vacas secas obtuvieron una nota promedio menor a 3,5. La biodisponibilidad forrajera fue de 4,45 kgMF/m² en pasto de corta y 1,7 kgMF/m² en pasto de piso. Se establecieron programas de fertilización para los pastos de piso y corta, con valor de \$ 240.319,7 y \$ 312.986/ha/año respectivamente. En el estudio de factibilidad para establecer un adecuado sistema de rotación y tamaño de apartos se estimó un crecimiento extra del pasto para un consumo de 0,45 kg de MS más por vaca/día. El estudio tuvo un TIR de 53% y VAN

de ¢ 676.046,18 en cuatro periodos. El planteamiento del plan de ensilaje para alimentar 8kg/día a 90 animales durante mes y medio tuvo un costo de ¢ 760.652,2, se estimó un costo de ¢ 21,13/kgMF. El plan de manejo de excretas estimó una producción de 3.300.836 l/año de purines en instalaciones, con composición de 2,5% de MS, 97 mg/kg N, P<50 mg/kg, 0,02% K, 0,1%Ca, los cuales se podrán verter de diciembre a abril y julio en dosis de 128.560,13 l/ha/ciclo para periodos de rebrote de 23 días.

INTRODUCCIÓN

La actividad lechera costarricense presentó un constante desarrollo y crecimiento durante las últimas décadas. En el 2012 generó el 11,8% del valor agregado agropecuario, es la tercera actividad agropecuaria en importancia, únicamente superada por banano y café; provee alrededor de 200.000 empleos directos o indirectos (Vargas et ál. 2013). Además la exportación de productos lácteos tuvo un excedente de 61,91 millones de dólares, con respecto a las importaciones (MEIC 2013).

En Costa Rica existen 26.957 fincas dedicadas a la producción de leche, 17.399 (64%) en la modalidad de doble propósito y 9.558 (36%) bajo el sistema de lechería especializada (Cámara Nacional de Productores de Leche 2013).

Para el 2012 la producción nacional de leche se calculó en 1.014.643 toneladas métricas, cuyo valor bruto fue de 283.839 millones de colones; la misma presentó un crecimiento promedio anual de 3,5% en el periodo 2007-2012 (SEPSA 2013).

El 70,2% de las fincas que producen dicha leche miden en promedio menos de 30 hectáreas (ha) (CORFOGA 2013). Se presenta una carga animal promedio en fincas de doble propósito de 0,77 unidades animales (UA)/ha, mientras que en la lechería especializada la carga es de 1,62 UA/ha. (Cámara Nacional de Productores de Leche 2013). Acorde con Vargas et ál. (2013) el promedio para asociados a la Cooperativa de Productores de Leche R.L (procesadora formal del 83% de la leche del país) es de 3,37 vacas en producción/ha.

El objetivo de producir cada día más leche con el mínimo costo posible y utilizar de forma óptima la tierra, genera en los productores la necesidad de tecnificar sus sistemas productivos, con una mayor inversión en reemplazos, sanidad animal, reproducción, nutrición, instalaciones, equipos, producción de forrajes y administración (Aguilar 2007).

Datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (2013) señalan en un estudio de productores voluntarios como parte del programa nacional de leche, que al brindarles asistencia técnica con enfoque biológico, nutricional y económico durante cinco años, la producción de sus fincas aumentó aproximadamente un 17,8%, se disminuyeron un 15% de los costos fijos por kilogramo (kg) de leche, aumentaron la carga animal y el promedio de producción por vaca.

Por lo tanto se evidencia la necesidad de formar profesionales en el área de Zootecnia, para la constante mejoría de la producción lechera nacional. Sánchez (2014) cita un rol importante del zootecnista en la salud pública, al contribuir en la producción de alimentos de alto valor biológico e inocuos, que satisfagan las necesidades nutricionales de las personas.

Las primeras experiencias laborales como zootecnistas se realizan durante las prácticas dirigidas, lo que permite al nuevo profesional la aplicación del conocimiento teórico de su especialidad en empresas que la Escuela apruebe. Acorde con lo anterior, la práctica dirigida presentada a continuación tuvo como objetivo general aplicar los conocimientos obtenidos durante la formación zootécnica, a través de la participación y análisis del sistema de producción lechera en la finca de la Asociación Roblealto Pro- Bienestar del Niño localizada en San José de la Montaña de Barva de Heredia. Se tratan temas de balance nutricional, uso eficiente del recurso forrajero, implementación de ensilaje y manejo de excreta

Objetivos

a. Objetivo General:

Aplicar los conocimientos obtenidos durante la formación zootécnica, a través de la participación y análisis del sistema de producción lechera en la finca de la Asociación Roblealto Pro- Bienestar del Niño.

b. Objetivos Específicos:

1. Emplear los conocimientos aprendidos en balance nutricional de vacas en producción, alimentación de reemplazos y vacas secas.
2. Planificar un uso más eficiente del recurso forrajero. Estimar biodisponibilidad forrajera, analizar pastos, suelos y realizar un estudio de factibilidad para establecer un adecuado sistema de rotación y tamaño de apartos.
3. Implementar un sistema de ensilaje.
4. Evaluar condición corporal mensualmente de animales en producción y realizar mediciones de perímetro torácico para estimar peso en reemplazos.
5. Desarrollar un plan de manejo de excretas para el buen uso de las aguas de boñiga provenientes del lavado de instalaciones como fertilizante.

Capítulo 1. Maco teórico

1.1. Balance nutricional de vacas en producción, alimentación de reemplazos y vacas secas

En una explotación de ganado lechero, el manejo de la dieta es un factor clave para el buen funcionamiento de la finca (Arce 2008). Una alimentación bien balanceada no sólo permite una producción rentable de leche, sino también buenos índices reproductivos y ganancias de peso (Sánchez 2007). La cantidad de nutrimentos requeridos por el animal dependerá de: peso corporal, tasa de crecimiento, nivel de producción, gestación y actividad diaria (Elizondo 2002). A continuación se profundiza en aspectos de importancia en la nutrición del ganado lechero.

1.1.1 Balance nutricional de vacas en producción.

La fase productiva abarca desde el momento del primer parto hasta el momento del descarte o muerte (Cedeño y Vargas 2004). Vargas y Boschini (2007) indican que para lograr que el animal exprese su habilidad productiva y potencial genético, se hace indispensable centrar atención a la nutrición, enfocada en aportar los elementos necesarios y la cantidad adecuada de nutrimentos de acuerdo a la edad y capacidad de ingestión del animal. Dentro de los nutrimentos a balancear se encuentran la energía, la proteína, la fibra (detergente neutro y detergente ácido) y los minerales, entre otros (Orozco 2012).

La disponibilidad de energía es una importante limitante nutricional para los bovinos alimentados en condiciones tropicales (Cuartas et ál. 2013). En ganadería lechera la energía neta de lactancia de la dieta debe cubrir las necesidades de mantenimiento, lactancia, actividad física, gestación y crecimiento (NRC 2001).

Sin embargo es común en la época de lactancia, un balance de energía negativo que perdura de 5 a 9 semanas después del parto (Kertz 2007). Acorde con Sánchez (2000) en balance energético negativo, la vaca pierde condición corporal, eficiencia productiva y reproductiva, además aumenta el riesgo de sufrir enfermedades metabólicas. Para aminorar estos efectos Calsamiglia (2000)

recomienda el control de la formulación de la ración de animales en periparto, además del agrupamiento para incentivar el consumo de materia seca.

Gasque (2008) hace énfasis en la importancia que tiene la calificación de condición corporal para el control del estado energético del hato. Recomendamos monitorear que las vacas lactantes no pierdan más de un punto de condición corporal (no debe ser menor a 2,5), y que lleguen al periodo seco con ganancia de peso (en condición corporal mayor a 2,75).

En cuanto a la proteína, este nutrimento es requerido para las mismas actividades antes mencionadas para la energía, con la diferencia que la movilización en este caso a nivel corporal es menos eficiente, por lo que se recomienda suplir los requerimientos vía dieta en todo momento (Orozco 2012). Rojas (1995) recomienda brindar pasto con 8% de proteína cruda como mínimo, para evitar problemas ruminales.

Una práctica de manejo alimenticio importante es el monitoreo de la cantidad de nitrógeno ureico presente en leche (MUN) para determinar la interacción proteína – energía de la dieta y hacer los ajustes necesarios (Solano 2011). En el Cuadro 1 se presenta la manera de interpretar el nivel de nitrógeno ureico en leche como indicador del balance energía: proteína

Cuadro 1. Nivel de nitrógeno ureico en leche como indicador balance energía: proteína

MUN mg/dl	Calificación	Interpretación
Menor a 9	Deficiente	Insuficiente
9 a 12	Bueno	Buen uso del N
12 a 15	Excelente	Óptimo Nivel
15 a 18	Bueno	Subutilización N
18 a 21	Exceso, desperdicio	Puede afectar reproducción
Mayor a 21	Exceso	Afecta reproducción.

Fuente: Solano (2011)

Elevados niveles de MUN son atribuidos a un exceso de proteína degradable, exceso de proteína de sobrepaso, poca energía, desbalance entre carbohidratos y proteína entre otros factores (puede ser multifactorial). Significa un exceso de consumo de nitrógeno (Noro y Wittwer 2012).

En lo que respecta a la fibra en la dieta, García y Kalscheur (2006) citan la importancia de controlar el porcentaje de fibra efectiva para garantizar el buen funcionamiento del rumen. Un buen indicador de este parámetro es el porcentaje de la fibra detergente neutro (FDN) proveniente del pasto, el cual debe ser mayor a un 70% si el pasto es el único material fibroso de la ración (Rojas 1995).

La recomendación del NRC (2001) indica que cuando se disminuya la FDN de la dieta, se aumente la cantidad de FDN proveniente del forraje y se suministren más carbohidratos no fibrosos (Cuadro 2) si se quiere aumentar la producción de leche.

Cuadro 2. Porcentaje de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y carbohidratos no fibrosos (CNF) recomendados para la alimentación de vacas en alta producción.

FDN (forraje)	FDN (dieta)	CNF (dieta)	FDA (dieta)
	Mínimo		Máximo
19	25	44	17
18	27	42	18
17	29	40	19
16	31	38	20
15	33	36	21

Fuente: NRC 2001

Rojas (1995) recomienda para evitar problemas ruminales a causa de la dieta procurar respetar la relación CNF: FDN= 1:1.

Respecto a la nutrición mineral, Sánchez (2002) señala que la relación entre los requerimientos del ganado lechero y los niveles de los mismos en los forrajes, indica que con frecuencia los forrajes no satisfacen las necesidades de calcio, fósforo, magnesio, zinc, cobre, selenio, cobalto y yodo.

Hutjens (2003) cita la necesidad de los minerales para funciones reguladoras y estructurales en los animales. Indica la gran importancia de suplementar macrominerales (calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio, cloro, azufre) en gramos/vaca/día, y microminerales (cobalto, cobre, hierro, yodo, manganeso, selenio y zinc) en miligramos por día.

Acorde con Orozco (2012) la variedad de suplementos minerales que existe en el mercado es alta. Hutjens (2003) señala que existen suplementos orgánicos e inorgánicos; estos últimos los más usados por ser más concentrados y baratos.

1.1.2 Alimentación de reemplazos de lechería.

Uno de aspectos primordiales en la alimentación de terneras es brindar calostro al nacimiento. Campos (2013) documentó que los terneros de lechería dependen de la transferencia de las inmunoglobulinas (Ig) de la madre por este medio; proceso que se conoce como transferencia de inmunidad pasiva (TIP), el cual es crítico para la protección contra enfermedades infecciosas y la supervivencia.

El calostro debe ser alimentado dentro de una hora de nacimiento al menos 2 litros y antes de que el ternero llegue a las 8 horas de edad, otros 2 litros; ya que la permeabilidad intestinal es de 100% al momento de nacimiento, a las 6 horas puede ser de 50%, de 25% a las 12 y de 5% a las 18 horas de vida (Benítez y Ramírez 2011). El éxito de la TIP dependerá del momento, calidad y cantidad consumida de calostro (Salas et ál. 2012).

De acuerdo con Chahine (2006) la calidad del calostro se puede determinar con un calostrómetro, el cual estima la gravedad del calostro y cuantifica el monto de anticuerpos presentes. El almacenamiento en refrigeración o congelación es una alternativa que permite conservar el material de alta calidad (Mella 2003).

Posterior al suministro de calostro, es posible determinar si las terneras adquirieron una adecuada inmunidad pasiva al medir la proteína total en el suero sanguíneo, ya que en terneros recién nacidos, existe una correlación entre la proteína total y las IgG en la sangre. Se espera entonces que concentraciones superiores a 5,5 g/dl de proteína sérica sea indicativo de que el animal adquirió una adecuada inmunidad (Quigley 2001).

Una vez que la ternera ha adquirido parte de su inmunidad vía calostro, se inicia al animal en un programa de alimentación de reemplazos para lechería (Castro 2002). En Costa Rica, el programa de alimentación de terneras se basa en procedimientos que restringen la alimentación líquida diaria a una proporción de 10% del peso vivo; con el fin de incentivar el consumo de alimento balanceado durante los primeros días de vida y así lograr crecimiento y desarrollo funcional del rumen (Elizondo y Sánchez 2012).

La alimentación líquida de la ternera, debe realizarse con leche o sustituto lácteo que posea alto valor nutricional, para un crecimiento satisfactorio al menor costo (Garzón 2007). Se recomienda brindarla 2 veces al día, a 39°C las primeras semanas después del nacimiento y 25-30 °C en terneras más grandes y mantener siempre una higiene estricta en el proceso (Wattiaux 2000). Para el destete Corbett (2013) recomienda hacerlo una vez que la ternera consuma 1,0 kg de alimento balanceado, durante 3 días consecutivos, si se utiliza un iniciador de alta calidad (23-25% de proteína). Cuando se utilizan iniciadores con 18% de proteína recomienda esperar a que la ternera consuma 2 kg de alimento balanceado.

Otro aspecto alimenticio de suma importancia es definir el momento correcto para introducir forrajes en la dieta de la ternera (Haydee 2006). Elizondo (2012) recomienda que las terneras consuman 2,2 a 2,7 kg de concentrado por día, antes de consumir forraje, puesto que alimentar con forraje en etapas tempranas disminuye el consumo de materia seca, mientras que el uso de alimentos balanceados lo aumenta y provee altas concentraciones de ácidos grasos volátiles requeridos para el desarrollo papilar óptimo.

En Costa Rica los programas de alimentación de terneras casi no consideran los requerimientos nutricionales (Elizondo 2013). Sin embargo el NRC 2001 ofrece información específica de los requerimientos de materia seca, proteína digestible aparente y energía metabolizable para terneras según su peso vivo (hasta 100 kg) y sistema de alimentación; ya sea sólo con dieta líquida, con dieta líquida y alimento balanceado o solo con alimento balanceado (Linn 2001). Para novillas ofrece información sobre el requerimiento de proteína metabolizable y energía neta de ganancia (NRC 2001).

1.1.3 Alimentación de vacas secas.

Las vacas se deben dejar de ordeñar dos meses antes de la fecha del parto y satisfacer los requerimientos del periodo seco, de esta manera se propicia la fortaleza del animal al parto, una buena producción de calostro y la restauración de la función óptima del rumen para preparar al animal para la siguiente lactancia (Novaes et ál. 2003).

En el periodo seco se debe proporcionar una dieta que contenga alimentos con mayor contenido de fibra efectiva que en la fase de lactancia, siempre con alta calidad nutricional para mantener la condición adecuada del animal (Wattiaux 2000).

En el período de transición (últimas tres semanas antes del parto) se recomienda hacer un lote específico de animales e iniciar la adaptación a los ingredientes que se utilizan en lactancia temprana, pero en menor cantidad; se sugiere proveer un consumo de materia seca de 1,8 a 2,0% del peso corporal (Gasque 2008).

La alimentación de la época de transición debe cubrir las necesidades nutritivas de la vaca y del feto y al mismo tiempo prevenir la aparición de problemas metabólicos, es por esto que el NRC (2001) establece el requerimiento de energía neta de lactancia, materia seca, proteína bruta, FDN, FDA, CNF, minerales y vitaminas (Linn 2001).

Calsamiglia (2000) recalca la importancia en este periodo de controlar la integridad y competencia en los comederos y bebederos, la formulación de una ración específica, evitar el uso de alimentos de poca calidad o contaminados, incorporar a la ración cereales, usar sales aniónicas y prevenir los desequilibrios energéticos excesivos a través del uso diario de propilenglicol durante el periparto.

1.1.4 El pesaje de reemplazos y el sistema de calificación de condición corporal para evaluar el estado nutricional del hato

El nivel nutricional en que se encuentra un animal es el resultante del balance entre el consumo y el gasto de energía. En el caso que el balance sea positivo, el excedente se almacena como tejido corporal; en caso que sea negativo, se utilizarán las reservas para cubrir las demandas (Moreno et ál. 2011).

En la etapa de crianza, es fundamental el monitoreo del peso de los reemplazos para verificar que tanto la alimentación como el manejo general son adecuados (Gasque 2008). La meta principal debe ser desarrollar animales que alcancen un tamaño y peso óptimo temprano para iniciar la pubertad, establecer la preñez y parir de manera fácil a una edad adecuada y al menor costo posible (Castro y Elizondo 2012).

Elizondo (2012) cita la importancia de controlar el peso y medidas de los animales al menos 4 veces antes de que alcancen los 2 años de edad. Recomienda de manera ideal hacer una primera pesa a los 3 meses de edad, una segunda a los 6 meses, la tercera entre los 9 y 12 meses, y una cuarta al momento del servicio o chequeo de preñez. Elizondo (2012) presenta además una tabla comparativa de los pesos según la edad de terneras Holstein y Jersey en Costa Rica, además de la ganancia de peso mensual esperada.

La tasa de crecimiento determinará el tiempo requerido para criar un reemplazo. Para razas lecheras pequeñas, una tasa de crecimiento deseada es de 0,5 kg/día y la edad deseable al primer parto es de 22-24 meses. Para razas lecheras grandes, una tasa de crecimiento deseada es de 0,75 kg/día y la edad deseable al primer parto es de 23-25 meses (Haydee 2006).

Gasque (2008) cita la importancia del monitoreo de la tasa de crecimiento, ya que esta práctica ayuda a detectar problemas de subalimentación (alimento de mala calidad; cantidad ofrecida inadecuada; exceso de parásitos internos o externos, sobrepoblación y problemas de comederos); o excesos (alimentación con exceso energético); y planear soluciones al respecto.

En cuanto a animales en producción, Novaes et ál. (2003) recomiendan calificar la condición corporal de manera constante, ya que es un indicador rápido y efectivo de la cantidad de energía acumulada y sus cambios durante las diferentes etapas de la lactancia

Díaz (2007) cita que la condición corporal de un animal se relaciona con la cantidad de tejido de reserva que el animal dispone, además es la consecuencia de un nivel nutricional anterior, y toda pérdida o ganancia de peso se reflejará en la calificación.

El sistema de calificación de condición corporal desarrollado en 1982 en la Universidad de Pennsylvania estima la cantidad relativa de grasa subcutánea en el animal mediante el análisis de ciertas características anatómicas en el área de pelvis y lomo; y lo califica de 1(extrema delgadez) a 5 (obesidad), con incrementos de un cuarto de punto. Se espera que la mayoría de vacas se encuentren en puntuaciones medias (2,5 – 4,0); puntuaciones extremas (1, y 5) indican problemas significativos (ELANCO 2009)

Para efectos generales, Hutjens (2003) recomienda que las vacas no pierdan más de 1,0-1,5 puntos de condición corporal durante la lactancia. Gasque (2008) indica que si las vacas están en pico de lactancia una condición corporal de 2,5 es normal, mientras que la puntuación de 3,5 es considerada deseable en la víspera del parto.

Numerosas investigaciones científicas y observaciones a nivel de finca indican que la condición corporal se asocia con la productividad, la reproducción, la salud y la longevidad de los animales (Sánchez 2000).

1.2. Uso eficiente del recurso forrajero en lechería

La ganadería tropical debe basar la alimentación en el uso intensivo de los pastos y forrajes, ya que éstos pueden producir a bajo costo una parte sustancial de los nutrimentos requeridos por los hatos de ganado bovino. Para que las pasturas hagan aportes significativos a la economía de la finca, el productor debe conocer el estado fisiológico de mayor producción y mejor calidad en que debe cosechar, así como sus bondades y limitaciones para satisfacer las necesidades nutricionales de los animales (Sánchez 2007).

1.2.1. Pastoreo rotacional

Un adecuado pastoreo permite producir grandes cantidades de forraje de alta calidad y persistente en el tiempo (Villalobos y Sánchez 2010). Barioglio (2001) cita que el pastoreo rotacional divide la zona de pastoreo en un número variable de parcelas. La permanencia del ganado en cada parcela depende de la disponibilidad forrajera, época del año y número de parcelas (Castro 2002).

Los sistemas de pastoreo rotacional involucran la cosecha intensa de un área delimitada de la pastura seguida de un periodo de descanso para permitir el rebrote del pasto (González 2013). Acorde con Lobo y Díaz (2001) para establecer este sistema es necesario conocer las características agronómicas y productivas de las especies forrajeras, ya que con base en éstas se define el periodo de ocupación y descanso de cada especie.

Orozco (2012) menciona varios tipos de sistemas de pastoreo rotacional, entre ellos pastoreo rotacional a tiempo fijo, rotacional con franjas, rotacional en línea, rotacional en tiempo variable; la diferencia entre éstos radica en la eficiencia con que se aprovecha la pastura.

Entre las ventajas del pastoreo rotacional se encuentran la recuperación de las plantas, el incremento de la producción de forraje, control del consumo y posibilidad de racionamiento de alimento (Hernández 2000). Estudios de la FAO (2003) también atribuyen ventajas en el control de plagas en la pastura y parásitos en los animales.

1.2.2. Medición de disponibilidad forrajera

La disponibilidad forrajera es la cantidad de pasto por hectárea que hay en un momento dado (Sánchez 2007). Varía de acuerdo al tipo de pastura, la estación del año, condiciones climáticas, fertilidad del suelo, manejos anteriores, carga animal (Sánchez 2001).

Acorde con Fernández (2004), la medición de disponibilidad forrajera es un método para predecir el consumo de material y calcular eficiencia de la cosecha; lo que permitirá tomar decisiones como la distribución y tamaño de apartos. Barrera et ál. (2004) citan la gran importancia de conocer los periodos de excedente y escasez forrajera para así planificar el pastoreo y diseñar sistemas de suplementación.

Existen varios métodos para determinar la disponibilidad de forraje en una pastura; entre ellos el más utilizado es el método de doble muestreo y rendimiento de peso seco por medio de la técnica Botanal[®]; la cual no es destructiva y se basa en la observación y aplicación de estadística para estimar la cantidad de forraje presente mediante una ecuación de regresión (Lobo y Díaz 2001).

El control de la disponibilidad forrajera es de suma importancia, ya que permite 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 (González 2013).

1.2.3. Análisis de suelos

El análisis de los suelos comprende una fase de toma de muestras, una de pre-tratamiento de dichas muestras, el estudio físico - químico de las mismas y su interpretación (Oliveira et ál. 2006). Es importante destacar que el muestreo de suelos constituye una de las fases principales y de ella dependen la exactitud, utilidad y confiabilidad de los resultados analíticos (Usón 2010).

Debido a que los suelos varían en fertilidad; el objetivo del análisis de suelo es conocer si las cantidades de nutrimentos disponibles son suficientes para cubrir las necesidades del cultivo, y estimar en caso que no lo fuesen, qué nutrimentos y en

qué cantidades deben ser suplementados al suelo por medio de fertilización (Parra et ál. 2003).

Jiménez (2008) recomienda contar con un análisis de suelo con vigencia no menor a 2 años y solicitar a un agrónomo profesional que establezca el plan de fertilización para la modificación de la composición química del suelo.

En un estudio realizado a lecherías costarricenses asociadas a la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L, Vargas et ál. (2013) citan que el 61,5% de los suelos son Andisoles. Cabalceta (2013) enfatiza que los andisoles utilizados en Costa Rica para la producción forrajera, son comúnmente deficientes en fósforo, boro, zinc, calcio y magnesio. Existen además, deficiencias de calcio, magnesio, fósforo y zinc en ultisoles, y de fósforo, azufre y zinc en inceptisoles, los cuales son también tipos de suelo comunes en lechería costarricense

1.2.4. Análisis forrajero

En enfoque de nutrición al cultivo, un análisis foliar determina el contenido de nutrimentos en la hoja, peciolo, flor, fruto o savia según sea lo requerido (Oliveira 2006). La parte muestreada debe reflejar el estado nutricional general de la planta, de manera tal que como los niveles críticos son conocidos, basta comparar los resultados del análisis con dichos niveles críticos para determinar el estado de deficiencia, toxicidad o nivel adecuado de cada nutrimento (Casas 2012). En el Cuadro 3, Cabalceta (2013) presenta la tabla de interpretación de análisis foliar en pastos con ganadería lechera.

Cuadro 3. Interpretación de análisis foliar en pastos dedicados a ganadería lechera en Costa Rica

Elemento	Deficiencia	Nivel crítico	Óptimo	Tóxico
Nitrógeno (N) %	<1,12	1,76	>1,76	---
Fósforo (P) %	<0,26	0,31	0,31-0,60	>1,0
Potasio (K) %	<0,80	0,80	0,80-2,00	>3,0
Calcio (Ca) %	<0,37	0,43	0,43-0,80	>2,0
Magnesio (Mg) %	<0,16	0,2	0,20-0,40	>0,5
Hierro (Fe) mg/kg	<50	50	50-100	>1000
Cobre (Cu) mg/kg	<10	10	10,0-20,0	>80
Zinc (Zn) mg/kg	<40	40	40-100	>500
Otros				
Proteína Cruda %	<7,0	11	>11,0	----
Sodio (Na) %	<0,1	0,18	0,18-1,00	>2,0
Cloruro de sodio (NaCl) %	<0,25	0,46	0,46-2,55	>5,0
Cobalto (Co) mg/kg	<0,10	0,1	0,10-1,00	>10
Yodo (I) mg/kg	<0,25	0,5	0,50-2,00	>50
Selenio (Se) mg/kg	<0,10	0,2	0,20-1,0	>5

Fuente: Cabalceta 2013

Para interpretar los análisis foliares es imprescindible muestrear la parte correcta del cultivo y en la época adecuada; muchas veces los síntomas foliares de deficiencias sirven como indicadores útiles, pero en general sólo aparecen cuando las deficiencias son acentuadas (Chalk 2000).

El muestreo de pasturas debe realizarse de manera representativa, en lotes uniformes (de 2 a 5 ha de extensión), en tiempo de prefloración, o anterior al pastoreo en pastos de piso (Cerdas 2012). La muestra debe pesar mínimo 200

gramos, componerse de 15 – 20 submuestras recolectadas simulando el pastoreo en pastos de piso y para pastos de corte, la tercera y cuarta hoja (Estrada 2002).

Para los análisis bromatológicos, los forrajes deben muestrearse también de manera correcta y representativa. Las muestras tienen que enviarse a un laboratorio confiable para ser analizadas y luego los resultados deben interpretarse y evaluarse para desarrollar el programa de alimentación que requiere un hato de ganado lechero en particular (Sánchez 2001).

Acorde con Villalobos y Sánchez (2010) dentro de los componentes de la dieta, el forraje es el que varía más, en cuanto a su valor nutricional, según su estado de madurez a la cosecha. Sánchez (2007) recomienda analizar el forraje en época seca y lluviosa para determinar el impacto climático en la composición del mismo. Entre los nutrimentos que deben analizarse de rutina están la materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, digestibilidad in-vitro de materia seca, extracto etéreo, lignina, calcio, fósforo y cenizas (De García 2011).

Conocer el contenido energético del forraje es de suma importancia al ser éste un factor limitante en la alimentación bovina (Sánchez 2007). La determinación directa del contenido de energía es costosa, por lo que se utilizan métodos indirectos como las ecuaciones de regresión para estimarla (Villalobos y Sánchez 2010).

Fulkerson et ál. (1998) indican que para que los forrajes sean de buen valor nutricional sus contenidos de carbohidratos estructurales deben ser bajos y degradables, el contenido de carbohidratos solubles altos y en balance con los aminoácidos, la proteína debe ser de baja degradabilidad ruminal, con un contenido de lípidos superior al 5% de la materia seca y niveles de taninos inferiores a 6%.

1.2.5. El ensilaje como método de conservación de forraje

La conservación de forrajes, productos y subproductos agrícolas mediante procesos de ensilaje, permite neutralizar los efectos negativos del manejo deficiente de pasturas y facilita el enriquecimiento nutricional de productos y subproductos al mismo tiempo que reduce los costos de suplementación, por lo que mejora la competitividad de las explotaciones (Benavidez y Sánchez 2010).

El ensilaje es un método de conservación basado en una espontánea fermentación ácido láctica bajo condiciones anaeróbicas. Las bacterias ácido lácticas fermentan los carbohidratos solubles a ácido láctico y en menor grado a ácido acético (Gutiérrez 2001). Los ensilajes son elaborados principalmente a partir de pastos, cereales, leguminosas y rastrojos de cultivos (Tobía y Vargas 2000).

Reyes et ál. (2009) enfatizan la importancia de utilizar materiales de alto valor nutricional, ya que cuando los ensilajes están bien hechos, se mantiene el valor nutritivo del material ensilado; lo que daría valor a la inversión realizada en el proceso de conservación.

Para disminuir los riesgos del ensilaje y mejorar su valor nutricional se emplea el uso de aditivos, los cuales deben reducir las pérdidas de materia seca, mejorar la calidad higiénica del ensilado, limitar fermentaciones secundarias, aumentar el valor nutritivo al incrementar la eficiencia en el uso del ensilado y proporcionar al productor un retorno mayor que el costo del aditivo (Chaverra y Bernal 2001)

Los aditivos pueden ser estimulantes de la fermentación como inoculantes bacterianos y enzimas; inhibidores de la fermentación como el ácido propiónico, fórmico y sulfúrico; fuentes de nutrimentos como maíz, melaza, urea y amonio (Cárdenas et ál. 2004)

Durante el ensilado acontecen distintas reacciones relacionadas con el proceso de fermentación. Tobía y Vargas (2000) describen el proceso de fermentación del ensilaje en 4 fases como sigue:

- Fase 1 (Aeróbica): el oxígeno atmosférico presente entre las partículas es reducido debido a la respiración del material procesado. El pH se mantiene entre 6,0 y 6,5.

- Fase 2 (Fermentativa): Comienza cuando el ensilaje llega a ser anaeróbico, esto es fundamental para que la actividad de los procesos que requieran de oxígeno no continúe. Si el proceso de fermentación se desarrolla de manera adecuada, las bacterias ácido lácticas predominan en esta fase. En esta etapa el pH decrece entre 3,8 y 5,0 debido a la producción de láctico y de otros ácidos.
- Fase 3 (Estable): La mayoría de los microorganismos presentes en la fase 2 decrecen. Algunos microorganismos ácido tolerantes sobreviven en este período a niveles de baja actividad.
- Fase 4 (Deterioro aeróbico): Empieza tan pronto el ensilaje obtenido se expone al aire debido a la degradación por levaduras y bacterias ácido acéticas. Esto causa elevación del pH, seguido por incremento de temperatura del silo.

Es importante controlar y optimizar el proceso de ensilaje en cada fase. En la fase 1 es necesario tener cuidado a la hora de picar el material (0,6-1,2 cm) y de llenar el silo para minimizar la presencia de oxígeno (Campos y Benavidez 2014). En la fase 2 y 3 se puede recurrir al uso de aditivos para optimizar el proceso y en la fase 4 asegurar en la medida de lo posible el sellado hermético del silo (Mannetje 2001).

Para la evaluación de la calidad del ensilaje se utilizan distintos parámetros, entre ellos indicadores físicos, químicos y organolépticos. Dentro de estos se encuentran el pH, la cantidad de ácidos orgánicos volátiles (acético, láctico y butírico) así como relaciones entre ellos, pérdidas de material ensilado (putrefacción) y cantidad de nitrógeno amoniacal que se produce. En el Cuadro 4 se resumen algunos de estos parámetros.

Cuadro 4. Indicadores físicos y químicos que permiten valorar la intensidad y calidad del proceso fermentativo en los ensilajes.

Indicadores	Niveles
Pérdida de MS* (%)	6% - 8%
pH	3,9 - 4,5
Ácido acético (% MS)	Menor a 1,8% es óptimo, mayor a 6,0% pésimo
Ácido butírico (% MS)	Menor a 0,1% óptimo; mayor a 2,0% pésimo
Ácido láctico (% MS)	5% - 10%
NH ₃ / NT (%)**	Menor a 7,0% óptimo; mayor a 20,0% pésimo

*MS= materia seca

**NH₃ / NT= Nitrógeno amoniacal como porcentaje del nitrógeno total

Fuente: Tobía y Vargas 2000.

Para evaluar la calidad del ensilaje, se utilizan también indicadores organolépticos como herramienta para realizar una calificación subjetiva. La exactitud dependerá de la experiencia del evaluador y por no requerir mediciones para su ejecución, es la alternativa de evaluación más utilizada, económica y práctica. Los parámetros considerados en orden de importancia son olor, color y textura (Benavidez y Sánchez 2010).

1.3. El uso del purín de lechería como fertilizante

Acorde con Reyes et ál. (2002) el uso de los purines generados en las explotaciones ganaderas como fertilizante agrícola constituye un notable ejemplo de sostenibilidad tanto económica (menor dependencia de fertilizantes externos) como ambiental (mejora de la salud y las características de los suelos, reciclaje)

Los purines comprenden una mezcla de excretas líquidas y sólidas de bovinos lecheros, junto con el agua utilizada en el proceso de limpieza después del ordeño. Estos desechos son recolectados y colocados en pozos para su posterior aplicación en los pastizales de diferentes maneras (Salas 2008).

El contenido de materia seca dependerá del manejo del pozo de almacenamiento de boñiga y de la pluviometría de la zona. No obstante la literatura informa valores promedio de un purín de bovino lechero de 6% de materia seca, 25% de cenizas, 5% de nitrógeno total, 1,2% de P₂O₅, 6% de K₂O, 4,5% de CaO y 1,2% de MgO (Demagnet et ál. 1999). El Cuadro 5 resume la concentración promedio esperada de nitrógeno, fósforo y potasio en estiércol con distintos porcentajes de materia seca del estiércol en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en estiércol de ganado lechero de diferente peso corporal

Peso vivo (kg)	Estiércol (kg/día)	Materia seca (kg)	Nitrógeno (g/día)	Fósforo (g/día)	Potasio (g/día)
68	5,4	0,68	27	10	22
113	9,1	1,15	45	20	38
227	18,6	2,36	91	37	77
454	37,2	4,72	186	75	147
635	52,2	6,62	258	105	208

Fuente: Hernández 2008.

Demagnet et ál. (1999) citan que la aplicación de purines en un estudio realizado en Chile provocó un incremento en la producción de pastos de piso. Con dosis de 240.000 l/ha/año, se alcanzó en promedio 73% de incremento del rendimiento con respecto a pasturas sin aplicación. El aumento se consideró consecuencia del incremento del contenido de potasio y nitrógeno en el suelo.

Barrientos et ál. (2013) probaron dosis anuales de purines de 60 t/ha, 120 t/ha y 180 t/ha en un suelo Andisol cultivado con maíz para ensilaje; donde se comparó al abono orgánico con sus respectivos tratamientos equivalentes en aporte de nutrimentos de origen inorgánico. Los resultados indicaron que existe similar respuesta entre fuentes orgánicas e inorgánicas de fertilización en cuanto al rendimiento y que el efecto de la absorción de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) por parte de las plantas fue igual para las plantas fertilizadas con purines en comparación con la fertilización inorgánica. Barrientos et ál. (2013) indican que el problema medio ambiental que se puede presentar debido a las altas dosis de purines (180 ton/ha), es la lixiviación de nitratos, que se puede asociar a las altas pluviometrías de los meses de invierno.

Castells (2012) cita que la cantidad de purines que puede aplicarse como fertilizante para obtener el máximo crecimiento de los cultivos sin un efecto medio ambiental negativo debe calcularse mediante un balance de nutrimentos; este puede realizarse para macronutrientes (N, P, K), micronutrientes, metales pesados o patógenos. El criterio elegido depende de la legislación, características edáficas y rutinas de fertilización.

En Costa Rica la Ley de Fomento a la Producción Agropecuaria N° 7064 y el reglamento del Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA) N° DG-D-003 del 05/05/2010 autoriza el uso de purines del ganado bovino por aspersión o anegación, para mejorar las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo siempre que se cumpla con un plan de manejo de excreta; el cual comprende el análisis del purín, del suelo, del cultivo, actividades de la finca, establecimiento de dosis adecuada, establecimiento de áreas seguras para la aplicación, entre otros aspectos (SENASA 2010).

Capítulo 2. Descripción de la finca lechera Asociación Roblealto Pro- Bienestar del Niño.

2.1 Características generales.

La Asociación Roblealto Pro-Bienestar del Niño es una organización no gubernamental (ONG), de bienestar social, de carácter cristiano, sin fines de lucro, que responde a problemáticas sociales asociadas a la infancia y la familia.

La estructura administrativa de la institución está definida con base en la Ley de Asociaciones, que establece como máxima autoridad una Asamblea General, que sesiona en forma ordinaria una vez al año, para elegir de entre sus miembros a la Junta Directiva y aprobar los planes y presupuestos. El puesto de mayor autoridad en la estructura es la Dirección General, cuyas funciones principales son planear, dirigir, supervisar y coordinar las actividades concernientes a la Asociación Roblealto (Zelaya 1998)

La Unidad de Proyectos productivos, opera en la misma finca donde se ubica el hogar bíblico, que da albergue a niños en riesgo social. La granja avícola es la actividad principal. Sin embargo, se desarrolla también un proyecto de lechería. Estas actividades contribuyen a financiar de forma parcial los servicios. Además, se cuenta con aportes de contribuyentes privados, tanto nacionales como extranjeros y aportes estatales (Zelaya 1998).

La finca de la Asociación Roblealto Pro-Bienestar del Niño está ubicada en San José de la Montaña de Barva de Heredia. Se encuentra a una altura de 1530 m.s.n.m. Tiene una temperatura promedio de 20°C y precipitación anual promedio de 2450 mm ((Instituto Meteorológico Nacional (IMN 2013)). Cuenta con un total de 150 hectáreas, de las cuales 11,2 se utilizan para el pastoreo de Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) por las vacas secas y en producción; 5,2 para la producción de forrajes de corta Estrella africana y Gigante (*Pennisetum purpureum*) y las 6,7 restantes se utilizan en el pastoreo de Estrella africana por el hato de cría.

La finca cuenta con un inventario total de 238 animales de la raza Holstein, Jersey y unas pocas Chumecas¹, de las cuales 90 son vacas en ordeño con producción promedio de 21,5 kg/día en el grupo de primera y de 7 kg/día en el grupo de segunda; 35 son vacas secas y las restantes 113 corresponden al hato en crecimiento. El sistema que se utiliza para el manejo, a excepción de las terneras y novillas sin preñar, es el pastoreo.

En cuanto a parámetros reproductivos, durante el 2013 se tuvo una tasa de parición de 56,1%, la edad a primer parto fue de 31 meses y el intervalo entre partos 455 días. La finca utiliza inseminación artificial. Arroyo et ál (2009) citan que para la zona media – alta (1000-1500 m.s.n.m) el promedio de intervalo entre partos es de 409 días y el de la edad a primer parto es de 29 meses en 73 fincas asociadas Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L.

La información diaria obtenida en la finca es anotada en carpetas disponibles para las diferentes actividades; posteriormente los datos se transcriben al programa de manejo de hatos lecheros VAMPP® para su posterior análisis.

La finca cuenta con equipo de ordeño mecanizado y una sala de ordeño de ocho puestos. La leche producida es en su mayoría vendida a la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L, una parte es consumida en el hogar bíblico y otra industrializada como queso.

El capital humano está compuesto por un tractorista, dos peones de campo, un encargado de las terneras destetadas y novillas, un alimentador en lechería, un ordeñador y el jefe de los peones. Posterior a la práctica se contrató un ingeniero agrónomo para ser encargado de la lechería.

La finca también cuenta con asesores externos; un veterinario que visita dos veces al mes y un asesor nutricional que visita una vez al mes. Durante la práctica, el

¹ Chumeca: cruzamiento entre las razas Holstein y Jersey con distintos grados de cruzamiento o encaste.

personal del Programa de asistencia técnica de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L visitó la finca.

2.2. Instalaciones.

Las instalaciones de crianza y de producción se encuentran aparte (1.500 m de distancia). Las instalaciones de lechería miden 3820 metros cuadrados, y comprenden el galerón de ordeño y alimentación, galerón de terneras menores a tres meses, bodega de alimentos, bodega de herramientas, cuarto para el almacenamiento de leche, baños, oficina y quesera. El área de crianza de terneras y novillas mide 1100 metros cuadrados. La finca cuenta además con tres casas habitadas por trabajadores de la lechería y el campo.

2.3. Animales.

2.3.1. Terneras pre- destete

Las terneras recién nacidas son dejadas con su madre, por lo general medio día, para que consuman calostro. Posteriormente son llevadas al galerón de crianza en dónde se les cura el ombligo con solución de yodo (10%), y se les asigna un cubículo. Los animales contaban con poco acceso a agua fresca y a utensilios limpios (Figura 1).

El sistema de alimentación consiste en brindar la leche de rechazo (leche de vacas con mastitis o que tiene periodo de retiro). Tres litros a terneras más pequeñas y cuatro a las más grandes, además de ofrecer alimento balanceado iniciador y heno.

Las terneras pre- destete no tienen un encargado específico. Se realiza además en esta etapa el descornado con pasta y la identificación con arete. Las crías macho son vendidas a particulares.



Figura 1. Instalaciones de terneras pre – destete. (A- Galerón y cubículos de crianza, B- Fragilidad de los cubículos, C- Interacción de los animales). Finca Roblealto (2013).

2.3.2. Terneras destetadas.

Se desteta las terneras a los tres meses de edad y son llevadas a las instalaciones de crianza, en donde permanecen estabuladas hasta 15 meses de edad. A estos animales se les suministra tal como ofrecido, entre 8 y 14 kg de pasto de corte picado, 2 a 3 kg de alimento de desarrollo, agua fresca y melaza. Las instalaciones actualmente están dañadas (Figura 2) y los animales no contaban con un programa de desparasitación definido.



Figura 2. Galerón de crianza de reemplazos. Finca Roblealto (2013).

2.3.3. Novillas de reemplazo

Estos animales son mantenidos al pastoreo en apartos de Estrella africana (Figura 3) y son suplementados en canoa con 4,0 kg de alimento balanceado de transición, 12,0 kg de pasto de corta, 0,5 kg de melaza, 0,5 kg de maíz. Tienen además disponibilidad de agua fresca.



Figura 3. Pastoreo de novillas en finca de Asociación Roblealto (2013).

2.3.4. Vacas secas

Estos animales comprenden el grupo que está a dos meses o menos de parir, las vacas próximas a desecho, vacas preñadas con muy baja producción (menor a 2 kilogramos) y algunas con problemas reproductivos. Las vacas secas representan más del 30% del hato en producción lo que influyó en un intervalo entre partos de 455 días en el 2013. Las vacas secas son manejadas en 3 apartos grandes con poca disponibilidad de pasto de piso durante varios días (Figura 4), además se les suplementa con pasto de corte y minerales para vacas secas.



Figura 4. Suplementación de pasto de corta a vacas en periodo seco. Finca Robleato (2013).

Las hembras prontas a parir (15 días antes del parto), se juntan con las vacas del grupo de segunda, en donde se les brinda una alimentación similar a las de este grupo.

2.3.5. Vacas en producción

La finca cuenta en promedio con 90 animales en producción, divididos en dos grupos, el de alta producción (21,5 kg/día promedio) y el de baja producción (7kg/día promedio). Estos animales presentaron en el año 2013 un promedio productivo de 17,5 kg/día con longitud de lactancia de 11,1 meses. La Figura 5 presenta la tendencia de mayor producción entre los días 61-120 de lactancia. La producción sin embargo presenta alta persistencia durante la lactancia.

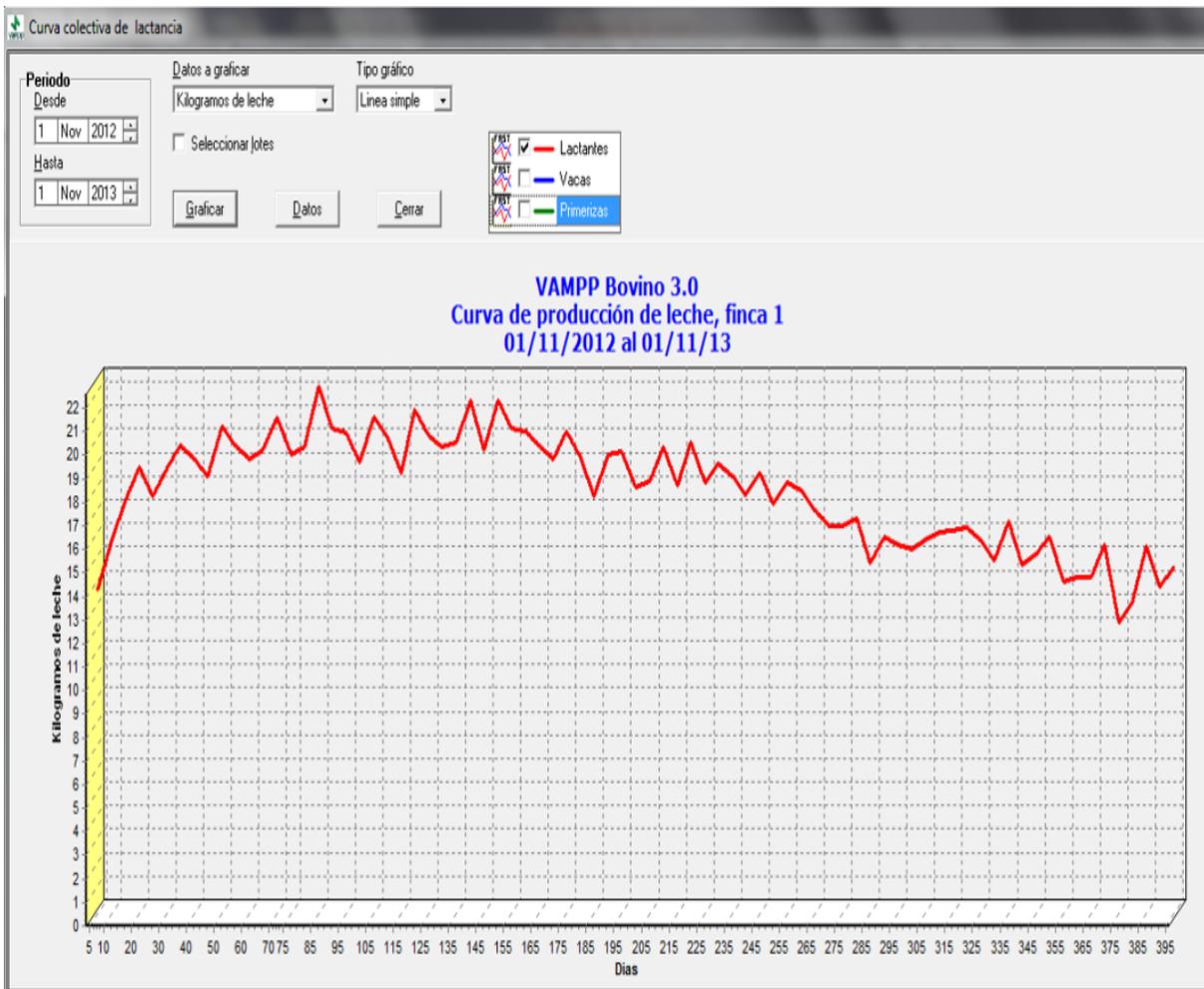


Figura 5 Curva de lactancia de finca Roblealto (2012-2013). Tomado de VAMPP®.

El pastoreo de las vacas en lactancia se realiza en dos grupos separados. El de primera con 70 animales en promedio, pastorea en apartos de medio día, con un periodo de rotación entre 17 y 20 días. El de segunda con promedio de 20 animales, pastorea en otros apartos por dos días y la rotación de éstos dura entre 14 y 16 días, lo cual puede generar pérdidas en la cantidad y calidad del pasto, además de afectar la estructura del suelo

Los animales pastorean pasto Estrella africana, reciben alimento balanceado en relación 3,6:1 (un kilogramo de alimento por cada 3,6 kilogramos de leche producidos), además de desechos de piña, Citrocom[®], minerales, melaza, pasto de corte, maíz molido, cebada o granos secos de destilería con solubles (DDGS). Para la suplementación en canoa se cuenta con un galerón con 67 puestos (Figura 6).



Figura 6. Alimentación de vacas en producción en galerón. Finca Roblealto (2013).

2.4. Recurso forrajero

La finca cuenta con 9,4 ha de Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*); para pastoreo de las vacas en producción, las cuales se encuentran divididas en 48 apartos de 1895 m² en promedio. En el periodo de la práctica no se contaba con programa de fertilización establecido, sin embargo por información del personal se conoce que con anterioridad se realizaba fertilización, pero se desconocían las dosis. Estos apartos presentan poca infestación de malezas como chile de perro (*Poligonum sp*) y escobilla (*Sida spp*).

Para producir forrajes de corta (Estrella africana y Gigante) se utilizan 5,2 ha las cuales se dividen en 9 apartos y tampoco tienen un programa de fertilización establecido, en épocas anteriores se abonaba con gallinaza.

Para el pastoreo de Estrella africana por el hato de cría se cuenta con 6,7 ha divididas en 16 apartos, los cuales se ocupan varios días cuando éstos son grandes y un día en los apartos pequeños. Presentan grandes infestaciones de escobilla y no son abonados.

Los tres apartos de vacas secas miden un total de 2,01 ha. Presentan grandes infestaciones de escobilla y poca cobertura de pasto Estrella en algunos sectores, y no son abonados.

2.5. Manejo de desechos.

El manejo de desechos se efectúa por medio del arrastre de purines con raspador de boñiga y lavado con manguera del área de alimentación, sala de ordeño y sala de espera. El agua de la finca utilizada para este fin es proveniente de naciente. El sistema integral de manejo de desechos utiliza manguera, raspador escobón, mallas y tanques de desagüe que permiten transportar desechos sólidos y líquidos por canales hasta un tanque de captación para aguas verdes en donde un separador de sólidos atrapa las partículas más gruesas para evitar el bloqueo de tuberías. Los líquidos pasan a dos tanques de 5000 litros de capacidad, desde donde los purines son bombeados y dispersados por riego en diferentes apartos. Sin embargo aunque el sistema anteriormente descrito existe, durante la realización de la práctica presentó problemas por falta de mantenimiento para su implementación como se puede apreciar en la Figura 7.

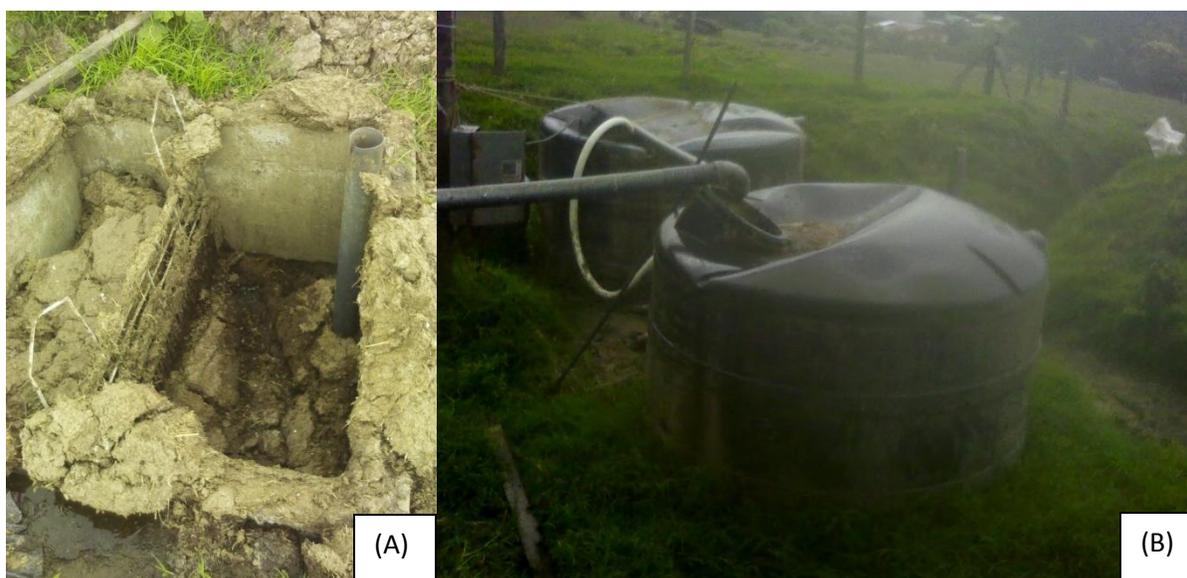


Figura 7. Sistema para el manejo de excretas bovinas (A- Separador de sólidos sin mantenimiento; B- Tanques de purines).

Capítulo 3. Desarrollo de objetivos

3.1. Balance nutricional de vacas en producción, alimentación de reemplazos y vacas secas.

3.1.1. Balance nutricional de vacas en producción.

La dieta para las vacas en producción del grupo de primera y el grupo de segunda al inicio de la práctica se resume en el Cuadro 6

Cuadro 6. Descripción de la dieta diaria aportada a las vacas en producción. Finca Roblealto. Agosto – Diciembre 2013

Materia prima	Grupo de primera	Grupo de segunda
Alimento balanceado (relación leche: concentrado)	3,6:1,0	3,6:1,0
Desechos de piña (kg)	14,0	12,0
Cebada (sub producto de cervecería. kg)	9,0	3,0
Citrocom [®] (kg)	1,0	0,0
Melaza (kg)	0,5	0,5
Maíz molido (kg)	0,5	0,0
Mineral (g)	120,0	120,0
Pasto de corta (kg)	12,0	12,0
Pasto Estrella africana (kilogramos estimados de consumo de pasto de piso).	18,0	18,0

Los balances de energía neta de lactancia (ENL), proteína metabolizable (PM), calcio (Ca), fósforo (P) y potasio (K) de la dieta según el programa para balance de raciones del NRC (2001), para una vaca de 500 kg de peso vivo, condición corporal de 3, que produce a diario, en el caso del grupo de primera 21,5 kg y en el del grupo de segunda 7 kg de leche con 3,9% de grasa y 3,2% de

proteína; que pastorea en terreno plano a 200 metros de la sala de ordeño, con 4 viajes diarios; se resumen en los Cuadros 7 y 8

Cuadro 7. Balance de la dieta diaria de las vacas en producción promedio de 7 kg/día. Finca Roblealto. Agosto – Diciembre 2013.

Requerimientos	ENL (Mcal/día)	PM (g/día)	Ca (g/día)	P (g/día)	K (g/día)
Total requerido	14,9	720	24	17	90
Total suplementado	15,1	882	49	33	205
Balance	0,2	162	24	16	115

El balance para el grupo de segunda muestra que hay suficiente ENL para producir 7,3 kg y PM para producir 10,6 kg. Se nota entonces la necesidad de aportar a la dieta energía de rápida disponibilidad para utilizar el excedente de proteína. Hutjens (2003) recomienda monitorear el MUN y si este es mayor a 19mg/dl es indicador de que hay falta de carbohidratos solubles respecto a la proteína cruda de la dieta; lo que hace necesario ajustar la proporción de proteína/carbohidratos solubles.

Para la dieta de los animales del segundo grupo se hicieron recomendaciones sobre bajar el suministro de cebada a 1 kg y de aumentar la melaza a 1 kg, si además se suministra adicional 1,5 kg de citrocom y 2 kg más de desecho de piña se obtiene ENL suficiente para producir 10,4 kg y PM suficiente para producir 10,7 kg.

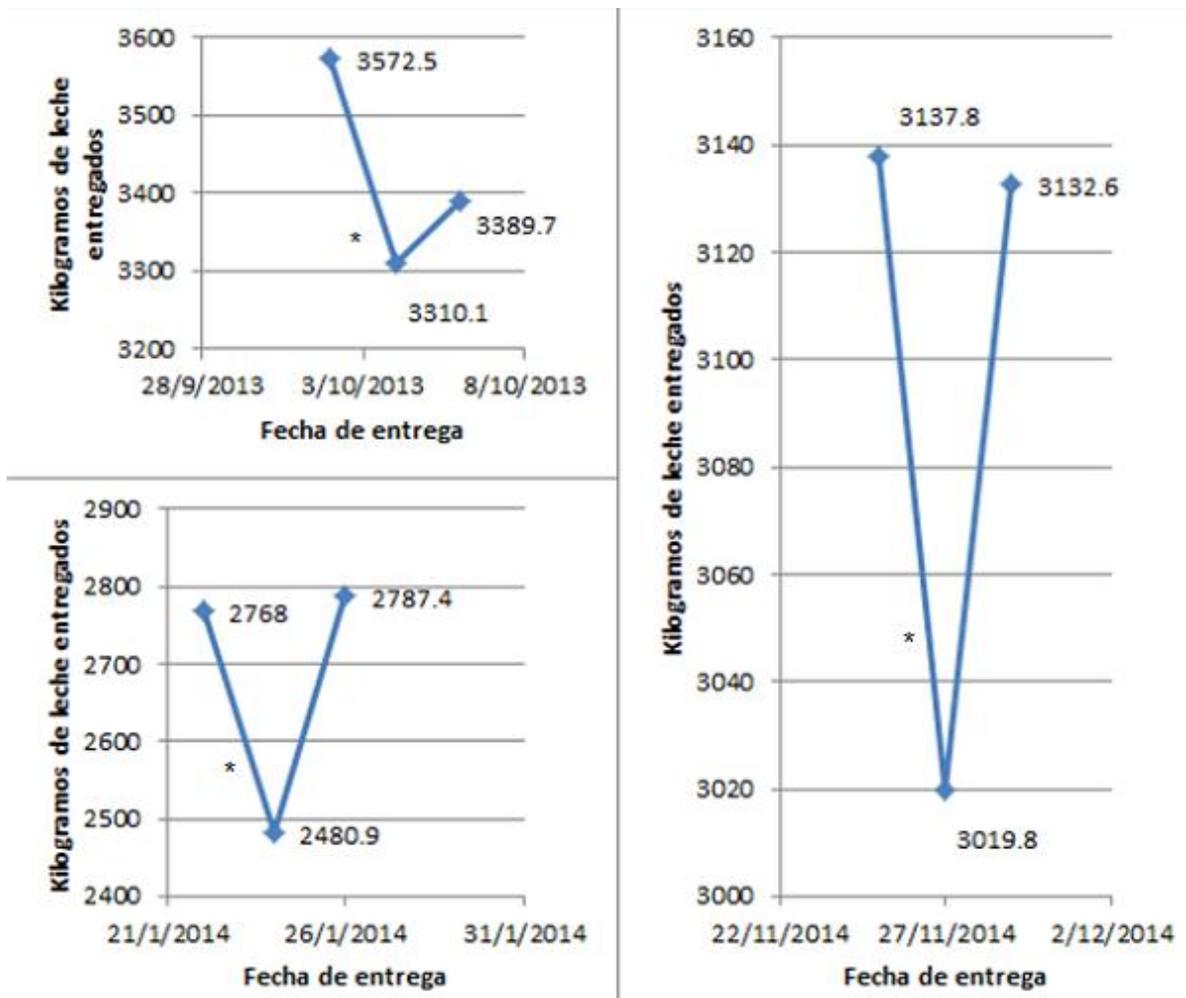
Cuadro 8. Balance de la dieta diaria de las vacas en producción promedio de 21,5 kg/día. Finca Roblealto. Agosto – Diciembre 2013.

Requerimientos	ENL (Mcal/día)	PM (g/día)	Ca (g/día)	P (g/día)	K (g/día)
Total requerido	25,0	1560	42	37	151
Total suplementado	26,2	1661	75	52	261
Balance	1,2	101	33	15	111

Acorde con el NRC (2001) en la dieta del grupo de primera el animal consume 16,3 kg de materia seca y tiene disponible suficiente ENL para una producción de 23,2 kg y PM para producir 23,8 kg. Sin embargo este promedio no se alcanza. Tal situación pudo deberse a la falta de constancia en el aporte de las materias primas como del agua para estos animales.

Castro (2002) explica que el tejido mamario desempeña un rápido metabolismo para generar grandes cantidades de nutrimentos en la leche y la disminución en el suministro de materia prima para la ubre reducirá el índice de producción de leche. Cita además que evitar el acceso al agua o un escaso suministro de la misma por unas horas resulta en una rápida caída de la producción de leche.

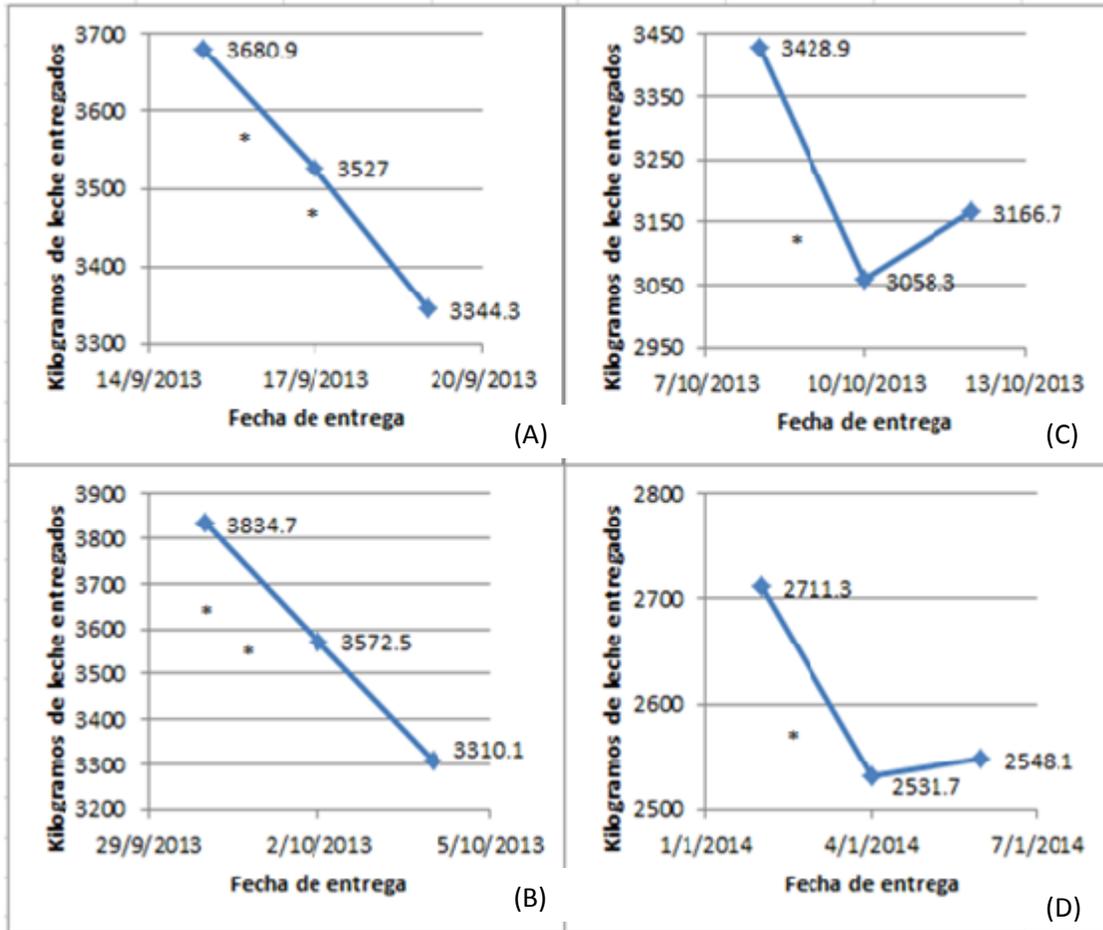
Se analizaron las caídas en la entrega de leche de Roblealto durante distintas fechas, coincidentes con la falta de alguna materia prima o agua en la alimentación del hato en producción. Los efectos de la escasez de agua en la entrega de leche se presentan en la Figura 8



*Fechas de la falta de agua. Se presentan disminuciones en producción posteriores a estos puntos.

Figura 8. Efecto de la escasez de agua durante un día en la entrega de leche de diferentes fechas.

En cuanto al desecho de piña, catorce kilogramos frescos de éste subproducto aportan 1,3 Mcal de ENL y 73 gramos de proteína cruda. En el balance, la falta de desecho de piña provoca, por el menor aporte de ENL, 1,7 kg menos de leche/vaca/día. Los 73 g de proteína menos significan en este caso, un litro de leche menos. La experiencia en finca mostró en promedio una disminución en la producción de 1,31 kg de leche por vaca por día. El efecto en la entrega de leche en diferentes fechas por la falta de desecho de piña se ilustra en la Figura 9.

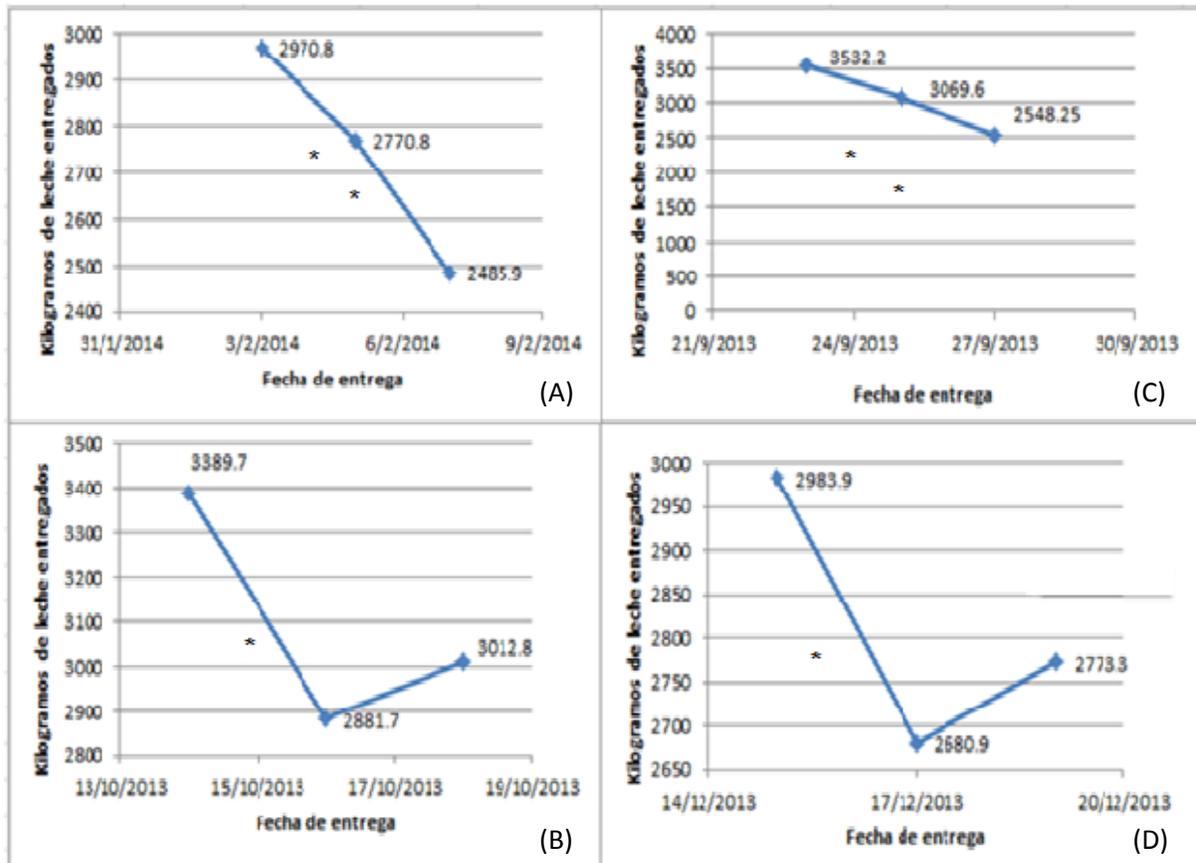


*Fechas de la falta de desecho de piña. Se presentan disminuciones en producción posteriores a estos puntos.

Figura 9. Disminución en la entrega de leche en diferentes fechas por falta de desecho de piña (A y B -Efecto de la escasez durante dos días, C y D- Efecto de la escasez durante un día).

La falta de alimento concentrado en el balance del grupo de primera (21,5 kg promedio de leche) provoca una disminución teórica de 13 kilogramos de leche/vaca/día y en el de segunda (7,0 kg promedio de leche) provoca una disminución de 4,4 kg/vaca/día. En finca, el efecto promedio de la escasez de concentrado y agua fue de 1,8 kilogramos de leche menos por vaca por día. En caso de no aportar citrocom ni cebada a la dieta, el aporte de ENL disminuye en 4,7 Mcal/día y en caso de faltar solo cebada el aporte disminuye 3,4 Mcal día. La

disminución de la entrega de leche en diferentes fechas por la falta de distintas materias primas se presenta en la Figura 10.



*Fechas de la falta de distintas materias primas. Se presentan disminuciones en producción posteriores a estos puntos.

Figura 10. Efecto de la falta de distintas materias primas en la entrega de leche (A y B- Efecto de la falta de concentrado y agua, C- Efecto de la falta de citrocom[®] y cebada, D- Efecto de la falta de cebada).

En las evaluaciones anteriores la disminución de producción promedio por vaca/día fue de $1,61 \pm 0,64$ kg al faltar alguna materia prima de la dieta y de $1,23 \pm 0,51$ kg al faltar agua. Para las mismas se tuvo en cuenta seleccionar fechas donde el número de vacas en producción fuera constante, así como las condiciones de trabajo.

En el mes de diciembre se tuvo la situación del agotamiento del subproducto de cervecería (cebada); se aprovechó entonces la disponibilidad en planta y bajo precio de los granos secos de destilería con solubles (DDGS) para sustituir la cebada. La descripción de la nueva dieta aportada a las vacas en producción se presenta en el Cuadro 9. El balance nutricional de dicha situación para el grupo de primera se presenta en el Cuadro 10, y el balance correspondiente al grupo de segunda en el Cuadro 11.

Cuadro 9. Descripción de la dieta diaria aportada a las vacas en producción. Finca Roblealto. Diciembre 2013 – febrero 2014.

Materia prima	Grupo de primera	Grupo de segunda
Alimento balanceado (relación leche: concentrado)	3,6:1	3,6:1
Desechos de piña (kg)	14	12
DDGS (kg)	2	-
Citrocom® (kg)	1	-
Melaza (kg)	0,5	0,5
Maíz molido (kg)	0,5	-
Mineral (g)	120	120
Pasto de corta (kg)	12	12
Pasto Estrella africana (kilogramos estimados de consumo de pasto de piso).	18	18

Cuadro 10. Balance de la dieta diaria de las vacas en producción promedio de 21,5 kg/día. Finca Roblealto. Diciembre 2013 – febrero 2014.

Requerimientos	ENL (Mcal/día)	PM (g/día)	Ca (g/día)	P (g/día)	K (g/día)
Total requerido	25,0	1558	42	36	149
Total suplementado	26,0	1668	75	55	257
Balance	1,0	110	32	19	108

Cuadro 11. Balance de la dieta diaria de las vacas en producción promedio de 7 kg/día. Finca Roblealto. Diciembre 2013 – febrero 2014.

Requerimientos	ENL (Mcal/día)	PM (g/día)	Ca (g/día)	P (g/día)	K (g/día)
Total requerido	14,9	699	24	17	86
Total suplementado	13,8	801	48	31	*198
Balance	-1,1	102	23	14	112

El balance de la dieta del grupo de primera muestra ENL suficiente para producir 22,9 kg de leche, y PM para producir 24 kg. Se nota al igual que en la dieta anterior que estas producciones no se alcanzan. Para la dieta del grupo de segunda existe la ENL para producir 5,4 kg de leche y PM para 9,3 Kg por lo que se hace necesario sincronizar proteína y energía. En el momento se recomendó aumentar a 1 kg de melaza, sin embargo con un adicional de 1 kg de Citrocom[®] la ENL de esta dieta permite producir 8,5 kg de leche y la PM para 9,8 kg.

3.1.2. Alimentación de reemplazos.

La problemática principal en alimentación de reemplazos en la finca Roblealto la presentaron las terneras en la etapa de pre- destete, ya que carecen de instalaciones para un adecuado manejo, por lo que acorde con lo recomendado por Moran (2002) y con los materiales disponibles, opinión de los trabajadores de la finca y espacio aprovechable, se diseñó la ternerera que se presenta en la Figura 11.



Figura 11. Diseño de ternerera elaborado para la finca Asociación Roblealto. (2013)

En cuanto a la efectividad del suministro de calostro, se hicieron evaluaciones tanto de la calidad del mismo, como de la efectividad de la transferencia de inmunoglobulinas. La calidad del calostro del primer ordeño se evaluó por medio del calostrómetro (Figura 12) y la efectividad de la transferencia de inmunoglobulinas por medio del análisis del suero sanguíneo en un refractómetro (Figura 13) durante los tres primeros días de vida de las crías. Los resultados se presentan en los Cuadros 12 y 13.

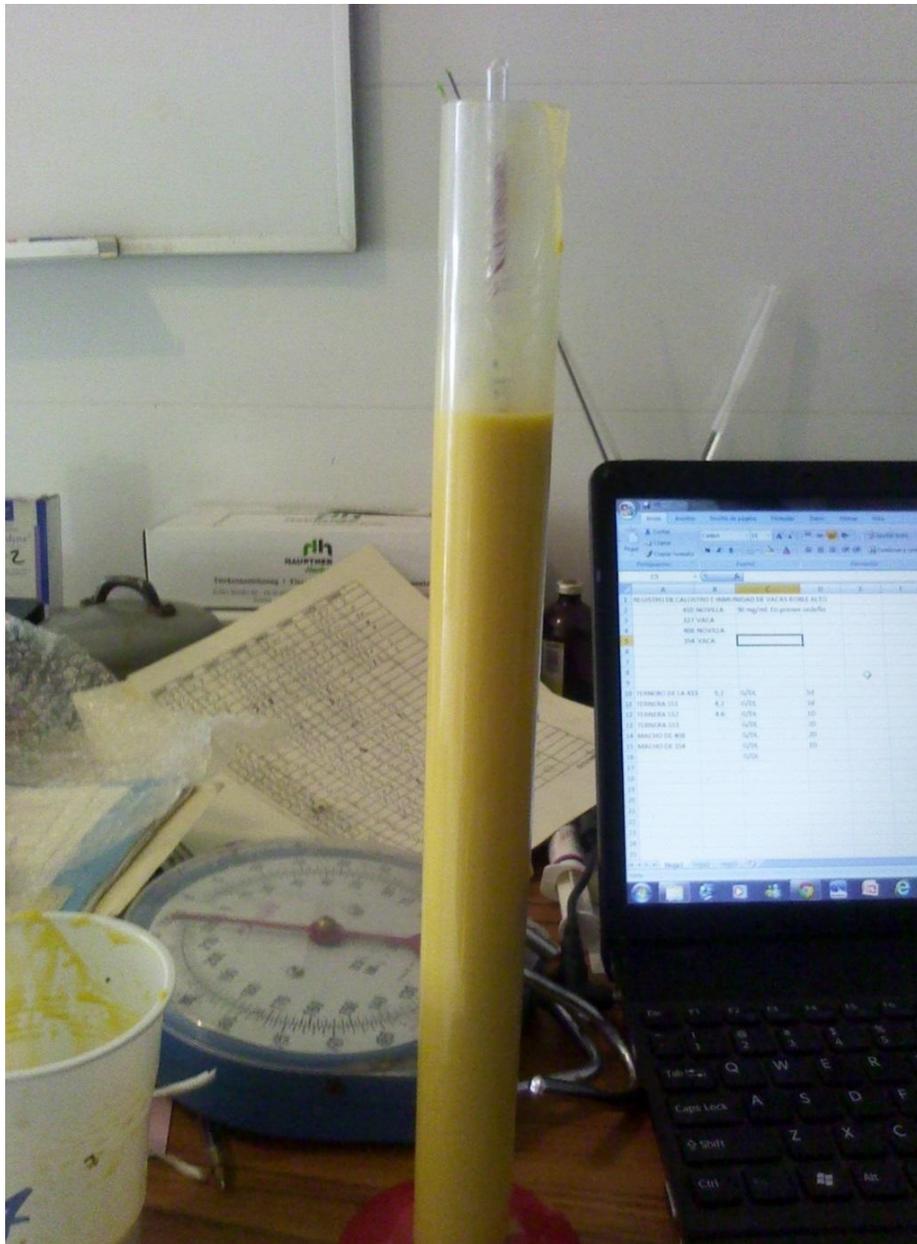


Figura 12. Evaluación de calostro en finca Roblealto. (2013)



Figura 13. Evaluación de la efectividad de la transferencia de inmunoglobulinas (A y B- muestra de sangre, C- centrifugación, D- Obtención de suero sanguíneo, E – medición de proteínas séricas en refractómetro). Finca Roblealto (2013).

Cuadro 12. Evaluación del calostro bovino. Finca Roblealto (2013)

Identificación del animal	Tipo de animal	Resultado en calostrómetro (mg/ml)
410	Novilla	90
327	Vaca	80
408	Novilla	60
354	Vaca	90
465	Novilla	70

Cuadro 13. Evaluación de la transferencia de inmunoglobulinas a reemplazos mediante refractómetro. Roblealto (2013)

Identificación	Proteína sérica (g/dl)	Edad (días)
Ternero de la 433	9,2	3
Tenera 551	4,2	2
Tenera 552	4,6	1
Tenera 553	7*	2
Macho de 408	3,2	2
Macho de 354	4,2	2
Macho de 297	5,8	2
Tenera 554	4,6	2
Tenera 555	4,2	2

*Cebuína

Respecto a la calidad de calostro (Elizondo 2012) recomienda para efectos de salud animal, sólo utilizar calostros con concentraciones mayores a los 50 g/L; por lo que cabe destacar que todas las evaluaciones anteriores corresponden a calostros aptos para el suministro adecuado de inmunoglobulinas.

Sin embargo acorde con Quigley (2001) las mediciones realizadas para verificar la transferencia de inmunoglobulinas reflejan resultados negativos, ya que en su mayoría los animales presentaron concentraciones inferiores a 5,5 g/dl de proteína sérica.

Por lo tanto se evidencia que la práctica actual de dejar a la cría unas horas con su madre para que tome el calostro, no es efectiva para asegurar una adecuada transferencia de inmunidad. Lo anterior sumado al alojamiento y alimentación inadecuados dieron como resultado 26% de mortalidad en animales menores a un año. Las principales causas de mortalidad fueron las diarreas.

Dado a la problemática en la alimentación de terneras actual (no se controla la cantidad de alimento balanceado brindado) se elaboró un programa de alimentación como se especifica en el Cuadro 14. A pesar de que se recomienda dar el alimento balanceado a libre voluntad, el programa se sugirió para evitar el desperdicio o del todo faltante que se da actualmente en la finca.

En cuanto a la alimentación con leche de rechazo, se sugiere la pasteurización como estrategia para disminuir la carga patógena. Los protocolos más comunes de pasteurización recomiendan realizarla a 65,5°C por 30 minutos, lo cual es más que suficiente para destruir gran parte de las bacterias encontradas en la misma (Campos y Elizondo 2014).

Cuadro 14. Programa de alimentación para animales hasta las doce semanas de vida.

Semana	Leche entera (litros)	Alimento balanceado (g/día)
1-2	3-4	100 (después del día 5)
3-4	4	200
5	4	350
6	4	500
7*	4	700
8	4	950
9	4	1200
10	4	1200
11	2	1500
12	2	1500

*A partir de esta semana empezar a suministrar heno

Para los animales en etapa de desarrollo entre 4-8 meses de edad con peso promedio de 150 kg, el balance de la dieta aportada (2kg de alimento de desarrollo, 10 kg de pasto de corta, 0,5 kg melaza) es el especificado en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Balance de la dieta para animales de 4 - 8 meses de edad. Finca Roblealto (2013).

Requerimientos	EM* (Mcal/día)	PM (g/día)	Ca (g/día)	P (g/día)	K (g/día)
Total requerido	9,6	360	11	8	17
Total suplementado	9	275	16	10	77
Balance	-0,6	-85	5	2	60

*Energía metabolizable

Acorde con el modelo del programa NRC se nota en esta dieta la necesidad de brindar un aporte extra de energía y proteína. Esta situación se soluciona al añadir 0,5 kg de DDGS a la dieta, lo anterior se resume en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Balance de la dieta para animales de 4 - 8 meses de edad con 0,5 kg de DDGS adicional. Finca Roblealto (2013).

Requerimientos	EM (Mcal/día)	PM (g/día)	Ca (g/día)	P (g/día)	K (g/día)
Total requerido	9,6	360	11	8	17
Total suplementado	10,4	366	16	13	82
Balance	0,8	6	5	5	65

Para animales entre 8-15 meses de edad con peso promedio de 300 kg, el balance de la dieta aportada (3kg de alimento de desarrollo, 14 kg de pasto de corta, 0,5 kg melaza) es el especificado en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Balance de la dieta para animales de 8 - 15 meses de edad. Finca Roblealto. (2013).

Requerimientos	EM (Mcal/día)	PM (g/día)	Ca (g/día)	P (g/día)	K (g/día)
Total requerido	11,2	320	7	6	26
Total suplementado	12,7	393	22	15	104
Balance	1,5	73	15	9	78

La dieta anterior muestra un excedente de energía de 1,5 Mcal día, que puede ser corregido al disminuir 0,5 kg de alimento balanceado, situación en la cual el balance de EM sería 0,1 Mcal/día y el de PM 47 g/día.

Para novillas de 15 a 36 meses de edad se realizó el balance de la dieta aportada (4 kg de alimento de transición, 12 kg de pasto de corta, 0,5 kg de melaza, pastoreo de Estrella africana, 40 g de mineral y 0,5 kg de maíz molido) es el especificado en el Cuadro 18

Cuadro 18. Balance de la dieta para novillas mayores a 15 meses de edad. Finca Roblealto. (2013)

Requerimientos	EM (Mcal/día)	PM (g/día)	Ca (g/día)	P (g/día)	K (g/día)
Total requerido	18,1	347	8	7	39
Total suplementado	18,3	428	28	20	138
Balance	0,2	81	20	13	99

La dieta para estos animales presenta un balance de energía adecuado, sin embargo se debe tener cuidado en el monitoreo de la función reproductiva por el

exceso de proteína. El consumo de materia seca diario para esta dieta es de 7,7 kg; para la de 4 - 8 meses de edad es de 3,8 y para la de 8 – 15 meses de edad es de 5,4; lo que acorde con Haydee (2006) es adecuado en estas etapas.

3.1.2.1 Pesaje de reemplazos

El pesaje de los reemplazos, se realizó una vez al mes, para lo mismo, se utilizó una cinta métrica graduada en centímetros y se midió el perímetro torácico del animal hasta la cruz. Posterior a la recopilación de las medidas en centímetros, se procedió a transformar las mismas a kilogramos por medio del programa Vampp® bovino, el cual recopila la información de los animales pesados y la relaciona con el estándar de la raza de cada animal.

Distintas investigaciones demuestran que existe una relación entre la medida del perímetro torácico y el peso corporal en bovinos. Heinrichs et ál (1992) indican que la regresión que obtuvieron al relacionar el peso corporal de ganado Holstein con el perímetro torácico tuvo un $R^2 = 0,95$. Maecha et ál (2002) obtuvieron un modelo de regresión con $R^2 = 0,97$ para la correlación del peso corporal de la raza Lucerna con su perímetro torácico. En Costa Rica, Garro y Rosales (1996) obtuvieron un modelo de regresión con $R^2 = 0,92$ para la correlación del peso corporal del ganado cebuino en crecimiento con su perímetro torácico.

En finca la medición de los pesos de los reemplazos permitió la homogenización de los grupos en los corrales y el monitoreo del crecimiento de los mismos comparando el resultado respecto al peso de norma establecido en el programa VAMPP®. Los resultados se muestran en la Figura 14.

Análisis de crecimiento de reemplazos por periodo

Periodo
Desde: 12 Feb 2013
Hasta: 12 Feb 2014

Mostrar Imprimir Cerrar

Edad en meses	29/08/13		30/09/13		30/10/13		26/11/13		27/12/13		03/02/14	
	Bajos	Pesos										
1 - 3			1	14		15	6	14	5	12		
>3 - 6		3	1	8		7	4	5	2	14	6	15
>6 - 12	4	9	3	10	3	12	7	14	7	14	5	13
>12 - 15	1	11	1	8		4	1	4	2	4	1	3
>15		17		29		27	1	16	1	19	1	1

Figura 14. Resultado del pesaje mensual de reemplazos en finca Roblealto. Agosto 2013 – febrero 2014. Tomado de VAMPP®.

De lo anterior se puede apreciar como en los meses de noviembre y diciembre se da una mayor incidencia de pesos bajos, debido a problemas en el suministro de materias primas como pasto de corta y alimento balanceado por el mal estado del tractor de la lechería, entre otras causas.

Se notan además la frecuencia de bajos pesos en el grupo de animales de 6 – 12 meses de edad, esto se puede relacionar a la dieta del grupo, descrita previamente en el balance de 4 - 8 meses de edad (Cuadro 15).

El pesaje de los reemplazos permitió además implementar el programa de desparasitación que se muestra en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Recomendación para la desparasitación de terneras. Roblealto (2013).

Tipo de animal	Frecuencia	Producto	Dosis
Terneras sin destetar	1 vez al mes	Rintal® granulado 10%	75mg/kg de peso vivo (pv)
Después del destete hasta 8 meses de edad	1 vez cada 3 meses	Ivermectina® * 3,15% ó 1%	Inyectable. 1 ml/50 kg pv subcutáneo
De 8 meses al servicio	1 vez cada 3 meses	Ivermectina® 3,15% ó 1%	Inyectable. 1 ml/50 kg pv subcutáneo

*En la primera y segunda desparasitación aplicar la Ivermectina. Se deben rotar los desparasitantes. Recomendación rotar con Albendazol (Bayverm 1ml/40kg de peso vivo)

3.1.3. Alimentación de vacas secas.

La alimentación de vacas secas es uno de los principales problemas en esta finca. Durante la práctica la alimentación consistía en brindar un aproximado de 18 kg de pasto de corta, además de mineral Se estimó un consumo de pasto fresco de 8 kg/vaca/día. Los apartos de vacas secas presentan escases de pasto y abundancia de malas hierbas. El balance de la dieta se describe en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Balance actual de la alimentación de vacas secas

Requerimientos	EM (Mcal/día)	PM (g/día)	Ca (g/día)	P (g/día)	K (g/día)
Total requerido	12,4	501	14	14	40
Total suplementado	6.8	382	52	44	150
Balance	-5,6	-119	38	30	111

Se nota en la dieta actual un importante desbalance energético, tal condición según el modelo del NRC 2001 tendría como consecuencia la pérdida de un punto de condición corporal en 66 días. Se pudo notar durante la práctica 4 casos de vacas muertas por desbalances metabólicos a causa de un deficiente periodo seco ejemplo de esto se evidencia en la Figura 15.



Figura 15. Ejemplos de vacas en periparto con problemas alimenticios

Como medida a corto plazo se recomendó la utilización de un alimento balanceado para vaca seca, además del mantenimiento de los apartos. La simulación al brindar 3 kg de alimento balanceado (88%MS, 13,5 PC, 27%FDN) y 5 kg de desecho de piña adicionales al forraje ya brindado se muestra en Cuadro 21.

Cuadro 21. Balance de la recomendación alimenticia para vacas secas

Requerimientos	EM (Mcal/día)	PM (g/día)	Ca (g/día)	P (g/día)	K (g/día)
Total requerido	12,4	501	14	14	40
Total suplementado	12,4	701	64	50	181
Balance	0	200	50	36	133

Novaes et ál. (2003) cita la importancia de tener un manejo adecuado de vacas en el periodo seco para la restauración de la función óptima del rumen, la nutrición del feto, de la glándula mamaria y para la preparación del animal para la siguiente lactancia. Además recomienda en este período proporcionar una dieta que contenga alimentos con mayor contenido de fibra, pero con alta calidad nutricional.

El NRC (2001) recomienda valores mínimos de 33 y 21% de FND y FAD respectivamente, en dietas de vacas secas. El máximo recomendado de CNF en la dieta de transición es de 42% sobre MS. La dieta propuesta aporta 49,6% de FDN, 29,4% de FDA y 22,6% de CNF.

3.1.4. Evaluación de condición corporal

Se evaluó la condición corporal (CC) de vacas en producción y secas cada mes con el método Elanco[®] (2009). Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Resultado de la medición mensual de condición corporal en finca Roblealto. Setiembre 2013 – febrero 2014.

Fecha	CC	Número de vacas	Clasificación de los animales en días de lactancia.				
			0-60	61-120	121-210	Más de 211	Secas
20/9/13	2,5	3	3				
	2,7	45	9	8	9		19
	3,0	31		11	17	3	
	3,2	30		7	15	8	
	3,5	3				2	1
	3,7	1				2	1
31/10/13	2,5	3	2				1
	2,7	41	11	10	4		17
	3,0	55		10	37	6	2
	3,2	5			4	1	
	3,5	0					
	3,7	2					2
30/11/13	2,3	2	2				
	2,5	1		1			
	2,7	20	11	7	2		10
	3,0	72		22	18	24	8
	3,2	0					
	3,5	4			1	3	
	3,7	2				2	

Fecha	CC	Número de vacas	Clasificación de los animales en días de lactancia.					
			0-60	61-120	121-210	Más de 211	Secas	
30/12/13	2,3	2	1					1
	2,5	14	7	2				5
	2,7	31	4	18	5			4
	3,0	35	2	1	12		16	5
	3,2	11			8	3		
	3,5	3					3	
	3,7	2				1	1	
3/2/14	2,3	1	1					
	2,5	10	5	4				1
	2,7	42	3	28	6			5
	3,0	42		15	22			5
	3,2	6			1	1	4	
	3,5	3				2	1	
	3,7	3					3	

Cabe destacar que las notas más bajas se obtuvieron con mayor frecuencia para animales entre los 0-60 días de lactancia lo que puede ser consecuencia de un periodo seco inadecuado, además de una alta exigencia productiva. Pudo notarse además que acorde con Rojas (2010) ninguna calificación promedio de las vacas secas es igual a la recomendación al parto de una nota de 3,5.

En la Figura 16 se pueden notar calificaciones individuales de condición corporal después de los 11 meses de lactancia (coinciden con el secado) inferiores a las de la curva estándar, la cual para esta etapa de la lactancia, estima una condición corporal de 3,5.

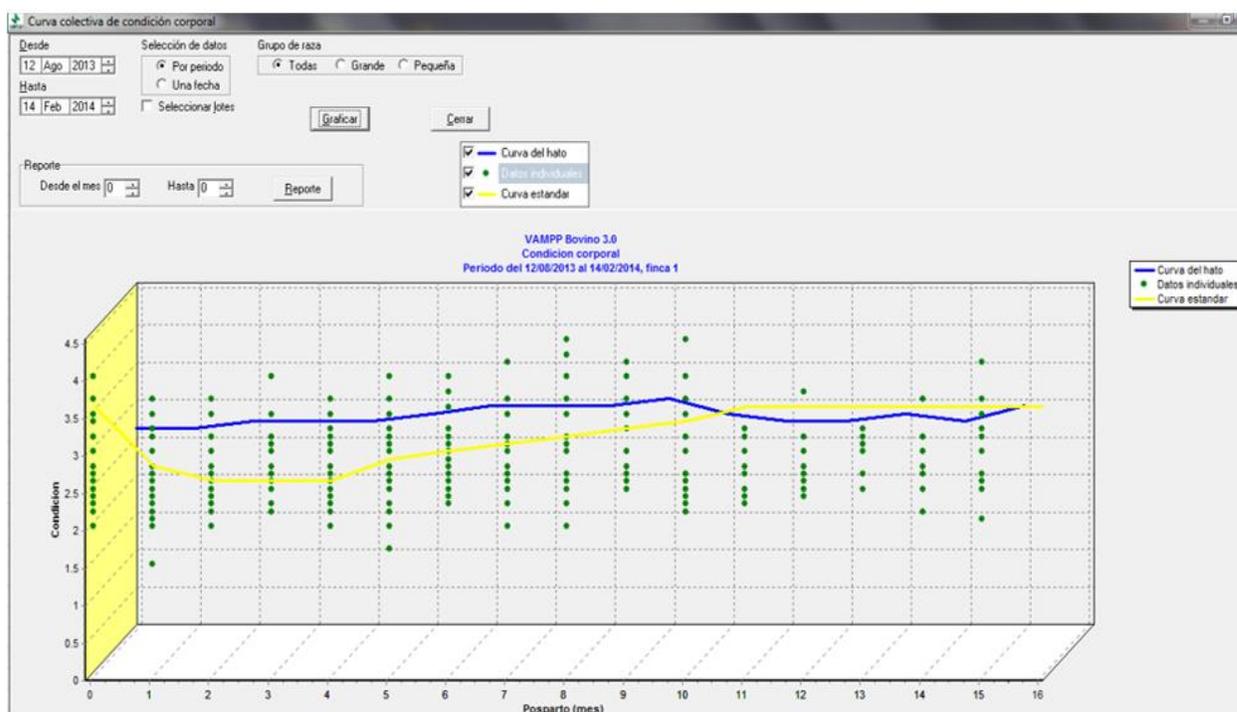


Figura 16. Comparación de las calificaciones individuales de condición corporal con la curva estándar del programa VAMPP® bovino. Finca Roblealto. Agosto 2013- febrero 2014

3.2. Uso eficiente del recurso forrajero.

3.2.1. Mapeo de la finca de ganado lechero Asociación Roblealto.

Se utilizaron los programas MapSource® versión 6.16.13 y TrackMaker® para la edición de los datos de las áreas de la finca Asociación Roblealto; obtenidos con un sistema de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés) de la marca Garmin® modelo 60 CSx. Las áreas de pastoreo, pasto de corta, instalaciones y caminos de lechería Roblealto se muestran en la Figura 17.

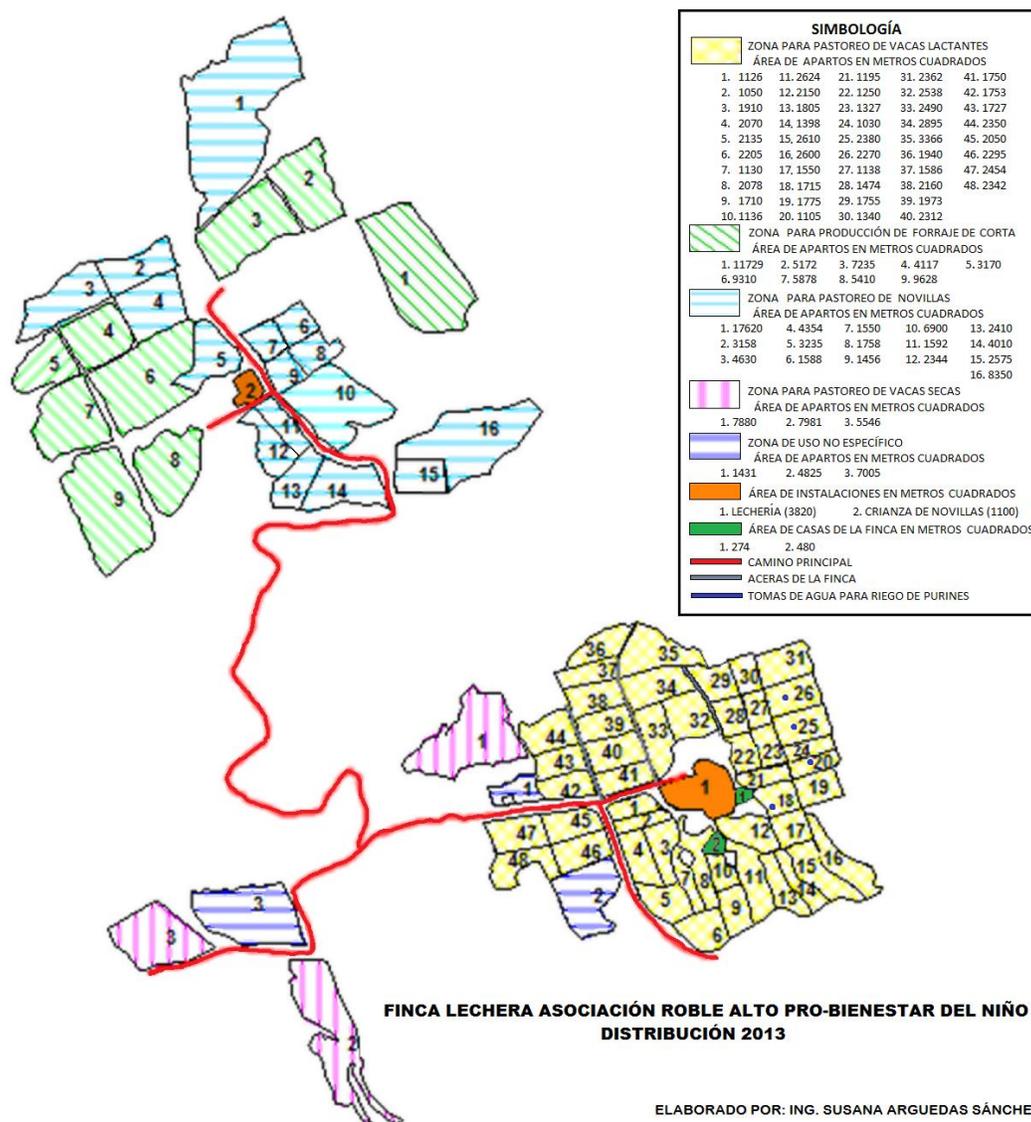


Figura 17. Áreas de pastoreo, pasto de corta, instalaciones y caminos en lechería Roblealto. (2013).

3.2.2. Estimación de disponibilidad forrajera

La estimación de la disponibilidad de biomasa forrajera se realizó mediante el Método de Rendimiento Comparativo (WingChing y Jiménez 1999) para pastos de piso (Figura 18A). Para pastos de corta se realizó una estimación de cada aparto al pesar todo el pasto cortado de 4 metros cuadrados de sitios representativos del aparto en medición (Figuras 18B y 18C).



Figura 18. Medición de disponibilidad forrajera en finca Roblealto (A- medición de pasto de piso, B y C- medición del pasto de corta) (2013).

El resultado de la medición de disponibilidad forrajera del pasto Estrella africana de piso se presenta en el Cuadro 23.

Cuadro 23. Resultados de la disponibilidad de forraje fresco de piso. Roblealto (2013-2014).

Aparto	Área (m ²)	Pasto disponible por apartado (kg)	Producción pasto (kg/m ²)	Pasto disponible por vaca (kg/día)
1	1.050	2.263	2,15	32,33
4	2.070	3.363	1,62	48,04
6	2.205	4.207	1,91	60,10
13	1805	2.254	1,25	32,20
20	1105	2.245	2,03	32,07
23	1.327	2.721	2,05	38,88
28	1.474	2.254	1,53	32,20
32	2.538	4.304	1,70	61,49
33	2.490	4.490	1,80	64,15
39	1.973	2.898	1,47	41,40

Se debe tener en cuenta que al momento de las mediciones se tuvo un periodo de descanso de 19 días y que el resultado corresponde a apartos del pastoreo de las vacas del grupo de primera con 70 animales. El promedio de pasto producido en estos apartos es de 1,7 kg/m² o 17,0 t/ha. Lo que para un pasto con 20% de materia seca (MS) da como resultado 3.400 kg MS/ha

Sobre producción de materia seca del pasto Estrella africana, Villalobos y Arce (2013) obtuvieron en fincas de Monteverde, una disponibilidad de biomasa promedio de 4.484 kg/ha de MS. Salazar (2007) obtuvo una disponibilidad promedio de 4.642 kg/ha de MS en Ciudad Quesada y González (2013) obtuvo resultados de 4.330 kg/ha de MS en Tilarán, Guanacaste. Las fincas tenían programas de fertilización establecidos y los apartos de 25 a 30 días de rebrote.

Los valores anteriores comparados con los obtenidos en finca evidencian la posibilidad de lograr una mayor producción de MS al aumentar los días de descanso de la pastura e implementar un programa de fertilización.

Acorde con Villalobos et ál. (2013) el porcentaje de aprovechamiento del forraje es aproximadamente 45% por tanto, la estimación diaria de consumo de 18 kg de pasto verde en potrero es posible, ya que el mínimo diario que se podría ofrecer en potrero sería 40 kg/vaca y se obtuvo en finca para los apartos de medidas más pequeñas una producción de \square 32 kg/vaca, lo que conlleva, al ser apartos de medio día, a una disponibilidad total de 64 kg de pasto verde.

El resultado de la medición de disponibilidad forrajera del pasto de corta (gigante y Estrella africana) se presenta en el Cuadro 24. Los apartos de corta 1, 2 y 3 no fueron medidos porque la época de corta de los mismos no coincidió con el periodo en que se realizaron las mediciones.

Cuadro 24. Resultados de la disponibilidad de forraje fresco de corta. Roblealto (2013).

Zona de corte	Duración del corte (Días)	Área (m ²)	Producción (kg/corte)
4	6	4.117	12.000
5	5	3.170	11.350
6	12	9.310	34.447
7	15	5.878	33.798,5
8	8	5.410	33.650
9	15	9.628	41.882
Total	61	37.513	167.127,5

Se puede estimar una producción de pasto fresco de 4,45 kg/m². Considerando que el área total de corte es 52.021 m², se obtiene un potencial de 231 t por corte del área total, para producciones anuales de 1039,5 t, en cortes cada 80 días.

De acuerdo con la estructura del hato generada en VAMPP®, los requisitos totales de pasto de corta en la finca Roblealto se presentan en el Cuadro 25.

Cuadro 25. Necesidades anuales de pasto de corta en finca Roblealto (2013).

Etapa productiva	Consumo diario de pasto de corta (kg/animal)	Necesidades anuales de pasto de corta (t)
Vacas lactantes	12	394,2
Hato en crianza	12	464,3
Vacas secas	18	229,3
Total		1.087,8

Durante la práctica se evidenció en la finca el faltante existente de pasto de corta, el cual según lo calculado corresponde a 16 días, sin embargo para satisfacer la necesidad se cortó pasto de otra propiedad de la Asociación Roblealto, durante un mes y una semana, lo que conllevó a mayores costos e inconvenientes.

En La Unión, Cartago a 1.542 msnm, con precipitación media anual de 2050 mm, temperatura media anual de 19,3 °C y un suelo de origen volcánico caracterizado por poseer buen drenaje y una fertilidad media, se desarrolló un estudio sobre pastos de corta Gigante, donde se obtuvo producciones de 61.432 kg/ha de materia verde (Araya y Boschini 2005). Este pasto había sido sometido a fertilización y control de malas hierbas. Lo anterior comparado con un producción de 44.500 kg/ha en finca Roblealto, evidencia la posibilidad de aumentar la producción forrajera vía fertilización.

3.2.3. Análisis de suelos.

Para el análisis del suelo se tomaron muestras acorde con lo recomendado por Henríquez y Cabalceta (1999). El muestreo fue hecho en los suelos de los apartos de lechería (3 muestras) y los de pasto de corta (3 muestras), utilizando un palín y a profundidad de 20 cm. Se tomaron ~10-15 submuestras, se mezclaron y cuartearon. Luego se redujo su tamaño a 0,5 kg para trasladarlo luego al Laboratorio de Suelos y Foliarés CAFESA. El resultado del análisis del suelo de los apartos pastoreados por vacas en producción se presenta en el cuadro 26, el análisis de la textura de los mismos en el cuadro 27. El cuadro 28 presenta los resultados del análisis del suelo de los apartos de corta, y el cuadro 29 las relaciones de los elementos en éste suelo.

Cuadro 26. Análisis del suelo de los apartos pastoreados por vacas en producción. Roblealto (2013).

Parámetro	Lotes muestreados	Rango ideal	Interpretación
pH (H ₂ O)	6,3-6,5	5,5-6,5	Suelo ligeramente ácido
K (Cmol(+)/l)	0,63-1,23	0,2-1,5	Nivel adecuado de K
Ca (Cmol(+)/l)	9,57-15,06	4,0-20,0	Buen nivel de Ca
Mg (Cmol(+)/l)	1,55-3,01	1,0-10,0	Nivel adecuado
Acidez (Cmol(+)/l)	0,16-0,25	0,5-1,5	Nivel adecuado. Baja acidez
P (mg/l)	16,0-51,0	10,0-40,0	Nivel adecuado
Fe (mg/l)	48,0-96,0	10-100	Niveles ideales
Cu (mg/l)	5,0-6,0	3,0-20,0	Niveles ideales
Zn (mg/l)	4,1-10,8	2,0-10,0	Niveles ideales
Mn (mg/l)	29,0-34,0	5,0-50,0	Niveles ideales
Saturación ácida (%):	0,85-1,51	<10	Suelo de fertilidad alta, saturación de acidez óptima
Materia orgánica (%)	17,98–22,98	> 5	Alto
Ca/Mg	5,56-6,40	2,0-5,0	Hay carencia de Mg respecto a Ca
Ca/K	15,16-17,31	5,0-25,0	Hay equilibrio
Mg/K	2,45-3,11	2,5-15	Tiende a carencia de Mg respecto a K
(Ca+Mg)/K	17,65-20,43	10,0-40,0	Hay equilibrio
Ca+Mg+K	11,75-23,51	>12,0	Tiende a ser suelo de fertilidad alta

Cuadro 27. Análisis de la textura del suelo de los apartos de pastoreo de vacas en producción. Roblealto (2013).

Identificación	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Nombre textural
# 1	42,3	24,0	33,8	Franco
# 2	34,8	29,0	36,3	Franco Arcilloso
# 3	44,8	24,0	31,3	Franco

Según lo anterior, y acorde con Cabalceta (2009) se puede notar para los suelos francos, proporciones importantes de arena, limo y arcilla. Los lotes 1 y 3 sin embargo muestran mayor proporción de arena en sus suelos y menores de arcilla comparados con el lote 2. Así que podría esperarse en éstos mayor manifestación de las propiedades arenosas como aireación, permeabilidad, penetración radical y facilidad de labranza. En los suelos del lote 2 se esperaría mayor manifestación de las propiedades arcillosas como la retención de nutrimentos y agua, pegajosidad, y escurrimiento superficial.

Cuadro 28. Análisis del suelo de los apartos de corta. Roblealto (2013).

Zona	H ₂ O		CMOL(+)/l				mg/l					%	
	pH	Ca	K	Mg.	Acidez	P	Cu	Fe	Mn	Zn	M.O	Sat. ácida	
1	6,30	7,73	0,37	1,54	0,21	6,0	8,0	68,0	13,0	1,8	13,6	2,13	
2	6,30	5,01	0,34	1,54	0,20	7,0	9,0	79,0	17,0	0,8	13,2	2,82	
3	6,00	4,47	0,18	1,06	0,24	6,0	8,0	81,0	15,0	2,0	14,2	4,03	
Ideal	5,5-6,5	4-20	0,2-1,5	1-10	<0,5	10-40	3-20	10-100	5-50	2-10	> 5	<10%	

Cuadro 29. Análisis del suelo de los apartos de corta. Relaciones de elementos. Roblealto (2013).

Potrero	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K	Ca+K+Mg (Cmol(+)/l)	CICE (Cmol(+)/l)
Corta 1	5,02	20,89	4,16	25,05	9,64	9,85
Corta 2	3,25	14,74	4,53	19,26	6,89	7,09
Corta 3	4,22	24,83	5,89	30,72	5,71	5,95
Adecuado	2-5	5-25	2,5-15	10-40	>5	>5

Se nota en los suelos de los apartos de la lechería que no existen problemas de acidez, se evidencian valores bajos magnesio en las relaciones entre cationes. Los apartos presentan niveles altos de materia orgánica, lo cual es una posible respuesta a la fertilización anterior con purines y gallinaza.

Los apartos de corta tampoco presentan problemas de acidez, sin embargo hay carencia de fósforo, zinc y en los apartos del lote 3 se presentan carencias de potasio, lo que se comprueba en la relación Ca/K, la cual muestra un resultado muy cercano al crítico. Estos suelos también presentan alto porcentaje de materia orgánica.

Salas y Sánchez (1999) citan que el fósforo constituye los compuestos que son fuente de energía para el pasto y el animal, y en suelos costarricenses aumenta conforme a la altura, pero la alta fijación del elemento en estos suelos puede afectar su disponibilidad para el forraje. Acorde con Cabalceta (1999) uno de los elementos que limitan más la productividad de los pastos, por presentar deficiencias más acentuadas es el fósforo. Sin embargo deficiencias de potasio y zinc también limitan la producción de pastos

3.2.3.1. Planes de fertilización.

Como respuesta a lo obtenido en los análisis de suelo, se pudo establecer un programa de fertilización para los apartos de lechería y otro para los apartos de corta, este último se realizó por el Ingeniero de asistencia técnica de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L.

En los apartos de lechería se brindó el plan de una fertilización de mantenimiento para suelos de mediana –alta fertilidad, acorde con lo recomendado por Cabalceta (2009), con el fin de reponer los nutrimentos extraídos por el pasto en el suelo, además de corregir niveles altos de hierro y niveles bajos de magnesio en el lote 3. Se hizo la recomendación de no abonar en épocas de mucha sequía o mucha lluvia. Los planes son presentados en los Cuadros 30 y 31.

Cuadro 30. Programa de Fertilización para el mantenimiento de los apartos de pastoreo del hato en producción. Roblealto (2014).

Época	Producto	Kg de nutrientes aportados							Precio por saco en colones*	Costo total área de pastoreo (9,4 ha) en colones
		Kg/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Ca	S		
Enero	Abopasto®	90	21,6	10,8	5,4	5,4		6,3	14.350	272.650*
Febrero	Magnesamón®	100	21,0	0,0	0,0	8,0	10,0	0,0	11.665	221.635*
Marzo										0
Abril										0
Mayo	Abopasto®	90	21,6	10,8	5,4	5,4		6,3	14.350	272.650*
Junio	Magnesamón®	100	21,0	0,0	0,0	8,0	10,0	0,0	11.665	221.635*
Julio	Nitrato de amonio	90	30,2						10.320	196.080*
Agosto	Abopasto®	90	21,6	10,8	5,4	5,4		6,3	14.350	272.650*
Setiembre	10-30-10	90	9,0	27,0	9,0	0,0	0,0		14.085	267.615*
Octubre										0
Noviembre	Urea	90	42,0					0,0	13.760	261.440*
Diciembre	Abopasto®	90	21,6	10,8	5,4	5,4		6,3	14.350	272.650*
Rango			180-250	40-80	20-30	30-40	15-25	10-20		
Totales			209,6	70,2	30,6	37,6	20,0	25,2		¢ 2.259.005*

*Precios en almacén agroveterinario de Dos Pinos. Alajuela. Diciembre del 2013

Tipo de cambio del Banco Central de Costa Rica al 15/6/14: Compra:548,78 colones. Venta:559,61 colones

Cuadro 31. Programa de fertilización para los apartos de corta. Roblealto (2014).

Mes	Fuente	Kg/ha.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	S	ZnO
Enero	Magnesamon [®]	100	21	0	0	8	11	0	0
Febrero	27-6-3	90	24	5	3	2	0	2,7	0
Marzo	Fertipasto [®]	100	43	0	0	0	0	2,9	0
Abril	Magnesamon [®]	100	21	0	0	8	11	0	0
Mayo	27-6-3	90	24	5	3	2	0	2,7	0
Junio	Abopasto [®]	90	22	11	5	5	0	6,3	0,36
Julio	Fertipasto [®]	100	43	0	0	0	0	2,9	0
Agosto	Magnesamon [®]	100	21	0	0	8	11	0	0
Septiembre	Abopasto [®]	90	22	11	5	5	0	6,3	0,36
Octubre	Fertipasto [®]	100	43	0	0	0	0	2,9	0
Noviembre	10-30-10	135	14	41	14	0	0	0	0
Diciembre	Abopasto [®]	90	22	11	5	5	0	6,3	0,36
Total/ha		1185	319	84	35	43	33	33	1
Rango de mantenimiento:			200-250	50-80	15-25	35-45	15-25	30-40	

Elaborado por: Ingeniero Luis Noguera S.

Los planes de fertilización recomendados tienen un costo de ₡ 240.319,7 y ₡ 312.986 colones por hectárea por año para los apartos de piso y de corte respectivamente

3.2.4. Análisis de pasturas.

Se realizó el muestreo de los forrajes de corta y de pastoreo del grupo en producción, acorde con lo recomendado por Sánchez (2001), para su posterior análisis bromatológico en el laboratorio de la planta Ciruelas de Dos Pinos y químico completo en el Laboratorio de Suelos y Foliare del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), en caso del pasto de piso. El resultado del análisis químico completo del pasto Estrella africana de pastoreo se presenta en el Cuadro 32. En el cuadro 33 se presenta el resultado del análisis bromatológico del pasto Estrella africana de pastoreo y el del pasto de corta servido en canoa durante el mes de diciembre del 2013. El cuadro 34 presenta los resultados de estos mismos análisis realizados en febrero del 2014

Cuadro 32. Resultados del análisis químico completo del pasto Estrella africana para pastoreo del hato en producción. Finca Roblealto (2014).

Identificación	%						mg/kg				
	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Estrella africana	3,08	0,26	0,48	0,22	2,33	0,32	100	9	27	77	5
Rango ideal*	>1,8	0,3-0,6	0,25-0,5	0,13-0,3	1,8-3,0	0,2-0,5	50-100	5-20	20-40	40-100	<3

*(Cabalceta 2013)

El análisis químico completo se hizo con el objetivo de realizar un diagnóstico nutricional de la planta, ya que acorde con Salas (2002) la relación entre el contenido de nutrimentos en los tejidos (foliares) y el rendimiento del cultivo es clara. En este caso se nota una deficiencia de fósforo a nivel foliar, aunque en el suelo de estos apartos, tal deficiencia no se revela en el análisis. Por tanto se puede deducir que el fósforo del sistema suelo no está del todo disponible para la planta.

El análisis bromatológico se hizo con el objetivo de monitorear la proporción de los nutrimentos en el pasto, y poder hacer modificaciones en la dieta animal, si así se requirieran.

Cuadro 33. Resultados del análisis bromatológico del pasto Estrella africana para pastoreo y pasto de corta consumido en canoa por el hato de producción. Finca Roblealto. Diciembre (2013).

Parámetro (%)	Estrella día	Estrella noche	Corta
Materia seca	26,66	23,91	22,76
Proteína	17,01	18,72	10,83
FDA	34,43	33,45	44,09
FDN	65,80	65,49	64,10
Extracto etéreo	2,53	2,81	2,19
Cenizas	9,77	9,62	9,71
Lignina	2,82	2,88	4,54

Acorde con Sánchez (2012) el pasto Estrella africana cosechado a 21 días puede presentar una composición promedio de 24% de MS, 20,7% de proteína cruda (PC), 69%de FDN, 33% de FDA y 4,1% de lignina. El pasto evaluado en finca presenta valores menores de FDN y de lignina lo que puede ser debido a que se cosechó a los 19 días.

Solano (2011) recomienda estimar el consumo de materia seca proveniente del forraje a partir de la fórmula Neozelandesa:

$$\%CMSPV = 120/\%FDN$$

Donde:

CMS: Consumo de materia seca

FDN: Fibra detergente neutro

PV: Peso vivo.

Por tanto para las vacas con peso promedio de 500 kg en finca Roblealto se estima un CMS de Estrella africana de 1,83% del PV ó de 9,1 kg MS/día.

Lo anterior para 90 vacas en ordeño con peso promedio de 500 kg y 1,8% de CMSPV del forraje con 22%MS y un aprovechamiento de 45% da una necesidad de forraje verde de 8272.67 kg/día. Tal necesidad no se cumple con la disponibilidad de material en potrero, como se demostró, de ahí la necesidad de la finca de usar pasto de corta.

En enero del 2014 hubo escasez del pasto de corta, por lo que se tuvo la necesidad de cortar pasto a la otra propiedad de la Asociación Roblealto, el pasto traído era una mezcla entre gigante, calingero (*Melinis minutiflora*) de una edad no determinada. Se muestrearon en febrero el pasto de piso Estrella africana y el pasto de corta para evaluar el nuevo pasto y el efecto de la época seca sobre el pasto de piso, el cual muestra menor contenido de PC y mayor de FDA y MS, resultados esperados para la época seca (Sánchez 2002). Los resultados se presentan en el Cuadro 34

Cuadro 34. Resultados del análisis bromatológico del pasto Estrella africana para pastoreo y pasto de corta consumido en canoa por el hato de producción. Finca Roblealto. Febrero (2014).

Identificación (%)	Estrella	Corta
Materia seca	32,02	44,85
Proteína	15,27	6,94
FDA	34,62	41,01
FDN	65,2	66,81
Extracto etéreo	2,76	1,72
Cenizas	9,88	5,18
Lignina	2,99	7,08

El pasto de corta es de una inferior calidad que el ofrecido en circunstancias normales, sin embargo posee un mayor porcentaje de materia seca, igual que el Estrella africana del muestreo. Mediante la simulación de este cambio en el programa NRC (2001) y ajustando las cantidades ofrecidas para un consumo máximo de 17,1 kg de MS/día, se espera se consuma apenas 5 kg de pasto de corta y 15 kg de pasto Estrella africana, tal situación generaría ENL para producir 23,0 kg de leche y PM para producir 23,4 kg.

3.2.5. Estudio de factibilidad para establecer un adecuado sistema de rotación y tamaño de apartos.

3.2.5.1. Planteamiento.

De acuerdo con las necesidades de la finca, estructura del hato y a solicitud de la gerencia de producción se elaboró un plan para el desarrollo de la finca a mediano – largo plazo, el cual incluye considerar un manejo futuro con semiestabulado, para un total de 100 vacas en ordeño y definir un adecuado periodo de rotación de apartos.

En la dieta actual se estima un consumo de pasto de piso de 18 kg/vaca/día lo que representa 4,32 kg MS/vaca/día con un pasto de 24% MS. Al considerar una producción promedio de 1,72 kg de materia fresca/m² con una equivalencia de 0,378 kgMS/m² se estima que se necesitan: 11,43 m²/vaca/día. Lo que al determinar un 40% de eficiencia se transforma en 29 m²/vaca/día. Por tanto para 100 vacas en ordeño se diseñó un plan de división que incluye definir 27 apartos de 3000 m² promedio con 23-25 días de descanso según la necesidad de la finca y para dejar apartos sobrantes para manejo de vacas prontas o algún inconveniente. Para la división se tomó en cuenta la topografía de los apartos, caminos y aceras actuales, disponibilidad forrajera entre otros.

Se propone para el sistema de pastoreo manejar un sólo grupo de animales en apartos de medio día (la otra parte del día estarían estabulados), con animales divididos en grupos productivos por collar de distinto color. La división de colores permitiría crear varios grupos distintivos como se sugiere a continuación:

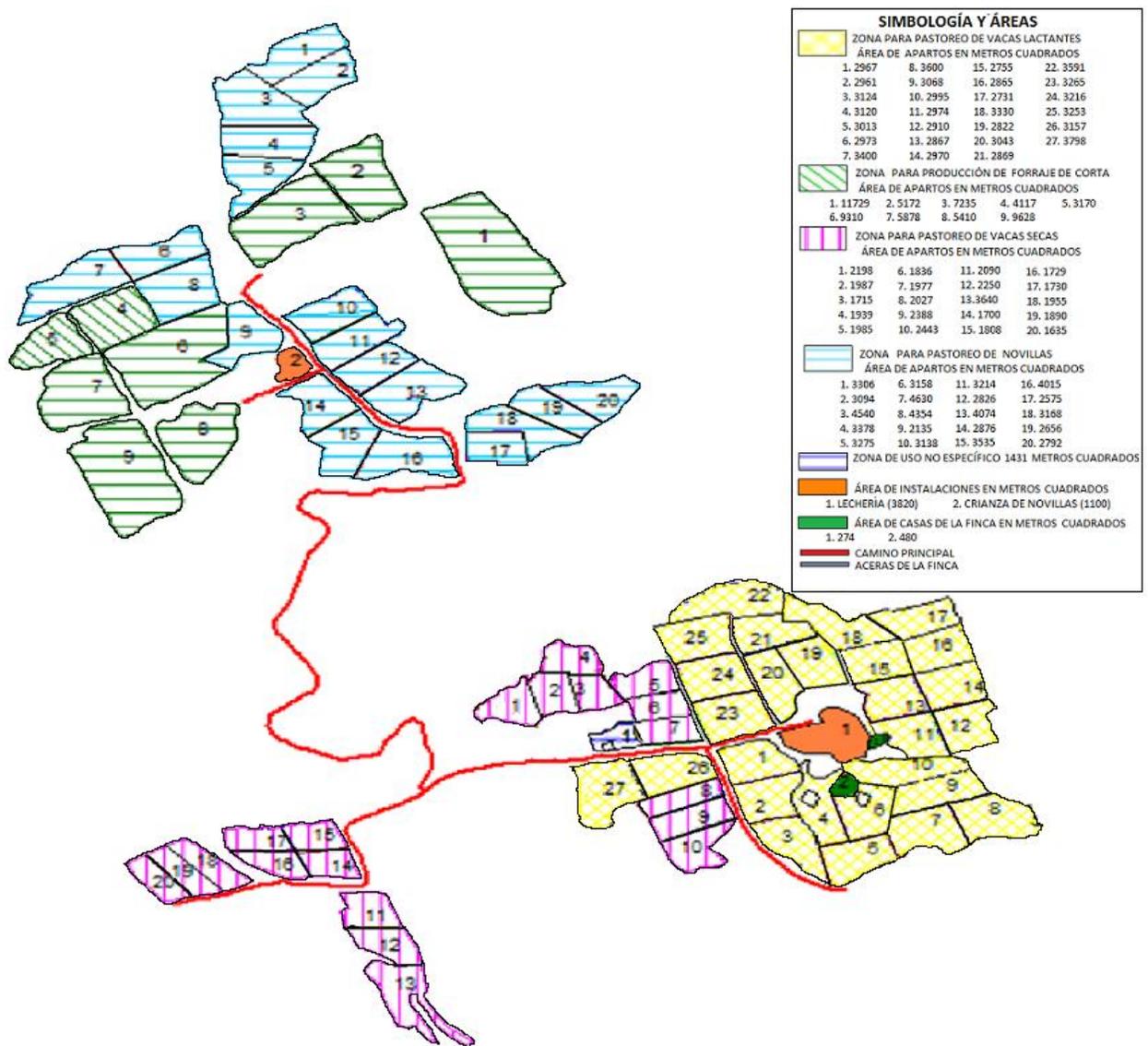
- Color azul: Vacas productoras de más de 20 kg de leche
- Color verde: Vacas productoras entre 10 - 20 kg de leche
- Color rojo: Vacas productoras de menos de 10 kg.
- Color negro: Vacas con problemas de mastitis.

3.2.5.2. Análisis técnico

En la Figura 19 se muestra la nueva distribución de apartos propuesta. Para la misma se conservaron las aceras y caminos de la distribución actual. Para áreas de mayor pendiente, o menor disponibilidad forrajera, se incrementó el tamaño de los apartos entre 20 y 30% (González 2013) se propuso además las medidas indicadas para una nueva división de los apartos de novillas y vacas secas, sin embargo, para efectos del estudio sólo se tomarán en cuenta los costos de la redistribución para los apartos pastoreados por las vacas en producción.

Utilizando el programa MapSource versión 6.16.13 se midió la cantidad de cercas que se deben quitar y las que se deben poner para poder implementar la nueva división de apartos. Se deben quitar en total 2.787 metros de cerca, y colocar 1.357 metros nuevos. Como se vio en campo que muchas de las cercas ocupaban mantenimiento, y que otras estaban compuestas por alambre eléctrico y alambre de púa, se hará el supuesto de que todos los materiales que se usarán serán nuevos.

Acorde con Rosales (2011) y con González (2013) para hacer una cerca eléctrica de un hilo se necesitan los materiales descritos en el Cuadro 35



**PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE APARTOS A MEDIANO - LARGO PLAZO
FINCA ASOCIACIÓN ROBLE ALTO PRO- BIENESTAR DEL NIÑO. 2014**

ELABORADO POR: ING. SUSANA ARGUEDAS SÁNCHEZ

Figura 19. Propuesta para la nueva distribución de apartos en finca Roblealto (2014).

Cuadro 35. Materiales necesarios para la instalación de una cerca eléctrica de un kilómetro a un hilo, con postes sostenedores cada 50 metros.

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo por unidad: en colones (₡)*	Costo total en colones (₡)
Energizador Lacme® 100 km	Unidad	1	67.890	67.890
Pararrayos	Unidad	1	6.380	6.380
Cuchilla de doble tiro	Unidad	1	5.800	5.800
Tubo galvanizado 12 mm.	Unidad	6	1750	10.500
Manguera aisladora	Metro	6	159	954
Alambre liso de cerca calibre 14	Rollo	2	31.170	62.340
Aislador terminal	Unidad	20	110	2.200
Aislador de varilla	Unidad	20	110	2.200
Tensores	Unidad	10	1.200	12.000
Poste muerto	Unidad	20	1.500	30.000
Aislador de tornillo	Unidad	20	200	4.000
Postes de varilla	Unidad	20	600	12.000
Cable aislado	Metro	60	420	25.200
Recibidor de manigueta, manigueta de portón, resortes de portón	Unidad	6	4.840	29.040
			Total	₡ 270.504

*Precios. (2014).

Tipo de cambio del dólar en el Banco Central de Costa Rica al 15/6/14: Compra: ₡ 548,78 colones. Venta: ₡ 559,61 colones.

Para la propuesta hecha para la finca Roblealto se pretende trabajar con el sistema eléctrico ya instalado, mover y sustituir las cercas estrictamente necesarias. Los postes serán colocados cada 15 metros de distancia uno de otro. El detalle de los materiales necesarios para la propuesta se describe en el Cuadro 36

Cuadro 36. Materiales necesarios para la nueva distribución de apartos en finca

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo por unidad en colones (₡)	Costo total de la nueva distribución en colones (₡)
Alambre liso de cerca calibre 14	Metro	3	31.170	93.510
Aislador terminal	Unidad	37	110	4.070
Aislador tipo campana	Unidad	65	110	7.150
Poste muerto	Unidad	98	1.500	147.000
Tensores	Unidad	12	1.200	14.400
Porterías	Unidad	22	4.840	106.480
Grapa	Kilogramo	2	1.761	3.522
			Total	₡ 376.132

La mano de obra de un peón agrícola para el 2014 incluyendo cargas sociales de acuerdo con el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (2014), tiene un costo de ₡ 1408,76 colones por hora. Para la propuesta acorde con la consulta en campo y con González (2013) se necesitarán 247 horas para completar las labores de redistribución de cercas, lo que se traduce en 15,5 días de trabajo para dos personas, en jornada de 8 horas diarias

La inversión en redistribución de apartos pretende obtener un aumento en la disponibilidad forrajera suficiente para brindar 2 kg más de forraje fresco por vaca por día (0,45kg MS), lo que significaría aumentar la producción de pasto fresco de 1,72

kg/m² a 2,15 kg/m² al brindarle ~5 días más de descanso. La posibilidad de lo anterior se probó con las funciones desarrolladas por Lemus (1977) y Zañartu (1975) citadas en el modelo de Vargas (2009) que describen lo siguiente:

Para época seca

$$Y = -44,954 + 18,0874X_1 + 0,0564X_2 - 1,641X_1^2 - 0,0000189X_2^2 - 0,00477X_1X_2$$

Para época lluviosa mayo – octubre

$$Y = 72,45 + 0,51X_1 + 0,37X_2 + 58,29X_1^{0,5} - 3,4X_2^{0,5} - 0,03(X_1X_2)$$

Para época lluviosa octubre – diciembre

$$Y = 112,29 - 0,03X_1 + 0,05X_2 - 22,99X_1^{0,5} - 2,27X_2^{0,5} - 0,02X_1X_2$$

Donde:

Y= Tasa de crecimiento del pasto (kg MS/ha/día)

X₁= Presión de pastoreo (kg MS/100 kg PV/día)

X₂ = Dosis de nitrógeno en kg/ha/año

Con una dosis de 130 kg N/ha/año, lo que representa 62% de la recomendación hecha previamente; y una presión de pastoreo de 0,9 kg MS/100 kg PV/día la tasa de crecimiento del pasto en verano será 66,36 kg MS/ha/día, o sea 331,8 kg MS/ha en 5 días lo que se transforma a 99,54 kg de MS seca más por aparcado de 3000 m², lo que con eficiencia en pastoreo de un 45% se transforma en 0,45 kg de MS más por vaca al dejar 5 días más de descanso.

Bajo las mismas condiciones la tasa de crecimiento del pasto en el periodo mayo-octubre será 134,03 kg MS/ha/día mientras que en el periodo octubre-diciembre la tasa de crecimiento será 73,41kg MS/ha/día. Lo que respectivamente se traduce en 0,90 y 0,49 kilogramos de materia seca extra al dejar 5 días más de

descanso y fertilizar con una dosis de 130 kgN/ha/año. Se concluye entonces que obtener un consumo extra de 0,45kg MS/vaca/día será posible al brindar 5 días más de descanso a los apartos en época seca y en época lluviosa. Además se comprobó con el programa NRC (2001) que este aumento en consumo de materia seca no rebasa el límite, y que permite producir 0,7 kg adicionales de leche por vaca por día.

Acorde con Vargas (2009) las funciones sólo son aplicables al pasto Estrella africana en condiciones de Trópico Húmedo, ya que las investigaciones base fueron hechas en Turrialba (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) y San Carlos (Instituto Tecnológico de Costa Rica). Se debe tener en cuenta la variación que puede tener en Roblealto por condiciones de altura y nubosidad.

3.2.5.3. Análisis de mercado.

La inversión tiene como objetivo el manejo adecuado de los pastos, para que provean alimento suficiente a las 100 vacas en ordeño. La ganancia que se pretende obtener de la inversión serán los kilogramos de leche extra que se puedan producir en el supuesto de que al aumentar los días de descanso del pasto, se aumentará la disponibilidad forrajera, de manera suficiente para que las vacas consuman 2 kilogramos de pasto más por día. Se esperan además otras ganancias no cuantificadas como el ordenamiento de la finca, la disposición de suficientes apartos para distintos periodos del año, animales enfermos, vacas prontas; menor necesidad de mantenimiento en cercas, y menor pisoteo del suelo y la pastura. La leche será vendida a la Cooperativa de Productores de Leche R.L, ya que el tope semanal de la leche suscrita no se supera con la producción esperada de 100 animales.

3.2.5.4. Análisis económico

Según el modelo de costos para la lechería Roblealto del 2013, elaborado por la gerencia de producción, el ingreso bruto por cada litro de leche producido es de 280,82 colones. La inversión en redistribución de apartos pretende obtener como se vio anteriormente, un aumento en la disponibilidad forrajera suficiente para brindar 2 kg más de forraje fresco por vaca por día, lo que significaría un aumento en la producción de leche de 0,7 kg/vaca/día. Se tomará en cuenta el costo de un kilogramo de materia seca de pasto Estrella africana consumido, obtenido por

Villalobos et ál. (2013) el cual incluye la eficiencia del pastoreo, costo de mano de obra, insumos aplicados y el costo de la tierra; y tiene un valor de 31,7 colones. El flujo de efectivo de la inversión se presenta en el Cuadro 37.

Cuadro 37 Flujo de efectivo de la inversión en redistribución de apartos

Parámetros	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3
Inversión				
Materiales para construcción de cercas (colones)	376.312	0	0	0
Mano de obra para construcción de cercas (colones)	349.372,48	0	0	0
Combustible (colones)	15.000	0	0	0
Sub total de la inversión(colones)	740.684	0	0	0
Imprevistos (5%)	37.034,22			
Total de la inversión	777.718,70			
Gastos				
Costo mensual de producción del pasto extra consumido (colones)	43.365,6	43.365,6	43.365,6	43.365,6
Sub- total (colones)	43.365,6	43.365,6	43.365,6	43.365,6
Imprevistos 5% (colones)	2.168,3	2.168,3	2.168,3	2.168,3
Total de gastos mensuales (colones)	45.533,9	45.533,9	45.533,9	45.533,9
Ingresos				
Venta de leche extra mensual (colones)		597.585	597.585	597.585
Balance	-823.252,60	552.051,1	552.051,1	552.051,1
TIR	45%			
VAN	∅817.573,99			

Tipo de cambio del dólar en el Banco Central de Costa Rica al 15/6/14: Compra: 548,78 colones. Venta: 559,61 colones.

El flujo de efectivo presenta una tasa interna de retorno de la inversión del 53% en tres meses, además de un valor actual neto de ∅ 676.046,18. Según los balances de los meses posteriores, se puede inferir que la inversión se paga mes y medio después de implementado el nuevo sistema de cercas, por lo que se concluye que es un proyecto rentable.

3.2.6 Implementación de un sistema de ensilaje.

3.2.6.1 Ensayos de ensilaje

Durante la práctica se pretendía implementar un sistema de ensilaje para la finca, sin embargo por faltante de pasto y otros recursos, no fue posible. Por tanto se presenta el planeamiento de un sistema de ensilaje para el futuro en finca Roblealto.

Para el mismo, el primer paso fue hacer ensayos de mini silos en bolsa de 50 kg con las materias primas disponibles en la finca. Las proporciones para el silo 1 fueron 96% pasto y 4% melaza. Para el silo 2 fueron 60% pasto, 30% desechos de piña y 10% gallinaza; y para el silo 3 fueron 70% pasto y 30% desechos de piña.

Los ensilajes fueron hechos con pasto gigante de corta, llenados por capas sucesivas de todos los materiales y comprimidos por pisoteo para posteriormente cerrarlos de forma hermética y dejarlos a la intemperie, en un lugar aislado, sin embargo, 15 días después se encontraron los ensilajes rotos por causas inexplicables, por lo que el material se trató de recuperar empacándolo de nuevo y se hicieron dos nuevos ensilajes del pasto calingüero con gigante y desecho de piña y de pasto, desecho de piña y gallinaza, los cuales fueron almacenados en bodega. Los resultados se muestran en los Cuadros 38 y 39.

Cuadro 38. Resultados del primer ensayo de ensilaje en Roblealto (2014).

Parámetro	Pasto sin ensilar	Primer ensilaje de pasto y melaza
Materia seca (%)	22,76	30,93
Proteína (%)	10,83	7,18
FDA (%)	44,09	34,98
FDN (%)	64,10	65,89
Extracto etéreo (%)	2,19	0,85
Cenizas (%)	9,71	18,98
Lignina (%)	4,54	5,81
pH		8,63

Cuadro 39. Resultados del segundo ensayo de ensilajes de pasto calingüero, desecho de piña y gallinaza y de pasto calingüero con desecho de piña en Roblealto. (2014).

Parámetro	Pasto sin ensilar	Segundo ensilaje de pasto, desecho de piña y gallinaza	Segundo ensilaje de pasto y desecho de piña
Materia seca (%)	44,85	43,71	40,49
Proteína (%)	6,94	7,92	6,69
FDA (%)	41,01	44,61	44,31
FDN (%)	66,81	68,27	73,11
Extracto etéreo (%)	1,72	1,33	0,84
Cenizas (%)	5,18	0,80	2,00
Lignina (%)	7,08	12,37	10,87
pH		5,30	4,42

En el primer ensilaje (Figura 20) con pH de 8,63 se nota el daño del material ensilado. Acorde con Reyes et ál. (2009), dejar el ensilaje a la intemperie, además de provocar daños en el empaque, pudo resultar en una inadecuada elevación de temperatura, y que ésta haya ocasionado la evaporación del agua, dejando espacios con aire, lo que pudo afectar el proceso de fermentación láctica, e impedir que el pH del material bajara a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción. La alta temperatura originó un ensilaje de color oscuro, producto de la caramelización de los azúcares y con desnaturalización de proteínas.



Figura 20. Ensilaje de pasto y melaza deteriorado por mal almacenamiento. Finca Roblealto (2014).

Para los ensilajes del segundo ensayo, se utilizó el pasto de corta traído de la otra finca, el cual presentaba excesiva pérdida de humedad. El ensilaje con gallinaza, como se esperaba, presentó un mayor porcentaje de proteína, sin embargo y de acuerdo con Chávez (2007) el alto contenido de proteína de la gallinaza junto a altos valores de ceniza, pudo aumentar la capacidad tampón del ensilaje, lo que tuvo un efecto negativo sobre la fermentación, lo cual se evidencia en su pH de 5,3. Acorde con Reyes et ál. (2009) también, pueden ocurrir una estabilización del proceso de ensilado con valores de pH hasta de 5,0, si las bacterias detienen su crecimiento por condiciones de sequedad, lo cual ocurre cuando el contenido de materia seca del material ensilado es relativamente alto (aproximadamente 40%). Lo anterior pudo haber afectado ambos ensilajes.

Tobía y Vargas (2000) citan que para clasificar un ensilaje como de buena calidad, es deseable tener un valor de proteína cruda mayor a 7 y un pH menor a 4,2.

En ensayos el único ensilaje con valores cercanos a estos fue el de pasto y desecho de piña (Figura 21), con pH de 4,42; el cual además presentaba buen olor, color y fue palatable para los animales. Sin embargo, el pasto con el que se elaboró el ensilaje tenía falta de proteína, lo que se pudo relacionar con una edad de corte inadecuada, por lo que no alcanzó los valores meta.



Figura 21. Ensilaje de pasto y desecho de piña. (A- Apariencia del ensilaje, B- ensilaje consumido por vacas en producción).

3.2.6.2. Plan de ensilaje para Roblealto

De acuerdo con los ensayos practicados, se recomienda implementar un sistema de ensilaje de pasto y desecho de piña con inoculante bacteriano en bolsas de 500 kg. Esto debido a la escasez de pasto de corta de la finca y la necesidad de traer pasto de corta de finca Flor Bella. Según lo calculado se producen 1039,5 t/año de pasto de corta, en cortes cada 80 días, y la necesidad de la finca es 1.087,8 t, por lo tanto se propone planificar el uso anual del pasto de corta como se muestra en el Cuadro 40.

Cuadro 40. Cronograma anual para la planificación del ensilado y suministro de pasto de corta en finca Roblealto

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Alimentar pasto de corta finca Roblealto 93 t.	Alimentar pasto de corta finca Roblealto 84 t.	Alimentar pasto de corta finca Roblealto 93 t.	Alimentar pasto de corta finca Roblealto 90 t.	Alimentar pasto de corta finca Roblealto 93 t.	Alimentar pasto de corta finca Roblealto 90 t.	Alimentar pasto de corta finca Roblealto 93 t.	Alimentar pasto de corta finca Roblealto 93 t.	7-19 corta de pasto de la otra finca. 36 t Uniformización	Alimentar pasto de corta finca Roblealto 93 t.	Alimentar pasto de corta finca Roblealto 90 t.	1- 12 hacer ensilaje. Pasto finca Roblealto 36 t.	Alimentar ensilaje a hato producción 22,3 t	1-14 Alimentar ensilaje a hato producción 10,1 t
								20-30 Alimentar pasto de corta Roblealto 30 t.			1-12 Alimentar pasto uniformizado de la otra finca 36 t.	Alimentar pasto de corta finca Roblealto 58,9 t	Alimentar pasto de corta finca Roblealto
											13- 31- pasto de corta 57 t.		

El plan anterior permitirá alimentar con 8 kg de ensilaje durante 45 días a las vacas en producción, además de planificar las cortas de pasto en finca Flor Bella. Se pretende aminorar pérdidas por brindar pasto de mala calidad y planificar los gastos que se deban realizar en este ámbito. El balance nutricional de la propuesta incluye ensilaje en lugar de pasto de corta, en la dieta actual de la finca, lo cual se presenta en el Cuadro 41. La dieta tiene suficiente ENL para producir 23,0 kg de leche diarios y PM para producir 23,2 kg.

Se tomaron en cuenta los valores nutricionales obtenidos del ensayo de ensilaje de pasto y desecho de piña, sin embargo la propuesta incluiría usar forraje de mejor calidad para obtener un material de mayor valor nutricional, que lo evaluado en esta práctica.

Cuadro 41. Balance de la dieta diaria de las vacas en producción promedio de 21,5 kg/día con suplementación de 8 kilogramos de ensilaje. Finca Roblealto.

Requerimientos	ENL (Mcal/día)	PM (g/día)	Ca (g/día)	P (g/día)	K (g/día)
Total requerido	24,9	1604	42	38	156
Total suplementado	26,2	1671	77	57	288
Balance	1,3	67	35	20	132

Para los 12 días de la elaboración del ensilaje se propone la contratación de 3 personas para el apoyo en el ensilado y la corta de pasto. Se pretende la elaboración de 6 bolsas diarias para un total de 72 bolsas, las cuales tienen en cuenta 10% de pérdidas en el proceso, esto según lo recomendado por Reyes et ál. (2009).

Para producir 36 t de ensilaje se necesitan 25,2 t de forraje, lo que acorde con la disponibilidad forrajera de 4,45 kg/m² serían 5600 m² de corta de los apartos de Roblealto; y 10,8 t de desecho de piña (0,6 viajes de 18 t), además de un inoculante.

Para la estimación de costo se utilizará un inoculante comercial que contiene 50 billones de unidades formadoras de colonia (UFC) por cada gramo de producto, y cuya dosis del fabricante es 188 g del producto por cada 50 t de ensilaje. El costo del pasto de corte se estimó con los montos de inversión en estos hecha en finca Roblealto y acorde con Villalobos et ál. (2013). El Cuadro 42 presenta los costos relacionados tanto con los materiales como con la mano de obra al implementar un plan como el propuesto anteriormente.

Cuadro 42. Costos de implementación de un sistema de ensilaje en Roblealto (2013).

Rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario en colones (₡)	Costo total en colones (₡)
Pasto de corta	Kilogramo	25.200	0,5	12.600
Desechos de piña	Viaje	0,7	132.000	92.400
Inóculo	Frasco	3	24.650	73.950
Bolsas de ensilaje*	Paquete de 30	3	40.050	40.050
Mano de obra	Hora	360	1.408,76	507.153,6
Gasolina**				70.000
Imprevistos 10%				69.150,16
			Costo total	₡865.303,76

Tipo de cambio del dólar en el Banco Central de Costa Rica al 15/6/14: Compra: 548,78 colones. Venta: 559,61 colones.

* El costo se calculó teniendo en cuenta un uso de 3 veces de la bolsa. Así que es un tercio del valor original. ** El gasto de gasolina se calculó con el modelo de costos de Roblealto (2013) para gastos mensuales en corte y acarreo de pasto de corta.

El costo por kilogramo de materia verde se calculó en ₡ 24,03 colones. Si se logra un ensilaje con 35% de materia seca, el valor por kilogramo de MS será de ₡ 68,66 colones. Si se compara con el precio de una paca de heno Transvala, con valor de ₡ 2000 colones por 18 kg MF o 16,2 kg de MS, lo que equivale a ₡ 123,46/kg MS, se puede afirmar que el ensilaje es una alternativa de bajo costo, y que permite la posibilidad de producir alimento de alta calidad.

3.3. Plan de manejo de excretas para el buen uso de las aguas de boñiga provenientes del lavado de instalaciones como fertilizante.

El reglamento SENASA-DG-D-003-2010, autoriza el uso de los purines del ganado bovino para el riego por aspersión o por anegación, siempre que se cumpla con los lineamientos de un Plan de Manejo de Excretas, el cual además es requisito para optar por el Certificado Veterinario de Operación. A continuación se presenta el análisis de dichos lineamientos con la información recopilada en finca Roblealto.

3.3.1. Producción anual y contenido de nutrimentos de los purines.

3.3.1.1 Producción anual y contenido de nutrimentos de los purines generados en instalaciones físicas.

Mediante el método de llenado de un volumen conocido en un tiempo determinado se cuantificó el gasto en lavado de instalaciones de ordeño en 4154 litros/día. En el Cuadro 43 se demuestra la producción de purines de las instalaciones de finca Roblealto. La estimación se realizó según lo recomendado por Salazar (2012).

Cuadro 43. Volumen de purines producidos en lechería Roblealto (2013).

Fuente	Volumen generado(l/año)
Estiércol y orina: (90 vacas en ordeño* 500 kg PV*8%del PV en excreta / 24 h)*4 horas en lechería * 365 días	219.000
Agua de lavado de equipo: (27,75*8 ordeñadoras)+134,4 *365	130.086
Agua lavado tanque: (0,0403*6000 litros)+ 11,153*183 días	46.290
Agua lavado de pisos: 4154*365 días	1.516.210
Uso durante el ordeño: (90 vacas* 5 l/vaca)*365 días	164.250
Agua de instalaciones sin canoas: 500m ² *2450mm/año	1.225.000
Total	3.300.836

Para el muestreo de los tanques purineros (Figura 22) se homogenizó el material por batido constante con una regla larga, después se sacaron 20 submuestras de distintos sitios del tanque, con ayuda de un tubo PVC y se colocaron en una cubeta, para batir el material y tomar un litro para la muestra compuesta; esto según lo recomendado por Salazar (2012). A la muestra se le realizó el análisis químico completo en el Laboratorio de Suelos y Foliare del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA). El resultado se presenta en el Cuadro 44.



Figura 22. Muestreo de tanques purineros. (A- Toma de submuestras, B- muestra compuesta).

Cuadro 44. Resultado del análisis químico completo del purín de lechería en la finca Roblealto

		%				mg/kg					mS/cm	g/mL	
N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B	pH	CE	Densidad
ND	*	0,01	*	0,02	*	13	ND	2	1	1	6,9	2,3	1,00

* El valor es menor a 50 mg/kg.

Dado el resultado del nitrógeno en el análisis, se realizó una prueba de mayor sensibilidad para determinar nitrógeno en su forma amoniacal ($N-NH_4^+$) y nítrica ($N-NO_3^-$), cuyo resultado fue 50 mg/l y 47 mg/l respectivamente. En cuanto a cálculo de materia seca, se estimó en 2,5%, utilizando la ecuación presentada por Mangado (2007) que relaciona la densidad del purín con el porcentaje de materia seca del mismo, con $R^2 > 0,71$ como sigue.

$$\% \text{ MS} = - 6436,6 \text{ D}^2 + 13287 \text{ D} - 6847,9$$

Donde:

MS= Materia seca

D= Densidad

Salazar (2005) establece para el análisis del contenido del purín, tablas con valores mínimos, máximos y promedio de nutrimentos. Para el N-NH₄⁺ la composición mínima esperada es 0,05 kg/1000 l, la cual es igual a la de la muestra. El contenido de mínimo fósforo esperado en los purines es de 0,03 kg/1000 l, la muestra obtiene un contenido menor a 0,05 kg/1000 l.

Bertsch (2014²) afirma que las bajas concentraciones de nitrógeno del purín pueden estar relacionadas con la volatilización o dilución en el almacenamiento. En cuanto al fósforo, Castrillón et ál. (1998) afirman que el purín de vacuno es pobre en fósforo asimilable. Dumont et ál. (2007) citan que el contenido de materia seca en el purín tiene una relación directa lineal con el contenido de N, P, K.

Para fines de este estudio se utiliza un valor de fósforo 0,03 kg/1000 l en el purín. Según el volumen producido de purines por año (3.300.836) el aporte de nutrimentos se presenta en el Cuadro 45

Cuadro 45. Aporte anual de nutrimentos del purín de lechería Roblealto

Nutrimento	N (N-NH ₄ ⁺ + N-NO ₃ ⁻)	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	B	Zn
Cantidad (kg/año)	320,1	226,7	792,2,	462,1	3,3	6,7

² Bertsch, F. 2014. Comunicación personal. Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA). Costa Rica.

Se obtendrían 34,05 kg N, 24,12 kg P₂O₅, 84,27 kg K₂O y 49,15 kg CaO por hectárea por año si se aplicaran los purines en todo el área de pastoreo de vacas lactantes.

3.3.1.2. Volumen de las excretas de las vacas en los apartos

Para cuantificar el volumen de las excretas depositadas por el pastoreo, se tuvo en cuenta el periodo de descanso de los apartos que se utilizan en la rotación. Según lo recomendado por Salazar (2012) y Cabalceta (1999) el depósito de excreta en cada apto de medio día se calculó como sigue:

$$(90 \text{ vacas en producción} * 500 \text{ kgPV} * 8\% \text{ PV excretado}) / 24 \text{ horas} * 8,4 \text{ horas promedio de estadía por apto} = 1260 \text{ kg de estiércol/día}$$

Lo anterior para un periodo de descanso de 19 días son 909.720 kg de excretas depositadas por año en 9,4ha, o 96.778,7 kg/ha. Acorde con Cabalceta (1999) la composición de la excreta de bovino lechero es 18% de MS, 1,14% N, 0,15% P₂O₅ y 0,7% K₂O. Por lo tanto se excretan 198,59 kg N, 26,13 kg P₂O₅, 121,94 K₂O por hectárea por año.

3.3.2. Clima local y suelos.

Parte del plan de manejo de purines requiere el análisis de condiciones climatológicas, suelos, cobertura vegetal y dinámica hídrica de la finca.

Tal como se mencionó en el apartado de análisis químico de suelo, los mismos poseen cantidades de nutrimentos en cantidades ideales en comparación con los rangos recomendados en laboratorio. A nivel de textura, la finca posee suelos francos con proporciones importantes de arena, limo y arcilla, sin embargo muestran mayor proporción de arena, así que podría esperarse en estas manifestación de las propiedades arenosas como aireación, permeabilidad, penetración radical y facilidad de labranza.

Con base en la metodología expuesta en Schosinsky y Losilla (2000) y Schosinsky (2006), ambos estudios costarricenses, se procedió a hacer los cálculos utilizando las ecuaciones detalladas en el Apéndice 1, con el fin de estimar el balance hídrico en finca Roblealto. Los resultados se muestran en el Cuadro 46.

Cuadro 46. Balance hídrico anual del suelo de finca Roblealto. Barva de Heredia (2014).

Zona de estudio: San José de la Montaña. Barva de Heredia													
Fecha: Noviembre del 2013													
Textura del suelo: Franco													
Fc (mm/d)	796												
Kp (0,01%)	0.15												
Kv (0,01%)	0.18												
Kfc (0,01%)	0.93												
Ci (0,01%)	1												
DS (g/cm ³)	1.4												
PR (mm)	500												
HSi (mm)	280												
Nº de mes con que inicia Hsi	11												
Cfo:	0.18												
										CC	%	mm	
										PM	30.8	280	
										CC-PM	14	127.3	
											16.8	152.7	
Concepto	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
P (mm)	18.6	23.7	44.6	112.6	340.7	336.0	116.4	368.1	406.5	442.7	187.9	54.4	2452.2
Ret (mm)	5.0	5.0	8.0	20.3	61.3	60.5	21.0	66.3	73.2	79.7	33.8	9.8	443.8
Pi (mm)	13.6	18.7	36.6	92.3	279.4	275.5	95.4	301.8	333.3	363.0	154.1	44.6	2008.4
ESC (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
T (°C)	19.4	19.9	20.4	20.9	20.7	20.4	20.4	20.4	20.1	20.0	20.0	19.8	
PS (%h)	8.5	7.5	8.5	8.4	8.6	8.9	8.7	8.3	8.3	8.3	7.9	8.1	100.0
ETP (mm)	144.7	129.4	148.6	148.8	151.5	155.6	151.9	144.9	144.0	143.4	136.7	139.2	1738.8
HSi (mm)	228.5	184.9	166.3	165.1	192.4	280.0	280.0	251.6	280.0	280.0	280.0	280.0	
C1	0.8	0.5	0.5	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
C2	0.0	0.1	0.0	0.0	1.0	1.0	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	0.4	
HD (mm)	114.8	76.3	75.6	130.1	344.5	428.2	248.1	426.2	486.0	515.7	306.8	197.3	
ETR (mm)	57.3	37.3	37.8	65.0	151.5	155.6	123.8	144.9	144.0	143.4	136.7	96.1	1293.4
HSf (mm)	184.9	166.3	165.1	192.4	280.0	280.0	251.6	280.0	280.0	280.0	280.0	228.5	
DCC (mm)	95.2	113.7	114.9	87.6	0.0	0.0	28.4	0.0	0.0	0.0	0.0	51.5	
Rp (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	40.2	119.9	0.0	128.5	189.4	219.6	17.4	0.0	715.1
NR (mm)	182.6	205.8	225.7	171.4	0.0	0.0	56.5	0.0	0.0	0.0	0.0	94.6	936.5

T=Temperatura; Ps=Porcentaje de horas sol; fc =Capacidad de infiltración; Ci=Coeficiente de infiltración; CC=Capacidad de campo, PM=Punto de marchitez; PR=Profundidad de raíces; (CC-PM)=Rango de agua disponible; DS=Densidad de suelo; C1=Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR; C2=Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR; Kp=Factor por pendiente; Kv=Factor por vegetación; Kfc=Factor estimado con base a la prueba de infiltración; Cfo=Coficiente de retención pluvial en follajes; P=Precipitación media mensual; Pi=Precipitación que infiltra; ESC=Escorrentía superficial; ETP=Evapotranspiración potencial; ETR=Evapotranspiración real; HSi=Humedad de suelo inicial; HD=Humedad disponible; HSf=Humedad de suelo final; DCC=Déficit de capacidad de campo, Rp=Recarga potencial; NR=Necesidad de riego; Ret=Retención de lluvia.

De la información anterior se puede afirmar que debido a la pendiente media – plana de la finca, el riesgo de escorrentía es mínimo. En cuanto a infiltración, se puede apreciar como los meses de diciembre a abril y julio, tienen necesidades de riego (NR) y los meses de mayo, junio, agosto, setiembre, octubre y noviembre tienen suficiente humedad en el suelo como para recargar aguas subterráneas. Dada esta situación el riego de purines no es recomendado en estos últimos meses, por el riesgo alto de contaminar el agua subterránea.

Según el dato calculado de déficit de capacidad de campo (DCC) y lo recomendado por Salazar (2012), el agua a suplir por riego de purines no debe sobrepasar el 80% del DCC, esto para evitar problemas de contaminación por excesos de agua inesperados. El Cuadro 47 resume la posibilidad de riego de purines los distintos meses del año.

Cuadro 47. Recomendación máxima de litros del purín a verter por época por hectárea.

Mes	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Julio
Cantidad (Litros/ha)	408.800	737.600	909.600	919.200	700.800	227.200
Precipitación media mensual (mm)	54,4	18,6	23,7	44,6	112,6	116,4

El volumen total de purín que se puede verter es de 3.903.200 l/ha/año, es mucho mayor en comparación con la cantidad producida por la lechería y los animales en potrero (447.931,46 l/ha), sin embargo, el riego de purines no debe ser realizado durante los meses mencionados anteriormente, ni se puede hacer en todo el terreno.

3.3.3. Área requerida para recibir purines.

El Cuadro 48 muestra el balance de N, P y K provenientes de los purines producidos en Roblealto. El aporte de los nutrimentos disponibles de los purines se tomó como un 100% del N del análisis del purín, por ser este el resultado del nitrógeno disponible como (N-NH₄⁺ + N-NO₃⁻), 50% del P₂O₅ y 100% del K₂O. Para el aporte de los nutrimentos disponibles de las excretas en campo, se tomará el 50% del N, 40% del P₂O₅ y 80% del K₂O (Salazar 2012). La exportación de nutrimentos del pasto Estrella africana en pastoreo fueron tomados de Salas y Cabalceta (2011) para rendimientos de 61t de MS/año.

Cuadro 48. Determinación de dosis requerida del purín en finca Roblealto.

Factor	Aportes		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Aporte de nutrimentos totales de los purines (kg/1000 litros de purín).	0,097	0,068	0,24
Aporte de los nutrimentos disponibles de los purines (kg/1000 litros de purín)	0,097	0,034	0,24
Aporte anual de excretas kg/ha	99,3	10,45	97,5
Nutrimentos exportados del pasto Estrella africana para el consumo animal (kg/ha/año)	264,8	42,5	325
Dosis del purín basada en el K disponible (l/ha/año)		1.015.625	
Aporte de nutrimentos de acuerdo a la dosis estimada (kg/ha)	98,51	34,55	227,50
Balance de nutrimentos de la aplicación (kg/ha)	-66,99	2,5	0

Según la legislación costarricense (SENASA 2010), la aplicación debe realizarse al menos 20 días previos al ingreso de animales al pastoreo. De acuerdo a lo anterior, con periodos de descanso de 23 días, en aplicaciones de 6 meses (verano), se necesitarían aplicar dosis de 128.560,13 l/ha/ciclo. Salazar (2012)

recomienda no aplicar dosis mayores a 200.000 l/ha, por daños a suelo y cultivo. En el apartado anterior, se comprueba que esta dosis no supera el máximo que se podría agregar al suelo con riesgo de contaminación.

Al producirse 3.300.836 litros de purín por año, serían necesarias 3,25 ha disponibles para aplicar dicho purín.

3.3.4. Selección de lugar para la aplicación de purines.

Según la legislación costarricense (SENASA 2010), el área para la aplicación de purines debe dejar un distanciamiento de por lo menos 50 m de cualquier agua superficial y de caminos públicos, y 100 m de casas de habitación y pozos de agua. Las áreas que contengan pendientes superiores al 15% no podrán ser aplicadas con purín por el alto riesgo de escorrentía superficial. Las zonas de alto riesgo en finca Roblealto son mostradas en la Figura 23 con flechas rojas. Los apartos aptos para el riego de purines son del 1 al 4, 17, 19, 20, del 22 al 34, y del 37 al 44. Juntos suman un área de aplicación disponible de 5,16 ha.

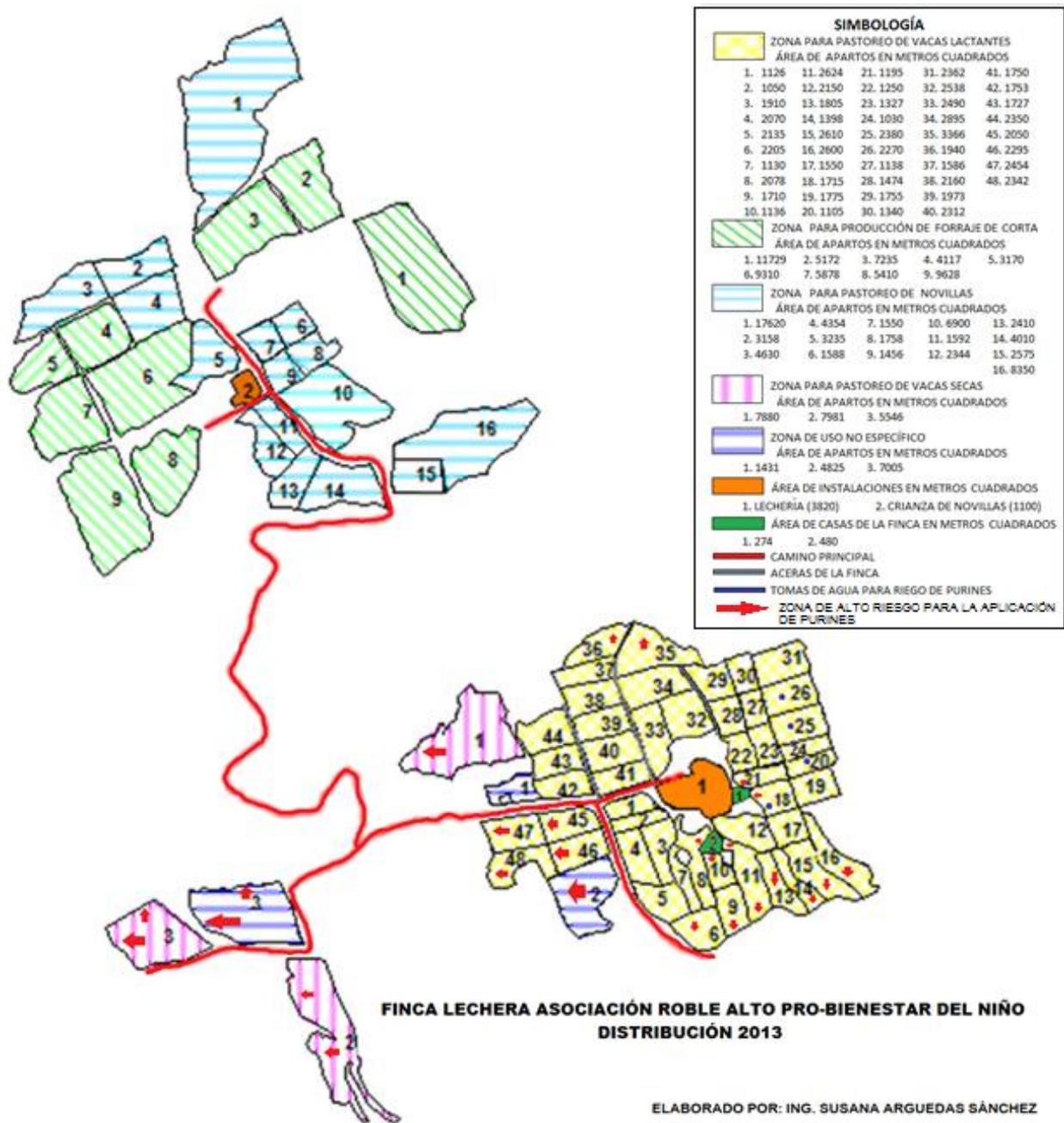


Figura 23. Zonas de alto riesgo para la aplicación de purines en finca Roblealto.

3.3.5. Aspectos adicionales para la aplicación de los purines

Para un buen plan de manejo de aguas verdes, se debe disminuir al máximo la cantidad de agua que utiliza en el lavado de los pisos de las instalaciones. En Roblealto se utilizan 1.516.210 litros por año (6,9 litros de agua por kilogramo de excreta) para este fin, mientras que la recomendación es no utilizar más de 4 litros de agua por litro de excreta (Salazar 2005). Lo mismo se puede lograr con el uso del raspador de boñiga, escobón, pistola de lavado para mangueras, entre otros. Se espera disminuir a 876.000 litros de agua/año en uso de lavado de instalaciones.

Otro rubro que genera gran volumen al purín, es el agua que se estima llega al tanque por la esorrentía de la precipitación en instalaciones sin canalización, por lo que se recomienda instalar canoas y evitar en lo posible que el agua de lluvia llegue al tanque purinero. Se estima que la generación de agua podría bajar de 1.225.000 l/año hasta 612.500 l/año, lo que además, acorde con Salazar (2012), contribuiría a aumentar el contenido de materia seca del purín y la concentración de nutrimentos del purín. Los cambios descritos generan un volumen de purín de 2.048.126 l/año en lugar de 3.300.836 l/año. Se pretende entonces producir 5.611 litros de purín por día.

El purín deberá estar almacenado durante 4 meses en el periodo de mayor precipitación, por lo tanto la capacidad del tanque purinero debe ser de por lo menos 700.000 litros. Si se fija una altura de 3 metros se necesitaría construir un pozo redondo de 17,92 m de diámetro.

Según la recomendación de disminución del agua en purines, se deberá tomar en cuenta un posible aumento en materia seca de la excreta, el cual podrá afectar el sistema de bombeo a utilizar, por lo que se tomará un posible aumento a (4%) de MS.

Los apartos en Roblealto miden en promedio, 1895 m² por tanto necesitarían dosis de 24.362,14 litros de purines por aplicación o 12,86 mm/m², para lo mismo se sugiere contar con un sistema de riego con buena uniformidad para garantizar la correcta distribución en el suelo.

Capítulo 4. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

1. El monitoreo de la producción individual de los animales, la composición de la leche y el monitoreo del nitrógeno ureico de la leche son herramientas fundamentales cuando elaboran dietas balanceadas que permitan el uso óptimo de los nutrimentos y el bienestar del animal.
2. El faltante de agua tiene efectos muy negativos en la producción lechera. Se notaron disminuciones de 100 a 300 kg/día en la entrega de leche posterior a una falta de abastecimiento de agua a las vacas en producción.
3. Durante la práctica, se pudo observar como los grupos que no están en producción láctea (reemplazos y vacas secas) presentan altas carencias, tanto en instalaciones y equipos, como en alimentación.
4. La evaluación del peso corporal de los reemplazos permite el monitoreo del impacto de las condiciones de manejo sobre los mismos, y comparar el crecimiento de los animales con el estándar de su raza. Además constituye una herramienta útil a la hora realizar prácticas como vacunación y desparasitación.
5. La calificación de condición corporal es una herramienta útil para el monitoreo de animales en producción y vacas secas. Permite identificar animales con problemas y tomar medidas para resolver los mismos.
6. Se nota en esta finca, un suelo con propiedades tanto físicas como químicas, muy apto para la producción de forrajes de alta calidad.
7. La inversión en la redistribución de los apartos resulta bastante rentable, además provee beneficios adicionales como el ordenamiento de la rotación, disponibilidad de apartos para el manejo de animales prontos o enfermos, disminución de pisoteo al pasto y al suelo, menor necesidad de gastos en cercado, mano de obra, entre otros.
8. La aireación y pobre calidad del forraje repercuten de forma negativa en procesos fermentativos del ensilaje. El mismo debe realizarse con materiales de alta calidad y procurando siempre las condiciones anaeróbicas.

9. La implementación de un sistema de ensilaje resulta rentable si se compara con los precios del kilogramo de materia seca del heno y su valor nutricional.
10. Las condiciones topográficas y texturales del suelo, hacen que los purines sean un recurso con mucho potencial para la fertilización de potreros.

Recomendaciones

1. Procurar en la finca el abastecimiento constante de materias primas y agua para evitar caídas en la producción lechera por desbalances en la dieta. Se deben planificar con anticipación alternativas alimenticias para cuando exista desabastecimiento de materias primas. Se recomienda además implementar un sistema de almacenamiento de agua para los animales.
2. Los animales recién nacidos deben ser separados de la madre y alimentados con calostro de buena calidad (con concentraciones mayores a los 50 g/L) dentro la primera hora de vida con al menos 2 litros, y antes de que llegue a las 8 horas de edad con otros 2 litros. A mediano plazo se recomienda evaluar la calidad del calostro con calostrómetro e implementar un sistema de almacenamiento del mismo.
3. La inversión en instalaciones es necesaria para disminuir la mortalidad de terneras, para protegerlas de las adversidades climáticas, y proveerles un espacio seco y limpio, óptimo para su adecuada alimentación.
4. En caso de aparición de brotes de diarrea, lavar las instalaciones completamente y luego utilizar un desinfectante de amplio espectro.
5. Se debe brindar alimento de alta calidad a los reemplazos y en cantidad suficiente (mínimo el 10% de su peso en base fresca) para un crecimiento óptimo, además de agua a libre voluntad. Se sugiere utilizar el programa de alimentación antes detallado.
6. Para todos los reemplazos se recomienda suministrar el alimento balanceado desde el inicio de la vida del animal, esto le ayudará a una adecuada nutrición y desarrollo, además de evitar problemas del rechazo del alimento si se empieza a suministrar en edades mayores.
7. Evaluar los pesos de los reemplazos de ser posible, una vez al mes, o por lo menos controlar el peso 4 veces antes de que alcancen los 2 años de edad, de manera ideal alrededor de los 3, 9 y 12 meses de edad, al momento del servicio y cercana al parto, y compararlos con el peso establecido como meta para cada edad y raza.

8. Para la alimentación de vacas secas se recomienda a corto plazo brindar 3 kg de alimento balanceado (88%MS, 13,5 PC, 27%FDN) y 5kg de desecho de piña, además del mantenimiento a apartos.
9. Se recomienda el monitoreo mensual de la condición corporal de los animales para evaluar el impacto de las distintas variables que aparecen a través del tiempo en la finca, e identificar los animales con condiciones extremas (menor a 2, mayor a 4) para tomar medidas respecto a su manejo.
10. Para el adecuado manejo de las pasturas, se recomienda el ordenamiento del pastoreo de los animales con el fin de lograr entre 23 y 25 días de descanso de la pastura.
11. Se debe evaluar la producción de biomasa de los pastos durante distintas épocas del año para obtener datos en finca que pronostiquen la disponibilidad forrajera esperada en distintos periodos y poder así tomar las adecuadas decisiones administrativas para este recurso.
12. Se debe analizar la composición y estructura del suelo cada 1-2 años para realizar un adecuado plan de fertilización, devolviendo al suelo lo extraído por el cultivo de pasto.
13. Se recomienda implementar los programas de fertilización recomendados, con el fin de brindar mantenimiento al suelo y aumentar rendimiento de los pastos.
14. Se debe realizar el análisis bromatológico de las pasturas por lo menos dos veces al año, uno durante la época seca y otro para la lluviosa; con el objetivo de tomar en cuenta en el manejo alimenticio de los animales, las posibles fluctuaciones en la composición de los forrajes debido a variables climáticas.
15. Para el control de la maleza Chile de perro (*Poligonum* sp), se recomienda aplicar un herbicida selectivo, como el 2-4-D Dimetilamina (NAVAJO ®) en combinación con uno sistémico como el metsulfurón metil (METSULFURÓN®). Para el control de la escobilla se recomienda el uso de picloram+ fluroxipir.
16. Se recomienda para la faltante de recurso forrajero, planificar el uso del pasto de corta, mediante cortes planificados en la otra finca de la Asociación Roblealto y la implementación del sistema de ensilaje anteriormente descrito.

17. Se recomienda el uso de inóculo bacteriano a la hora de elaborar ensilajes, para facilitar los procesos fermentativos. Se debe buscar producir ensilajes con forrajes de alto valor nutricional, con el fin de lograr materiales con 30-35% de MS, un valor de proteína cruda mayor a 7 y un pH menor a 4,2.
18. Para un buen plan de manejo de aguas verdes, se debe disminuir al máximo la cantidad de agua que utiliza en el lavado de los pisos de las instalaciones. No se debe utilizar más de 4 litros de agua por litro de excreta. Lo mismo se puede lograr con el uso del raspador de boñiga, escobón, pistola de lavado para mangueras, entre otros.
19. Se recomienda instalar canoas y evitar en lo posible que el agua de lluvia llegue a mezclarse con los purines.
20. Los purines no deben ser utilizados durante los meses de mayo, junio, agosto, setiembre, octubre y noviembre. El tanque purinero deberá tener la capacidad para almacenar el material producido durante 4 meses.

Literatura citada

- ARAYA M., BOSCHINI C. 2005. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 16(1): 37-43.
- AGUILAR A. 2007. Práctica dirigida sobre ganado de leche en la finca Montezuma, Cañas, Guanacaste, Costa Rica. Práctica de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 80p.
- ARCE J. 2008. Práctica dirigida realizada en la finca de ganado lechero estabulado "La Georgina" ubicada en Vara Blanca de Heredia. Práctica de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 53p.
- ARROYO G., GONZÁLEZ L., ARROYO J. 2009. Parámetros productivos y reproductivos de lecherías en Costa Rica. Memoria presentada en el Congreso Nacional Lechero. Costa Rica. Consultado 15 de octubre 2014. Formato pdf. Disponible en <http://www.proleche.com/recursos/documentos/congreso2009/Parametros-productivos-y-reproductivos-de-Costa-Rica-Jorge-E-Arroyo.pdf>
- BARRERA V., LEÓN C., GRIJALVA J., CHAMORRO F. 2004. Manejo del sistema de producción "papa-leche" en la sierra ecuatoriana: alternativas tecnológicas. INIAP. Quito, Ecuador. 195 p.
- BARRIENTOS J., ROSAS A., ZAGAL E., OVALLE C. 2013. Evaluación del efecto de la fertilización con purines sobre el rendimiento de maíz (*Zea mays L.*) para ensilaje en un suelo andisol. Tesis de Maestría. Universidad de Concepción. Chile. 65 p.
- BARIOGLIO 2001. Diccionario de producción animal. Editorial Brujas. Argentina. 375 p.
- BENAVIDEZ J., SÁNCHEZ L. 2010. Ensilaje de afrecho de cervecería en sistemas de Costa Rica. Visión de la Cámara Nacional de Productores de Leche. Consultado 21 abril 2014. Formato PDF Disponible en <http://www.proleche.com>.
- BENÍTEZ R., RAMÍREZ J. 2011. Evaluación del crecimiento y del desempeño reproductivo y productivo de novillas Holstein en el departamento de Sonsonate de El Salvador. Tesis de Licenciatura. Universidad de El Salvador. El Salvador. 109 p.
- CABALCETA G. 1999. Fertilización y nutrición de forrajes de altura. III Congreso Nacional de Suelos. Consultado 25 abril 2014. Formato PDF. Disponible en <http://www.mag.go.cr>.

- CABALCETA G. 2009. Análisis de suelos de Costa Rica. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. Presentación parte del curso relación suelo – planta –animal de la Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica. Sede Rodrigo Facio. San Pedro. Costa Rica.
- CABALCETA G 2013. Principales grupos de suelos dedicados a la producción de forrajes en Costa Rica. Consultado 21 abril 2014. Formato PDF Disponible en http://www.proleche.com/recursos/documentos/4-Characterizacion_de_los_principales_suelos_utilizados_en_Costa_Rica_para_la_produccion_de_forrajes_MSc_Gilberto_Cabalqueta_A_Costa_Rica.pdf
- CALSAMIGLIA S. 2000. Nuevos avances en el manejo y alimentación de la vaca durante el parto. XVI Curso de Especialización FEDNA. Barcelona, España. 20p. Consultado 14 abril 2014. Formato PDF Disponible en <http://vaca.agro.uncor.edu>.
- CÁMARA NACIONAL DE PRODUCTORES DE LECHE. 2013. Congreso Nacional Lechero 2013. Situación actual y perspectiva del sector lácteo costarricense. Visión de la Cámara Nacional de Productores de Leche. Consultado 5 abril 2014. Formato PDF Disponible en <http://www.proleche.com>.
- CAMPOS C., BENAVIDEZ D. 2014. Ensilaje de pastos Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*), brachiaria (*Brachiaria brizantha*) y ratana (*Ischaemum ciliare*). Procesos y limitaciones. Revista UTN informa. 68(1): 16-23.
- CAMPOS C., ELIZONDO J. 2014. Cuantificación de la leche de desecho y análisis económico de su no utilización en una finca lechera de altura. Nutrición Animal Tropical 8(1):30-43.
- CAMPOS M. 2013. Crianza artificial. Horas claves y acciones. Revista Dleche. dRoca Editorial. Universidad de Las Américas. Santiago, Chile. 58(1): 17 -21.
- CÁRDENAS J., SOLORIO F., SANDOVAL C. 2004. Ensilaje de Forrajes: Alternativa Para la Alimentación de Rumiantes en El Trópico. Universidad Autónoma de Yucatán. México. 55p
- CASAS R. 2012. El suelo de cultivo y las condiciones climáticas. Editorial Paraninfo. España. 235 p.
- CASTELLS X. 2012. Tipología de los residuos en orden a su reciclaje: Reciclaje de residuos industriales. Ediciones Díaz de Santos. Madrid, España. 90 p.

- CASTRILLÓN L., MARAÑÓN E., SASTRE H., GONZÁLEZ J., BERRUETA J. 1998. Generación de residuos de ganadería vacuna (purines) en Asturias: problemática y tratamiento. Universidad de Oviedo. 202 p.
- CASTRO A. 2002. Ganadería de leche: Enfoque empresarial. Producción bovina. EUNED. San José, Costa Rica. 289 p.
- CASTRO P., ELIZONDO J. 2012. Crecimiento y desarrollo ruminal en terneros alimentados con iniciador sometido a diferentes procesos. Agronomía Mesoamericana. 23(2): 343-352.
- CEDEÑO D., VARGAS B. 2004. Efecto de la raza y el manejo sobre la vida productiva del bovino lechero en Costa Rica. Arch. Zootec. 53: 129-140.
- CERDAS R. 2012. Programa de fertilización de forrajes. Desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica. InterSedes. 12(1): 109-128.
- CHAHINE M. 2006. Colostrum: The key for raising healthy calves. Consultado 14 abril 2014. Formato HTML. Disponible en http://www.progressivedairy.com/el/features/2006/1106/1106_colostrum_en.html
- CHALK L. 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Italia. 220 p.
- CHAVERRA H., BERNAL J. 2001. El ensilaje en la alimentación del ganado vacuno. IICA. Colombia. 161 p.
- CHÁVEZ E. 2007. Efecto de la inclusión de 5 niveles de gallinaza sobre la elaboración de ensilajes de maíz (*Zea mays*). Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. 36 p.
- CORBETT R. 2013. Alcanzando el máximo potencial de crecimiento de las novillas de reemplazo mediante manejo y nutrición. Memoria Congreso Nacional Lechero 2013. Consultado 18 agosto 2014. Formato PDF Disponible en <http://www.proleche.com>.
- CORPORACIÓN GANADERA. (CORFOGA) 2013. Informe encuesta ganadera nacional 2012. Consultado 5 abril 2014. Formato PDF Disponible en <http://corfoga.org>.
- CUARTAS C., NARANJO J., TARAZONA A., BARAHONA R. 2013. Uso de la energía en bovinos pastoreando sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* y su relación con el desempeño animal. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia. 8(1): 70-81.

- DE GARCÍA. 2011. Guía para el Análisis Bromatológico de Muestras de Forrajes. Laboratorio de Nutrición Animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Panamá. 54 p.
- DEMANET R., AGUILERA M., MORA M. 1999. Efecto de la aplicación de purines sobre el sistema suelo-planta. *Frontera Agrícola* 5(2): 87-94.
- DÍAZ R. 2007. Utilización de pastizales naturales. Editorial Brujas. Argentina. 456 p.
- DUMONT J., SALAZAR F., SANTANA M. 2007. Caracterización de purines de lecherías en el Sur de Chile. *Agricultura Técnica*. 67(2): 155-162.
- ELANCO 2009. Body Condition Scoring in Dairy Cattle. Consultado 15 abril 2014. Formato PDF Disponible en <http://www.caes.uga.edu>.
- ELIZONDO J. 2002. Estimación lineal de los requerimientos nutricionales del NRC para ganado de leche. *Agronomía Mesoamericana*. 13(1): 41-44.
- ELIZONDO J. 2012. Aspectos nutricionales y de manejo a considerar en la etapa de pre-destete en reemplazos de lechería. III Congreso Nacional de Nutrición Animal y Producción Industrial de Alimentos Balanceados. Heredia. Costa Rica.
- ELIZONDO J., SÁNCHEZ M. 2012. Efecto del consumo de dieta líquida y alimento balanceado sobre el crecimiento y desarrollo ruminal en terneras de lechería. *Agronomía Costarricense* 36(2): 81-90.
- ELIZONDO J 2013. Requerimientos de proteína para terneras de lechería. *Nutrición Animal Tropical* 7(1): 40-50
- ESTRADA J. 2002. Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Editorial Universidad de Caldas. Colombia. 511 p.
- FERNÁNDEZ 2004. Estimación de la disponibilidad de pasto. Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria. Consultado 15 abril 2014. Formato PDF Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar>.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). 2003. Resistencia a los antiparasitarios: estado actual con énfasis en América Latina. 62p
- FULKERSON W.J., SLACK K., HENNESSY D.W., HOUGH G.M. 1998. Nutrients in ryegrass (*Lolium spp*), white clover (*Trifolium repens*) and kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pastures in relation to season and stage of regrowth in a subtropical environment. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 38:227-240.

- GARCÍA A., KALSCHEUR K. 2006. Tamaño de partícula y fibra efectiva en la dieta de las vacas lecheras. College of Agriculture & Biological Science. South Dakota State University. Consultado 14 abril 2014. Formato PDF Disponible en <http://agbiopubs.sdstate.edu>.
- GARRO M., ROSALES R. 1996. Relación entre el peso corporal y el perímetro torácico en ganado cebuino en crecimiento en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 20(2): 113-123
- GARZÓN B. 2007. Sustitutos lecheros en la alimentación de terneros. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria. 8(5): 1-39. Consultado 14 abril 2014. Formato PDF Disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050507/050701.pdf>
- GASQUE R. 2008. Enciclopedia Bovina. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Consultado 14 abril 2014. Formato PDF Disponible en <http://www.fmvz.unam.mx>.
- GONZÁLEZ C. 2001. Contenido de humedad del agua en el suelo. Presentación parte del curso relación agua- suelo – planta –atmósfera de la Escuela de Ingeniería Agrícola. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. Consultado 23 mayo. 2014. Formato PDF. Disponible en http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/raspa/und_2/pdf/und2.pdf
- GONZÁLEZ L. 2013. Implementación de prácticas de mejoramiento de pastos y su efecto sobre la productividad de una finca lechera en Tilarán, Guanacaste. Práctica de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 57p.
- GUTIÉRREZ F. 2001. Efecto de la adición de pollinaza sobre la calidad nutritiva del ensilado de desechos de piña. Tesis de licenciatura. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 126p.
- HAYDEE 2006 M. Crianza de Becerras para reemplazos en ganado lechero de la raza Holstein. Servicio profesional para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista. Michoacán, México. Consultado 14 abril. 2014. Formato PDF Disponible en <http://www.vetzoo.umich.mx>.
- Heinrichs A., Rogers G., Cooper J. 1992. Predicting Body Weight and Wither Height in Holstein Heifers Using Body Measurements. *Journal of Dairy Science*. 75(1): 3576-3581.
- HENRÍQUEZ C., CABALCETA G. 1999. Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola. ACCS. 111p.

- HERNÁNDEZ A. 2000. Pastoreo rotacional intensivo. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural pesca y alimentación. México. Consultado 16 abril. 2014. Formato PDF Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Pastoreo%20rotacional%20intensivo.pdf>.
- HERNÁNDEZ J. 2008. Valorización y manejo de las excretas de lechería. Ventana Lechera 6(1): 17-18.
- HUTJENS M. 2003. Guía de alimentación. Hoard's Dairyman Books. Segunda edición. Milwaukee. Estados Unidos. 84 p.
- INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL (IMN). 2013. Consultado 16 abril. 2014. Formato HTML Disponible en http://www.imn.ac.cr/IMN/MainAdmin.aspx?__EVENTTARGET=ClimaCiudad&CIUDAD=9
- JIMÉNEZ M. 2008. Producción de forrajes en Costa Rica. Ventana lechera. Forrajes: Nuestros mejores cultivos. 10(1): 11-14
- KERTZ A. 2007. Manejo y alimentación de la vaca lactante. Hoard's Dairyman en español. Consultado 10 de abril 2014. Formato PDF. Disponible en <http://www.andhil.com>.
- LINN J. 2001. Necesidades nutritivas del ganado vacuno lechero: resumen de las normas del NRC (2001). Consultado 14 de abril 2014. Formato PDF. Disponible en http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/NRC_vacunos.pdf.
- LOBO M., DÍAZ O. 2001. Agrostología. EUNED. San José Costa Rica. 151 p.
- MAECHA L., ANGULO J., MANRIQUE L. 2002. Predicción del peso vivo a través del perímetro torácico en la raza bovina Lucerna. Revista Colombiana de Ciencia Pecuaria. 15(1): 88-91.
- MANGADO J. 2007. Caracterización de purines producidos en explotaciones de vacuno leche. Universidad Pública de Navarra. Consultado 20 de mayo 2014. Formato PDF. Disponible en www.itgganadero.com/itg/portal/documentos2.asp.
- MANNETJE L. 2001. Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Italia. 200 p.

- MELLA C. 2003. Factores a considerar para el logro de una adecuada alimentación con calostro. Santiago de Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Producción Animal. Circular de extensión técnico ganadera. 29 (1): 6-14.
- MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMERCIO (MEIC). 2013. Caracterización de sector lácteo en Costa Rica. Consultado 9 abril 2014. Formato PDF. Disponible en <http://reventazon.meic.go.cr/informacion/estudios/2013/lacteo/julio/informe.pdf>.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. 2013. Sector Agroalimentario. Informe 2012. San José. Costa Rica. 41 p.
- MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. 2014. Salarios mínimos para el sector privado. Primer semestre del 2014. Consultado 9 mayo 2014. Formato PDF. Disponible en http://www.mtss.go.cr/images/stories/Lista_salarios-2014-1semestre.pdf.
- MORAN J. 2002. Calf Rearing: A Practical Guide. Landlinks Press Series. 211 p.
- MORENO J., ALCÁZAR H., GUASCA J. 2011. Condición corporal: indicador del estado nutricional y capacidad reproductiva de la hembra bovina. Universidad de Cundinamarca. Colombia. Consultado 14 abril. 2014. Formato PDF. Disponible en http://ibepa.org/docs/docscienciagro/ganaderia_ecologica/CARTILLA8.pdf.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. National Academy Press. Washington D.C. 381 p.
- NORO M., WITTEWER F. Interrelaciones entre ureagénesis y gluconeogénesis hepática en rumiantes alimentados con elevado contenido de nitrógeno. Veterinaria México. 43(2): 143- 154.
- NOVAES L., ÁVILA M., PIRES A. 2003. Procedimientos para o manejo correcto da vaca gestante, no pré-parto, ao parto e pós-parto. Consultado 14 abril. 2014. Formato PDF. Disponible en <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>.
- OLIVEIRA J., AFIF E., MAYOR M. 2006. Análisis de suelos y plantas y recomendaciones de abonado. Universidad de Oviedo. España. 156 p.
- OROZCO C. 2012. Análisis y manejo de una lechería estabulada en la Zona Norte de Costa Rica. Práctica de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 70 p.
- PARRA M., FERNÁNDEZ R., NAVARRO C., ARQUERO O. 2003. Los suelos y la fertilización del olivar cultivado en zonas calcáreas. Editorial Mundi-Prensa. 256 p

- QUIGLEY J. 2001. Notas acerca de terneros - Usando el refractómetro. Consultado 13 abril. 2014. Formato PDF. Disponible en <http://www.calfnotes.com>.
- RAMÍREZ R. 2007. Recarga potencial del acuífero Colima y Barva, Valle Central, Costa Rica. Servicio Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento. . Formato PDF. Disponible en http://endefensadelagua.org/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=2&Itemid=48.
- REYES R., LARA P., SANGINÉS J. 2002. Abonado del pasto tanner (*Brachiaria radicans* Napper) con purines: rendimiento de forraje y extracción de nutrimentos. Revista Técnica Pecuaria en México. 40(3):265-274.
- REYES N., MENDIETA B., FARIÑAS T., MENA M., CARDONA J., PEZO D. 2009. Elaboración y utilización de ensilajes en la alimentación del ganado bovino. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Managua, Nicaragua. Consultado 21 abril. 2014. Formato PDF. Disponible en <http://web.catie.ac.cr>.
- ROJAS A. 1995. Conceptos básicos de nutrición de rumiantes. Escuela de Zootecnia. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. 178p
- ROJAS A. 2010. Programas de alimentación en vacas lecheras. Parte del curso: Manejo Integrado del Recurso Alimenticio. Escuela de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica.
- ROSALES R. 2011. Instalaciones y equipo- ganado de carne. Universidad de Costa Rica. Presentación parte del curso Ganado de carne de la Escuela de Zootecnia. Sede Rodrigo Facio. San Pedro. Costa Rica.
- SALAS J., ELIZONDO J., ARROYO G. 2012. Estado inmunológico de terneras y terneros de lechería en la Región Huetar Norte de Costa Rica. Año 1. Agronomía Mesoamericana 23(2): 221-227.
- SALAS R., SÁNCHEZ J. 1999. Fertilidad de suelos de fincas de ganado lechero en la zona central de Costa Rica. Consultado 26 abril 2014. Formato PDF. Disponible en www.mag.go.cr.
- SALAS R. 2002. Herramientas de diagnóstico para definir recomendaciones de fertilización foliar. Memoria: Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. 142 p.

- SALAS R. 2008. Excretas de lechería:.. Un desecho o un subproducto ¿?. Memoria presentada en el Congreso Nacional Lechero. San Carlos. Costa Rica. Consultado 23 abril. 2014. Formato PDF. Disponible en http://www.proleche.com/recursos/documentos/congreso2008/Excretas_de_lecheria_Un_desecho_o_un_subproducto-Jorge_Hernandez_Rafael_Salas.pdf
- SALAS R., CABALCETA G. 2011 Manejo del Sistema Suelo – Pasto: partida para la producción de forrajes. Cámara. Nacional de Productores de Leche. Documentos y publicaciones técnicas. Consultado 20 mayo 2014. Formato PDF. Disponible en <http://www.proleche.com>.
- SALAZAR F. 2005. Utilización y pérdidas de nitrógeno en aplicaciones de purines y estiércol de lechería. *Tierra Adentro* 56(1): 22 -25.
- SALAZAR F. 2012. Manual de manejo y utilización de purines de lechería. Consorcio lechero. Chile. 119 p.
- 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. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 96 p.
- SÁNCHEZ J. 2000. Nutrición energética del ganado lechero. *Nutrición Animal Tropical*. 6(1): 97-127.
- SÁNCHEZ J. 2001. El valor nutritivo de algunos pastos tropicales en Costa Rica. Trabajo presentado el 4 de setiembre del 2001 en el Curso “Actualización en la Nutrición del Ganado Lechero”. LANCE. Balsa. Atenas, Costa Rica. Consultado 21 abril 2014. Formato HTML Disponible en <http://www.feednet.ucr.ac.cr>
- SÁNCHEZ J. 2002. Uso de Recursos Tropicales en la Alimentación del Ganado Lechero. Trabajo presentado el 2 de setiembre del 2002. Atenas, Costa Rica. Consultado 13 abril. 2014. Formato PDF. Disponible en <http://www.feednet.ucr.ac.cr/bromatologia/Alimentos%20tropicales.pdf>
- SÁNCHEZ J. 2007. Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. Conferencia presentada el día 13 de abril de 2007 en el XI Seminario de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. Venezuela. Consultado 9 abr. 2014. Formato PDF. Disponible en http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/UTILIZACION_DE_PASTURAS_TROPICALES_POR_EL_GANADO_LECHERO.pdf
- SÁNCHEZ J. 2012. Satisfaciendo las necesidades de fibra del ganado lechero. *Ventana lechera* 20(1): 4-16.

- SÁNCHEZ J. 2014. Introducción a la nutrición animal. Clase 1. Centro de Investigaciones en Nutrición Animal. Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica. Consultado 9 abril 2014. Formato PDF. Disponible en <http://www.feednet.ucr.ac.cr/bromatologia/Introduccion2014.pdf>
- SCHOSINSKY G., LOSILLA M. 2000. Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual. *Revista Geológica de América Central*. 23 (1): 43-55.
- SCHOSINSKY G. 2006. Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos. *Revista Geológica de América Central*. 35(1): 13-30.
- SECRETARÍA EJECUTIVA DE PLANIFICACIÓN SECTORIAL AGROPECUARIA (SEPSA). 2013. Boletín Estadístico Agropecuario. Serie cronológica 2009 – 2013. Nº 23. San José, Costa Rica. 208 p.
- SERVICIO NACIONAL DE SALUD ANIMAL (SENASA). 2010. Reglamento SENASA-DG-D-003-2010. Lineamientos para la aplicación de purines. Artículo del periódico *La Gaceta*. Jueves 21 de octubre del 2010. Costa Rica. 49 p.
- SOLANO A. 2011. Alimentación para producción de leche en el trópico. *Alimentos Balanceados Dos Pinos*. Alajuela. Costa Rica. Consultado 10 abril. 2014. Formato PDF. Disponible en <http://www.proleche.com>.
- TOBÍA C., VARGAS E. 2000. Inóculos bacterianos: una alternativa para mejorar el proceso fermentativo en los ensilajes tropicales. *Nutrición Animal Tropical*. 6(1): 129-143.
- USÓN A. 2010. *Tecnología de suelos: estudio de casos*. Universidad de Zaragoza. España. 516 p.
- VARGAS B., SOLÍS O., SÁENZ F., LEÓN H. 2013. Caracterización y clasificación de hatos lecheros en Costa Rica mediante análisis multivariado. *Agronomía Mesoamericana*. 24(2): 257-375.
- VARGAS C., BOSCHINI C. 2007. Suplementación con harina de banano sobre la ganancia de peso en novillas Jersey. *Agronomía Mesoamericana* 18(1): 19-25.
- VARGAS E. 2009. Desarrollo de un modelo de simulación para la producción de carne bovina. *Tecnología en Marcha*. 22(1): 4-14.
- VILLALOBOS L., SÁNCHEZ J. 2010. Evaluación agronómica y nutricional del pasto Rye grass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. Producción de biomasa y fenología. *Agronomía Costarricense* 34(1): 31-42.

- VILLALOBOS L., ARCE J. 2013. Evaluación agronómica y nutricional del pasto Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. I. Disponibilidad de biomasa y fenología. *Agronomía Costarricense*. 37(1): 91-101.
- VILLALOBOS L., ARCE J., WING-CHING R. 2013. Producción de biomasa y costos de producción de pastos Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) y ryegrass perenne (*Lolium perenne*) en lecherías de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 37(2): 91-103.
- WATTIAUX M. 2000. Crianza de terneras del nacimiento al destete. Alimentación con leche y substitutos de leche. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin-Madison. 4p. Consultado 14 abril 2014. Formato PDF. Disponible en <http://babcock.wisc.edu>.
- WING-CHING R., JIMÉNEZ C. 1999. ¿Cuánto pasto producen mis potreros? Serie: Utilización de cultivos forrajeros. Número 12. Universidad de Costa Rica Facultad de Agronomía Escuela de Zootecnia Consultado 27 abril 2014. Formato HTML. Disponible en <http://curpasto.ucr.ac.cr>.
- ZELAYA B. 1998. Diseño de un sistema de información de población usuaria, asistido por computadora, en la Asociación Roblealto Pro Bienestar del Niño. Práctica de Maestría. Universidad de Costa Rica. Sede Rodrigo Facio. 146 p.

Apéndice 1. Balance hídrico para finca Roblealto

Con datos de modelo expuesto por Schosinsky y Losilla (2000), para el cálculo de la retención de lluvia mensual interceptada por el follaje (Ret) y la infiltración se recomienda las siguientes ecuaciones.

Para retención:

Si P es menor o igual a 5 mm/mes, $Ret = P$.

Si el producto $(P)(Cfo)$ es mayor o igual a 5 mm/mes, $Ret = (P)(Cfo)$.

Si P es mayor de 5mm/mes y el producto $(P)(Cfo)$ menor de 5, $Ret = 5$.

Donde:

P : Precipitación mensual media (mm/mes) (IMN 2013).

Ret: Retención de lluvia en el follaje (mm/mes).

Cfo : Coeficiente de retención del follaje= 0,18 en pastos

En el cálculo de la precipitación que se infiltra mensualmente, se consideran la precipitación mensual, la retención pluvial mensual en el follaje y el coeficiente de infiltración. Corresponde a la siguiente ecuación (Schosinsky y Losilla 2000).

$$P_i = (C_i)(P - \text{Ret})$$

Donde:

P_i : Precipitación que infiltra mensualmente al suelo en (mm/mes).

C_i : Coeficiente de infiltración (adimensional).

$$C_i = (K_p + K_v + K_{fc}) \text{ para } K_p + K_v + K_{fc} < 1$$

$$C_i = 1 \text{ para } K_p + K_v + K_{fc} > 1$$

$$C_i = 0 \text{ para } P < 5 \text{ mm / mes}$$

$$K_{fc}: \text{Fracción que infiltra por efecto de textura del suelo} = 0,267 \ln (f_c) - 0,000154f_c - 0,723 = 0,93$$

K_p : Fracción que infiltra por efecto de pendiente = 0,15 para pendiente media.

K_v : Fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal = 0,18 para cobertura con pastizal.

F_c : Infiltración básica del suelo. Para este estudio se utilizó el valor promedio calculado por Schosinsky y Losilla (2000) = 796 mm/día, para suelo franco en la estación meteorológica del aeropuerto Juan Santamaría.

Para el cálculo de la escorrentía superficial generada por la lluvia mensual Schosinsky (2006) recomienda la siguiente ecuación:

$$ESC = P - \text{Ret} - p_i$$

Donde:

ESC: Escorrentía superficial en mm/mes.

P: Precipitación en mm/mes.

Ret: Retención de lluvia mensual por follaje en mm/mes = Precipitación mensual (mm/mes) * cf (0,18).

p_i = Precipitación que infiltra mensualmente al suelo en mm/mes.

Para el cálculo de la evapotranspiración Schosinsky (2006) sugiere la siguiente ecuación:

$$ETP = (8,10 + 0,46T) Ps.$$

Donde

ETP: Evapotranspiración potencial (mm/mes)

T: Temperatura media mensual (°C).

Ps = Porcentaje de horas de luz solar mensual con respecto al año (%)

El porcentaje de humedad del suelo se determinó basado en la información de Ramírez (2007) y por el método del tacto en campo, en el cual se extraen muestras de suelo a distintas profundidades (0, 30 y 50 cm), se aprieta cada una de ellas y de acuerdo a su comportamiento se clasifica el grado de humedad según lo recomendado por González (2001). El suelo evaluado obtuvo una humedad media, ya que el material se desmoronaba pero se aglutinaba, por tanto se estimará un porcentaje de humedad del 40%.

La capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PM) y porcentaje de horas de luz solar mensual (PS) con respecto al año se estiman con los valores de las tablas brindados por Schosinsky (2006).

La recarga potencial del acuífero subterráneo se calcula teniendo en cuenta la dinámica del agua en el suelo. Si la cantidad de infiltración de la lluvia es suficiente para llevar al suelo a capacidad de campo (estado de humedad máxima) y llenar la necesidad de evapotranspiración, el sobrante del agua que infiltra, percola para recargar al acuífero (Schosinsky y Losilla 2000).

Con el fin de conocer la dinámica de la humedad en el suelo, es necesario conocer la humedad del suelo en el mes inicial de medición (humedad inicial). Para Costa Rica, la humedad inicial corresponde a la humedad del suelo medida después de que acaba la época de mayor precipitación, pues se espera que el suelo esté en capacidad de campo (Schosinsky 2006). Para este estudio se determinó la humedad

en el mes de noviembre, y se consideró ésta como la humedad inicial. Conocida la humedad inicial, se calcula la humedad final de dicho mes, la que será igual a la humedad inicial del mes siguiente.

Para obtener la evapotranspiración real (ETR), en una zona, ocurrida durante el mes, es necesario calcular los coeficientes de humedad al final del mes antes y después de que ocurra la evapotranspiración. Schosinsky (2006) recomienda determinar dichos coeficientes como sigue:

$$C1: (HSi - PM + Pi) / (CC - PM)$$

Donde:

C1: Coeficiente de humedad al final del mes antes de que ocurra la evapotranspiración.

Hsi: Humedad al inicio del mes (mm)

PM: Punto de marchitez (mm)

Pi: Precipitación que infiltra (mm/mes).

CC: Capacidad de campo (mm).

Si se considera que ocurre la evapotranspiración, una vez ocurrida la infiltración, el coeficiente de humedad, al final del mes sería:

$$C2 = (HSi - PM + Pi - ETR1) / (CC-PM)$$

Donde:

C2: Coeficiente de humedad al final del mes, después de que ocurra la evapotranspiración.

Hsi: Humedad al inicio del mes (mm)

PM: Punto de marchitez (mm)

Pi: Precipitación que infiltra (mm/mes).

CC: Capacidad de campo (mm).

ETR1: Evapotranspiración potencial real (mm/mes), considera la humedad correspondiente al coeficiente $C1 = (C1)(ETP)$

ETP: Evapotranspiración potencial (mm/mes).

Acorde con Schosinsky (2006), la evapotranspiración real (ETR) ocurrida en un mes dado se calcular como sigue

Si $((C1+C2)/2)*ETP$ es menor o igual a HD, $ETR (mm/mes) = ((C1+C2)/2)ETP$

Si $((C1+C2)/2)*ETP$ es mayor que HD, $ETR (mm/mes) = HD$

Donde:

ETR: Evapotranspiración real promedio de la zona, ocurrida durante el mes (mm/mes).

C1: Coeficiente de humedad máximo, sin considerar la evapotranspiración (adimensional).

C2: Coeficiente de humedad mínimo considerando evapotranspiración calculada con C1(adimensional).

ETP: Evapotranspiración potencial (mm/mes).

HD: Humedad disponible (mm/mes)

Para realizar el cálculo de la recarga, otro dato importante es la humedad disponible para las raíces de la planta (HD), la cual acorde con Schosinsky (2006), se calcula mediante la siguiente ecuación

$$HD \text{ (mm/mes)} = HSi + Pi - PM$$

Donde

HD: Humedad disponible (mm/mes).

Hsi: Humedad de suelo al inicio del mes (mm).

Pi: Precipitación que infiltra (mm/mes).

PM = Punto de marchitez (mm).

La importancia del dato radica en el cálculo de la evapotranspiración. Si la humedad disponible es menor que la ETPR de la ecuación, la planta no podrá evapotranspirar dicha cantidad, sino que evapotranspirará únicamente la humedad disponible, debido a que no hay suficiente humedad para evapotranspirar la cantidad de agua indicada en la ecuación. Sin embargo, si la humedad disponible (HD) es mayor que la que la ETPR, la planta evapotranspirará la cantidad expresada en dicha ecuación (Schosinsky 2006).

Acorde con Schosinsky (2006), para realizar el cálculo de la recarga del acuífero, se requiere conocer la humedad del suelo al final del mes (Hsf), la cual no puede ser mayor que la capacidad de campo y se obtiene con la siguiente ecuación:

Si $(HD + PM - ETR)$ es menor que la capacidad de campo, $HSf = HD + PM - ETR$.

Si $(HD + PM - ETR)$ es mayor o igual que la capacidad de campo, $HSf = CC$

Donde:

HSf: Humedad del al final de mes (mm).

HD: Humedad disponible (mm/mes).

PM: Punto de marchitez (mm).

ETR= Evapotranspiración real (mm/mes).

CC = Capacidad de campo (mm)

La recarga al acuífero se lleva a cabo, si la cantidad de agua que infiltra es suficiente para llevar al suelo a capacidad de campo y además satisfacer la evapotranspiración de las plantas. El agua sobrante, una vez satisfecha la capacidad de campo y la evapotranspiración, es la que recarga al acuífero, la que se calcula con la siguiente ecuación (Schosinsky 2006).

$$R_p = P_i + H_{Si} - H_{Sf} - ETR$$

Donde:

R_p: Recarga potencial mensual en mm/mes.

P_i: Precipitación que infiltra en mm/mes.

H_{Sf}: Humedad del suelo al final del mes en mm.

ETR: Evapotranspiración real en mm/mes.

Otro término de interés es el déficit de capacidad de campo (DCC), que es la humedad en mm que falta, para que la humedad del suelo, alcance la capacidad de campo. Este déficit se refiere al final del mes y se calcula como sigue (Schosinsky 2006).

$$DCC = CC - H_{Sf}$$

Donde:

DCC: Déficit de capacidad de campo, al final del mes (mm).

CC: Capacidad de campo en mm.

H_{Sf}: Humedad del suelo al final del mes (mm).

Acorde con Schosinsky (2006), la necesidad de riego (NR), se refiere a la cantidad de agua, mediante riego, que habría que agregar al suelo durante el mes, para mantener el suelo siempre a capacidad de campo. De tal forma que la planta pueda evapotranspirar sin necesidad de cerrar estomas. Esta es la humedad ideal, para obtener la máxima producción de un cultivo, y se estima con la siguiente ecuación:

$$NR = DCC - ETR + ETP$$

Donde:

NR: Necesidad de riego mensual (mm/mes).

DDC: Déficit de capacidad de campo, al final del mes (mm).

ETR = Evapotranspiración real (mm/mes).

ETP = Evapotranspiración potencial (mm/mes).