

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

Tema: “Comparación de Sistema de Pastoreo Racional Voisin y Continuo en ganadería bovina de leche, cantón Cayambe, provincia de Pichincha”

Trabajo de Integración curricular previo a la
obtención del título de Ingeniero en Agropecuaria

AUTOR: Luna Nazate Jhordy Santiago

TUTOR: MSc.Balarezo Urresta Luis Rodrigo.PhD

Tulcán, 2026.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante Jhordy Santiago Luna Nazate con número de cédula 0401527189 ha elaborado el trabajo de titulación: "Comparación de Sistema de Pastoreo Racional Voisin y Continuo en ganadería bovina de leche, cantón Cayambe, provincia de Pichincha"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de Titulación, Sustentación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.



MSc.Balarezo Urresta Luis Rodrigo.PhD

TUTOR

Tulcán, octubre de 2026.

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en la Carrera de agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales.

Yo, Jhordy Santiago Luna Nazate con cédula de identidad número 0401527189 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



Luna Nazate Jhordy Santiago

AUTOR

Tulcán, octubre de 2026.

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TIC

Yo, Jhordy Santiago Luna Nazate declaro ser autor de los criterios emitidos en el trabajo de investigación: "Comparación de Sistema de Pastoreo Racional Voisin y Continuo en ganadería bovina de leche, cantón Cayambe, provincia de Pichincha" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.



Luna Nazate Jhordy Santiago

AUTOR

Tulcán, octubre de 2026.

AGRADECIMIENTO

A Dios, mi eterno agradecimiento por acompañarme en este largo camino y hacerme servidor de sus planes para aportar con mi parte en pos del bienestar. A mi Esposa, por su gran apoyo incondicional, por su esfuerzo y sacrificio, por sus valiosos consejos y apoyo espiritual, por su confianza arrojada en cada paso que daba porque gracias a ella encontré el principal objetivo para seguir adelante, mi familia.

A mis padres y abuelos, a quienes debo cada logro en mi vida porque ustedes me brindaron el apoyo, la educación, los valores, la fe, la confianza y cada grano de arena que aportaron en mi vida para poder ser quien soy.

A la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus docentes por abrirme las puertas a nueva oportunidad de aprendizaje.

A mi tutor de tesis PhD. Luis Balarezo por su dedicación y paciencia en la elaboración de la investigación.

Luna Nazate Jhordy Santiago

DEDICATORIA

A Dios, mi esposa y mi Hijo quienes son el motor más importante en mi vida, mi motivación, mi inspiración y fuerza.

A mis dos ángeles que están en el Cielo, por haber cultivado en mí la personalidad de humildad, bondad y gratitud frente a las cosas, sus cimientos y refugio le dieron molde a mi manera de ser y hacer de mí una persona generosa.

A mi Padres y Abuelos por creer en mí a lo largo de los años y apoyarme a lo largo de mi carrera, por su apoyo moral, emocional y financiero y por estar ahí todo el camino guiando siempre mis pasos.

Luna Nazate Jhordy Santiago

INDICE

ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN	13
I. EL PROBLEMA	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.3. JUSTIFICACIÓN	17
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	19
1.4.1. Objetivo General.....	19
1.4.3. Preguntas de Investigación	19
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	20
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	20
2.2. MARCO TEÓRICO	21
2.2.1.1. Carga Animal	22
2.2.1.2. Aforo doble muestreo	22
2.2.1.3. Punto Óptimo de Reposo	22
2.2.1.4. División racional	23
2.2.1.5. Despunte y Repaso	25
2.2.2. Sistemas de pastoreo	26
2.2.2.1. Pastoreo continuo.	26
2.2.2.2. Pastoreo por franjas.....	26
2.2.2.3. Pastoreo Rotativo.....	26
2.2.2.4. Pastoreo Racional.....	26
2.2.2.5. Pastoreo Racional Voisin (PRV)	27
2.2.3. Sobrepastoreo.....	33
III. METODOLOGÍA	35

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	35
3.1.1. Cuantitativo.....	35
3.1.2. Tipo de Investigación	35
3.2. HIPÓTESIS	35
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	35
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	38
3.4.1. Diagnóstico	38
3.4.1.1. Ubicación del experimento.....	38
3.4.1.2. Características de los sujetos de estudio	38
3.4.1.3. Hato bovino de la finca.....	41
3.4.1.4. Red de acueducto.....	42
3.4.1.5. Condiciones climáticas de la zona.....	43
3.4.2. Diseño	45
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
4.1. RESULTADOS.....	52
4.1.1 Selección del área para el aforo	52
4.1.2 Aforo por doble muestreo.....	52
4.1.3 Materia seca y disponibilidad aprovechable: PRV	55
4.1.4 Diseño de subdivisión y periodo de 61 días.....	56
4.1.5 Consumo de materia seca y capacidad de carga animal estimada...	56
4.1.6 Comparación de la producción de leche	57
4.1.7 Costos de implementación.....	60
4.2. DISCUSIÓN	62
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
5.1. CONCLUSIONES	64
5.2. RECOMENDACIONES.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables.....	37
Tabla 2. Hato bovino de la finca	41
Tabla 3. Planilla de aforo pre-pastoreo (pastoreo continuo)	53
Tabla 4. Cálculo del promedio ponderado del aforo: pastoreo continuo.....	53
Tabla 5. Planilla de aforo pre-pastoreo (pastoreo racional Voisin)	54
Tabla 6. Cálculo del promedio ponderado del aforo: pastoreo racional Voisin	54
Tabla 7. Comparación de la disponibilidad de forraje entre sistemas	55
Tabla 8. Estimación de la capacidad de carga animal por hectárea.....	56
Tabla 9. Producción de leche – Pastoreo continuo, Ganadería San Juan de Moquetes	57
Tabla 10. Producción de leche – Sistema de Pastoreo Racional Voisin (PRV), Ganadería San Juan de Moquetes	58
Tabla 11. Comparación de la producción de leche entre los sistemas de pastoreo.....	59
Tabla 12. Costos de implementación del sistema PRV	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aforo por doble muestreo	22
Figura 2. Sistema Racional de pastoreo Voisan	24
Figura 3. Pastoreo Rotacional	24
Figura 4. Potreros en rotación tradicional vs. Clima predominante durante la ocupación.....	25
Figura 5. Curva de crecimiento de los forrajes	30
Figura 6. Curva de producción de leche según los días de permanencia en un mismo potrero.....	32
Figura 7. Efecto del cambio de potrero	33
Figura 8. Localización y área del predio	38
Figura 9. Área de pastoreo.....	39
Figura 10. Terrenos aledaños	39
Figura 11. Terrenos aledaños	40
Figura 12. Terneros.....	41
Figura 13. Vacas en producción	42
Figura 14. Canal de agua.....	42
Figura 15. Reservorio de agua	43
Figura 16. Bebederos móviles.....	43
Figura 17. Delimitación de áreas pastoreables	47
Figura 18. Áreas pastoreables	47
Figura 19. Mapa de diseño de arquitectura para potreros.....	48
Figura 20. Diseño de arquitectura para potreros	49
Figura 21. Red hidráulica – PRV.....	50
Figura 22. Diseño de cotas – PRV.....	51
Figura 23. Diseño de puertas – PRV	51
Figura 24. Comparación de la producción promedio de leche por vaca entre los sistemas de pastoreo	60

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación oral de la predefensa	69
Anexo 2. Certificado del Abstract por parte de idiomas	70
Anexo 3. Registro Fotográfico	71

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la implementación parcial del Sistema de Pastoreo Racional Voisin (PRV) sobre la producción de una ganadería bovina de leche en la finca "Ganadería San Juan de Moquetes", ubicada en la parroquia Ascázubi, cantón Cayambe, provincia de Pichincha, mediante su comparación con el sistema de pastoreo continuo. La investigación tuvo un carácter comparativo y de campo, considerando como variables productivas la disponibilidad de forraje, la producción de leche y la capacidad de carga animal estimada. La finca dispone de 7,43 ha destinadas al pastoreo; para la evaluación del forraje se realizó un aforo por doble muestreo en un área de 1,24 ha bajo pastoreo continuo y en 1,02 ha correspondientes al área de implementación parcial del PRV. La disponibilidad estimada de forraje verde fue de 1,06 kg MV/m² en el sistema continuo y de 1,50 kg MV/m² en el PRV, con una diferencia observada de 0,44 kg MV/m². Para estimar la disponibilidad de materia seca se consideró un contenido de materia seca del 20 % como valor para los cálculos, obteniéndose 2.120 kg MS/ha en el sistema continuo y 3.000 kg MS/ha en el PRV. Considerando los porcentajes de desperdicio estimados, la materia seca aprovechable fue de 1.060 kg MS/ha y 2.700 kg MS/ha, respectivamente. La producción promedio fue de 8,74 L/vaca/día en el sistema continuo y de 9,69 L/vaca/día en el PRV, con una diferencia de 0,95 L/vaca/día, equivalente a un incremento observado de 10,9 %. La capacidad de carga estimada fue de 1,29 UBA/ha en el sistema continuo y de 3,28 UBA/ha en el PRV, considerando animales de 450 kg. El costo estimado para la implementación de la infraestructura propuesta fue de USD 6.424,24. Los resultados corresponden a una comparación descriptiva de las condiciones y registros evaluados.

Palabras clave: Sistema de pastoreo continuo, PRV, producción de forraje, incremento de producción de leche.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the effect of the partial implementation of the Voisin Rational Grazing System (PRV) on dairy cattle production at the "Ganadería San Juan de Moquetes" farm, located in Ascázubi parish, This research aimed to evaluate the effect of the partial implementation of the Voisin Rational Grazing System (PRV) on dairy cattle production at the "Ganadería San Juan de Moquetes" farm, located in Ascázubi parish, Cayambe canton, Pichincha province, by comparing it with the continuous grazing system. The research was comparative and field-based, considering forage availability, milk production, and estimated animal carrying capacity as productive variables. The farm has 7.43 ha allocated to grazing; forage availability was evaluated through double-sampling forage estimation in an area of 1.24 ha under continuous grazing and in 1.02 ha corresponding to the area of partial PRV implementation. The estimated availability of green forage was 1.06 kg FM/m² in the continuous grazing system and 1.50 kg FM/m² in the PRV, with an observed difference of 0.44 kg FM/m². To estimate dry matter availability, a dry matter content of 20% was considered as a value for the calculations, resulting in 2,120 kg DM/ha in the continuous system and 3,000 kg DM/ha in the PRV. Considering the estimated forage waste percentages, usable dry matter was 1,060 kg DM/ha and 2,700 kg DM/ha, respectively. Average milk production was 8.74 L/cow/day in the continuous grazing system and 9.69 L/cow/day in the PRV, with an observed difference of 0.95 L/cow/day, equivalent to an observed increase of 10.9%. The estimated carrying capacity was 1.29 AU/ha in the continuous grazing system and 3.28 AU/ha in the PRV, considering 450 kg animals. The estimated cost for implementing the proposed infrastructure was USD 6,424.24. The results correspond to a descriptive comparison of the conditions and records evaluated.

Keywords: Continuous grazing system, PRV, forage production, increase milk production.

INTRODUCCIÓN

La industria lechera, especialmente la pequeña y mediana industria, desempeña un importante papel en el sistema alimentario mundial. La producción de leche es una piedra angular de la agricultura económica. A lo largo de los años, las lecherías han demostrado ser fundamentales para las comunidades rurales, proporcionando una fuente crucial de ingresos y una forma de vida para miles de familias. Según el informe del Centro de la Industria Láctea del Ecuador (2021), en la página 5 se indica que la estimación de la industria láctea en el país es responsable de la creación de aproximadamente 1,2 millones de puestos de trabajo directos e indirectos, y que su contribución al PIB Agroindustrial es del 4 %.

La producción de leche en Ecuador proporciona una fuente vital de ingresos para las familias rurales. La gran mayoría de las granjas lecheras son de propiedad y operación familiar, lo que mantiene las ganancias en las áreas rurales y estimula la economía rural. No obstante, las familias productoras de leche se enfrentan diariamente problemas como los inventarios de leche no administrados, los precios injustos, el alto costo de los insumos, el desconocimiento y falta de capacitación, entre otros, que hace imposible que la mayoría de las operaciones lecheras obtengan ganancias.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (2019) señala que, en Ecuador, al 2019, se ha estimado un total de 4,1 millones de cabezas de ganado, de los cuales 2,33 millones, es decir, el 57% corresponden a la ganadería para la leche, lo que se traduce en una producción diaria aproximada de 5000000 de litros de leche y USD 1,400 millones de dólares por año provenientes de la producción de leche y sus derivados a nivel nacional.

Cevallos et al. (2021) desarrollaron un estudio para establecer el costo real, y la incidencia de cada rubro, de la producción del litro de leche en pequeños y medianos ganaderos. El estudio establece que la alimentación de los animales y la mano de obra son los rubros más importantes y representan del 75 al 80% del costo de producción de leche. En Ecuador, existen varias formas de alimentación bovina, cada ganadero tiene un sistema nutricional distinto. Sin embargo, el método de alimentación básica común es la pastura.

El adecuado manejo de las pasturas en el país debe superar varios problemas, entre estos: la dependencia de insumos externos, el incorrecto manejo del animal, al uso inadecuado del suelo, la degradación de recursos finitos, la escasa rotación de los potreros, la ocupación larga de los potreros, etc. Estos y otros problemas implican que los actuales procesos sean ineficientes, por lo que es necesario que los ganaderos puedan tener acceso a información sobre los diversos sistemas de producción pecuaria.

La ganadería bovina, generalmente, se maneja a través sistemas de pastoreo convencionales, lo que implica una alta dependencia de insumos, maquinaria, pastos mejorados, etc. con el fin de alcanzar una alta productividad. Gran parte de los productores de leche no emplean un registro sistemático de los rubros que se generan en la producción de leche y que, considere una ganancia o pérdida que conlleve a efectuar los ajustes necesarios cuando se requiera.

La falta de un registro y análisis que revele la realidad del manejo de las granjas lecheras no permite visibilizar los altos costos de producción de leche que genera un pastoreo convencional. La presente investigación compara dos sistemas de producción totalmente antagónicos: el sistema continuo de pastoreo y el sistema de Pastoreo Rotacional Voisin (PRV).

La metodología del pastoreo es puramente ancestral. Sin embargo, el empleo de rotación de potreros fue propuesta a principios del siglo XX por el científico Warmhold quien puso en práctica un sistema rotacional enfocándose en el óptimo tiempo de reposo y ocupación de las pasturas, y no fue sino hasta mediados de este siglo que se popularizó gracias a los escritos y conferencias del químico-físico francés André Voisin, quien pudo vincular sus conocimientos profesionales con la ganadería, realizando así múltiples observaciones de campo que le permitiesen conocer más sobre las pasturas y el comportamiento de los animales que las pastoreaban. Fue así que al integrar la rotación de potreros le permitió aumentar capacidad de carga animal en un tercio. El Ingeniero agrónomo Luis Carlos Pinheiro, uno de los discípulos de Voisin, decidió continuar con la investigación y el desarrollo en el campo de la agricultura, por lo que en 1970 creó la expresión de Pastoreo Racional Voisin en reconocimiento a su maestro (Rúa, 2015).

El Pastoreo racional Voisin es una de las tecnologías más eficientes a base de pastos. La aplicación de este sistema considera algo como un todo debido a que se utilizan herramientas, teorías, leyes existentes sobre la producción del animal,

producción de forraje sin omitir ningún componente. Se hace un uso racional de los recursos que tenemos para producir nos permite aumentar la carga animal y reducir los costos de producción (Suárez, 2013). Muchos de los ganaderos no generan mayores ganancias debido a la alta inversión que los sistemas convencionales implican y es por esta razón que se han visto en la obligación de cerrar su negocio. El sistema PRV ayuda a reducir los costos de producción ya que no se dependerá de insumos externos como fertilizantes, herbicidas, abonos. Los ganaderos no solo enfrentan problemas económicos, sino también ambientales siendo el sector ganadero el que mantiene problemas con movimientos ecologistas, es por esta razón que el uso del Sistema PRC evita la degradación y desertificación del suelo y pasturas y permitirá tener una producción más ecológica y amigable con el medioambiente (Rúa, 2015).

De acuerdo con lo mencionado, se puede concluir que el Sistema de Pastoreo Racional Voisin (PRV) ofrece una solución a diversos problemas que los ganaderos enfrentan actualmente, como los altos costos de producción, la limitación de espacio para la ganadería, conflictos con los movimientos ecológicos y los bajos rendimientos por hectárea. En este sentido, la investigación presente tiene como objetivo diseñar e implementar parcialmente el PRV como uno de los sistemas de ganadería regenerativa, que permite reducir los impactos ambientales y aumentar la producción de los animales para mejorar la rentabilidad de los hatos ganaderos.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ganadería en varios países de Latinoamérica enfrenta diversos problemas económicos, ambientales y sociales con relación a sistemas de producción extensivos. En consecuencia, el sector rural se ha visto muy afectado, debido al alta dependencia de insumos externos, mal manejo de las pasturas, incorrecto manejo del animal, uso inadecuado del suelo, degradación de recursos finitos, entre otros. Esto implica que el desarrollo de esta actividad presenta altos costos y baja producción.

En Ecuador, la producción ganadera es una actividad económica de gran importancia, aunque también es una actividad cuestionada constantemente por sus bajos niveles productivos. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2017) la región Sierra se destaca por el promedio de litros de leche por vaca producidos, con 7,11 litros/vaca. La región Oriental ocupa el segundo lugar con 4,29 litros/vaca, mientras que la región Costa se ubica en el último lugar con 3,93 litros/vaca.

El sistema de pastoreo continuo es un método convencional que genera impacto negativo contra el suelo y el medio ambiente, en el que el animal tiende a ser muy selectivo buscando así las pasturas más gustosas y nutritivas, lo que provoca muchas veces un sobrepastoreo y desperdicio del pasto no consumido, así mismo impide el rebrote del pasto y por ende mantiene una muy baja carga animal, lo que genera que la producción del animal por unidad de área sea muy baja.

Lamentablemente, la producción de las praderas es relativamente baja y, por lo tanto, la densidad ganadera de los establecimientos agropecuarios permanece estancada, lo que impacta de forma negativa a la productividad y rentabilidad de los productores de leche. Esto se debe a que mayoritariamente se tiene un sistema de pastoreo continuo con malas prácticas de ganadería, puesto que los terrenos se emplean constantemente sin darles el descanso necesario, pastoreo extensivo

continuo, o el tiempo de descanso otorgado es insuficiente, pastoreo rotativo muy frecuente (Castro y Rúa, 2020).

En la Finca "Ganadería San Juan de Moquetes" ubicado en la parroquia Ascázubi se maneja un explotación lechera, en sistema de pastoreo extensivo con una carga animal alta generando sobrepastoreo, afectando al rebrote de las plantas y provocando un impacto negativo en la producción de los animales, por lo que resulta indispensable aplicar el sistema de Pastoreo Racional Voisin para asegurar un manejo eficiente de las pasturas, con una adecuada carga animal, con el propósito de mejorar las condiciones del suelo, planta, animal y hombre, garantizando una excelente rentabilidad del Hato y una ganadería regenerativa.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La empresa ganadera "Ganadería San Juan de Moquetes" utiliza actualmente un sistema de pastoreo continuo, el cual limita el manejo adecuado de los períodos de ocupación y descanso de las pasturas, generando un aprovechamiento poco eficiente del forraje. Esta situación, junto con la baja carga animal y los elevados costos de insumos, ha contribuido a la disminución de la producción de leche desde 2018.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación expone la importancia y ventajas de migrar de sistemas de pastoreo continuo o tradicionales a sistemas de Pastoreo racional Voisin (PRV), puesto que constituye una herramienta esencial para lograr una ganadería sostenible en el tiempo. El PVR no emplea químicos para la obtención de productos ecológicos, lo mejora la calidad de estos y reduce los costos de producción, permitiendo que las industrias ganaderas de pequeña, mediana y gran escala incrementen la rentabilidad y promuevan el desarrollo de la economía del sector. Al mejorar las capacidades del pequeño y mediano productor, se optimiza la producción de leche mediante la implementación de buenas prácticas ganaderas que mejorar la calidad de la oferta de alimentos saludables para la población ecuatoriana.

Argumentan Moyán y Ortega (2017) que la ganadería de la sierra ecuatoriana se desarrolla bajo sistemas de pastoreo convencionales, el cual no garantiza la sostenibilidad y sustentabilidad del sector ganadero. Se estima que la carga animal en esta zona oscila entre 0,21 a 0,22 UBA/ha". La baja carga animal es señal de un deficiente manejo de pasturas y uso del suelo siendo el Pastoreo Racional Vosin según

el más moderno y eficiente método para la producción de carne y leche y otros productos a base de pastos.

En el manejo racional del pastoreo, se puede obtener un mayor ingreso al no invertir en maquinarias, químicos y medicamentos, permitiendo que la naturaleza se equilibre y aumente la productividad forrajera. Esto se traduce en un mejor desempeño individual y colectivo del ganado, lo que se refleja en un aumento de la productividad y rentabilidad de la ganadería. Aunque la rotación de potreros es común en la actualidad, no significa necesariamente que se esté realizando un pastoreo racional, ya que este implica mucho más que simplemente rotar los potreros (Rúa, 2009; Castro y Rúa, 2020)

Al implementar PRV se tienen en consideración: la subdivisión del terreno, el suministro de agua limpia y fresca a los animales en el potrero, diversos factores para el manejo de los pastos, la salud animal, la conservación del medio ambiente y todo lo respectivo a la administración de la propiedad, entre lo que se destaca el sistema viario, la división en piquetes (potreros) y el manejo racional de los animales y los pastos que se rige por cuatro leyes básicas que fueron establecidas por A.Voisin (Rúa, 2011).

Una de las características de este sistema es ampliar el tiempo de descanso de los pastos entre pastoreos continuos, con el fin de establecer tiempos de consumo eficientes. El PRV proporciona un manejo adecuado del pasto, aprovechando las condiciones naturales del medio para maximizar el rendimiento económico y la producción (Monteverde, 2014). Castro et al. (2020) afirman que, la implementación del PRV beneficia el entorno natural y sus procesos propios, como la fotosíntesis, incrementando la captura de GEI y, por ende, la síntesis de la glucosa que constituye uno de los principales componentes de los tejidos vegetales.

Además, el manejo adecuado de los pastos contribuye a una distribución más uniforme de los desechos biológicos del ganado, como la orina y las heces, lo que promueve la generación de una significativa cantidad de materia orgánica por la acción de los microorganismos presentes en el suelo (Castro y Rúa, 2020).

En la actualidad, la parroquia Ascázubi ha empezado a experimentar los efectos del cambio climático, especialmente en lo que respecta a la escasez y, en un grado menor, las heladas. Sin embargo, es posible reducir estos efectos aplicando medidas de adaptación que consideren las condiciones ambientales y socioeconómicas

necesarias para beneficiar a los habitantes locales y mitigar los impactos negativos del cambio climático en sus medios de vida (GADIP, 2020).

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Comparar las condiciones productivas de una ganadería bovina de leche bajo el sistema de pastoreo continuo y la implementación parcial del Sistema de Pastoreo Racional Voisin en la finca "Ganadería San Juan de Moquetes".

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la disponibilidad de forraje verde y estimar la disponibilidad de materia seca en ambos sistemas de pastoreo.
- Comparar la producción de leche en los dos sistemas de pastoreo.
- Estimar la capacidad de carga animal por hectárea en la implementación parcial del PRV.
- Estimar el costo de la implementación del Sistema PRV.

1.4.3. Preguntas de Investigación

¿Cuál es la disponibilidad de forraje verde y la disponibilidad estimada de materia seca en ambos sistemas de pastoreo?

¿Qué diferencias se observan en la producción de leche entre los dos sistemas de pastoreo?

¿Cuál es la capacidad de carga animal estimada por hectárea en la implementación parcial del PRV?

¿Cuál es el costo de estimado para implementar el sistema PRV?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Existen proyectos en Ecuador que han presenciado las bondades del PRV tal es el caso de la "hacienda la florida" ubicada en Santo domingo:

Rúa y Gómez (2010) Menciona que el manejo de la mayoría de las haciendas se basa en métodos convencionales los cuales implican un mal uso de las tierras, por lo que decidieron implementar PRV en la hacienda la florida, aplicando correctamente las leyes y pilares del PRV. El proyecto apenas tenía 6 meses de haber implementado el PRV y los resultados mostraron un incremento en la producción de forraje por unidad de superficie pasando de 1,6 kg/m² a 2,16 kg/m² y por ende un incremento de la carga a animal y con ello más producción y rentabilidad.

De igual manera un ejemplo de éxito tras la implementación del sistema de pastoreo racional Voisin, Sorio (2012), menciona que en la Granja San Poscal ubicada en Brasil, quienes manejan un área de 14,7 hectáreas. Tras largos años en la actividad lechera de forma desordenada y bajas producciones anuales de leche, la familia se decidió a adoptar el Pastoreo Voisin. Los parámetros comparativos son significativos pasando de 12-15 l/vaca/día a 25-27 l/vaca/día con una óptima carga animal 3,25 a diferencia del sistema extensivo que mantenía 1,42.

En el estudio realizado por Falcón et al. (2014) se implementa el PRV con el fin de realizar comparaciones con el sistema convencional en un cultivo de soya y un barbecho natural, estableciendo que la carga animal en el sistema PRV (4.35 UA/ha) supera por mucho, más de cuatro veces, los valores típicos que se tienen en la provincia de Santa Fé (1 UA/ha), teniendo un aumento significativo y sostenible, puesto que no se aplicaron agroquímicos ni fertilizantes, lo que hace al PRV un sistema eficiente en términos ambientales y económicos.

En la misma línea Terán (2015) en la evaluación entre dos sistemas de pastoreo para ganado lechero (*Bos taurus*) en Machachi, realizó un estudio de comparación entre dos sistemas de pastoreo con la finalidad de solventar los problemas de la empresa.

menciona que existe mayor rendimiento en los tratamientos bajo el sistema de PRV (4,00 ton/ha) frente a los tratamientos bajo el sistema convencional (2,71 ton/ha), además el PRV generó una reducción del 24,8% de los costos de establecimiento y mantenimiento, en relación con el sistema convencional.

Por otro lado, Víneces (2015) desarrolló un diseño de un apotreramiento con sistema silvopastoril y pastoreo racional Voisin de la hacienda Flor María, ubicada en el cantón Paján, provincia de Manabí, donde implementa el sistema PRV después de tener una baja producción ganadera. La investigación muestra que, tras la implementación del sistema PRV, la producción muestra un incremento del 39,79% en el primer año con un crecimiento sostenido del 16% en los años subsecuentes. Cabe mencionar que la inversión de implementación se recupera en el segundo año, siendo los costos de cerca eléctrica y red hidráulica los más representativos.

Y así mismo Borja (2019), Menciona que en la Hacienda Ganadera La Simona, ubicada en el Cantón Pedernales, se trabajaba bajo un sistema de pastoreo convencional el cual no generaba ningún tipo de rentabilidad, por lo que se vieron en la necesidad de implementar de manera correcta el PRV valorando principalmente el desarrollo de la biocenosis del suelo, el tiempo óptimo de ocupación y los tiempos de reposo. Logrando así obtener un incremento en la carga animal de 0,7 UBA/Ha a 2,4 UBA, así como también un aumento en el costo de la leche pasando de 0,35 a 0,38 centavos, como consecuencia de un mejor producto de calidad.

2.2. MARCO TEÓRICO

En el Ecuador la ganadería es una de las actividades agropecuarias que generan un gran aporte económico a nivel nacional. Sin Embargo, la ganadería es una de las industrias con mayor impacto en el medio ambiente a nivel nacional y mundial (Salgado, 2017).

La producción ganadera en Ecuador se mantiene a niveles sumamente insostenibles en varias provincias, lo que ha causado varias amenazas tales como: Degradación del suelo, Gases de efecto invernadero, emisiones de contaminantes y expansión de la frontera agropecuaria (MAE, 2016).

2.2.1. Pastoreo

La palabra Pastoreo fue definida por el científico, Investigador y fundador del PRV André Marcel Voisin el cual define al pastoreo como el encuentro entre la vaca y la hierba. Sin embargo, con el desarrollo y la difusión mundial de la tecnología PRV y su aplicación a las diversas producciones ganaderas podemos llegar definir al pastoreo como “el encuentro entre el animal (cualquier animal que pasta) y el pasto (plantas gramíneas, leguminosas, arvenses, herbáceas, arbóreas), (Rúa, 2015).

2.2.1.1. Carga Animal

Es el número de animales por unidad de superficie. Es el aspecto más importante, el cual determina la producción del rodeo y la sostenibilidad y productividad de los pastizales, con el fin de evitar problemas como sobrepoblación, falta de alimento, excesos en los costos de suplementación todo lo cual se traduce en pérdidas económicas (Horacio, 2010).

2.2.1.2. Aforo doble muestreo

Es un método que consiste en tomar 3 submuestras del potrero que se está aforando a diferentes alturas del pasto: alto, medio y bajo, y pesarlas en kilos y gramos. Luego, se suman los resultados de las tres submuestras y se dividen para obtener el promedio aritmético en kilogramos por metro cuadrado.



Figura 1. Aforo por doble muestreo
Fuente: Rúa (2016)

2.2.1.3. Punto Óptimo de Reposo

Se refiere al momento idóneo para que el ganado ocupe el potrero, en el cual la planta se encuentre en su mejor estado nutricional y una mayor cantidad de biomasa. De esta manera el ganado una cantidad adecuada de materia verde y seca de excelente calidad en cuanto a contenido nutricional y digestibilidad del rumen.

No todas pasturas poseen el mismo P.O.R (punto óptimo de reposo) debido a que varían de acuerdo a la especie, las condiciones climáticas del lugar, calidad y topografía del suelo, entre otros factores. Es por esa razón que cada ganadero debe observar en qué momento se da el P.O.R de las pasturas establecidas en sus praderas, de forma que cuando comiencen a brotar las primeras hojas y empiecen a amarillarse, entonces podremos determinar que el proceso de maduración ha empezado y empieza el punto óptimo en el que el ganado debe entrar al potrero (Rúa, 2015).

2.2.1.4. División racional

Existen diversas maneras de dividir un terreno que generan un impacto positivo en las praderas y mejoran la eficiencia en la pastura, generando un mejor rendimiento de los animales que las pastorean. La comprensión de la esencia del manejo racional de las praderas permite entender que, aunque se pueden dividir de cualquier manera y tener resultados positivos, no hay mejor manera que dividir las racionalmente (Rúa, 2021).

Para una óptima producción es necesario organizar el pastoreo, pues no siempre los potreros que están en el Punto Óptimo de Reposo (POR) presentan un orden consecutivo, es por eso que el pastor deberá conducir el ganado al potrero que justo este en POR, de esta manera el ganado podrá consumir la cantidad y calidad adecuada de pasto. Este método se conoce como de saber saltar, puesto que es el pastor el encargado de que el ganado salte al potrero que esté en su punto óptimo.

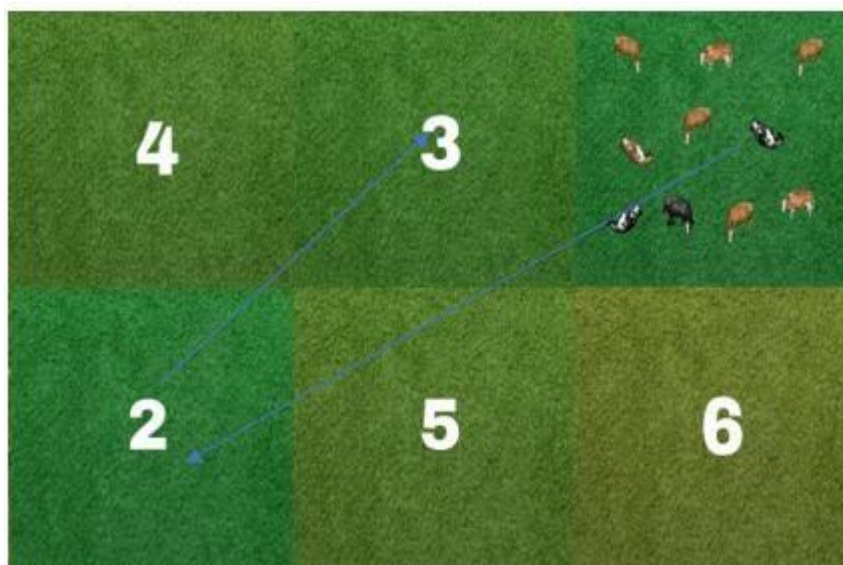


Figura 2. Sistema Racional de pastoreo Voisan

“En la ganadería tradicional rotacional, se emplea una rotación de forma consecutiva, en el cual el pastor lleva al ganado de un potrero al siguiente, que es el que está a continuación del potrero que ya fue pastoreado.



Figura 3. Pastoreo Rotacional

La Figura 3 muestra las ganaderías convencionales, uno de los principales problemas de emplear una rotación consecutiva es que no se considera que cada potrero tiene una recuperación diferente, como se observa en la siguiente figura.

OCUPADO HACE SIETE SEMANAS DÍAS LLUVIOSOS SERÁ OCUPADO DE NUEVO LA PRÓXIMA SEMANA	OCUPADO HACE SEIS SEMANAS DÍAS POCO LLUVIOSOS	OCUPADO HACE CINCO SEMANAS DÍAS MUY LLUVIOSOS	OCUPADO HACE CUATRO SEMANAS ALGUNOS DÍAS LLUVIOSOS Y OTROS CALUROSOS
OCUPADO ESTA SEMANA DÍAS MUY CALUROSOS	OCUPADO LA SEMANA PASADA DÍAS LEVEMENTE CALUROSOS	OCUPADO HACE DOS SEMANAS DÍAS OPACOS PERO NO LLUVIOSOS	OCUPADO HACE TRES SEMANAS DÍAS MUY LLUVIOSOS

Figura 4. Potreros en rotación tradicional vs. Clima predominante durante la ocupación.

Fuente: Rúa (2016)

El tono verde más oscuro se encuentra más cerca del P.O.R (Punto Óptimo de Reposo), mientras que el más claro implica que la recuperación esta retrasada, se observa también que el clima cambia según los días transcurridos y por ende la recuperación de cada potrero va a variar.

2.2.1.5. Despunte y Repaso

Se dividen los animales en dos grupos: uno con aquellos que presentan las mayores exigencias nutricionales y el otro con los de menor exigencia. El primero, inicia el pastoreo, con el fin de que despunte el pasto, es decir que consuma la parte alta. A continuación, se ingresa el segundo grupo, con necesidades nutricionales menores para que consuma la parte baja del pasto, hasta que éste presente el nivel que se ha establecido previo al inicio de la pastura, este último proceso se conoce como repaso. Cabe mencionar que, el remanente debe tener una altura mínima de 3 cm, evitando así el repelado del potrero.

Según lo planteado por Rúa (2015), si se emplea un solo grupo para pastorear, es probable que la producción de pasto no sea siempre óptima, ya que la cantidad de pasto ingerido por los animales puede variar en cada pastoreo, lo que se conoce como el "efecto serrucho". Este manejo se relaciona con la ley de rendimientos máximos. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que el despunte y repaso del pastoreo funciona en cualquier etapa o edad de los animales.

2.2.2. Sistemas de pastoreo

2.2.2.1. Pastoreo continuo.

Este sistema es uno de lo más tradicionales, debido a que los recursos que se utiliza para la implementación y operación no son muy costosos, sin embargo, el bajo costo no siempre significa rentabilidad. Este sistema implica mantener una cierta cantidad de ganado en un potrero durante un largo tiempo, lo que puede caer en un sobrepastoreo debido a la selectividad de los animales (Ponce, 2000).

2.2.2.2. Pastoreo por franjas.

Este sistema consiste en dividir la pradera diariamente, para proporcionar una cantidad optima de forraje para el ganado, lo cual se logra mediante el uso de cerco eléctrico. La técnica consiste en colocar una cerca delante y otra detrás de la dirección del pastoreo, apartando el área que ya ha sido pastoreada anteriormente (Ponce, 2000).

El uso adecuado de esta técnica permite minimizar los riesgos de sobrepastoreo y tener una mejor oferta de forraje, así como menos selectividad. En consecuencia, mejora la productividad de los animales y la rentabilidad de la empresa. Sin embargo, al uso incorrecto de la técnica puede ocasionar un efecto negativo en el pasto, debido a que existe un sobrepastoreo que no permite la recuperación optima del pasto (Ponce, 2000).

2.2.2.3. Pastoreo Rotativo

Este sistema implica implementar apotreramiento adecuado para subdividir el predio en parcelas o potreros. Con este método se logra obtener un mejor aprovechamiento del pasto. En este caso, prácticamente el pasto tiene la oportunidad de tener un óptimo periodo de descanso y garantizar la futura producción de forraje (Ponce, 2000).

2.2.2.4. Pastoreo Racional

Según la RAE (2022), el pastoreo racional es “todo aquello que obedece a juicios basados en el pensamiento y la razón”. Al hablar de pastoreo racional se enfatiza en el uso del pensamiento y la razón del ser humano, porque si bien los animales rumiantes tienen instinto, lo cual les ayuda a elegir que comer dentro de los potreros, no lo hacen de manera racional debido a que carecen de ella, en consecuencia, no debe asumirse que al ellos tener cierta inteligencia animal son capaces de tomar

daciones favorables, y más bien ser el pastor quien tome las decisiones de manera racional y que sean más convenientes para el animal y el pasto (Rúa, 2015)

2.2.2.5. Pastoreo Racional Voisin (PRV)

El PRV es una técnica aplicada al manejo estricto de las pasturas, siendo el pastor el encargado de mover al ganado de potrero en potrero en el momento adecuado cuando el pasto se encuentra en su punto óptimo de consumo, es decir en su mejor estado nutricional y de productividad por hectárea, y en potreros con dimensiones previamente calculadas para que el animal pueda consumir de acuerdo a sus requerimientos nutricionales. Por lo tanto, no existen estándares para el tamaño de los potreros, los días de rotación (reposo y ocupación) o el tamaño del grupo de los animales de pastoreo, puesto que todo depende del tipo de pasto que este establecido en la finca, del clima de la época, de la región en la que se encuentre la finca, del tipo de suelo, de su biocenosis y su capacidad de fertilidad, de los tipos de animales que se esté manejando, entre otros (Rúa, 2015)

El error más frecuente al iniciar con la implementación del PRV es cuando el ganadero, con el fin de incrementar la productividad, incrementa el número de cabezas de ganado, de manera que cuando inicia el siguiente ciclo de pastoreo, puede evidenciar que los potreros aún no se encuentran en el POR debido a que están en estado inmaduro pero se ve en la obligación de alimentar al ganado sin respetar el tiempo óptimo de reposo para que el pasto se desarrolle, de esta manera hará con todos los potreros lo cual genera problemas en la pastura y necesidades nutricionales del animal (Rúa, 2015).

El PRV no solo se encarga de favorecer al animal y el pasto, sino que también contribuye a la estabilidad del ecosistema y tiene como objetivo preservar y tratar con respeto a la naturaleza, logrando así tener un ambiente sostenible y sustentable. Se opone al uso inadecuado de productos químicos, venenos y a las prácticas que dañan los suelos de los ganaderos y los ecosistemas en general.

¿Por qué PVR es el sistema de producción más conveniente para la ganadería?

Porque permite tener más ganado en menos terreno.

Porque se logrará aumentar gradualmente la carga animal del proyecto. Esta carga animal incluso podría llegar a ser un tanto superior, en dependencia de

la disciplina, rigurosidad y correcta implementación de la tecnología PRV en todas sus etapas. Así mismo, en caso que el desarrollo del proyecto sea el más correcto

posible, tal vez las mismas metas de carga animal puedan alcanzarse antes del tiempo previsto.

Permite incrementar el índice de producción por hectárea de leche, carne y crías, basándose únicamente en pastos y forrajes.

Para sobrepasar la carga animal, o conseguir una alta producción sostenida a largo plazo y con la mayor rentabilidad posible, el proyecto PRV va a depender no sólo de la positiva respuesta del terreno y su vegetación, y del ecosistema en general, al manejo que se le proporcionará, sino que además de gramíneas (pastos) se vaya cultivando, poco a poco, plantas leguminosas, arbustivas y arbóreas forrajeras.

Reduce los costos de producción y, por ende, incrementa la rentabilidad de la actividad ganadera.

Evita el uso de agroquímicos y fertilizantes sintéticos. La fertilización del campo se desarrolla en base a la correcta distribución de los desechos biológicos del ganado.

Permite gestionar el control de la maleza con el mismo ganado, en el caso de ser necesario este se completa con un manejo manual, ya se macheteo o guadaña.

Admite implementar métodos alternativos de control. Este consiste en el uso de cercas eléctricas para limitar el pastoreo y reducir el espacio disponible para el ganado. De esta manera, se fomenta una alimentación más profunda y se interrumpe el ciclo de los parásitos y plagas, lo que resulta en una disminución de su población debido a la falta de recursos. Esta estrategia también contempla el uso de periodos de ocupación y reposo en los potreros para garantizar una recuperación adecuada del pasto. Este enfoque no solo elimina la necesidad de pesticidas, sino que también promueve prácticas de manejo más responsables y sostenibles en la ganadería (Michael, 2014).

Reduce del uso de medicamentos antiparasitarios. Esto se logra mediante la implementación de prácticas que fomentan la salud animal, como un mejor ambiente y confort.

Gestiona adecuadamente el agua, asegurando que esté disponible en cada potrero gracias a sistemas móviles de dotación.

Simplifica la mano de obra y optimiza el rendimiento del trabajo.

Leyes universales del pastoreo

Los primeros inicios de la práctica de rotación de potreros fueron a principios del siglo XX, propuesta por el científico Warmhold, pero divulgada a nivel Mundial por el Dr. André Marcel Voisin quien a través de conferencias y escritos logro popularizar esta práctica en diversos Países.

Voisin afirma que sin importar el lugar o las condiciones agroecológicas en las cuales se encuentre la Finca ganadera, los pastos en general (independientemente de su variedad o especie) se ven afectados por cuatro eventos muy importantes, relacionados con el consumo del pasto, por lo tanto, designó estos cuatro eventos o factores como las cuatro leyes universales del pastoreo (Rúa, 2015).

Ley del Reposo

Voisin (2015) citado en Rúa (2015) indica que: para lograr una máxima productividad en la hierba cortada por el animal, es fundamental permitir que transcurra suficiente tiempo entre dos cortes sucesivos. Durante este periodo, el pasto es capaz de almacenar en sus raíces las reservas necesarias para un rebrote vigoroso. Además, este tiempo de descanso permite que el pasto realice su llamada de crecimiento o alta producción diaria por hectárea, lo que resulta en una mayor cantidad de alimento disponible para el ganado.

Voisin menciona que los pastos tienen similitud con los humanos, puesto que presentan una curva de crecimiento y desarrollo evolutivo, es decir, luego de que el pasto es cortado debe tener un tiempo óptimo de reposo para alcanzar el Punto de Madurez Fisiológica y a medida que el pasto va creciendo alcanza el Punto de Madurez de Cosecha el cual se puede determinar por la floración, en este punto el animal puede aprovechar una excelente oferta forrajera. En los primeros días el pasto se desarrolla a través de sustancias de reserva almacenadas en la raíz, el crecimiento suele ser lento, pero a medida que van pasando las semanas este proceso se acelera debido a un proceso fotosintético el cual permite alcanzar la llamada de crecimiento (Rúa, 2015).

En la Figura 5 se muestra el impacto en el desarrollo de la pastura en los diferentes sistemas de pastoreo, en el eje horizontal podemos observar los días transcurridos entre dos cortes mientras que en el vertical se indican los kilos alcanzados de forraje o pasto producidos en cada m². Podemos observar que el pastoreo continuo es el método que más afecta a la pastura debido a que no le permite obtener un buen

rebrote y alcanzar un óptimo desarrollo, mientras que el pastoreo racional si permite dar a la pastura un rebrote y desarrollo óptimo.

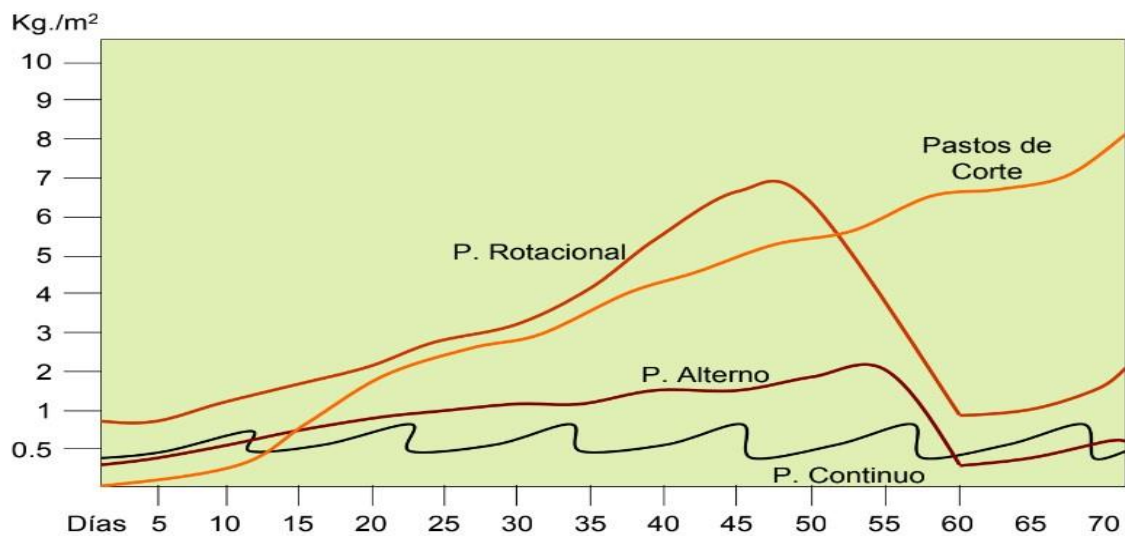


Figura 5. Curva de crecimiento de los forrajes
Fuente: Rúa (2016)

Ley de la Ocupación

Voisin (2015) citado en Rúa (2015) indica que: "Es importante que el tiempo total de ocupación de una parcela sea lo suficientemente corto para evitar que la hierba cortada a diente al comienzo del periodo de ocupación sea cortada de nuevo por los animales antes de que abandonen la parcela. De esta manera, se permite que el pasto tenga el tiempo necesario para recuperarse y acumular reservas en sus raíces para un rebrote vigoroso en el próximo ciclo de pastoreo. Un tiempo de ocupación demasiado largo puede llevar a una sobreexplotación del pasto y una disminución en la calidad y cantidad del forraje disponible."

Voisin observó que en cuanto menor era el tiempo de permanencia del ganado en un potrero, los problemas como compactación, pisoteo son mínimos, en consecuencia, la pastura puede tener un mejor rebrote y desarrollo. Concluyo que el rebrote no se lograba si la pastura era muy alta, sino cuando este se pastoreaba a fondo.

El pastoreo a fondo permite una mejor movilización de reservas de nutrientes a las raíces, debido a que evita que se forme un colchón de pasto lignificado lo cual favorece a su vez el efecto saliva, generando así un rebrote vigoroso e incrementando la biomasa producida durante la postcosecha.

Ley del rendimiento máximo

Voisin (2015) citado en Rúa (2015) indica que: "Para garantizar una producción eficiente de pasto para el ganado, es importante prestar atención a las necesidades alimenticias de los animales que tienen mayores exigencias nutricionales. Esto implica implementar prácticas que les permitan cosechar la mayor cantidad de hierba posible y asegurar que ésta tenga la mejor calidad nutricional. Esto se puede lograr a través de la implementación de estrategias de pastoreo que permitan una alimentación selectiva del ganado en función de sus necesidades, así como también mediante la gestión adecuada de los recursos hídricos y la fertilización del suelo."

Las observaciones de Voisin no solo involucraron plantas, también observo el comportamiento animal en relación con las pasturas que este consumía. Mas tarde se dio cuenta que los animales de pastoreo por naturaleza no realizan un pastoreo efectivo, así que debe ser el pastor quien conduzca a los animales que tengan mayores necesidades nutricionales (vacas recién paridas, primer tercio de lactancia) a consumir la mayor biomasa y de mejor calidad y así poder garantizar una óptima nutrición y rendimiento productivo. Dicho de otra manera, se trata de llevar al ganado con más requerimientos nutricionales a pastar el mejor pasto, es decir cuando este se encuentra en su punto óptimo de reposo (Rúa, 2015).

Al hablar del mejor pasto de la finca no nos referimos al cultivo de especies mejoradas. El mejor pasto es la tercera parte más alta o más alejada del suelo conocida como "puntas"; Por esta razón, el pastor debe llevar a los animales de mayores requerimientos nutricionales a que realicen el despunte de la pastura todos los días. Los animales con requerimientos nutricionales menos exigentes pastaran el resto (los otros dos tercios) y también quedaran satisfechos.

Ley del requerimiento regular

Voisin (2015) citado en Rúa (2015) indica que: "Para garantizar un rendimiento regular de la vaca, es importante evitar que permanezca en una misma parcela por más de tres días. De hecho, para obtener el rendimiento máximo, es recomendable que la vaca no permanezca más de un día en una misma parcela."

Observó Voisin que cuando el ganado entraba en un potrero que había sido pastoreado anteriormente, primero hacía un recorrido antes de comenzar a consumir el pasto que ahí se producía, y conforme iba recorriendo desperdiciaba mucho

pasto por las pisadas, orina y heces que dejaban sobre el potrero y también observo que cuanto más tiempo permanece el ganado en el potrero, mayor es la pérdida por el tiempo transcurrido. Por lo tanto, el ganado rinde muy bien en el primer día de pastoreo, pero disminuye en el segundo día, y aún más en el tercer día y día tras día, en consecuencia, entre más días permanecen en el potrero menor es la producción (Rúa, 2015).

La figura 6 muestra cómo influye la rotación de potreros sobre la producción de leche. Con cada cambio de potrero el ganado mantiene su producción, pero con el tiempo va disminuyendo gradualmente. Muchos tienen conocimiento de esta problemática, pero lo ven como algo normal. Esto no sucede solo con el ganado lechero sino también con el ganado de engorde y de cría, pero no se dan cuenta de este problema debido a que la ganancia o pérdida de peso no se mide de manera diaria sino mensual.

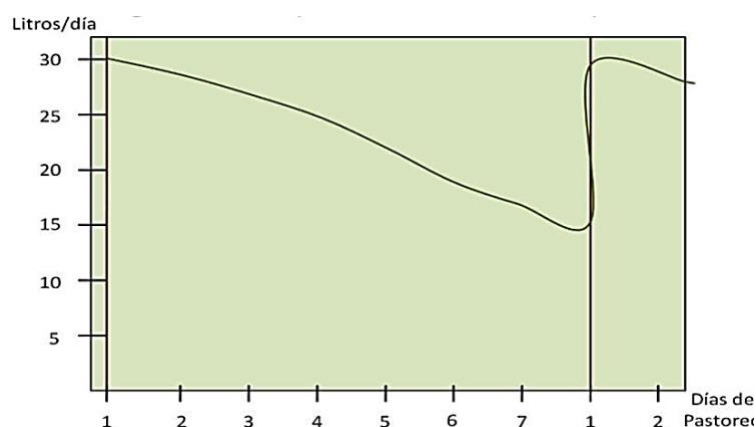


Figura 6. Curva de producción de leche según los días de permanencia en un mismo potrero.

Fuente: Rúa (2016)

De la Figura 7 se deduce que, en los cambios diarios de potreros, el ganado podría aprovechar un potrero en su punto óptimo de reposo y cosechar el pasto de mejor calidad y cantidad, por ende, mantiene una excelente productividad y garantizar una ganadería más sostenible.

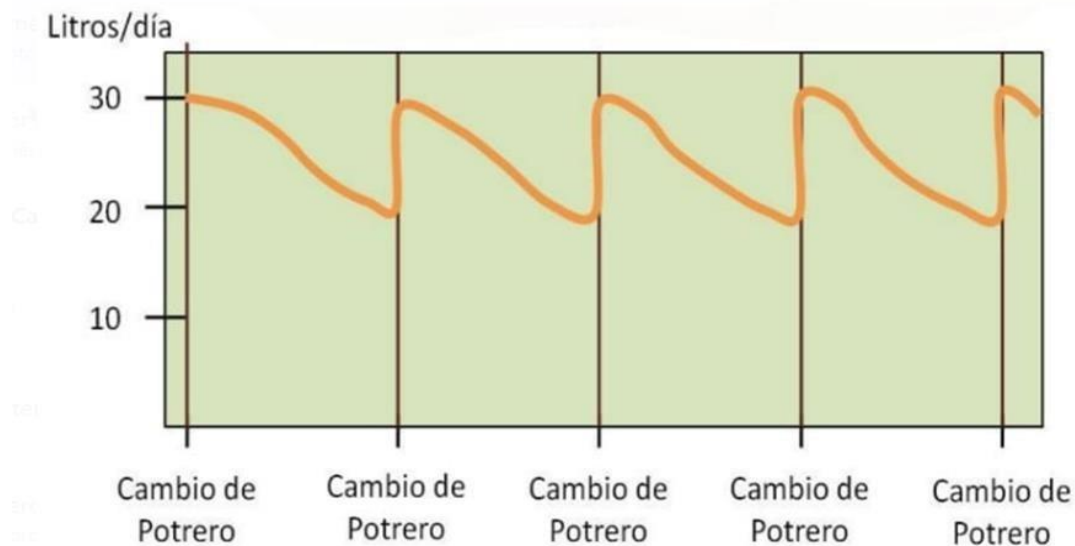


Figura 7. efecto del cambio de potrero

Fuente: Rúa (2015)

2.2.3. Sobrepastoreo

El sobrepastoreo es una de las principales preocupaciones en el manejo de pasturas a nivel mundial, ocurre cuando los animales pasan demasiado tiempo en una misma área, consumiendo todo el forraje disponible y, como resultado, degradando la calidad de la vegetación y del suelo. El sobrepastoreo también puede llevar a la erosión del suelo, la reducción de la capacidad de carga y la pérdida de biodiversidad.

El sobrepastoreo constituye un problema particularmente grave en regiones con una gestión empírica de pasturas y con una alta presión de pastoreo. En estas áreas, se tiene una disminución significativa de la producción de forraje y, por lo tanto, una reducción de la capacidad de carga animal. Además, la pérdida de vegetación también tiene un impacto negativo en la calidad del suelo, ya que constituye un factor importante para su estabilización y la conservación de la humedad.

Una adecuada gestión del pastoreo reduce significativamente este problema. La rotación continua de los animales en diferentes áreas y el control de la carga animal, de modo que la vegetación tenga tiempo suficiente para recuperarse, mejoran las

condiciones de pastoreo. Es importante, también, monitorear la calidad de la vegetación y del suelo, y utilizar técnicas de pastoreo sostenible, como el PRV, que pueden ayudar a optimizar la producción de forraje y reducir el impacto en el medio ambiente.

Así, el sobrepastoreo es un problema serio que puede tener consecuencias negativas para la biodiversidad y la calidad del suelo. Para prevenirlo, es importante llevar a cabo una gestión adecuada y utilizar técnicas de pastoreo sostenible como el PRV. La implementación de estos métodos puede mejorar significativamente la eficiencia y la producción de forraje, al tiempo que protege la calidad del suelo y la biodiversidad en las áreas implicadas.

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Cuantitativo

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, debido a que se recopilaban y analizaban datos numéricos relacionados con la disponibilidad de forraje, producción de leche y capacidad de carga animal estimada. Estos datos permitieron realizar una comparación descriptiva entre el sistema de pastoreo continuo y el Sistema de Pastoreo Racional Voisin (PRV). La observación directa y el registro fotográfico se utilizaron como herramientas complementarias para caracterizar las condiciones de manejo y las áreas evaluadas.

3.1.2. Tipo de Investigación

Esta investigación, desarrollada en la finca "Ganadería San Juan de Moquetes", ubicada en la parroquia de Ascázubi, cantón Cayambe, provincia de Pichincha, fue de carácter comparativo y de campo, debido a que se evaluaron y compararon variables productivas bajo el sistema de pastoreo continuo y el Sistema de Pastoreo Racional Voisin (PRV). El estudio se realizó mediante la medición de la disponibilidad de forraje, la producción de leche y la estimación de la capacidad de carga animal, con el propósito de describir las diferencias observadas entre ambos sistemas de pastoreo.

3.2. HIPÓTESIS

Ha: El Sistema de Pastoreo Racional Voisin permite mejorar la producción de la ganadería de leche en la finca ganadera "Ganadería San Juan de Moquetes".

Ho: El Sistema de Pastoreo Racional Voisin no permite mejorar la producción de la ganadería de leche en la finca ganadera "Ganadería San Juan de Moquetes".

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Para esta investigación se definieron las siguientes variables:

Independientes:

- Sistema de pastoreo racional Voisin
- Sistema de pastoreo Continuo

Dependientes:

- Disponibilidad de forraje (MV y MS)
- Producción de leche
- Carga animal

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

Hipótesis	Variable	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
El Sistema de Pastoreo Racional Voisin permite mejorar la producción de la ganadería de leche en la finca ganadera "Ganadería San Juan de Moquetes"	Independiente: Sistema de pastoreo	Pastoreo racional Voisin	Manejo mediante subdivisión de potreros, ocupación y reposo	Observación directa	Ficha de registro
		Pastoreo Continuo	Manejo del ganado en áreas de pastoreo continuo	Observación directa	Ficha de registro
	Dependiente: Producción de la ganadería de leche	Producción de forraje	Disponibilidad de forraje de materia verde y seca (kg/m ²)	Aforo por doble muestreo mediante estimación visual y corte de muestras. Medición y cálculo	Cuadrante de aforo de 1 m ² , balanza digital, tijera de corte y ficha de registro de datos. Recipiente graduado, ficha de registro y hoja de cálculo.
		Producción de leche	Producción total de leche (L/día) Producción promedio por vaca (L/vaca/día)		
		Carga animal	Unidades Bovinas Adultas por hectárea (UBA/ha)	Medición y cálculo	Ficha de registro y hoja de cálculo

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Diagnóstico

3.4.1.1. Ubicación del experimento

La presente investigación se llevó a cabo en la finca ganadera San Juan de Moquetes, ubicada en la parroquia rural de Ascazubi, cantón Cayambe, provincia de Pichincha, Figura 8. Se sitúa a 2643 msnm, tiene precipitación media mensual de 796 mm y una temperatura promedio de 14 °C (Earth, 2022).

La finca cuenta con una extensión de 11,63 hectáreas destinadas, en su totalidad, a la producción avícola, bovina y fabricación de abono orgánico de gallinaza.



Figura 8. Localización y área del predio

Fuente: GoogleEarth

3.4.1.2. Características de los sujetos de estudio

La finca presenta un sistema de pastoreo continuo, con áreas de pastoreo de amplia extensión y manejo con acceso libre de los animales. Las pasturas están constituidas principalmente por Kikuyo (80 %) y Raygrass anual (20 %). Durante el diagnóstico se observaron diferencias en la disponibilidad de forraje y en las condiciones de aprovechamiento de las áreas de pastoreo.



Figura 9. Área de pastoreo

Fuente: GoogleEarth

El área de pastoreo comprende un total de 7,43 hectáreas, Figura 9, divididas en 8 potreros y delimitas con cerco de alambre de púas, cerco vivo y cerco eléctrico. La topografía o tipo de terreno es plano y el tipo de suelo es franco arenoso.



Figura 10. Terrenos aledaños

Fuente: GoogleEarth

La empresa Ganadera San Juan de moquetes tiene otros potreros aldaños a la finca, La figura 11 muestra que, 3800 m² y 11000 m² en donde se transporta a las vacas secas, crías y esporádicamente en producción, estas últimas en el caso de escases de pasto puesto que el pasto natural que se ofrece al ganado no cumple la calidad nutricional necesaria para que los animales del hato mantengan condiciones óptimas de calidad y cantidad de producción. La oferta de pasto producido por unidad de superficie siempre va a ser limitado, por lo que se moviliza al ganado a otros potreros externos a la finca. Además, el manejo de los potreros con el cual se ha trabajado en los últimos años no permite tener una óptima producción y crecimiento.



Figura 11. Terrenos aldaños

Fuente: GoogleEarth

3.4.1.3. Hato bovino de la finca

El hato bovino de la finca cuenta con:

Tabla 2. Hato bovino de la finca

Categoría	Número
Vacas Producción	20
Vacas secas	3
Terneros	2
Total	26

Para el desarrollo de la investigación se consideraron todas las vacas en producción disponibles en la finca durante los periodos de evaluación, correspondientes a 20 animales en ordeño.



Figura 12. Terneros

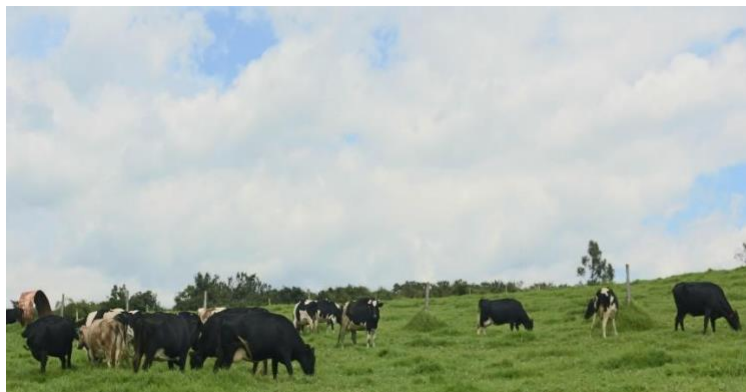


Figura 13. Vacas en producción

3.4.1.4. Red de acueducto

La Finca cuenta con un canal, Figura 14, y un reservorio de agua, Figura 15, que se abastece de la Quebrada Moquetes, se maneja riego por aspersión no tecnificado.



Figura 14. Canal de agua



Figura 15. Reservorio de agua

El agua es suministrada por bebederos móviles que se abastecen del reservorio de agua



Figura 16. Bebederos móviles

3.4.1.5. Condiciones climáticas de la zona

Uno de los factores más influyentes en el crecimiento de pasto y forraje es el clima. La combinación de factores como la temperatura del ambiente, radiación solar, cobertura de nubosidad, circulación y velocidad de los vientos, entre otros, determinan la humedad relativa del ambiente y hasta cierto punto, la calidad del pasto.

En base a lo dicho, se requiere analizar los informes climatológicos históricos por hora y reconstrucciones de modelos que van del 1 de enero de 1980 al 31 de diciembre de 2016. Los datos para este análisis provienen de la estación meteorológica Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre, los cuales son procesados por la NASA, y del informe Global Land Cover publicado por la ONU, que son las fuentes más confiables para este tipo de información.

Según las descripciones detalladas del clima que se ha registrado históricamente en Cayambe (Ascazubi), la productividad y/o rendimiento de las praderas para el pastoreo puede ser siempre buena, pero estará limitada por el clima. La temperatura es muy cómoda todo el año, siempre fresca y apropiada para las actividades agropecuarias. La nubosidad es predominante la mayor parte del año e interfiere moderadamente con la tasa de fotosíntesis, de tal modo que se producen las más altas precipitaciones en los meses de febrero, marzo y abril, mientras que las más bajas precipitaciones se dan en los meses de julio, agosto y septiembre, y el resto del año las precipitaciones son moderadas. Esta distribución de lluvias, en conjunto con la distribución de las temperaturas, el flujo de energía solar, la circulación de vientos y la nubosidad, propicia una óptima disponibilidad de praderas para el pastoreo en los tres primeros y los tres últimos meses cada año.

En la temporada de mayores precipitaciones la disponibilidad de forraje puede disminuir debido más que todo a la alta nubosidad, baja tasa de fotosíntesis, y afectación del drenaje de suelos y el pisoteo del ganado formando suelos muy blandos y lodosos. Mientras tanto que, en los meses de más baja precipitación, debido a que ocurren inmediatamente después de los de mayor precipitación, puede que la disponibilidad de forraje no sea la mejor debido a que es un período de recuperación posterior a las lluvias más intensas del año, sin embargo, estará compensado por la mayor tasa de fotosíntesis que se dará en esta temporada soleada del año.

Finalmente, la topografía de la zona, y de la finca, se presta para una muy buena productividad de las praderas, y el control del pastoreo. Y resulta muy positivo que en toda la zona de Cayambe haya alrededor de un 30% de cobertura en praderas destinadas a la ganadería, de un 31 a un 56% de suelos cubiertos con árboles y arbustos, y lo restante esté destinado a la agricultura. Esto demuestra que el ecosistema es muy

propicio para la ganadería, y conviene muchísimo el poder potencializarlo con el establecimiento de un sistema PRV.

3.4.2. Diseño

La arquitectura (diseño) de potreros, con su respectivo sistema de callejones entre potreros, y la ruta propuesta para instalar el acueducto que lleve agua a cada potrero (con bebedero móvil), que ha sido elaborada para la lechería de Hacienda Ganadera San Juan de Moquetes, es la propuesta que más se ajusta conforme al análisis debido a las condiciones propias del lugar (ecosistema) y por tanto la que se recomienda, para que, mediante buenas prácticas, eleven al máximo los indicadores de productividad y eficiencia.

A pesar de que el PRV representa a hacer un uso más eficiente del forraje disponible, reduciendo el desperdicio y logrando el máximo aprovechamiento del pasto como alimento para los animales de la finca. Sin embargo, no es la solución universal a todos los problemas de ganadería, por lo que es necesario combinarlo con buenas prácticas y cuidados de la salud animal, así como la genética y nutrición, que maximicen los resultados de su aplicación.

Una práctica correcta del PRV hace que en los potreros se tenga un excedente de materia orgánica a partir de la descomposición de los excrementos. El resultado de este proceso se convierte en abono y potencian el crecimiento del pasto que se desarrolla en el sitio, el excedente no aprovechado por las plantas mantiene su dinámica de flujo en el suelo, y así se va transformando en parte del suelo mismo (capa superficial – tierra de capote o fracción humificada) para mantenerlo fértil y prósperamente productivo a largo plazo.

Esta materia orgánica tiene una capacidad excepcional para proporcionar fertilidad natural al suelo, ya que puede retener grandes cantidades de humedad y nutrientes. Este proceso se asemeja al de una esponja que, poco a poco, va liberando estos nutrientes a las plantas a medida que ellas los necesitan. De esta forma, la materia orgánica puede mejorar significativamente la fertilidad del suelo de manera natural, sin la necesidad de utilizar fertilizantes químicos costosos y perjudiciales para el medio ambiente. Además, la capacidad de retener humedad del suelo aumenta gracias a la

materia orgánica, lo que ayuda a prevenir la erosión y la desertificación en áreas con condiciones climáticas extremas.

Además de proporcionar fertilidad natural al suelo, la materia orgánica también ayuda a crear un ambiente ideal para que crezcan y se desarrollen múltiples microorganismos. Estos microorganismos, al moverse por el suelo, van formando pequeños tubos o capilares que permiten que el agua drene a través del suelo y circule el oxígeno hacia las partes más profundas del mismo. De esta manera, se logra que el suelo esté cada vez más vivo y enriquecido, lo que puede mejorar significativamente la productividad y la salud de los cultivos que se cultivan en él. Es por eso que la incorporación de materia orgánica en el suelo es una práctica altamente recomendable en la agricultura y la ganadería sostenibles.

En la medida que se reproduzcan más organismos vivos en el suelo, habrá mayor actividad orgánica de descomposición de desechos y su conversión a materia orgánica (capote/humus), y por tanto mayor fertilidad, con mayor retención de humedad, lo cual le proporciona al suelo la capacidad de mantenerse productivo incluso ante condiciones adversas de clima o ambiente. Mientras predios vecinos se quedan sin pasto en una época seca, los predios que hacen PRV siguen produciendo por semanas hasta agotar sus reservas.

Finalmente, la variedad, calidad y cantidad de forraje en las praderas podrá mejorar en la medida que el PRV se vaya afianzando, equilibrando, y madurando, y a la vez que se anule el manejo convencional; estas praderas se irán transformando paso a paso en abundantes, o al menos, más estables dispensadores de forraje para alimentar al ganado, con mayor abundancia y mejor calidad.

Georreferenciación

Inicialmente se realizó la georreferenciación del mapa y se digitalizó en "AutoCAD 3D metric" el cual sirvió de soporte para determinar el área exacta destinada para pastoreo y para el posterior diseño de división de potreros, acueducto, puertas y cotas.

- Delimitación de aéreas pastoreables para el proyecto prv



Figura 17. Delimitación de áreas pastoreables
Fuente: Google earth

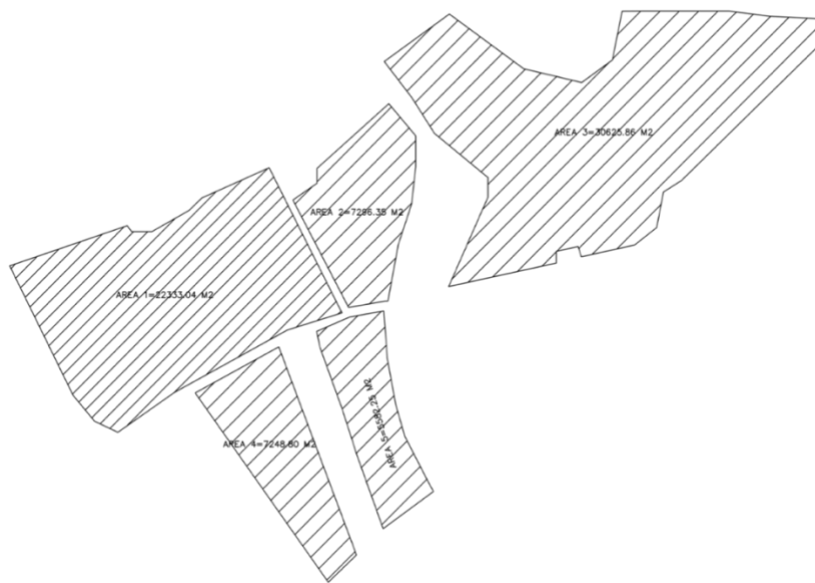


Figura 18. Áreas pastoreables

Forma de los potreros

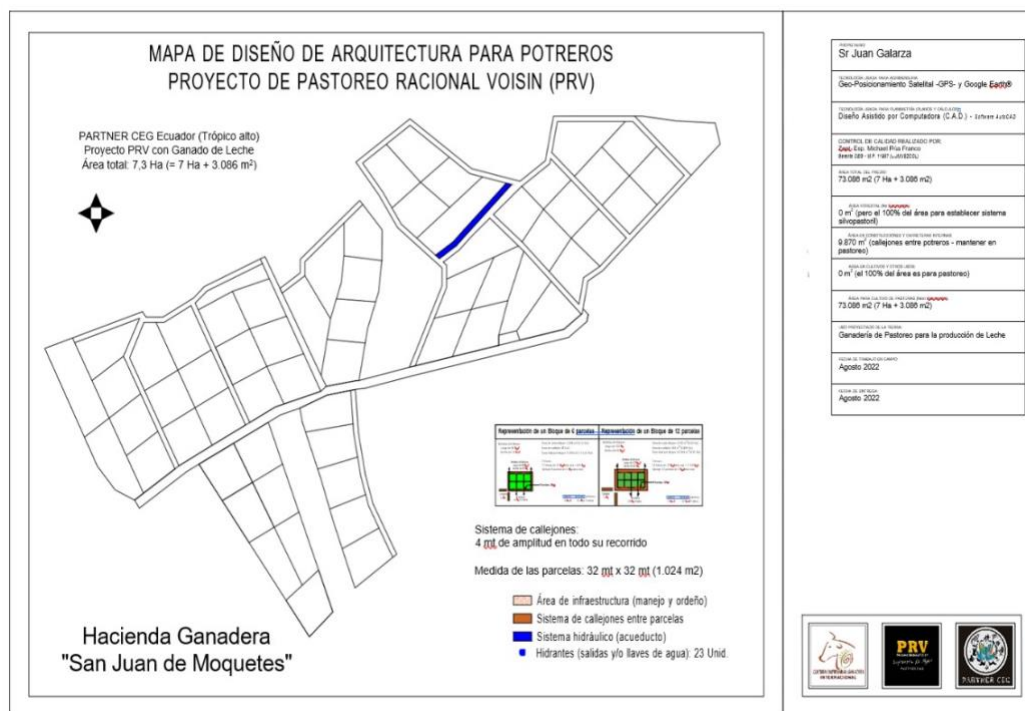


Figura 19. Mapa de diseño de arquitectura para potreros

La etología de los animales considera dos principios importantes para definir la forma y tamaño de los potreros. El primero hace referencia a las esquinas de los potreros, es necesario, en medida de lo posible, reducir los espacios angulosos. Para Rúa (2017) los sitios angulosos son absolutamente indeseables en el manejo de animales de pastoreo. El segundo, señala que un potrero debe manejar distancias iguales desde su punto central a cualquiera de sus lados. La complementación de estos principios implica que la forma idónea de un potrero sea una circunferencia. No obstante, los espacios externos constituyen un espacio inutilizable disminuyendo la eficiencia del uso de potreros e incrementando los costos de implementación.

Cálculo de los potreros

El diseño de los potreros se basó principalmente en el objetivo de producción que en este caso es netamente para animales de producción de leche y se tomó en cuenta varios factores como son las condiciones climáticas de la zona ya anteriormente mencionadas, con lo cual nos ayuda a determinar el tamaño y número de parcelas.

Para el cálculo de número de potreros se utilizó la siguiente ecuación:

$$\frac{60 \text{ (Tiempo de reposo)}}{1 \text{ (Tiempo de ocupación)}} + 1 = 61 \text{ (Número de potreros)}$$

La empresa ganadera tiene actualmente 20 animales en producción, es decir que puede incrementar la carga animal progresivamente conforme vaya avanzando el proyecto.

La Figura 20 muestra la distribución de la superficie total, de las cuales 7,43 hectáreas se subdividen en 61 parcelas las cuales serán ocupadas por un día.

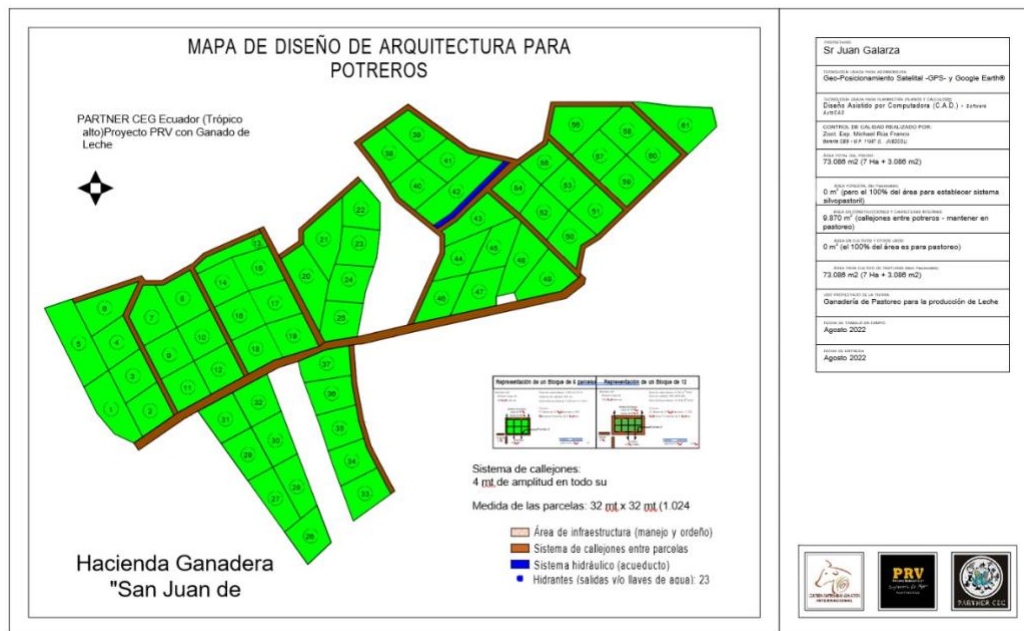


Figura 20. Diseño de arquitectura para potreros

Diseño de la red de acueducto

El numero bebederos dependerá de la topografía, es decir en la Finca Moquetes la cual consta con condiciones perfectas sería un bebedero por 4 potreros, sin embargo, con algunos potreros no es posible por lo que se establece un bebedero para dos o tres.

Implementar un manejo del agua de bebida, que consista en que el agua vaya al ganado y no al contrario. En ese sentido, los jagüeyes, arroyos, estanques naturales, lagunas, acantilados, etc. que se estuvieren usando en el manejo convencional previo a la implementación de SPRV, deberán ser usados como reservorios de agua y no como bebederos (solo para un uso eventual), y/o de ser posible, acondicionarlos para que de ellos se lleve el agua a un tanque o reservorio de agua de bebida ubicado en el punto más alto de cada módulo, para luego desde allí llevarla por gravedad a través de una tubería o mangueras hasta cada potrero, formando una red hidráulica.

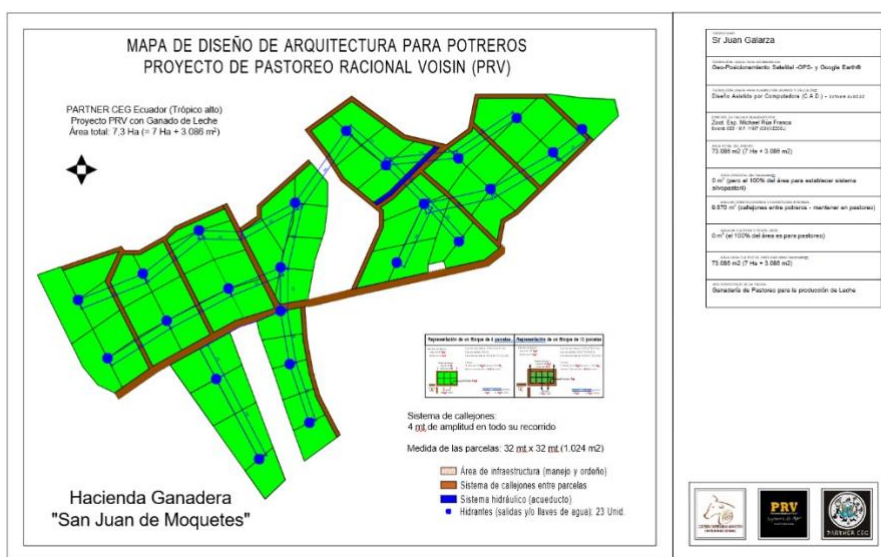


Figura 21. Red hidráulica – PRV

Para esto se usa un acueducto (mangueras de polietileno o tubos PVC) y bebederos móviles a los que el agua llega con PVC flexible y que cuentan con válvula flotador (boyas) que permiten automatizar el llenado permanente del bebedero (mismo sistema usado en las cisternas de los inodoros de una casa). Al ser móviles, es posible que los bebederos vayan con cada grupo de animales a diario al potrero que ocupan (en vez de ser un bebedero estático).

Diseño de cotas

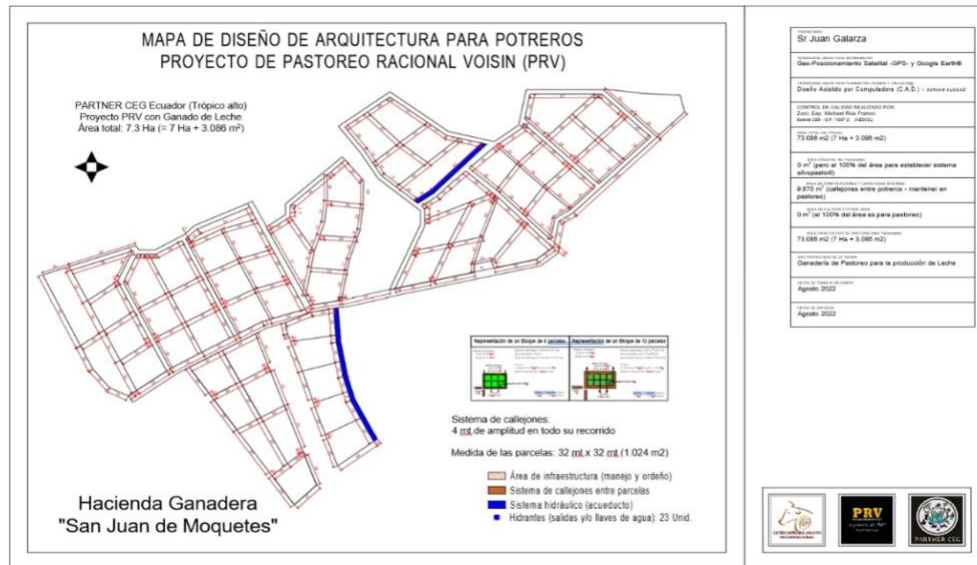


Figura 22. Diseño de cotas – PRV

Diseño de puerta

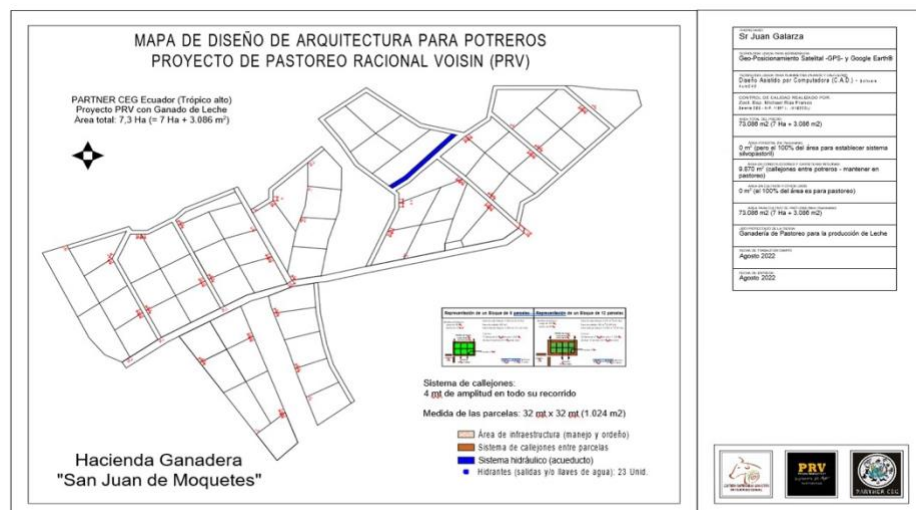


Figura 23. Diseño de puertas – PRV

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1 Selección del área para el aforo

Para la evaluación de la disponibilidad de forraje bajo el sistema de pastoreo continuo, se seleccionó un área de 1,24 ha (12.400 m²) dentro de las 7,43 ha destinadas al pastoreo de la finca. La selección del área se realizó de manera intencional, considerando el criterio empírico del responsable de la explotación, quien determinó que dicha superficie se encontraba en condiciones de ser aprovechada por los animales de acuerdo con la planificación habitual de manejo del sistema continuo.

Para la evaluación del Sistema de Pastoreo Racional Voisin (PRV) se consideró el área de implementación parcial de 1,02 ha (10.200 m²). En ambos sistemas, la disponibilidad de forraje se determinó mediante el método de aforo por doble muestreo, expresando los resultados en kilogramos de forraje verde por metro cuadrado (kg MV/m²), con el propósito de comparar la disponibilidad de forraje por unidad de superficie entre ambos sistemas.

4.1.2 Aforo por doble muestreo

Para determinar la disponibilidad de forraje se aplicó el método de aforo por doble muestreo, mediante una estimación visual del área utilizando un cuadrante de 1m² y posterior verificación mediante muestras cortadas y pesadas. El área evaluada fue clasificada visualmente en tres niveles de crecimiento: bajo, medio y alto.

Para cada nivel se obtuvieron tres muestras de forraje, cuyo peso permitió determinar el promedio de biomasa correspondiente a cada categoría. Posteriormente, cada promedio fue ponderado de acuerdo con el porcentaje de superficie que representaba dentro del área evaluada. La suma de las ponderaciones permitió obtener la disponibilidad estimada de forraje, expresada en kg MV/m².

Este procedimiento se aplicó tanto en el sistema de pastoreo continuo como en el área de implementación parcial del PRV, utilizando el mismo criterio de evaluación para permitir la comparación de la disponibilidad de forraje por unidad de superficie.

Aforo en campo: pastoreo continuo

Tabla 3. Planilla de aforo pre-pastoreo (pastoreo continuo)

Fecha	N.º	Nivel	Peso (g/m²)	Representación
13/11/2021	1	Bajo	500	35 %
13/11/2021	2	Bajo	570	35 %
13/11/2021	3	Bajo	600	35 %
13/11/2021	4	Medio	1.150	50 %
13/11/2021	5	Medio	1.300	50 %
13/11/2021	6	Medio	1.340	50 %
13/11/2021	7	Alto	1.500	15 %
13/11/2021	8	Alto	1.550	15 %
13/11/2021	9	Alto	1.800	15 %

Área evaluada: 1,24 ha (12.400 m²).

Promedios: bajo = 556,7 g/m²; medio = 1.263,3 g/m²; alto = 1.616,7 g/m².

Promedio ponderado = $(556,7 \times 0,35) + (1.263,3 \times 0,50) + (1.616,7 \times 0,15) = 1.068,8 \text{ g/m}^2$.

Para los cálculos posteriores se adopta el valor redondeado de 1,06 kg MV/m².

Tabla 4. Cálculo del promedio ponderado del aforo: pastoreo continuo

Nivel	Promedio (g/m²)	Representación	Ponderación (g/m²)
Bajo	556,7	35 %	194,8
Medio	1.263,3	50 %	631,7
Alto	1.616,7	15 %	242,5
Total	—	100 %	1.068,8

Materia seca y disponibilidad aprovechable: pastoreo continuo

Para determinar el contenido de materia seca (MS) del forraje se aplicó el método de secado mediante horno microondas a una muestra correspondiente al sistema de pastoreo continuo, obteniéndose un contenido de materia seca del 20 %.

Con base en el aforo ponderado de 1,06 kg MV/m², la disponibilidad de materia seca se estimó de la siguiente manera:

$$1,06 \text{ kg MV/m}^2 \times 0,20 = 0,212 \text{ kg MS/m}^2.$$

$$\text{Por hectárea: } 0,212 \text{ kg MS/m}^2 \times 10.000 \text{ m}^2 = 2.120 \text{ kg MS/ha.}$$

Mediante observación visual directa posterior al pastoreo se estimó un desperdicio aproximado del 50 %, asociado a la selectividad de los animales, el pisoteo y la contaminación del forraje con heces y orina. Este porcentaje corresponde a una estimación de campo y no a una medición gravimétrica independiente.

MS aprovechable: $2.120 \text{ kg MS/ha} \times 0,50 = 1.060 \text{ kg MS/ha}$.

Sistema de Pastoreo Racional Voisin

La implementación parcial del Pastoreo Racional Voisin se realizó en un área de 1,02 ha. El área de pastoreo está seccionada en 8 partes, de acuerdo con el diseño propuesto. Las especies forrajeras destinadas al pastoreo directo corresponden a Raygrass anual (*Lolium multiflorum*) en un 10 %, acompañado de pasto nativo tipo Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en un 90 %.

El manejo se realizó con control diario del remanente, procurando mantener una altura de 3 a 7 cm y evitando el sobrepastoreo. La ocupación de los potreros fue de 1 día y el tiempo de reposo establecido en el área implementada fue de 35 días.

Aforo en campo: pastoreo racional Voisin

Tabla 5. Planilla de aforo pre-pastoreo (pastoreo racional Voisin)

Fecha	N.º	Nivel	Peso (g/m²)	Representación
06/10/2021	1	Bajo	1.250	10 %
06/10/2021	2	Bajo	1.250	10 %
06/10/2021	3	Bajo	1.300	10 %
06/10/2021	4	Medio	1.400	20 %
06/10/2021	5	Medio	1.400	20 %
06/10/2021	6	Medio	1.450	20 %
06/10/2021	7	Alto	1.550	70 %
06/10/2021	8	Alto	1.600	70 %
06/10/2021	9	Alto	1.600	70 %

Área evaluada: 1,02 ha (10.200 m²).

Promedios: bajo = 1.266,7 g/m²; medio = 1.416,7 g/m²; alto = 1.583,3 g/m².

Promedio ponderado = $(1.266,7 \times 0,10) + (1.416,7 \times 0,20) + (1.583,3 \times 0,70) = 1.518,3 \text{ g/m}^2$.

Para los cálculos posteriores se adopta el valor redondeado de 1,50 kg MV/m².

Tabla 6. Cálculo del promedio ponderado del aforo: pastoreo racional Voisin

Nivel	Promedio (g/m²)	Representación	Ponderación (g/m²)
-------	-----------------	----------------	--------------------

Bajo	1.266,7	10 %	126,7
Medio	1.416,7	20 %	283,3
Alto	1.583,3	70 %	1.108,3
Total	—	100 %	1.518,3

4.1.3 Materia seca y disponibilidad aprovechable: PRV

Para estimar la disponibilidad de materia seca en el área evaluada bajo el sistema PRV se utilizó como referencia el contenido de materia seca del 20 % determinado mediante el método de secado con horno microondas en el sistema de pastoreo continuo, debido a que ambas áreas presentaron el mismo tipo de pastura.

Con base en el aforo ponderado de 1,50 kg MV/m², la disponibilidad estimada de materia seca corresponde a:

$$1,50 \text{ kg MV/m}^2 \times 0,20 = 0,30 \text{ kg MS/m}^2.$$

$$\text{Por hectárea: } 0,30 \text{ kg MS/m}^2 \times 10.000 \text{ m}^2 = 3.000 \text{ kg MS/ha.}$$

Mediante observación visual directa posterior al pastoreo se estimó un desperdicio aproximado entre 10 % y 15 %. Para los cálculos de disponibilidad aprovechable se utilizó el valor de 10 %.

$$\text{MS aprovechable: } 3.000 \text{ kg MS/ha} \times 0,90 = 2.700 \text{ kg MS/ha.}$$

Comparación de la disponibilidad de forraje

Tabla 7. Comparación de la disponibilidad de forraje entre sistemas

Indicador	Pastoreo continuo	PRV
Área evaluada	1,24 ha	1,02 ha
Aforo MV	1,06 kg/m ²	1,50 kg/m ²
MS	20 %	20 %
MS disponible	2.120 kg/ha	3.000 kg/ha
Desperdicio estimado	50 %	10 %
MS aprovechable	1.060 kg/ha	2.700 kg/ha

La diferencia entre los aforos de materia verde corresponde a un incremento aproximado del 41,5 % en la disponibilidad de forraje del PRV respecto del sistema de pastoreo continuo, calculado a partir de los valores redondeados de 1,50 y 1,06 kg MV/m².

Debe considerarse que las superficies de 1,24 ha para el pastoreo continuo y 1,02 ha para el PRV corresponden a las áreas evaluadas mediante aforo y no representan

necesariamente la totalidad de superficie utilizada por los animales durante el manejo. En el sistema continuo, la menor disponibilidad de forraje hizo necesario recurrir a otros potreros para complementar la alimentación; mientras que en el PRV se evaluó directamente el área de 1,02 ha implementada bajo este sistema. Por esta razón, la comparación de disponibilidad se expresa principalmente por unidad de superficie (kg MV/m² y kg MS/ha), evitando interpretar las áreas evaluadas como superficies totales equivalentes de manejo.

Para la estimación de la capacidad de carga, los resultados se expresan por hectárea a partir de la materia seca aprovechable obtenida en las áreas evaluadas. Estos valores no representan una medición directa de la capacidad de carga de la totalidad de las 7,43 ha destinadas al pastoreo.

4.1.4 Diseño de subdivisión y periodo de 61 días

El diseño de manejo de la superficie destinada al pastoreo considera la subdivisión de las 7,43 ha en 61 potreros. En consecuencia, el periodo de 61 días corresponde al ciclo establecido en el diseño de subdivisión utilizado para la proyección de la capacidad de carga. Este valor no representa el tiempo de reposo individual del área implementada con PRV, cuyo manejo contempla un periodo de reposo de 35 días y una ocupación de 1 día por potrero.

4.1.5 Consumo de materia seca y capacidad de carga animal estimada

Para estimar la capacidad de carga se consideró un consumo de materia seca equivalente al 3 % del peso vivo del animal. Para una unidad animal de 450 kg, el consumo estimado es de 13,5 kg MS/día; para un animal de 500 kg, el consumo estimado es de 15 kg MS/día.

La capacidad de carga se expresa como una estimación por hectárea, calculada a partir de la materia seca aprovechable obtenida en las áreas evaluadas y del consumo estimado durante el ciclo de 61 días. No se interpreta como una medición directa de la capacidad de carga de la totalidad de las 7,43 ha.

Tabla 8. Estimación de la capacidad de carga animal por hectárea

Indicador	Continuo	PRV
MS aprovechable (kg/ha)	1.060	2.700
Consumo, 450 kg (kg MS/día)	13,5	13,5

Consumo en 61 días (kg MS)	823,5	823,5
Capacidad estimada (UBA/ha; 450 kg)	1,29	3,28
Consumo, 500 kg (kg MS/día)	15	15
Consumo en 61 días (kg MS)	915	915
Capacidad estimada (UBA/ha; 500 kg)	1,16	2,95

Los valores obtenidos representan una estimación de la capacidad de carga por hectárea bajo las condiciones de disponibilidad de forraje y desperdicio consideradas en cada sistema. La mayor disponibilidad de materia seca aprovechable observada en el PRV se refleja en una mayor capacidad de carga estimada por unidad de superficie.

Nota metodológica sobre el alcance del aforo

El aforo no se realizó sobre la totalidad de las 7,43 ha destinadas al pastoreo. En el sistema continuo se evaluó intencionalmente un área de 1,24 ha y en el PRV se evaluó el área de implementación parcial de 1,02 ha. Por esta razón, los resultados de disponibilidad de forraje se expresan principalmente por unidad de superficie y no se presentan como una determinación de la base forrajera total de la finca.

La superficie total de 7,43 ha corresponde al área destinada al diseño de manejo y subdivisión de la finca, mientras que las superficies de 1,24 ha y 1,02 ha corresponden a las áreas específicas donde se realizaron los aforos.

4.1.6 Comparación de la producción de leche

La comparación de la producción de leche se realizó mediante registros diarios correspondientes a 18 días de evaluación para cada sistema de pastoreo. En ambos sistemas se consideraron 20 vacas en ordeño. Para facilitar la comparación, se determinó la producción total registrada, el promedio diario de producción del hato y la producción promedio por vaca por día.

Tabla 9. Producción de leche – Pastoreo continuo, Ganadería San Juan de Moquetes

Fecha	N.º de muestra	Producción (L/día)	Promedio por vaca (L/vaca/día)
01/10/2021	1	168	8,40
02/10/2021	2	175	8,75
03/10/2021	3	186	9,30
04/10/2021	4	146	7,30

05/10/2021	5	173	8,65
06/10/2021	6	194	9,70
07/10/2021	7	179	8,95
08/10/2021	8	175	8,75
09/10/2021	9	180	9,00
10/10/2021	10	176	8,80
11/10/2021	11	181	9,05
12/10/2021	12	165	8,25
13/10/2021	13	181	9,05
14/10/2021	14	179	8,95
15/10/2021	15	164	8,20
16/10/2021	16	173	8,65
17/10/2021	17	169	8,45
18/10/2021	18	181	9,05
Total	18	3.145	—
Promedio	—	174,72	8,74

Durante los 18 días evaluados bajo el sistema de pastoreo continuo, las 20 vacas en ordeño registraron una producción acumulada de 3.145 litros de leche. La producción promedio del hato fue de 174,72 L/día, equivalente a una producción promedio de 8,74 L/vaca/día.

Tabla 10. Producción de leche – Sistema de Pastoreo Racional Voisin (PRV), Ganadería San Juan de Moquetes

Fecha	N.º de muestra	Producción (L/día)	Promedio por vaca (L/vaca/día)
15/11/2021	1	205	10,25
16/11/2021	2	203	10,15
17/11/2021	3	188	9,40
18/11/2021	4	190	9,50
19/11/2021	5	192	9,60
20/11/2021	6	189	9,45
21/11/2021	7	191	9,55
22/11/2021	8	195	9,75
27/12/2021	9	192	9,60
28/12/2021	10	187	9,35
29/12/2021	11	185	9,25
30/12/2021	12	189	9,45
31/12/2021	13	194	9,70
01/01/2022	14	200	10,00
02/01/2022	15	196	9,80
03/01/2022	16	187	9,35
06/02/2022	17	205	10,25
07/02/2022	18	201	10,05
Total	18	3.489	—
Promedio	—	193,83	9,69

A partir de 18 registros de producción de leche correspondientes a periodos de evaluación bajo el sistema de Pastoreo Racional Voisin (PRV), se obtuvo una producción total de 3.489 L, equivalente a un promedio de 193,8 L/día y 9,69 L/vaca/día.

Tabla 11. Comparación de la producción de leche entre los sistemas de pastoreo

Indicador	Pastoreo continuo	Sistema PRV	Diferencia
Vacas en ordeño	20	20	0
Días evaluados	18	18	0
Producción total (L)	3.145	3.489	+344 L
Producción promedio del hato (L/día)	174,72	193,83	+19,11 L/día
Producción promedio (L/vaca/día)	8,74	9,69	+0,95 L/vaca/día
Incremento relativo	—	—	10,9 %

Interpretación de la comparación

Los resultados muestran que, durante los periodos evaluados, el sistema de pastoreo continuo presentó una producción promedio de 8,74 L/vaca/día, mientras que el sistema de Pastoreo Racional Voisin presentó una producción promedio de 9,69 L/vaca/día.

La diferencia observada fue de 0,95 L/vaca/día. Al tomar como referencia la producción registrada bajo pastoreo continuo, esta diferencia representa un incremento relativo del 10,9 % en la producción promedio por vaca.

Asimismo, la producción acumulada durante los 18 días de evaluación fue de 3.145 litros para el sistema de pastoreo continuo y 3.489 litros para el sistema PRV, con una diferencia de 344 litros entre ambos registros.

Estos resultados corresponden a una comparación descriptiva de los registros obtenidos durante los periodos de evaluación. Debido a las características del diseño metodológico, la diferencia observada se presenta como una comparación entre los sistemas y no como una demostración de causalidad ni como una diferencia estadísticamente significativa.

Pastoreo continuo: 8,74 L/vaca/día

Sistema PRV: 9,69 L/vaca/día

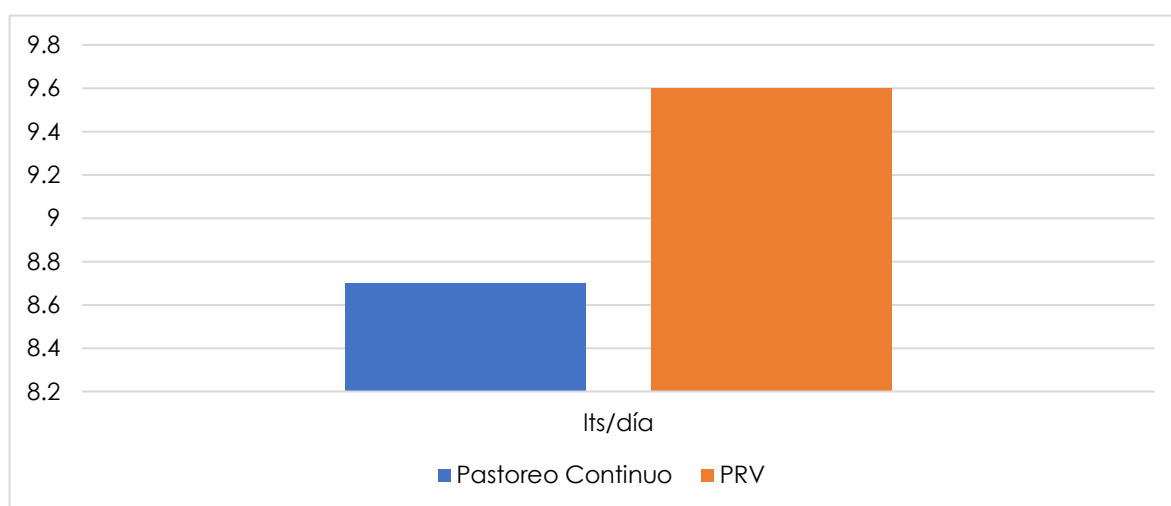


Figura 24. Comparación de la producción promedio de leche por vaca entre los sistemas de pastoreo

4.1.7 Costos de implementación

Para la implementación del Sistema de Pastoreo Racional Voisin (PRV) se consideró la infraestructura necesaria para la división de las áreas de pastoreo mediante cerco eléctrico y la instalación de una red de acueducto para el suministro de agua a los animales.

Para la construcción del sistema de división de potreros se contempló el uso de postes de madera, aislantes y los accesorios necesarios para la conducción de la energía eléctrica. Asimismo, se consideraron los materiales requeridos para la instalación de la red de acueducto.

El costo estimado para la implementación de la infraestructura propuesta asciende a USD 6.424,24, correspondiente a la adquisición de materiales y equipos necesarios para el sistema de cerco eléctrico y la red de acueducto.

Tabla 12. Costos de implementación del sistema PRV

MÓDULO DE PARCELAS		MÓDULO 1	
Ubicación: Parte alta (arriba)			
Unidades Material		USD	Total
Postes para el cerco eléctrico			
32 Esquineros/Madrinos totales:		3.50	112.00
32 Barras pie de amigo artesanales		3.40	108.80
8 Postes para los portones de las parcelas:		4.00	32.00
101 Postes para soportar el alambre (intermedios)		1.45	146.45
Alambre para el cerco eléctrico (x2 Hilos)			
2 Hilos de cerca recomendados:		35.00	70.00
3 Galvanizado /Acerado/Zinc-1070Cal.14(25kg/rollo)		60.00	180.00
Equipamiento básico para la cerca eléctrica			
	3000 mts		
Kilómetros a cubrir con electrificador EN RED		155.00	155.00
1 Julios en Electrificador tipo DUAL (1joule x c/10Km)			
1 Panel solar fotovoltaico		70.00	70.00
1 Batería sellada para electrificador dual		17.00	17.00
1 Regulador/Controlador para electrificador		23.00	23.00
1 Supresor de picos para electrificador		13.00	13.00
1 Voltímetro de luces para electrificador		8.00	8.00
1 Interruptor (switch) cuchilla doble tiro wifi		22.00	22.00
1 Kit descargador rayos (cerca eléctrica)		28.00	28.00
1 Cinta autofundente (rollos)		23.00	23.00
1 Alambre de Cobre Calibre 8 (rollo x 50 mt)		62.00	62.00
3 Varillas Copperweld 1.80 mt (50 micras)		9.50	28.50
Implementos/accesorios para el cerco eléctrico			
Aisladores esquineros	128	0.26	33.28
Aisladores soporte	202	0.22	44.44
Tensores	64	1.40	89.60
Interruptores	9	6.85	61.65
Cable aislado para puentes de energía (por metros)	1600 mt	0.23	368.00
Tubo/manguera aislador delgado alambre (metros)	5632 mt	0.36	2027.52
Manigueta (manijas) con resorte interno	128	2.00	256.00
128 Recibidores (platina acero inoxidable) para manijas		0.60	76.80
	282	0.06	16.92
Grapas en U para alambrear poste de madera (unidades)			
	96	0.18	17.28
Clavos de 5" para clavar cuñas pie de amigo (unidades)			
Implementos/accesorios para red de acueducto:			
400 mt Toda la tubería de 2" (rollos x 100 mt)		1.94	776.00
1100 mt Tubería de 1 1/2" (rollos x 100 mt)		1.08	1188.00
100 mt Manguera PVC flexible de 3/4" (rollos x 50 mt)		1.50	150.00
25 Hidrantes (válvula)		8.80	220.00
TOTAL			6424,24

4.2. DISCUSIÓN

Fase 1: Producción de Forraje.

En la evaluación de la disponibilidad de forraje verde se observó una diferencia entre los sistemas de pastoreo analizados. En el sistema de pastoreo continuo se obtuvo una disponibilidad estimada de 1,06 kg/m² de materia verde (MV), mientras que en el área evaluada bajo el Sistema de Pastoreo Racional Voisin (PRV) se obtuvo 1,50 kg/m² de MV, lo que representa una diferencia observada de 0,44 kg/m².

Estos resultados muestran una mayor disponibilidad de forraje verde por unidad de superficie en el área evaluada bajo el sistema PRV. Al expresar estos valores por hectárea, corresponden aproximadamente a 10.600 kg de MV/ha para el pastoreo continuo y 15.000 kg de MV/ha para el PRV.

El resultado obtenido presenta una diferencia respecto al antecedente citado de Rúa y Gómez (2010), quienes reportaron un incremento de 0,56 kg/m² de materia verde, pasando de 1,60 a 2,16 kg/m² después de la implementación del PRV. La diferencia entre ambos resultados debe interpretarse considerando que corresponden a investigaciones desarrolladas bajo condiciones y periodos de evaluación diferentes.

En el presente estudio, los valores obtenidos corresponden a las áreas evaluadas mediante el método de aforo por doble muestreo y no deben interpretarse como una estimación de la producción total de forraje de las 7,43 ha de la finca.

Fase 2: Producción de leche.

En cuanto a la producción de leche, los registros analizados muestran diferencias entre los periodos correspondientes al sistema de pastoreo continuo y al Sistema PRV. Para el pastoreo continuo se registró una producción total de 3.145 litros durante 18 días, equivalente a un promedio de 174,7 L/día y 8,74 L/vaca/día, considerando 20 vacas en producción.

En el Sistema PRV se registró una producción total de 3.489 litros durante 18 registros, equivalente a un promedio de 193,8 L/día y 9,69 L/vaca/día, considerando igualmente 20 vacas.

La diferencia observada entre los promedios corresponde a 0,95 L/vaca/día, lo que representa un incremento aproximado de 10,9 % respecto al promedio registrado en el sistema de pastoreo continuo.

Estos resultados son comparables con el antecedente citado de Sorio (2012), quien reportó un incremento de la producción individual de leche en un sistema PRV. Sin embargo, el antecedente corresponde a un periodo de implementación y evaluación diferente al de la presente investigación, por lo que los resultados deben interpretarse como referencias de comparación y no como equivalencias directas.

Es importante señalar que los registros de producción utilizados en este estudio corresponden a periodos de evaluación diferentes, por lo que la diferencia observada entre los sistemas no permite establecer por sí sola una relación causal atribuible exclusivamente al cambio de sistema de pastoreo. En consecuencia, los resultados se presentan como una comparación descriptiva de la producción registrada.

Fase 3: Costos de implementación.

Para la implementación del Sistema PRV se estimó una inversión de USD 6.424,24, destinada principalmente a la infraestructura necesaria para la división de los potreros mediante cerco eléctrico y a la instalación de la red de acueducto.

El costo considerado incluye postes, alambre, electrificador, panel solar, batería, regulador, accesorios para el cerco eléctrico, tuberías, mangueras e hidrantes, entre otros materiales requeridos para la infraestructura propuesta.

Este valor corresponde al costo estimado de implementación de la infraestructura propuesta y constituye un elemento de referencia para valorar los recursos económicos necesarios para establecer el sistema PRV en las condiciones planteadas para la finca. No se realiza, sin embargo, un análisis de rentabilidad, periodo de recuperación de la inversión o retorno económico, debido a que estas variables no fueron objeto de evaluación en la presente investigación.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

La disponibilidad de forraje verde presentó una diferencia de 0,44 kg/m², pasando de 1,06 kg/m² en el pastoreo continuo a 1,50 kg/m² en el sistema PRV. Considerando un 20 % de materia seca como valor para los cálculos, se estimaron 2.120 kg MS/ha en el sistema continuo y 3.000 kg MS/ha en el PRV.

La producción de leche presentó una diferencia de 0,95 L/vaca/día, pasando de 8,74 L/vaca/día en el pastoreo continuo a 9,69 L/vaca/día en el sistema PRV, equivalente a un incremento observado de 10,9 %.

La capacidad de carga estimada por hectárea fue de 1,29 UBA/ha en el pastoreo continuo y 3,28 UBA/ha en el PRV, considerando animales de 450 kg y las condiciones de cálculo establecidas en el estudio.

El costo estimado para la implementación de la infraestructura propuesta del sistema PRV fue de USD 6.424,24, destinado principalmente al cerco eléctrico y a la red de acueducto.

5.2. RECOMENDACIONES

Ampliar el periodo de evaluación del Sistema de Pastoreo Racional Voisin, con el fin de obtener más información sobre su comportamiento productivo bajo diferentes condiciones climáticas y de manejo.

Realizar evaluaciones periódicas de la disponibilidad de forraje y producción de leche, utilizando los mismos criterios de medición para facilitar la comparación de los resultados a través del tiempo.

Considerar las condiciones ambientales, disponibilidad de agua y características del terreno antes de implementar el sistema PRV en otras unidades productivas.

Realizar estudios posteriores que incorporen variables económicas y productivas, como costos de producción, ingresos, rentabilidad y comportamiento reproductivo, para complementar la evaluación del sistema PRV.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Borja, M. (2018). Técnicas de producción agrícola. Quito: Editorial Agroandes.
- Castro, L., & Rúa, M. (2020). Sistemas de pastoreo eficiente. Bogotá: Ecoagrícola.
- Domínguez, J., Pérez, A., & López, C. (2021). Ganadería sostenible en la región andina. Lima: Editorial Ciencias del Agro.
- Michael, F. (2014). Nutrición bovina moderna. México D.F.: Agropublicaciones.
- Monteverde, P. (2014). Estrategias de alimentación para rumiantes. Buenos Aires: Ediciones Veterinarias.
- Ponce, J. (2000). Pastoreo intensivo. Cuenca: Ediciones Técnicas Agropecuarias.
- Rúa, J. (2015). Manejo de pastizales en zonas templadas. Quito: Editorial Andina.
- Rúa, J. (2021). Evaluación del sistema Voisin. Quito: Editorial Sierra Verde.
- Suárez, D. (2013). Innovaciones en ganadería lechera. Guayaquil: Universidad Técnica del Litoral.
- Bravo, V. (2016). Diseño de un apotreramiento con sistema silvopastoril y pastoreo racional "voisin" de la hacienda flor maría ubicada en el cantón Pajan, provincia de Manabí. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Cevallos, A., Taipe, V., y Caiza, I. (2021). Costo real de producción del litro de leche, en pequeños ganaderos de la comunidad de Sivicusing, cantón Sigchos, Ecuador. Sigchos - Ecuador: ciencialatina.org.
- Domínguez, J., Iglesias, J., Olivera, Y., Milera, M., Pérez, O., y Wencomo, H. (2021). Caracterización del pastizal y su manejo en un sistema de pastoreo racional Voisin, en Panamá. Pastos y Forrajes, 44.
- FAO. (2018). Soluciones Ganaderas para el cambio climático. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2019). Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el caribe. Santiago De chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2022). La FAO predice expansión del sector lechero hasta el año 2031. La

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

GADIP. (2020). Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento Territorial del cantón Cayambe 2015-2025. Cayambe: Gobierno Autónomo Descentralizado Intercultural y Pluricultural del Municipio de Cayambe.

Horacio, L. (2010). Ajuste de carga animal: aspectos teóricos y recomendaciones practicas. Santa Fe: INTA.

MAE. (2016). MAE ejecuta proyecto sobre manejo de ganadería sostenible. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/mae-ejecuta-proyecto-sobre-manejo-deganaderia-sostenible/>.

Michael, R. (2014). Ganadería Intensiva y Ecológica en Pastoreo. CULTURA EMPRESARIAL GANADERA.

Monteverde, S. (2014). Fundamentos Del Pastoreo Racional Voisin. Universidad de la República de Uruguay.

Moyán , L., y Ortega, V. (2017). Análisis de los sistemas productivos bovinos de los cantones occidentales de la provincia del azuay". Cuenca: Universidad de cuenca.

Ponce, M. (2000). Sistemas de pastoreo. Inia remehue, 1-2.

Rúa, M. (2009). Las Leyes Universales de André Voisin para el Pastoreo Racional. Cultura Empresarial Ganadera Internacional.

Rúa, M. (2011). "1er Encuentro Panamericano PRV de las Américas". Cultura Empresarial Ganadera Internacional.

Rúa, M. (2015). El Legado de Voisin "Leyes Universales del PRV". Colombia: Cultura Empresarial Ganadera Internacional.

Rúa, M. (2015). Introducción al Pastoreo Racional Voisin (PRV). Medellín: Cultura Empresarial Ganadera Internacional.

Rúa, M. (2015). Pilares del Pastoreo Racional Voisin (PRV). Medellín: Cultura Empresarial Ganadera Internacional.

Rúa, M. (2017). Potreros cuadrados ¿por qué? Cultura empresarial ganadera internacional.

Rúa, M. (2021). Manual Práctico del PRV. Cundinamarca: Cultura Empresarial Ganadera Internacional.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación oral de la predefensa



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE AGROPECUARIA
ACTA
DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



ESTUDIANTE: Luna Nazare Jhordy Santiago		CÉDULA DE IDENTIDAD: 0401527189	
PERIODO ACADÉMICO: 2026B		DOCENTE TUTOR: Dr. Luis Rodrigo Balarezo Urresta	
PRESIDENTE TRIBUNAL: MSC. Edison Wladimir Villareal Vizcaino		DOCENTE: PhD. Hernán Rigoberto Benavides Rosales	
TEMA DEL TIC: Comparación de Sistema de Pastoreo Racional Volsin y Continuo en ganadería bovina de leche, cantón Cayambe, provincia de Pichincha			

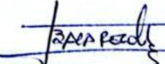
No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	10,00	
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	10,00	
3	METODOLOGÍA	10,00	
4	RESULTADOS	10,00	
5	DISCUSIÓN	10,00	
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	10,00	
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	10,00	
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	10,00	

Orientando una nota de: **10,00** Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el Informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firmamos en la ciudad de Tulcán el **miércoles, 7 de octubre de 2026**


MSC. Edison Wladimir Villareal Vizcaino
PRESIDENTE TRIBUNAL


Dr. Luis Rodrigo Balarezo Urresta
DOCENTE TUTOR


PhD. Hernán Rigoberto Benavides Rosales
DOCENTE

Anexo 2. Certificado del Abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES CENTER

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Jhordy Santiago Luna Nazate

Fecha de recepción del abstract: Jueves, 8 de octubre de 2026

Fecha de entrega del informe: Lunes, 12 de octubre de 2026

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Tras evaluar el resumen presentado, se concluye que la traducción al inglés es adecuada y fiel al contenido. De acuerdo con la rúbrica aplicada para su valoración, se le asigna una calificación de 9, por lo que el trabajo queda aprobado.

Atentamente



MA. Martha Viveros
RESPONSABLE CIDEN

Anexo 3. Registro Fotográfico



Figura 25. Energizador PEL 101B



Figura 25. Alambre de nylon naranja X500m y carrete con engranje



Figura 26. Estacas Pigtail 750mm



Figura 27. Balanza



Figura 28. Cuadro de plástico de 1m x 1m