



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO

**Caracterización de los sistemas de producción lechera en la zona de intervención del
Plan Sierra, República Dominicana**

Tesis sometida a consideración de la División de Educación y la Escuela de Posgrado como
requisito para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

en Agroforestería y Agricultura Sostenible

Carlos Miguel Alcántara Luciano

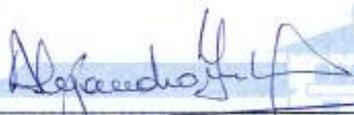
Turrialba, Costa Rica

Octubre, 2023

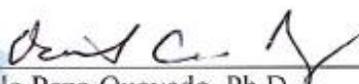
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

**MAGISTER SCIENTIAE EN AGROFORESTERÍA Y
AGRICULTURA SOSTENIBLE**

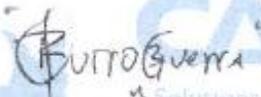
FIRMANTES:



Alejandro Imbach Hermida, M.Sc.
Codirector de tesis



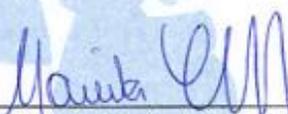
Danilo Pezo Quevedo, Ph.D.
Codirector de tesis



Roberto Quiroz Guerra, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Felipe Peguero Pérez, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Mariela Leandro Muñoz, Ph.D.
Decana, a.i., Escuela de Posgrado



Carlos Miguel Alcántara Luciano
Candidato

Dedicatoria

A mis seres más queridos, a mis hijos Carlos Manuel, Carlos Yadiel y Sarah; a mi hermana, Marcia Australia (Lidiaris); a mi madre Austria (Atria): mi punto de apoyo más fuerte.

A mis padres, Máximo Alcántara y Austria Luciano, les agradezco por haberme dado la vida. Es un honor haber nacido en su hogar, donde me brindaron su apoyo incondicional. Reconozco los esfuerzos y sacrificios que han hecho por mí.

A mi esposa y madre de mis hijos, Yosaira Baret, te agradezco por amor, paciencia y comprensión durante todo este proceso. Gracias por tu apoyo constante, por cuidar de nuestros hijos y por brindarles cariño, mientras estuve ausente. Este logro es principalmente para ustedes.

Agradecimientos

Ante todo, a Dios, por iluminarme, por darme licencia para mantenerme en búsqueda de mejores oportunidades, por acompañarme siempre y hacerme sentir su compañía.

Al profesor Danilo Pezo Quevedo, por su constante revisión y evaluación crítica, que contribuyeron al buen desarrollo de este trabajo. Su orientación y sugerencias fueron muy valiosas para la realización de esta investigación.

Al profesor Alejandro Imbach, por sus sabias palabras y su apoyo constante durante la realización de esta investigación.

Al profesor Felipe Peguero, mi compatriota dominicano, por su disposición constante de brindarme su tiempo extra cada vez que lo necesitaba. Muchas gracias por todo.

Al Sr. Alfredo Mena, quien como enlace o embajador del CATIE en la República Dominicana, siempre mantuvo un contacto cercano con todos los estudiantes dominicanos y nos brindó buenos consejos. Muchas gracias por todo.

A la institución Plan Sierra, por brindarme las facilidades para tomar los datos de campo en la zona de intervención donde realizan su labor. Asimismo, a todos los productores que colaboraron para la obtención de datos y estadísticas de la producción lechera en los Municipios de Jánico y San José de las Matas, Santiago de los Caballeros, República Dominicana.

A mi querida amiga, Ingrid Franco, te agradezco por ser parte importante y especial en mi vida. Gracias por influir y por tus buenos consejos hacia mi persona. Me encanta tu forma tan especial y sincera de demostrar tu linda amistad.

Quiero expresar mi agradecimiento incondicional a mi querida hermana Marcia (Lidiari) y mi prima Robelis, quien es como una hermana para mí, por brindar apoyo constante a mis hijos durante los últimos 20 meses, mientras yo estuve lejos de ellos. Siempre estuvieron presentes para mi familia, y nunca olvidaré ese gesto tan importante para mí durante todo este proceso.

ÍNDICE GENERAL

1.	Introducción	1
2.	Materiales y métodos	2
2.1	Área de estudio	2
2.2	Descripción de las variables del estudio para la tipificación de las fincas lecheras	2
2.2	Descripción de las variables del estudio utilizadas para el análisis económico y financiero	3
2.2.1	Variables biofísicas asociadas a la producción forrajera	3
2.2.1.1	Área forrajera (ha)	3
2.2.1.2	Carga animal potencial (UA/ha)	3
2.2.1.3	Carga animal actual (UA/ha)	4
2.2.2	Manejo nutricional en las fincas lecheras	5
2.2.2.1	Determinación de la oferta de materia seca, energía metabolizable y proteína cruda	5
2.2.2.2	Determinación de la demanda de energía metabolizable Mcal/año	5
2.2.3	Variables de eficiencia reproductiva utilizadas	6
2.2.4	Costos de producción (en RD\$)	6
2.2.5	Descripción de los indicadores de desempeño en fincas lecheras	6
2.2.5.1	Ganancia por hectárea (RD\$/ha/año)	7
2.2.5.2	Precio por litro de leche y precio ponderado por unidad animal vendida	7
2.2.5.3	Ganancia por litro de leche	7
2.2.5.4	¿Cuántas veces se cubre la canasta básica en fincas lechera?	7
2.2.6	Descripción de los indicadores de productividad en fincas lecheras	8
2.2.6.1	Productividad lechera (L/ha/año)	8
2.2.6.2	Animales vendidos por unidad de área	8
2.2.6.3	Litros de leche/vaca/día	9
2.2.7	Descripción de los indicadores financieros en fincas lecheras	9
2.2.7.1	Ingresos/ha/año en fincas lecheras (RD\$)	9
2.2.7.2	Ingreso por venta de leche e Ingreso por venta de animales (%)	9
2.2.7.3	Margen operativo (%)	10
2.2.7.4	Valor Presente Neto de las Ganancias (RD\$)	10
2.2.8	Descripción de los indicadores para las variables de emisiones CO _{2e}	10
2.2.8.1	Emisiones de CO _{2e} (Ton/ha/año)	10
2.2.8.2	Eficiencia económica ambiental 1 (EEA 1)	11
2.2.8.3	Eficiencia económica ambiental 2 (Ganancias/emisiones)	11
3.	Resultados y discusión	12
3.1	Determinación de las tipologías de fincas productoras de leche	12
3.2	Diagnóstico productivo y financiero del manejo actual de las fincas representativas por tipología	14
3.2.1	Uso del recurso forrajero	15

3.2.2 Balance nutricional en los hatos	15
3.2.3 Indicadores de productividad	17
3.2.4 Indicadores de eficiencia reproductiva.....	17
3.2.5 Indicadores de costos de producción	18
3.2.6 Indicadores de eficiencia económica del sistema.....	19
3.2.7 Indicadores financieros	20
3.2.8 Indicadores de emisiones de CO _{2e}	21
4. Conclusiones.....	23
5. Recomendaciones.....	24
6. Referencias bibliográficas	25
7. Anexos.....	31
Anexo 1. Detalles de los valores utilizados como referencia para EN, UA, el peso y la ganancia diaria de las diferentes categorías de animales.....	31
Anexo 2. Proyecciones de pesos y ganancias, consumo de energía y unidades de animal	31
Anexo 3. Variables biofísicas por finca ganadera representativa de cada tipología.....	32
Anexo 4. Variables nutricionales por finca ganadera representativa de cada tipología	32
Anexo 5. Indicadores de reproducción por finca ganadera representativa de cada tipología.....	34
Anexo 6. Producción de leche por finca ganadera representativa de cada tipología.....	34
Anexo 7. Costos relativos (%) por finca ganadera representativa de cada tipología	34
Anexo 8. Indicadores de desempeño financiero por finca ganadera representativa de cada tipología	35
Anexo 9. Indicadores de productividad por finca ganadera representativa de cada tipología	35
Anexo 10. Indicadores financieros de la situación actual por finca ganadera representativa de cada tipología.....	35
Anexo 11. Emisiones GEI (Ton/año) por finca ganadera representativa de cada tipología	36

Índice de tablas

Tabla 1. Carga animal potencial (UA/ha) que puede pastorear en toda la finca durante un año, sin causar deterioro del recurso forrajero.	4
Tabla 2. Equivalencias en Unidades Animal por categoría animal.	4
Tabla 3. Factores de disminución en la disponibilidad de forraje en función del nivel de degradación. ..	5
Tabla 4. Características productivas que definen las tipologías de fincas lecheras encontradas.	13
Tabla 5. Distribución de fincas de lechería especializada y de doble propósito en las tres tipologías de fincas productoras de leche encontradas.	14
Tabla 6. Uso de buenas prácticas que definieron el nivel de innovación en las diferentes tipologías de fincas lecheras más predominantes.	14
Tabla 7. Variables asociadas al uso del recurso forrajero para las diferentes tipologías de fincas lecheras más predominantes.	15
Tabla 8. Balance nutricional con base en energía metabolizable para las diferentes tipologías de fincas lecheras más predominantes.	16
Tabla 9. Balance nutricional con base en proteína cruda para las diferentes tipologías de fincas lecheras más predominantes.	16
Tabla 10. Indicadores de productividad para las diferentes tipologías de fincas lecheras más predominantes.	17
Tabla 11. Características reproductivas de las diferentes tipologías de fincas lecheras más predominantes.	18
Tabla 12. Variables de los costos en las diferentes tipologías de fincas lecheras más predominantes.	19
Tabla 13. Indicadores de desempeño de las diferentes tipologías de fincas lecheras más predominantes.	20
Tabla 14. Indicadores financieros de las diferentes tipologías de fincas lecheras más predominantes.	20
Tabla 15. Indicadores de eficiencia económica ambiental para las diferentes tipologías de finca identificadas.	22

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de ubicación de los municipios San José de las Matas y Jánico, donde se realizó la investigación (Elaboración propia)	2
Figura 2. Dendrograma del análisis de conglomerados, según la técnica de Gomer, para 61 fincas ganaderas de la zona de intervención del Plan Sierra.	12

Lista de acrónimos

Sigla	Definición
AVH	Unidades animales vendidas por hectárea
B	Diferencia entre los ingresos totales (por venta de leche + animales) menos los costos totales
BM	Beneficio de la actividad lechera por mes
C^{1,2,3}	Conglomerado 1, 2 y 3
CAA	Carga animal actual
CAP	Carga animal potencial de toda el área forrajera en la finca
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CB	Canasta básica, RD\$ por mes
CLL	Costo por litro de leche, RD\$
CO_{2e}	Dióxido de carbono equivalente
CT	Costos totales por hectárea
DG	Digestibilidad
DIGEGA	Dirección General de Ganadería
E	Emisiones
ECO_{2e}/ton/ha/año	Emisiones de dióxido de carbono equivalente en toneladas por hectárea al año
EEA	Eficiencia Económica Ambiental
EEAGE	Eficiencia económica ambiental 2 (Ganancias/emisiones)
EEAIE	Eficiencia económica ambiental 1 (Ingreso/emisiones)
EM	Energía Metabolizable
G	Ganancia por hectárea
GCA	Total de emisiones anuales de dióxido de carbono equivalente por cada actividad
GEI	Gases de efecto invernadero
GLL	Ganancia por litro de leche, RD\$
GT	Ganancias totales por año
Ha	Hectárea
IHA	Ingresos por hectárea al año
IT	Ingresos totales por año, RD\$
IVA	ingreso por venta de animales por año, RD\$
IVL	Ingreso por venta de leche por año, RD\$
IVL%	Ingreso por venta de leche (%)
KG	Kilogramo
KLVD	Kilos de leche por vaca al día
LLVHA	Litros de leche vaca por hectárea al año
LMT	Cantidad de leche que maman los terneros (se estima es el 15 % de la producción diaria)
MO	Margen operativo
MS	Materia Seca
N₂O	Óxido nitroso
SGA	Suma de gastos por actividades
PALL	Producción anual de litros de leche
PC	Proteína Cruda
PLVESL	Promedio de leche vendida entre vacas durante época seca y lluviosa
PPL	Precio proyectado por litro de leche, RD\$
PVAV	Peso vivo de los animales vendidos
TDT	Duración del período de amamantamiento (meses)
UA	Unidades de Animales

Caracterización de los sistemas de producción lechera en la zona de intervención del Plan Sierra, República Dominicana

Carlos Miguel Alcántara Luciano¹

¹Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Costa Rica.

Carlos.Alcantara@catie.ac.cr

Resumen

Con el objetivo de realizar una tipificación de los sistemas de producción lechera presentes en el área de intervención del Plan Sierra, en los Municipios de Jánico y San José de las Matas (Subcuencas Amina y Bao), de la Provincia Santiago de los Caballeros, República Dominicana, se tomó como base una encuesta que realizó, en el año 2020, el personal técnico de Plan Sierra, en 128 fincas ganaderas. De ellas, se seleccionaron solo las 61 fincas productoras de leche para análisis más detallados. El Análisis de Conglomerados llevó a agrupar las fincas en tres grupos: fincas grandes más tecnificadas (C1), con 31 fincas, que se caracterizan por ser las de mayor superficie, con el mayor número de animales (UA), producen la mayor cantidad de leche y poseen un mayor nivel de innovación; fincas pequeñas de lechería especializada (C2), con 12 fincas, que poseen menor área de terreno, pero con una mayor intensificación en el uso del recurso forrajero pues sostienen más animales por hectárea, utilizan concentrados y presentan un nivel intermedio de innovación; y fincas pequeñas con manejo tradicional (C3), con 18 fincas, que se caracterizan, porque aplican el menor nivel de innovación y muestran los niveles más bajos de producción de leche por vaca y por finca. Luego, para propósitos de evaluación de las características productivas y financieras actuales, se seleccionaron tres fincas representativas de cada tipología, y en ellas se colectó información detallada, a través de una entrevista a los propietarios, usando una encuesta estructurada. Las características de las fincas de los tres grupos son las siguientes: las fincas grandes y más tecnificadas (C1) poseen 64.50 ± 62.50 ha de área forrajera, 0.80 ± 1.10 UA/ha de carga animal, producen 9.41 ± 2.96 kg leche/vaca/día, tienen 397.36 ± 64.71 días de intervalo entre partos, $48,307.40 \pm 99,079.30$ RD\$/ha/año de ingreso y una ganancia de $37,997.50 \pm 30,027.00$ RD\$/ha/año. Las fincas de lechería especializada (C2), tienen 14.20 ± 3.90 ha de área forrajera, 1.20 ± 0.10 UA/ha de carga animal, producen 12.50 ± 5.19 kg leche/vaca/día, tienen 440.00 ± 69.28 días de intervalo entre partos, $106,246.00 \pm 42,172.30$ RD\$/ha/año de ingreso y una ganancia de $37,880.50 \pm 13,275.60$ RD\$/ha/año. Los valores correspondientes para las fincas pequeñas y con manejo tradicional (C3), fueron: 18.40 ± 7.70 ha de área forrajera, 1.30 ± 0.30 UA/ha de carga animal, 7.27 ± 1.41 kg leche/vaca/día, 540.00 ± 0.00 días de intervalo entre partos, $64,789.20 \pm 28,551.00$ RD\$/ha/año de ingreso y una ganancia de $27,833.30 \pm 45,418.70$ RD\$/ha/año.

Palabras claves: Sistemas de producción animal, tipologías de fincas, análisis de conglomerados, innovaciones tecnológicas, análisis financiero.

Characterization of dairy production systems in the intervention area of the Sierra Plan, Dominican Republic

¹Carlos Miguel Alcántara Luciano

¹Tropical Agricultural Research and Higher Education Center, CATIE, Costa Rica.

Carlos.Alcantara@catie.ac.cr

Abstract

In order to characterize the dairy production systems practiced in the area of intervention of Plan Sierra, in the Municipalities of Jánico and San José de las Matas (Amina and Bao micro-watersheds), of Santiago de los Caballeros Province, Dominican Republic, data from a survey carried out by technical staff of Plan Sierra in 2020, covering 128 livestock farms, was used as the basis of this study; however, only data from the 61 milk producing farms were used for detailed analysis. Cluster Analysis led to group those farms into three groups: Bigger and more technified farms (C1), with 31 farms, that have more land area, the biggest herd size, produced more milk per herd, and apply the highest level of innovation; Small specialized dairy farms (C2), with 12 farms, that have smaller land area, but with a greater level of intensification in the use of forage resources, apply higher stocking rate, use concentrates and present an intermediate level of innovation; and Small farms with traditional management (C3), with 18 farms, which apply the lowest level of innovation and present the lowest levels of milk production per cow and per farm. Furthermore, detailed information was collected in three representative farms of each typology, through an interview with the owners, using a structured survey, for evaluating the current productive and financial characteristics of the farms. The indicators obtained for the three groups of farms are as follows: C1 farms had 64.50±62.50 ha of forage area, a stocking rate (SR) of 0.80±1.10 AU/ha, produce 9.41±2.96 kg milk/cow/day, have a calving interval (CI) of 397.36±64.71 days, a total income (TI) of 48,307.40±99,079.30 RD\$/ha/year and a profit of 37,997.50±30,027.00 RD\$/ha/year. C2 farms had 14.20±3.90 ha of forage area, a SR of 1.20±0.10 AU/ha, produced 12.50±5.19 kg milk/cow/day, a CI of 440.00±69.28 days, a TI of 106,246.00±42,172.30 RD\$/ha/year, and a profit of 37,880.50±13,275.60 RD\$/ha/year. C3 farms had 18.40±7.70 ha of forage area, a SR of 1.30±0.30 AU/ha, produced 7.27±1.41 kg milk/cow/, a CI of 540.00±0.00 days, a TI of 64,789.20±28,551.00 RD\$/ha/year and a profit of 27,833.30±45418.70 RD\$/ha/year.

Keywords: Animal production systems, farm typologies, cluster analysis, technology innovations, financial analysis.

Introducción

En las áreas tropicales y subtropicales de América, casi la totalidad de los bovinos se manejan en praderas naturales o mejoradas, estas últimas mayormente constituidas por gramíneas en monocultivo (Murgueitio *et al.* 2015). En general, se reconoce que bajo esas condiciones, la ganadería presenta niveles bajos de productividad y competitividad, como producto del uso inadecuado de los recursos naturales, con sus consiguientes efectos negativos sobre el medio ambiente (Pezo, 2017). Para enfrentar esos obstáculos, hay disponibles alternativas tales como los sistemas silvopastoriles (SSP), los cuales se definen como opciones agroforestales en las que interactúan, de forma simultánea o secuencial, las leñosas perennes (árboles o arbustos), plantas herbáceas (pastos, leguminosas herbáceas y arvenses), animales domésticos y otros organismos vivos (Montagnini y Finney 2011, Villanueva *et al.* 2018).

En República Dominicana, la producción bovina es una actividad económica importante, pues ocupa el 45% de la superficie agropecuaria del país y genera ingresos producto de la venta de leche y carne. En el país, las producciones de leche y carne bovina en el año 2021 fueron de 834 millones de litros y 62,317 toneladas, respectivamente (DIGEGA 2021). Sin embargo, en los últimos años, la actividad ha enfrentado problemas de inestabilidad, por las condiciones asociadas al cambio climático como son las sequías prolongadas, la falta de agua en ríos, lagos y acuíferos, y la degradación de suelos y pastos, todo lo cual ha incidido en el bajo nivel de nutrición de los animales (IICA 2016), y una disminución en la productividad y el beneficio económico derivado de la actividad.

El gran reto es cómo responder al aumento de la demanda de alimentos de origen animal como la leche, la cual aumentó en más de un 250% en los últimos 30 años (FAOSTAT, 2022), y se prevé que en años venideros continúe incrementando como producto del crecimiento demográfico, la mejora del nivel medio de ingreso y el aumento relativo de la población urbana, siendo estos dos últimos factores responsables de un mayor consumo per cápita de proteínas de origen animal (Delgado *et al.* 1999). Para responder a estos imperativos, se hace necesario rehabilitar áreas degradadas actualmente en uso ganadero para incrementar su capacidad de carga, liberando así áreas con mayor vocación para otros propósitos como el uso forestal, e implementar opciones de intensificación sostenible basadas en el uso de sistemas silvopastoriles, que ayuden no solo a aumentar la productividad, sino que además permitan contrarrestar los impactos negativos del cambio climático sobre los animales (Pezo *et al.* 2018).

Desde el año 2010, el Plan Sierra ha promovido la incorporación de opciones silvopastoriles en los predios ganaderos ubicados en su zona de intervención (Subcuencas Amina y Bao), como una manera de convertir los sistemas tradicionales de ganadería en una forma de uso de la tierra más eficiente y sostenible desde una perspectiva productiva y con un mínimo impacto dañino sobre el ambiente (Plan Sierra 2021). En ese contexto, esta investigación buscó caracterizar los sistemas de producción bovina de leche presentes en la zona de intervención del Plan Sierra, para, con base en ello, evaluar el potencial de mejora del comportamiento productivo y financiero de las fincas lecheras, mediante la incorporación de opciones silvopastoriles.

Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

Esta investigación se realizó en un grupo de fincas ganaderas en la zona de intervención del Plan Sierra, que cubre las subcuencas Amina y Bao de los municipios de San José de las Matas y Jánico en la República Dominicana (Figura 1). Estos municipios se encuentran ubicados al sur de la provincia de Santiago de los Caballeros, con coordenadas geográficas desde 19° 13' 13.5" hasta 19° 24' 2.6" latitud norte y desde los 70° 41' 14.1 hasta los 70° 58' 15.6 longitud oeste, con altitudes que van desde 343 hasta 1073 msnm.



Figura 1. Mapa de ubicación de los municipios San José de las Matas y Jánico, donde se realizó la investigación (Elaboración propia)

Los suelos de la zona de estudio son muy variados, desde los que se pueden cultivar con riego, sin problemas graves, con terreno plano y alta productividad si se manejan bien (Clase 1), hasta los que son para bosques, pastos y cultivos de montaña, pero con dificultades muy grandes por la pendiente, la poca profundidad y la presencia de piedras (clase VI), y también los que son terrenos montañosos, con pendiente accidentada, que no son aptos para cultivar, y solo sirven para la conservación y uso forestal (clase VII) (DGODT 2016).

2.2 Descripción de las variables del estudio para la tipificación de las fincas lecheras

Para analizar las tipologías de fincas lecheras se utilizó la información colectada por el equipo técnico del Plan Sierra en una encuesta realizada en el 2020, que cubría a 128 fincas ganaderas, de las que, dado el objetivo de este estudio, solo se seleccionaron aquellas que producían leche (n=61).

De dicha encuesta, se seleccionaron 34 variables cualitativas y cuantitativas, relacionadas con la productividad, el manejo reproductivo, nutricional y genético de los animales (Smith *et al.* 2002, Vargas-Leitón *et al.* 2013). Además, se generó una variable integradora llamada "Nivel de Innovación", conformada por un conjunto de variables que se consideró evidenciaban un

mayor uso de tecnología, como son: proveer concentrados, efectuar pruebas de mastitis, fertilizar los pastos, usar inseminación artificial, aplicar riego y usar ordeño tecnificado.

Se corrió un Análisis de Conglomerados (AC) con el método de Ward y la distancia Gower (combinación de variables) para medir la distancia entre grupos. Adicionalmente, se realizó un análisis de Componentes Principales para reducir la dimensionalidad del conjunto original de variables y generar un nuevo conjunto de variables no correlacionadas. Con este procedimiento, se obtuvieron 5 componentes principales. Además, se realizó la Prueba Múltiple de Diferencias de Medias (Lawley-Hotelling) para ver si había diferencias entre los grupos. Para detectar las diferencias ($p < 0.05$) entre grupos se usó el vector de variables (cuantitativas) de la caracterización y Tablas de Contingencia para las variables cualitativas (Di Rienzo *et al.* 2020).

2.2 Descripción de las variables del estudio utilizadas para el análisis económico y financiero

En tres fincas representativas de cada tipología se colectaron datos detallados de las pasturas, el uso de alimentos concentrados, la producción de leche y otros atributos requeridos para analizar económica y financieramente la operación de esas fincas. Las variables utilizadas para el análisis se describen a continuación.

2.2.1 Variables biofísicas asociadas a la producción forrajera

Las variables biofísicas son las que tienen que ver con el entorno físico y biológico donde se desarrolla la actividad, y que afectan el rendimiento productivo y reproductivo de los animales. En ese sentido, se consideran la disponibilidad y calidad de los recursos forrajeros que hay en la finca (Baudracco *et al.* 2013). Algunas de estas variables son:

2.2.1.1 Área forrajera (ha)

Es el área de la finca ocupada por pasturas destinadas para la alimentación de los animales. Esta información se obtuvo primero consultando al productor o encargado de la finca y luego, se realizó un recorrido con ellos para la toma de puntos con GPS, cuyas coordenadas se pasaron a Google Earth para estimar el polígono en metros lineales y el área en hectáreas.

2.2.1.2 Carga animal potencial (UA/ha)

Es el número de unidades animales (UA) que pueden pastorear en toda la finca durante un año, sin causar deterioro del recurso forrajero. Esto se evaluó para cada tipo de pasturas, tomando como referencia los valores de la Tabla 1, donde se presenta la cantidad de UA, que pueden sostener diferentes tipos de sistemas forrajeros, por ejemplo, pasturas degradadas, naturales, naturales con árboles, pastos mejorados de pastoreo o corte y banco forrajero de leñosas. Para propósitos de este estudio se consideró que la unidad animal (UA) es un animal de 400 kg de peso vivo, que consume el 10% de su peso en forraje verde por día. La estimación de la carga animal potencial se hizo usando la ecuación (1).

$$CAP = \frac{\sum_1^n A_i B_i}{AT}, \quad (1)$$

Donde:

CAP = Carga animal potencial de toda el área forrajera en la finca.

A_i= Área usada del forraje i en hectáreas, detallados en la tabla 1.

B_i= Representa las unidades de animales potenciales que puede alimentar una hectárea en el área forrajera i.

AT = Área total usadas para los animales.

Tabla 1. Carga animal potencial (UA/ha) que puede pastorear en toda la finca durante un año, sin causar deterioro del recurso forrajero.

Uso del suelo (A _i)	Carga animal potencial (UA/ha) (B _i)
Pasturas degradadas	0.50
Pasturas naturales	1.00
Pasturas naturales con arboles	1.20
Pasturas mejoradas	2.50
Pastos de corte	8.00
Banco forrajero de leñosas	2.00

2.2.1.3 Carga animal actual (UA/ha)

Es el número de unidades animal (UA) que están pastoreando en una hectárea de terreno en un momento determinado. El valor de este atributo se hizo usando la ecuación (2).

$$CAA = \frac{UA_i}{PT_i}, \quad (2)$$

Donde:

CAA: Carga animal actual (UA/ha).

UA_i: Cantidad de animales de 400 kg vivo que tiene el hato i en UA, con base en las equivalencias presentadas en la Tabla 2.

PT_i: Área total en los diferentes sistemas forrajeros.

Tabla 2. Equivalencias en Unidades Animal por categoría animal.

Hato	Unidades Animal (UA _i)	Peso Promedio (kg)
Vacas en ordeño	1.00	400.00
Vacas secas	1.00	400.00
Torete	0.70	280.00
Terneros 0-1 años	0.30	120.00
Novillos 1-2 años	0.60	240.00
Novillos 2-3 años	0.70	280.00
Terneras 0-1 año	0.30	120.00
Vaquillas 1-2 años	0.50	200.00
Vaquillas 2-3 años	0.60	240.00

2.2.2 Manejo nutricional en las fincas lecheras

2.2.2.1 Determinación de la oferta de materia seca, energía metabolizable y proteína cruda

No se realizaron mediciones en campo y laboratorio para conocer la disponibilidad de pasto en oferta tanto de materia seca (MS), Energía Metabolizable (EM) y Proteína Cruda (PC); si no que estas se estimaron en función de un algoritmo que toma como bases variables tales como: la cantidad de forraje (kg MS/ha/año) que produce cada sistema forrajero, dependiendo de la zona que se encuentre (Trópico húmedo o trópico seco), el contenido de proteína cruda (%) y energía metabolizable (Mcal EM/kg) de cada tipo de forraje, el porcentaje de la pastura/forraje que es aprovechado o consumido por los animales y su digestibilidad. La energía metabolizable se estimó usando la ecuación (3).

$$EM = 4.4 * \left(\frac{DG}{100}\right) * 0.82, \quad (3)$$

Donde:

EM = Energía metabolizable, Mcal EM/kg

DG = Digestibilidad, %

Para estimar la cantidad efectiva de forraje disponible se consideró el valor potencial de disponibilidad atribuido a cada tipo de sistema forrajero, corregido por el nivel de degradación. Este último fue evaluado por observación directa en campo y el uso de fotos con puntos georreferenciados, utilizando una escala que va de Ninguna a Muy Severa. El factor de corrección para los diferentes niveles de degradación se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Factores de disminución en la disponibilidad de forraje en función del nivel de degradación.

Nivel de degradación pasturas	Nivel de Reducción
Ninguna	0
Leve	6%
Severa	19%
Muy severa	25%

2.2.2.2 Determinación de la demanda de energía metabolizable Mcal/año

Para determinar la demanda de energía neta para mantenimiento, ganancia de peso, producción de leche, gestación y actividad física en el hato se utilizó las ecuaciones propuestas por el National Research Council de los Estados Unidos (NRC, 2001) y el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC 2019), tomando como base las características de los animales representativos de cada categoría y el número de ellos. Las ganancias de peso estimadas fueron los valores promedio propuestos por el NRC (2001) y el costo de actividad física fue el 36% de los costos de mantenimiento, que de acuerdo al NRC (2001), se debe usar cuando se cuenta con potreros grandes. Es posible que con eso se haya subestimado la demanda de energía para pastoreo, dada la movilización que tienen que hacer

los animales en varias de las fincas estudiadas (Dohme-Meier *et al.* 2014), en muchos casos, con potreros en pendiente, pero no se dispone de buenos estimados para cambiar los valores propuestos por el NRC (2001). En el Anexo 1 se presentan detalles de los valores utilizados como referencia para el peso y la ganancia diaria de las diferentes categorías de animales.

2.2.3 Variables de eficiencia reproductiva utilizadas

Las variables de eficiencia reproductiva relevantes en fincas lecheras son aquellas que expresan la capacidad de los animales para concebir, gestar y parir crías sanas, las cuales en alguna medida deben incidir en la rentabilidad de la actividad. Algunas de estas variables son: el número de vacas totales (Lactantes + no-Lactantes o Secas), el porciento de vacas en ordeño (%), los días abiertos (período entre parto y preñez), la edad al primer parto en vaquillas (meses), el intervalo entre partos (meses), y la proporción de vacas y vaquillas listas que paren en un año (tasa de natalidad, %). Estas variables se estimaron con base en la información provista por los productores o encargados de las diferentes fincas.

2.2.4 Costos de producción (en RD\$)

Los costos de producción son un factor importante para determinar la rentabilidad y la competitividad de las fincas lecheras. Estos incluyen los costos asociados a la mano de obra utilizada, la alimentación y suplementación, el combustible, la sanidad animal y otros costos de contingencia. Estas variables se trabajaron con base en la información provista por los productores o encargados de las diferentes fincas, quienes suministraron información del precio pagado cuando compraban los insumos.

Con base en los costos totales por rubro, se estimó la distribución porcentual de estos para cada actividad y el costo por hectárea. Los costos totales por hectárea se estimaron usando la ecuación (4).

$$CT = \frac{SGA}{ha}, \quad (4)$$

Donde:

CT = Costos totales por hectárea.

SGA = Suma de gastos por actividades.

Ha = Área de la finca ocupada por la ganadería, en hectáreas.

2.2.5 Descripción de los indicadores de desempeño en fincas lecheras

Los indicadores de desempeño son medidas que permiten evaluar el rendimiento y la eficiencia económica de una finca lechera. Entre estos se tiene: la ganancia por hectárea, la proyección del precio por litro de leche, el beneficio por litro de leche y las veces que el beneficio económico cubre el valor de la canasta básica de los productores ganaderos, usando la información de canasta básica provista por el Ministerio de la Presidencia de la República Dominicana (2023).

2.2.5.1 Ganancia por hectárea (RD\$/ha/año)

La ganancia por hectárea en una finca lechera mide el beneficio económico resultante de la venta de animales y leche por unidad de superficie. Si la finca tuviera otros ingresos producto de la lechería, como puede ser la venta de excretas o de compost, estos también deben incluirse como parte de los ingresos, pero no fue el caso de las fincas evaluadas en este estudio. Para calcular este indicador se utilizó la ecuación (5).

$$G = \frac{B}{ha}, \quad (5)$$

Donde:

G = Ganancia por hectárea

B = Diferencia entre los ingresos totales (por venta de leche + animales) menos los costos totales.

ha = es el área total de la finca destinada a la ganadería, en hectáreas.

2.2.5.2 Precio por litro de leche y precio ponderado por unidad animal vendida

Estos indicadores expresados en RD\$ se obtuvieron de las entrevistas con los productores o encargados de las diferentes fincas, a quienes se preguntó cuánto habían recibido al vender un litro de leche o un animal en el último año. En el caso del monto recibido por animal vendido, se ajustó al equivalente en peso de una unidad animal.

2.2.5.3 Ganancia por litro de leche

Este indicador se estimó con base en el precio de venta menos el costo de producción de un litro de leche. Este último se estimó usando la sumatoria de todos los costos asociados al proceso productivo, dividido por la producción total de leche. En resumen, este indicador se obtuvo usando la ecuación (6).

$$GLL = PPL - CLL, \quad (6)$$

Donde:

GLL = Ganancia por litro de leche, RD\$.

PPL = Precio proyectado por litro de leche, RD\$.

CLL = Costo por litro de leche, RD\$.

2.2.5.4 ¿Cuántas veces se cubre la canasta básica en fincas lechera?

El uso del costo de la canasta básica, entendida como el valor de los bienes y servicios que se necesitan para cubrir las necesidades básicas de una persona o una familia, es un indicador especialmente relevante en el caso de pequeños productores, pues si la actividad no la cubre, es mejor que él trabaje como jornalero fuera de su finca. Para estimar el beneficio económico, usando el costo de la canasta básica como referencia, se usó la fórmula (7).

$$N \text{ veces la } CB = \frac{BM}{\text{Valor de canasta básica}}, \quad (7)$$

Donde:

CB = Canasta básica, RD\$ por mes.

BM = Beneficio de la actividad lechera por mes.

Nota: Se tomó como referencia una canasta básica familiar RD\$ de 10,231.00 por mes (Presidencia de la República Dominicana, 2022).

2.2.6 Descripción de los indicadores de productividad en fincas lecheras

Los indicadores de productividad incluyen litros de leche por vaca por hectárea al año, número de animales vendidos por hectárea y producción de leche por vaca por día. Estos indicadores se tomaron con base en la información suministrada por los dueños o encargados de las fincas cuando se les entrevistó para conocer la situación actual de sus hatos. A continuación, se describen los indicadores de productividad utilizados.

2.2.6.1 Productividad lechera (L/ha/año)

La productividad lechera se expresa en litros de leche por hectárea por año. Este indicador muestra el rendimiento de diferentes sistemas de producción lechera como resultado del efecto de factores tales como la raza, la alimentación, el manejo y la reproducción de animales. La productividad lechera se estimó usando la ecuación (8).

$$LLVHA = \frac{PALL}{Ha}, \quad (8)$$

Donde:

LLVHA = Litros de leche vaca por hectárea al año.

PALL = Producción anual de litros de leche.

Ha = Área de la finca ocupada por la ganadería, en hectáreas.

2.2.6.2 Animales vendidos por unidad de área

El número de animales vendidos, expresados en UA, es un indicador de eficiencia que toma mayor importancia en fincas de doble propósito donde la venta de animales refleja la eficiencia en la reproducción de las vacas y el crecimiento de terneros o de animales en desarrollo; en cambio en los sistemas de lechería especializada su contribución es mucho menor, pues la venta de animales es como un subproducto de la actividad principal, pues los animales vendidos son los de desecho. Este indicador se calculó utilizando la ecuación (9).

$$AVH = \frac{PVAV}{UA} \div Ha, \quad (9)$$

Donde:

AVH = Unidades animales vendidas por hectárea.

PVAV = Peso vivo de los animales vendidos.

UA = Peso de una unidad animal.

Ha = Área de la finca ocupada por la ganadería, en hectáreas.

2.2.6.3 Litros de leche/vaca/día

La producción de leche por vaca por día, en kilos, es una medida del potencial productivo de los animales. En los sistemas de lechería especializada se mide directamente, pero en los sistemas de doble propósito hay que considerar la leche ordeñada más la que consumen los terneros. La producción de leche por vaca por día se estimó usando la ecuación (10).

$$KLVD = PLVESL \left(1 + LMT * \frac{TDT}{12} \right), \quad (10)$$

Donde:

KLVD = Kilos de leche por vaca al día.

PLVESL = Promedio de leche vendida entre vacas durante época seca y lluviosa.

LMT = Cantidad de leche que maman los terneros (se estimó como un 15% de la producción diaria).

TDT = Duración del período de amamantamiento (meses).

2.2.7 Descripción de los indicadores financieros en fincas lecheras

Los indicadores financieros en fincas lecheras son medidas que permiten evaluar el desempeño económico y la rentabilidad de la actividad lechera. Estos indicadores contienen los ingresos por hectárea tanto por venta de leche como de animales, el margen operativo y el valor presente neto de las ganancias.

2.2.7.1 Ingresos/ha/año en fincas lecheras (RD\$)

Este indicador muestra las características específicas de cada sistema productivo y las posibles acciones para mejorar la rentabilidad de estos. Para calcularlo se usó la ecuación (11).

$$IHA = \frac{IT}{Ha}, \quad (11)$$

Donde:

IHA = Ingresos por hectárea al año.

IT = Ingresos totales por año.

Ha = Área de la finca ocupada por la ganadería, en hectáreas.

2.2.7.2 Ingreso por venta de leche e Ingreso por venta de animales (%)

Estos indicadores reflejan la contribución porcentual de las ventas de leche y de carne al ingreso total de la finca. Para su estimación se usó la ecuación (12),

$$IVL, \% = \left(\frac{IVL}{IT} \right) * 100, \quad (12)$$

Donde:

IVL% = Ingreso por venta de leche (%).

IVL = Ingreso por venta de leche por año, RD\$.

IT = Ingresos totales por año, RD\$.

De la misma manera se estimó la contribución porcentual del ingreso por venta de animales (IVA, %).

2.2.7.3 Margen operativo (%)

Este indicador muestra la eficiencia y rentabilidad de la finca ganadera y depende de factores tales como el nivel de producción de leche y su precio, el ingreso por venta de animales, los costos de alimentación, el manejo reproductivo y sanitario, la genética y el clima. El margen operativo (%) se calculó usando la ecuación (13):

$$MO, \% = \frac{B}{IT}, \quad (13)$$

Donde:

MO = Margen operativo.

B = Diferencia entre los ingresos totales (por venta de leche + animales) menos los costos totales.

IT = Ingresos totales por año, RD\$.

2.2.7.4 Valor Presente Neto de las Ganancias (RD\$)

El Valor Presente Neto de las Ganancias es un indicador que sirve para evaluar la rentabilidad de las fincas, comparando el valor actual de los ingresos y egresos que se espera obtener en un número determinado de años de operación de la actividad. Este se calculó con los flujos de efectivo descontados a 20 años, usando un factor de descuento de un 12%, que es la tasa promedio de inversión en el mercado.

2.2.8 Descripción de los indicadores para las variables de emisiones CO_{2e}

Los indicadores de emisiones de CO_{2e} (dióxido de carbono equivalente) en fincas lecheras son medidas que permiten estimar el impacto ambiental de la actividad lechera, expresado en la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) que tendría el mismo efecto de calentamiento global que una cierta cantidad de otro gas de efecto invernadero (GEI), como el metano (CH₄) o el óxido nitroso (N₂O). Estos indicadores se calcularon a nivel de la finca, para ver el impacto de cada una de las actividades realizadas en la finca, y así poder comparar diferentes escenarios o alternativas de manejo.

2.2.8.1 Emisiones de CO_{2e} (Ton/ha/año)

Las emisiones de CO₂ equivalente (CO_{2e}), en fincas ganaderas, indican el impacto ambiental que produce la actividad lechera, y se mide en toneladas por hectárea por año (ton CO_{2e}/ha/año). La magnitud de este indicador depende de factores tales como el tipo y cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) que emite la finca, el sistema de producción, el manejo del estiércol, la alimentación del ganado, la fertilización de cultivos y pasturas, el uso de energía, etc. Para calcularla se usó la ecuación (14).

$$ECO_{2e}/ton/ha/año = \frac{GCA}{Ha}, \quad (14)$$

Donde:

ECO_{2e}/ton/ha/año = Emisiones de dióxido de carbono equivalente en toneladas por hectárea al año.

GCA = Total de emisiones anuales de dióxido de carbono equivalente por cada actividad.

Ha = Área de la finca ocupada por la ganadería, en hectáreas.

2.2.8.2 Eficiencia económica ambiental 1 (EEA 1)

La eficiencia económica ambiental 1 (EEA 1) es un indicador que mide la relación entre el ingreso generado por la producción de leche y venta de animales, dividido por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a dicha actividad, expresada en unidades monetarias por unidad de CO₂ equivalente (CO_{2e}). Este indicador refleja el grado de sostenibilidad de un sistema lechero, tanto desde el punto de vista económico como ambiental, ya que un mayor valor de EEA 1 implica un mayor ingreso y una menor huella de carbono por unidad de producto. La EEAIE se estimó usando la ecuación (15).

$$EEAIE = \frac{IT}{GCA}, \quad (15)$$

Donde:

EEAIE = Eficiencia económica ambiental 1 (Ingreso/unidad de emisión).

IT = Ingresos totales por año.

GCA = Total de emisiones anuales de dióxido de carbono equivalente por cada actividad.

2.2.8.3 Eficiencia económica ambiental 2 (Ganancias/emisiones)

La eficiencia económica ambiental (EEA 2) es un indicador que mide la relación entre las ganancias obtenidas de los beneficios netos dividido por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a dicha actividad, expresada en unidades monetarias por unidad de CO₂ equivalente (CO_{2e}). Este indicador refleja el grado de sostenibilidad de un sistema lechero, tanto desde el punto de vista económico como ambiental, ya que un mayor valor de EEA 2 implica una mayor rentabilidad y una menor huella de carbono por unidad de producto. La EEAGE se estimó usando la ecuación (16).

$$EEAGE = \frac{GT}{GCA}, \quad (16)$$

Donde:

EEAGE = Eficiencia económica ambiental 2 (Ganancias/ unidad de emisión)

GCA = Total de emisiones anuales de dióxido de carbono equivalente por cada actividad.

GT = Ganancias totales por año.

Las cantidades específicas de GEI emitidos por cada proceso o actividad dentro del sistema lechero fueron expresadas en CO_{2e}. Esos valores se estimaron a partir de la información proporcionada por los dueños o encargados sobre el manejo practicado en cada finca. Las actividades consideradas para esas estimaciones fueron las siguientes:

- Emisiones entéricas, CO_{2e} (%)
- Directo N₂O por manejo estiércol, CO_{2e} (%)
- Indirecto N₂O por volatilización, CO_{2e} (%)
- Metano por manejo de estiércol, CO_{2e} (%)
- Directo N₂O por Fertilización, CO_{2e} (%)

Resultados y discusión

3.1 Determinación de las tipologías de fincas productoras de leche

El análisis de conglomerados usando la base de datos del Plan Sierra permitió identificar tres grupos de fincas lecheras, cuyas características se describen a continuación, y el agrupamiento de ellas se presenta en la Figura 2.

Fincas grandes más tecnificadas (C1): Este grupo constó de 31 fincas, que se caracterizan por ser las de mayor superficie, con el mayor número de animales (UA), producen la mayor cantidad de leche y poseen un nivel de innovación más alto. La mayoría de las fincas en este conglomerado utilizan concentrados (83.9%), hacen pruebas de mastitis (80.6%), abonan los pastos (38.7%) y solo en este grupo se encontró un productor que aplicaba riego (6.7%).

Fincas pequeñas de Lechería Especializada (C2): En este conjunto se agruparon 12 fincas, las cuales eran de menor área, pero con una mayor intensificación en el uso del recurso forrajero, ya que presentaban una carga animal mayor (más animales/ha), utilizaban concentrados y presentaban un nivel intermedio de innovación.

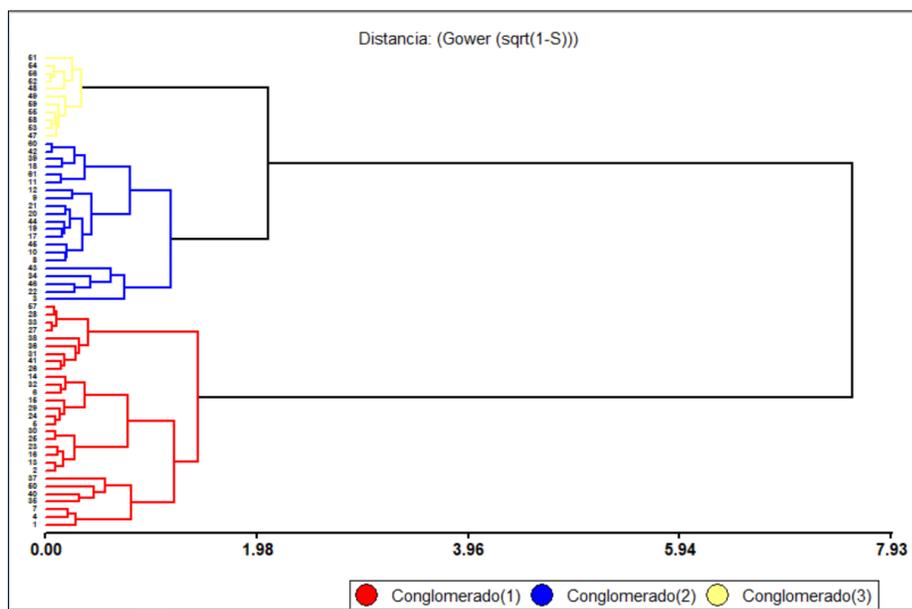


Figura 2. Dendrograma del análisis de conglomerados, según la técnica de Gomer, para 61 fincas ganaderas de la zona de intervención del Plan Sierra.

Fincas pequeñas con manejo tradicional (C3): En este conglomerado se agruparon 18 fincas, las cuales presentaban un área similar a las del grupo C2, aplicaban el menor nivel de innovación y mostraban los niveles más bajos de producción de leche por vaca y por finca.

La Tabla 4 muestra las variables descriptivas que caracterizan cada tipología de fincas. En los tres conglomerados, las fincas presentaron tamaño de hato promedio diferente, que varió entre 18.50 y 45.69 animales/finca, con mayor valor para las fincas C1 y similitud entre las fincas de los conglomerados C2 y C3. Por otro lado, el grado de innovación presentó valores medios entre 0.44 y 2.32, correspondiendo el mayor valor a las fincas pertenecientes al conglomerado C1, que se definió como “fincas más tecnificadas”. Estos aspectos se confirmaron con las visitas realizadas a las fincas ganaderas donde se efectuó el seguimiento detallado, verificando que las informaciones proporcionadas por los propietarios o responsables de las fincas durante la encuesta coincidían con la realidad.

Tabla 4. Características productivas que definen las tipologías de fincas lecheras encontradas.

Atributos	Fincas grandes más tecnificadas (C1)	Fincas pequeñas de lechería especializada (C2)	Fincas pequeñas con manejo tradicional (C3)
Número de fincas	31	12	18
Tamaño del hato, animales	45.69 ^a ± 45.60	18.50 ^b ± 12.45	21.82 ^{ab} ± 15.32
Área total, ha	31.70 ^a ± 43.50	6.10 ^b ± 2.80	17.70 ^{ab} ± 13.50
Nivel innovación	2.32 ^b ± 0.98	1.75 ^b ± 0.87	0.44 ^a ± 0.70
Producción leche finca, kg/día	179.00 ^a ± 213.30	72.30 ^b ± 46.80	17.40 ^b ± 16.70
Carga animal, animales/ha	3.22 ^a ± 4.43	3.17 ^a ± 1.66	1.27 ^a ± 0.56
Producción leche por animal/hato	4.7 ^b ± 5.1	4.1 ^b ± 1.4	1.1 ^a ± 1.0

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

* Nivel de innovación: **0-1** muy bajo, **1.1-2** bajo, **2.1-3** medio, **3.1-4** alto, **> 4** muy alto.

* Primer valor numérico pertenece a la media y el segundo corresponde a la desviación estándar.

Varios estudios usan el análisis de conglomerados para tipificar fincas lecheras, según características similares entre ellas, pero diferentes de otros grupos en la misma zona de estudio (Smith *et al.* 2002, Betancourt *et al.* 2005, Vilaboa-Arroniz *et al.* 2009, Vargas *et al.* 2013, Carrillo *et al.* 2011, Guapi *et al.* 2017, Vásquez *et al.* 2020, Villarreal *et al.* 2022). En la mayoría de esos estudios se obtuvo un número variable de grupos, pero finalmente los autores se quedaron con 3-5 grupos, similar al número de grupos obtenido en este trabajo. Un aspecto importante es que, aunque se usen las mismas metodologías de agrupación, las tipologías no son comparables entre diferentes estudios, pues las variables utilizadas y la variabilidad de ellas son diferentes.

Entre las fincas lecheras cubiertas por el presente estudio, el 52.5% se dedican a la producción de doble propósito (Tabla 5), y las restantes, a la lechería especializada. Este porcentaje es inferior a lo encontrado por Gomes-Nogueira y Oddone (2017) para República Dominicana, quienes reportaron que el 70% de la ganadería vacuna era explotada con doble propósito. Por otro lado, en condiciones similares en México, Vilaboa-Arroniz *et al.* (2009), reportaron que había un 55.8% de las fincas eran de doble propósito con niveles tecnológicos bajos y solo un 13.1% se enfocaba en la producción especializada de leche.

Lo que no se pudo dilucidar son las razones para esa mayor proporción de fincas dedicadas a la lechería especializada en la zona de estudio, comparada con la media para el país, pero

con frecuencia ese tipo de tendencias es producto de programas gubernamentales de promoción de la producción láctea, o el acceso a mercados. Cabe anotar, que hace poco, se ha establecido una planta de acopio y procesamiento de leche en la zona, la cual debe abrir mejores oportunidades de comercialización para los productores lecheros de la zona de intervención del Plan Sierra. Otro aspecto a destacar es que en la muestra de fincas estudiadas se tuvo un 49.2% de fincas pequeñas, lo cual está por debajo de la media nacional, que es de 80% de productores pequeños, con menos de 20 animales por hato (DIGEGA 2022), pero nuevamente las condiciones determinantes del tamaño de finca varían con las zonas.

Tabla 5. Distribución de fincas de lechería especializada y de doble propósito en las tres tipologías de fincas productoras de leche encontradas.

Sistema de producción de leche	Fincas grandes más tecnificadas (C1)	Fincas pequeñas de lechería especializada (C2)	Fincas pequeñas con manejo tradicional (C3)
Especializada, %	51.6	100.0	5.6
Doble propósito, %	48.4	0.0	94.4

En cuanto al nivel de innovación aplicado en las fincas, este fue mayor en las (C1) y menor en las fincas pequeñas con manejo tradicional (C3); y las fincas C2 presentaron un valor más cercano al de las fincas C1 (Tabla 6). El uso de concentrados fue alto en las fincas C1 y C2 (83.9 y 100.0%), pero cuando se consideraron otros atributos, que definen el nivel de innovación, en las fincas grandes más tecnificadas (C1) hubo un mayor uso de la prueba de mastitis, la fertilización de pasturas, y fueron las únicas que reportaron algunas fincas en que se usaba la inseminación artificial y el ordeño mecanizado. En cambio, en las fincas pequeñas de manejo tradicional (C3), apenas un 22.2% usaba concentrados y un 16.7% aplicaba la prueba de mastitis. Debe destacarse además que la mayoría de los productores en el grupo C3, tenían otras fuentes de ingreso, como el comercio, la producción de cultivos, o recibían remesas de familiares que viven en el exterior, por lo que no siempre la producción lechera era su principal fuente de ingresos.

Tabla 6. Uso de buenas prácticas que definieron el nivel de innovación en las diferentes tipologías de fincas lecheras más predominantes.

	Fincas grandes más tecnificadas (C1)	Fincas pequeñas de lechería especializada (C2)	Fincas pequeñas con manejo tradicional (C3)
Nivel de innovación	2.32	1.75	0.44
	% de fincas que usan las innovaciones		
Uso de concentrados	83.9	100.0	22.2
Prueba de mastitis	80.6	50.0	16.7
Fertiliza pastos	38.7	25.0	0.0
Uso de inseminación	9.7	0.0	5.6
Aplica riego	6.5	0.0	0.0
Ordeño mecanizado	12.9	0.0	0.0

3.2 Diagnóstico productivo y financiero del manejo actual de las fincas representativas por tipología

A grandes rasgos, hay diferencias entre los tipos de finca estudiados, según se detallará a continuación.

3.2.1 Uso del recurso forrajero

La carga animal promedio sostenida por las fincas varió entre 0.80 y 1.30 UA/ha, con los menores valores en las del grupo C1 y mayores en las del grupo C3 (Tabla 7). Además, las fincas grandes más tecnificadas (C1) tuvieron la mayor población de animales, pero la menor carga animal; esto último puede deberse a que al contar con mayor superficie de pastoreo no se ven forzados a sobrecargar las pasturas; sin embargo, queda la duda si están haciendo un buen uso del recurso forrajero, pues para varias de estas fincas se mencionó usaban fertilización de pastos, pero no se especificó si era en todas las pasturas o en algunas de ellas. Mientras que los otros conglomerados (C2 y C3) presentaron una carga animal similar, pero superior a la del grupo C1. Los valores obtenidos para la zona de influencia del Plan Sierra están dentro del rango 0.61 y 4.05 UA/ha encontrado por otros estudios estudiando sistemas similares (Smith *et al.* 2002, Vilaboa-Arroniz *et al.* 2009, Carrillo *et al.* 2011, Guapi *et al.* 2017); sin embargo, se sabe que la capacidad de soporte de las pasturas es afectada por el tipo de pastura, las condiciones ambientales y el manejo aplicado a las mismas, entre muchos otros factores (Pezo, 2018).

Las cargas encontradas para las fincas de los grupos C1 y C2 están por debajo de la carga potencial estimada, lo que sugiere que sería posible aumentar el número de animales por hectárea de pasto; en cambio, en las fincas pequeñas con manejo tradicional (C3), la carga promedio es superior a la potencial, por lo que al aumentarla se agravarían los problemas de degradación de pasturas, con impactos negativos sobre la producción, productividad animal y beneficio económico de los sistemas, así como sobre el ambiente (Betancourt *et al.* 2007, Pezo, 2017, Enríquez Quiroz *et al.* 2021). De hecho, en las visitas a las fincas estudiadas se detectó que existía el problema de degradación de pasturas, pero para definir qué intervenciones recomendar se requiere una evaluación más detallada de la condición de las pasturas, el manejo de pastoreo aplicado y el potencial productivo de las pasturas existentes y de otras que se podrían introducir en la zona. Sin embargo, el objetivo debe ser contar con sistemas forrajeros que poseen un alto potencial productivo en cantidad y calidad nutritiva, para de esa manera reducir la dependencia a la compra de concentrados y de otros insumos externos a la finca (Pezo, 2018, Acosta *et al.* 2021).

Tabla 7. Variables asociadas al uso del recurso forrajero para las diferentes tipologías de fincas lecheras más predominantes.

Variables biofísicas	Fincas grandes más tecnificadas (C1)	Fincas pequeñas de lechería especializada (C2)	Fincas pequeñas con manejo tradicional (C3)
Área forrajera (ha)	64.5 ± 62.5	14.2 ± 3.9	18.4 ± 7.7
Unidad animal (400kg)	50.5 ± 15.5	17.6 ± 6.2	23.4 ± 12.7
Carga animal actual (UA/ha)	0.80 ± 1.10	1.20 ± 0.10	1.30 ± 0.30
Carga animal potencial (UA/ha)	1.2 ± 0.7	1.9 ± 0.7	1.2 ± 0.2

3.2.2 Balance nutricional en los hatos

Con base en los estimados de consumo de materia seca de los pastos presentes en las fincas y los concentrados aportados a los animales a lo largo del año, así como la calidad nutritiva promedio de esos componentes de la dieta, expresada en megacalorías de energía metabolizable (Mcal EM) y kilos de proteína cruda (kg PC), se estimó el aporte de esos

nutrientes y cómo estos se comparaban con la demanda de estos por el hato. Estas estimaciones se hicieron en todas las fincas seleccionadas como representativas de cada tipología de sistema lechero presente en la zona de intervención del Plan Sierra, por lo que en las Tablas 6 y 7 se reportan las medias y desviaciones estándar de esos indicadores.

En cuanto a la energía metabolizable (Tabla 8), se evidenció que en las fincas grandes más tecnificadas (C1) y en las pequeñas de lechería especializada (C2) había exceso de oferta respecto a la demanda; mientras que en las pequeñas con manejo tradicional (C3), la oferta era deficitaria, pues representaba en promedio un 87% de la demanda. Debe anotarse que la oferta de EM incluye no solo el aporte de los pastos, sino también de los concentrados, los cuales representaron el 17.34, 17.01 y 13.75% de la energía consumida, para las fincas de los grupos C1, C2 y C3, respectivamente. Si se tomara el aporte de EM solo de los pastos, en las fincas C1 y C2, el pasto aportó en exceso sobre la demanda energética; en cambio, en el caso de las fincas C3 ese déficit sería aún más crítico. Una tendencia similar se observó en el caso de la proteína cruda (Tabla 9), pero los valores de balance O/D tendieron a ser menores a los encontrados para EM.

Tabla 8. Balance nutricional con base en energía metabolizable para las diferentes tipologías de fincas lecheras más predominantes.

Caso Energía Metabolizable	Fincas grandes más tecnificadas (C1)	Fincas pequeñas de lechería especializada (C2)	Fincas pequeñas con manejo tradicional (C3)
Oferta EM (Mcal/año) por forraje fresco	454,839.2 ± 323,641.5	129,474.2 ± 57,073.8	103,057.0 ± 38,458.7
Oferta EM (Mcal/año) por suplementos	56,702.2 ± 45,822.5	21,274.0 ± 16,282.6	15,374.3 ± 742.7
% de E.M que proviene de suplementación (%)	17.34 ± 20.00	17.01 ± 17.24	13.75 ± 3.52
Demanda de EM, Mcal/año	311,152.6 ± 90,864.5	111,820.56 ± 37,471.74	135,712.53 ± 73,391.81
Balance de EM, (Oferta/Demanda)	1.64 ± 0.87	1.35 ± 1.01	0.87 ± 0.60

Tabla 9. Balance nutricional con base en proteína cruda para las diferentes tipologías de fincas lecheras más predominantes.

Caso Proteína Cruda	Fincas grandes más tecnificadas (C1)	Fincas pequeñas de lechería especializada (C2)	Fincas pequeñas con manejo tradicional (C3)
Oferta PC (kg/año) por forraje fresco	23,114.4 ± 21,007.3	6,218.8 ± 1,799.8	4,889.9 ± 1,421.3
Oferta PC (kg/año) por suplementos	4,746.9 ± 3,691.7	1,893.8 ± 1,486.4	1,210.8 ± 47.3
% de PC que proviene de suplementación (%)	26.90 ± 28.72	23.29 ± 17.60	20.59 ± 4.84
Demanda PC, kg/año	20,356.5 ± 5,423.4	7,939.3 ± 2,629.5	8,034.5 ± 4,646.4
Balance de PC (Oferta/Demanda)	1.37 ± 1.04	1.02 ± 0.60	0.76 ± 0.54

Con frecuencia, en sistemas lecheros y de doble propósito basados en pasturas tropicales, se observa que el nutriente más limitante es la energía, pero en aquellos sistemas que enfrentan

además períodos secos muy marcados, como en la zona de intervención del Plan Sierra, la proteína se convierte también en factor aún más limitante que la energía durante ese período crítico de disponibilidad de humedad (Herrera *et al.* 2008, Nuñez Delgado *et al.* 2019). Hernández Anguizola (2023), observó una tendencia similar en ganado de ceba. La situación cambia cuando se incorporan leguminosas en los sistemas de pasturas, ya sea en asocio con las gramíneas o en bancos de proteína para corte y acarreo o ramoneo (Turcios Samayoa 2008, Milera *et al.* 2014), pues el efecto benéfico de la presencia de leguminosas se hace más evidente en el período seco (Ibrahim *et al.* 2008).

3.2.3 Indicadores de productividad

Los indicadores de productividad considerados en el estudio incluyeron la producción de leche en litros por vaca por día, por lactancia y por hectárea por año, así como el número de animales vendidos (Tabla 10). Las fincas pequeñas de lechería especializada (C2) mostraron los mayores valores para los parámetros de producción de leche, pero los menores valores en cuanto a la venta de animales; en contraste, las pequeñas con manejo tradicional (C3) mostraron los valores más bajos de producción y productividad lechera y valores intermedios en cuanto a la venta de animales.

Un aspecto por destacar es que los niveles de producción de leche por vaca son relativamente altos en las tres tipologías de fincas, incluso en las fincas pequeñas de manejo tradicional (C3), pese a que la mayoría de ellas eran de doble propósito. Los niveles de producción de leche encontrados en estos sistemas en República Dominicana son de 4 a 5 kg/vaca/día (DIGEGA 2022), así como en otros países de América Tropical (Turcios Samayoa, 2008; Vilaboa-Arroniz *et al.* 2009; Castro *et al.* 2012; Juárez Barrientos *et al.* 2015; Guapi *et al.* 2017). Los resultados obtenidos en este estudio pueden atribuirse al genotipo animal presente, ya que la mayoría de los animales tenían un nivel alto de sangre de razas especializada en producción de leche como Jersey, Holstein y Pardo Suiza, y además, recibían suplementación con concentrados. En cambio, la producción de leche por hectárea fue modesta (entre 1,439.5 y 3,516.5 kg/ha/año), valores que están dentro del rango de valores observados en estudios efectuados en otros países tropicales (Hernández-Castellano *et al.* 2019), lo que evidencia no se está explotando el potencial de las pasturas tropicales bien manejadas (González *et al.* 1995; Ramírez-Rivera *et al.* 2019).

Tabla 10. Indicadores de productividad para las diferentes tipologías de fincas lecheras más predominantes.

Indicadores de productividad	Fincas grandes más tecnificadas (C1)	Fincas pequeñas de lechería especializada (C2)	Fincas pequeñas con manejo tradicional (C3)
<u>Producción de leche</u>			
Kg/vaca/día	9.41 ± 2.96	12.50 ± 5.19	7.27 ± 1.41
Kg/lactancia	2,451.6 ± 1872.7	3,516.5 ± 2252.1	1,439.5 ± 696.7
Kg/ha/año	2800.0 ± 2,675.2	3378.5 ± 1,399.8	1637.8 ± 1,172.9
Animales vendidos, UA/ha	0.62 ± 0.57	0.17 ± 0.10	0.50 ± 0.42

3.2.4 Indicadores de eficiencia reproductiva

Ninguno de los productores entrevistados lleva registros, por lo que los indicadores de eficiencia reproductiva fueron estimados a partir de la información brindada a través de

entrevistas, con los consecuentes problemas de precisión. Quizás el caso más crítico es el de la edad al primer parto (Tabla 11), muy inferior a valores observados en otros estudios, incluso en países de la zona templada (Marie-Clare *et al.* 2022), y también en países tropicales (Vargas y Ulloa, 2008, Salazar-Carranza *et al.* 2013). Bajo condiciones tropicales, el uso de cruces de razas lecheras con ganado criollo o cebuino ha resultado en cierta reducción en la edad al primer parto (Galukande *et al.* 2013), pero los valores encontrados en este estudio, especialmente en las fincas pequeñas de lechería especializada (C2), están por debajo de lo posible, que en el mejor de los casos sería de 24 a 30 meses. El tema de adelantar la edad al primer parto es significativo, pues el acortar el período de cría lleva a generar beneficios económicos, como un ahorro de costos, un retorno de la inversión más temprana y una mejora genética más acelerada (Lin *et al.* 1986, Pirlo *et al.* 2000, Tozer *et al.* 2001, Krpálková *et al.* 2014).

Los valores encontrados para otros indicadores reproductivos, tales como la proporción de vacas en ordeño respecto al número total de vacas, el intervalo entre partos y la tasa de natalidad, se acercan más a lo reportado en la literatura para estos sistemas (Hernández-Castellano *et al.* 2019, Galina y Geffroy 2023). Es posible que en esos estudios se hayan formulado preguntas que permitían el doble chequeo, y así se evitó tener valores alejados de la realidad. Así, las fincas grandes más tecnificadas (C1) mostraron la mayor proporción de vacas en ordeño (56.34%) y el menor intervalo entre partos (397.36 días). Lo opuesto fue para el caso de las fincas pequeñas con manejo tradicional (C3), donde solo el 40.4% de las vacas adultas estaban en ordeño y el intervalo entre partos fue de 540.00 días. Varios factores pueden haber incidido en las diferencias, incluidos entre ellos, la dominancia de animales con genotipo animal adaptado, el manejo general del hato, pero además el nivel de nutrición ofrecido a los animales, pues en las fincas C1 se observó el mejor balance nutricional en términos de energía metabolizable (Tabla 7) y proteína cruda (Tabla 8).

Tabla 11. Características reproductivas de las diferentes tipologías de fincas lecheras más predominantes.

Indicadores reproductivos	Fincas grandes más tecnificadas (C1)	Fincas pequeñas de lechería especializada (C2)	Fincas pequeñas con manejo tradicional (C3)
Vacas totales	33.67 ± 6.81	14.00 ± 6.00	13.67 ± 9.29
Vacas en ordeño, %	56.34 ± 23.62	53.93 ± 16.42	40.40 ± 20.68
Periodo lactancia, meses	7.67 ± 2.08	8.33 ± 1.53	12.00 ± 0.00
Edad primer parto, meses	25.67 ± 7.51	16.67 ± 1.53	30.00 ± 0.00
Días abiertos	112.36 ± 64.71	155.00 ± 69.28	255.00 ± 0.00
Intervalo entre partos, días	397.36 ± 64.71	440.00 ± 69.28	540.00 ± 0.00
Natalidad anual (%)	60.15 ± 15.84	76.61 ± 3.81	64.58 ± 11.78

3.2.5 Indicadores de costos de producción

Los costos de personal y de alimentos concentrados fueron los que más pesaron en los costos totales de producción, independientemente de la tipología de sistema lecheros presentes en la zona de intervención del Plan Sierra (Tabla 12); sin embargo, debe anotarse que en las tres tipologías de finca se encontró una participación fuerte de la mano de obra familiar en el proceso productivo, cuyos costos muchas veces no son tomados en cuenta cuando el

productor analiza sus costos de producción. Consecuentemente, el insumo que resultó en la mayor erogación de efectivo fue la compra de concentrados, que representó el 42.1, 37.6 y 45.1% de los costos totales en las fincas C1, C2 y C3, respectivamente. Si se hace mejoras en la producción y utilización de pasturas, reconocido como el recurso alimenticio más barato en los sistemas de producción de rumiantes (Pezo, 2018), será posible reducir los gastos en concentrados y los costos totales.

Es más, los balances de energía metabolizable y proteína cruda (Tablas 6 y 7), evidencian que la oferta supera a la demanda de esos nutrientes en las fincas de las tipologías C1 y C2, por lo que sería posible reducir el uso de alimentos concentrados, y de esa manera, disminuir los costos totales de producción. Sin embargo, como los estimados de demanda y oferta de nutrientes se basan en el **Modelo Financiero para Fincas Ganaderas Bovinas (FINGAB)**, antes de decidir la reducción de la oferta de concentrados, se recomienda que los valores se validen con mediciones directas de la producción de forrajes, y el valor nutritivo determinado en muestras colectadas en campo. En el caso de las fincas C3, donde el balance nutricional fue negativo, la mejora del componente forrajero deberá resultar en una reducción del uso de concentrados, de los costos asociados a esta práctica y sobre todo en mejoras la condición y los niveles de producción de los animales.

Tabla 12. Variables de los costos en las diferentes tipologías de fincas lecheras más predominantes.

Indicador	Fincas grandes más tecnificadas (C1)	Fincas pequeñas de lechería especializada (C2)	Fincas pequeñas con manejo tradicional (C3)
Costos totales, RD\$/ha	68,248.1 ± 77,911.9	50,345.7 ± 22,515.5	44,152.3 ± 9,028.2
Personal (%)	47.00 ± 15.20	48.97 ± 6.79	42.27 ± 20.36
Suplementos concentrados (%)	42.13 ± 20.16	37.6 ± 6.00	45.10 ± 20.90
Energía, combustibles, mantenimiento de infraestructura y equipo (%)	6.52 ± 6.48	9.03 ± 3.81	7.83 ± 2.34
Sales minerales y melaza, (%)	1.48 ± 0.23	1.51 ± 0.34	1.71 ± 0.67
Salud y reproducción animal (%)	0.90 ± 0.32	0.93 ± 0.03	1.13 ± 0.59
Otros costos y contingencias (1.96 %)	1.96 ± 0.00	1.96 ± 0.00	1.96 ± 0.00

3.2.6 Indicadores de eficiencia económica del sistema

Los indicadores de desempeño considerados en el estudio incluyeron la ganancia por hectárea, la proyección del precio de la leche en litros, el beneficio y el número de veces que las ganancias totales cubren el valor de la canasta básica (Tabla 13). Como era de esperar, las fincas grandes más tecnificadas (C1) presentaron una mayor ganancia por hectárea y cubrieron más veces la canasta básica. El grupo de fincas pequeñas con manejo tradicional (C3) presentaron los valores más bajos para ganancia total y por hectárea, el beneficio por litro de leche y el número de canastas básicas cubiertas por la actividad; en cambio, las fincas pequeñas de lechería especializada (C2) presentaron valores intermedios para la mayoría de

los indicadores, pero en los indicadores de eficiencia, como son el ingreso por hectárea y por kilo de leche, no difirieron de los valores alcanzados por las fincas C1.

Tabla 13. Indicadores de desempeño de las diferentes tipologías de fincas lecheras más predominantes.

Variables Indicadores de desempeño	Fincas grandes más tecnificadas (C1)	Fincas pequeñas de lechería especializada (C2)	Fincas pequeñas con manejo tradicional (C3)
Ganancias totales, RD\$	1,110,162.8 ± 858,606.4	807,308.3 ± 419,936.4	327,563.9 ± 557,302.1
Ganancia, RD\$/ha	37,997.5 ± 30,027.0	37,880.5 ± 13,275.6	27,833.3 ± 45,418.7
Precio proyectado, RD\$/kg leche	28.83 ± 1.4	28.67 ± 1.15	28.7 ± 1.2
Beneficio, RD\$/kg leche	12.9 ± 7.5	12.35 ± 1.67	3.8 ± 23.8
Precio ponderado, RD\$/UA	47,073.7 ± 10,627.3	40,191.42 ± 8,950.2	43,074.7 ± 16,427.8
Canastas básicas, n	9.04 ± 7.00	6.56 ± 3.45	3.17 ± 4.09

3.2.7 Indicadores financieros

Los resultados financieros contienen los ingresos por hectárea tanto por venta de leche como de animales, el margen operativo y el valor presente neto de las ganancias. Las fincas pequeñas de lechería especializada (C2), son las que presentan los mejores ingresos por hectárea por año y el margen operativo con RD\$ 106,246.0 y 0.51%, respectivamente (Tabla 14). Esta ventaja con respecto a los otros dos grupos puede deberse a que varios de los productores de este grupo usan vacas de razas más productivas y eficientes, como son la Jersey, Holstein y Pardo Suiza. Además, el nivel de intensificación del sistema lechero es mayor que en los otros dos grupos de fincas. En el caso de las fincas grandes más tecnificadas (C1), el ingreso por hectárea es menor que en fincas de los grupos C2 y C3, lo cual indicaría un menor nivel de intensificación o que hay áreas contabilizadas para el análisis que no son pastos manejados regularmente.

Tabla 14. Indicadores financieros de las diferentes tipologías de fincas lecheras más predominantes.

Resultados de variables financieras	Fincas grandes más tecnificadas (C1)	Fincas pequeñas de lechería especializada (C2)	Fincas pequeñas con manejo tradicional (C3)
Ingresos, RD\$/ha/año	48,307.4 ± 99,079.3	106,246.0 ± 42,172.3	64,789.2 ± 28,551.0
Por venta de leche, (%)	0.67 ± 0.11	0.84 ± 0.04	0.59 ± 0.14
Por venta de animales, (%)	0.33 ± 0.11	0.16 ± 0.04	0.41 ± 0.14
Margen operativo, %	33.40 ± 20.96	51.06 ± 13.57	15.19 ± 27.54
VPN de las ganancias por finca (RD\$)	7,665,287.1 ± 8,758,134.0	6,512,436.6 ± 3,315,507.2	2,849,257.5 ± 4,671,675.4

*VPN: Valor presente neto de las ganancias

Los indicadores financieros no solo mostraron diferencias entre las tipologías, sino que además hay variabilidad entre fincas dentro de cada grupo. Esto ha sido observado también en muchos estudios analizando sistemas lecheros, como en el caso de Vilaboa-Arroniz *et al.* (2009) trabajando en México y por Soto *et al.* (2018) en Cuba, quienes encontraron además, que la intensificación de esos sistemas trajo beneficios económicos siempre y cuando se

incluyera el uso racional de recursos tales como la mano de obra, los concentrados y otras fuentes de alimento.

3.2.8 Indicadores de emisiones de CO_{2e}

Los resultados para las variables de fuentes de emisiones de CO_{2e} contienen las emisiones de CO_{2e} en ton/ha/año, y la contribución porcentual de diferentes fuentes como son las emisiones entéricas de metano, y de óxido nitroso y metano provenientes del manejo estiércol, así como el óxido nitroso asociado a la aplicación de fertilizantes nitrogenados. La sumatoria de esas emisiones se relacionó luego con el ingreso y el beneficio económico, estimando el nivel de ingreso y de ganancia por unidad de emisión (Tabla 15).

Las emisiones de CO_{2eq} por hectárea por año, fueron más altas en las fincas pequeñas con manejo tradicional (C3), y los menores valores correspondieron a las fincas grandes más tecnificadas (C1). Sin embargo, esto último no significa necesariamente que estas últimas sean más eficientes en cuanto al control de emisiones, sino que las emisiones totales se diluyan en la mayor superficie de esas fincas. En las tres tipologías de fincas lecheras, el metano entérico fue la principal fuente de emisiones (>55%), seguido por el proveniente del manejo de estiércol (entre 30.24 y 36.04%, para C2 y C3, respectivamente); en cambio, las emisiones resultantes de la fertilización son bastante bajas para las tres tipologías de fincas lecheras, con un valor más alto para las fincas grandes tecnificadas (6.39%) donde hubo algunos productores que manifestaron aplicar fertilizantes en las pasturas; en cambio, los valores más bajos correspondieron a las fincas pequeñas con manejo tradicional (1.68%). La contribución de las diferentes fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero concuerdan con lo esperado para sistemas altamente dependientes de forrajes, como base de la alimentación (Gerber *et al.* 2013).

En términos de la eficiencia económica ambiental, expresada como el ingreso o la ganancia por unidad de emisiones de CO_{2eq}, las fincas pequeñas de lechería especializada (C2) mostraron los mayores valores, seguidas por las fincas pequeñas con manejo tradicional (C3) y finalmente, las fincas grandes más tecnificadas (C1). A pesar de que las fincas pequeñas de lechería especializada (C2), presentan los mejores indicadores tanto en ingreso como en ganancias por unidad de emisiones (Tabla 15), las diferencias relativas con respecto a las otras tipologías se hacen más evidentes cuando se usa la ganancia por ton de CO_{2eq} emitido, lo cual concuerda con lo encontrado para otros indicadores financieros, como son los ingresos por hectárea y el margen operativo (Tabla 14). Todo esto es un reflejo de la importancia de la intensificación usando recursos disponibles en la finca, pues los comprados tienen impacto sobre los costos de producción, y están sujetos a las condiciones de mercado para los insumos, así como las emisiones asociadas a los procesos de producción y transporte de concentrados y otros insumos (Mazzetto *et al.*, 2020).

Tabla 15. Indicadores de eficiencia económica ambiental para las diferentes tipologías de finca identificadas.

Variables Fuentes de Emisiones de CO_{2e}	Fincas grandes más tecnificadas (C1)	Fincas pequeñas de Lechería Especializada (C2)	Fincas pequeñas con manejo tradicional (C3)
E. de CO _{2e} ton/ha/año	0.79 ± 0.85	1.23 ± 0.04	1.30 ± 0.28
E. entéricas, CO _{2e} (%)	55.18 ± 11.03	58.32 ± 5.37	54.17 ± 4.55
E. directa N ₂ O por manejo estiércol, CO _{2e} (%)	30.76 ± 2.09	30.24 ± 2.49	36.04 ± 1.90
E. directa N ₂ O por fertilización (%)	6.39 ± 8.74	4.18 ± 3.64	1.68 ± 2.91
E. indirecta N ₂ O por volatilización, CO _{2e} (%)	3.98 ± 0.24	3.91 ± 0.34	4.26 ± 0.01
Metano por manejo de estiércol, CO _{2e} (%)	3.70 ± 0.06	3.34 ± 0.08	3.85 ± 0.49
EEA 1 (Ingreso/emisiones), RD\$	67,684.5 ± 32,250.9	86,457.5 ± 31,755.5	51,059.4 ± 16,547.2
EEA 2 (Ganancias/emisiones), RD\$	21,195.4 ± 10,995.9	44,308.0 ± 18,753.8	11,222.0 ± 16,287.2
Emisiones totales, ton CO _{2eq} /año	50.67 ± 17.43	17.58 ± 5.03	23.87 ± 17.79

*E: Emisiones, EEA: Eficiencia económica ambiental.

Conclusiones

En la zona de intervención del Plan Sierra existen tres tipos de fincas dedicadas a la producción de leche, a saber: Grandes más tecnificadas (C1); Pequeñas de lechería especializada (C2) y Pequeñas con manejo tradicional (C3), pero, dentro de cada tipología, hay variabilidad en los indicadores productivos y financieros.

Los atributos diferenciales de las tipologías de fincas lecheras en la zona de intervención del Plan Sierra están relacionados con el grado de innovación, el tamaño del hato, la superficie de terreno de la finca, la cantidad de leche producida y el tipo de actividad o especialización.

Las fincas pequeñas con manejo tradicional (C3) poseen el menor grado de innovación y los menores valores de eficiencia económica y productiva; mientras que las fincas pequeñas de lechería especializada (C2) son más eficientes por unidad de área, comparado con las fincas grandes tecnificadas (C1), en las cuales los costos por unidad de área son mayores.

Las fincas pequeñas de lechería especializada (C2) muestran también una mayor eficiencia económica ambiental que las fincas grandes más tecnificadas (C1) y las pequeñas con manejo tradicional (C3), y la magnitud de las diferencias entre las tipologías de fincas lecheras es mayor cuando se considera la ganancia por ton de CO_{2eq}, en lugar del ingreso por ton de CO_{2eq}.

Recomendaciones

- Promover que los productores utilicen registros productivos y financieros, los cuales deben servir de base para el proceso de toma de decisiones en las fincas, con base en indicadores de eficiencia económica y productiva.
- Impulsar esfuerzos de asistencia técnica para fomentar la aplicación de buenas prácticas ganaderas, en particular opciones silvopastoriles, en las fincas de la zona de intervención del Plan Sierra, con el propósito de mejorar su potencial de sostenibilidad, incrementando la productividad, el beneficio económico, la captura de carbono y la conservación de la biodiversidad. Estas intervenciones son más urgentes en las fincas pequeñas con manejo tradicional (C3).
- Propiciar la validación y eventual uso amplio del Modelo Financiero para Fincas Ganaderas Bovinas (FINGAB) para la evaluación de fincas lecheras en la zona de intervención del Plan Sierra. Este modelo puede ser de ayuda para el diseño de programas de inversión orientados a la mejora de la sostenibilidad de dichas fincas.

Referencias bibliográficas

- Acosta, CP; Meza, JR; Mendo, OH. 2021. Análisis y reducción de costos alimenticios asociados a la producción láctea de un sistema bovino semiespecializado, mediante el uso de la metodología AHP. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 22(2):e1699. DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num2_art:1699.
- Baudracco, J; Lopez-Villalobos, N; Holmes, CW; Cameron, EA; Macdonald, KA; Barry, TN. 2013. e-Dairy: a dynamic and stochastic whole-farm model that predicts biophysical and economic performance of grazing dairy systems. *Animal* 7(5):870-878.
- Betancourt, K; Ibrahim, M; Villanueva, C; Vargas, B. 2005. Caracterización del manejo productivo de sistemas lecheros en la cuenca del río Bulbul de Matiguás, Matagalpa, Nicaragua. *Livestock Research for Rural Development* 17(80):1-12. Disponible en línea: <https://www.researchgate.net/publication/260205979> Caracterización y clasificación de hatos lecheros en Costa Rica mediante análisis multivariado.
- Betancourt, H; Pezo, D; Cruz, J; Beer, J. 2007. Impacto bio-económico de la degradación de pasturas en fincas de doble propósito en El Chal, Petén, Guatemala. *Revista Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" (Cuba)* 30 (1): 169-175.
- Carrillo, B; Moreira, V; González, J; 2011. Caracterización y tipificación de sistemas productivos de leche en la zona centro-sur de Chile: un análisis multivariable. Volumen 29, Nº 1. Páginas 71-81 IDESIA (Chile) Enero-Abril, 2011. Disponible en línea: <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v29n1/art10.pdf>.
- Castro CJ, Rivera JC, Zavaleta JA. 2012. Características de la producción y comercialización de leche bovina en sistemas de doble propósito en Dobladero, Veracruz. *Revista Mexicana de Agronegocios* 30:816-824.
- DGODT (Dirección General de Desarrollo y Ordenamiento Territorial). 2016. Plan Municipal De Desarrollo San José De Las Matas (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://sismap.gob.do/Municipal/uploads/evidencias/636142031827198039-PMD-San-Jos-de-las-Matas.pdf>.
- DIGEGA (Dirección General de Ganadería de la República Dominicana). 2019. Memoria Institucional Enero-diciembre 2019. Políticas para el Desarrollo del Sector Pecuario Dominicano. Consultado 10 octubre 2022. Disponible en línea. [https://www.ganaderia.gob.do/transparencia/phocadownload/PlanEstrategico/MemoriasInstitucionales/Memoria Institucional DIGEGA 2019.pdf](https://www.ganaderia.gob.do/transparencia/phocadownload/PlanEstrategico/MemoriasInstitucionales/Memoria%20Institucional%20DIGEGA%202019.pdf).
- DIGEGA (Dirección General de Ganadería de la República Dominicana). 2021. Estadísticas de Producción Pecuaria. Octubre – diciembre 2021. Dirección General de Ganadería. Santo Domingo, República Dominicana. Consultado 10 octubre 2022. Disponible en línea. <https://ganaderia.gob.do/transparencia/index.php/estadisticas/2021/category/818-estadisticas-produccion-pecuaria-octubre-diciembre-2021>.

- DIGEGA (Dirección General de Ganadería de la República Dominicana). 2022. Centros de acopio: pieza vital para conservación y el cuidado de la leche. Consultado 12 octubre 2022. Disponible en línea: <https://www.ganaderia.gob.do/index.php/noticias/item/525-centros-de-acopio-pieza-vital-para-conservacion-y-el-cuidado-de-la-leche>.
- Delgado, C; Rosegrant, MW; Steinfeld, MH; Ehui, S; Courbois, C. 1999. Livestock to 2020: The next food revolution. Food, Agriculture, and the Environment Discussion Paper No. 28. International Food Policy Research Institute (IFPRI). Washington. DC. 72 p.
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; González, L; Tablada, M; Robledo, CW. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Dohme-Meier, F; Kaufmann, LD; Görs, S; Junghans, P; Metges, CC; Van-Dorland, HA; Bruckmaier, RM; Münger, A. 2014. Comparison of energy expenditure, eating pattern and physical activity of grazing and zero-grazing dairy cows at different time points during lactation. *Livestock Science* 162:86-96. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2014.01.006>
- Enríquez Quiroz JF, Esqueda Esquivel VA, Martínez Méndez D. 2021. Rehabilitación de praderas degradadas en el trópico de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 12:243-260.
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database). 2022. Cultivos y productos de ganadería. Consultado el 9 de octubre del 2022. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/TCL>.
- Galina CS, Geffroy M. 2023. Dual-purpose cattle raised in tropical conditions: What are their shortcomings in sound productive and reproductive function? *Animals* 13(13): 2224. <https://doi.org/10.3390/ani13132224>.
- Galukande E, Mulindwa H, Wurzinger M, Roschinsky R, Mwai AO, Sölkner J. 2013. Crossbreeding cattle for milk production in the tropics: achievements, challenges and opportunities. *Animal Genetic Resources* 52:111-125.
- Gerber, PJ; Steinfeld, H; Henderson, B; Mottet, A; Opio, C; Dijkman, J; Falcucci, A; Tempio, G. 2013. Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), Roma. Disponible en línea: <https://www.fao.org/3/i3437s/i3437s.pdf>.
- Guapi, R; Masaquiza, D; Curbelo, L. 2017. Caracterización de sistemas productivos lecheros en condiciones de montaña, Parroquia Químiag, Provincia Chimborazo, Ecuador. *Revista Producción Animal* 29(2): 14-24.
- Gomes-Nogueira, C; Oddone, N. 2017. Fortalecimiento de la cadena de valor de los lácteos en la República Dominicana (en línea). *Cepal* 53(9):110. Disponible en https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41746/1/S1700564_es.pdf.

- González, MS; Van Heurck, LM; Romero, F; Pezo, DA; Argel, P. 1995. Milk production from African star grass (*Cynodon nlemfuensis*) pastures and mixtures with *Arachis pintoi* or *Desmodium ovalifolium*. *Pasturas Tropicales* (Colombia) 18(1): 2-12.
- Hernández Anguizola, JD. 2023. Evaluación de un sistema silvopastoril de ceiba de bovinos basado en el uso de asociaciones de gramíneas y leguminosas. Tesis Mag Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 38 p.
- Hernández-Castellano LE, Nally JE, Lindahl J, Wanapat M, Alhidary IA, Fangueiro D, Grace D, Ratto M, Bambou JC, de Almeida AM. 2019. Dairy science and health in the tropics: challenges and opportunities for the next decades. *Tropical Animal Health and Production* 51:1009-1017.
- Herrera P, Birbe B, Colmenares O, Hernández RM, Bravo C, Hernández D. 2008. Sistemas de producción con ganadería de doble propósito en condiciones de sabanas bien drenadas. *Acta Biológica Venezuela* 28(1):29-35.
- Ibrahim, M; Franco M., Pezo D., Camero A., Araya J. 2001. Promoting intake of *Cratylia argentea* as a dry season supplement for cattle grazing *Hyparrhenia rufa* in the subhumid tropics. *Agroforestry Systems* 51: 167 -175.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2016. Sistemas silvopastoriles establecimiento y su uso en República Dominicana (en línea). Árboles y Arbustos Dispersos En Potreros :48. Disponible en <https://repositorio.iica.int/handle/11324/3018>.
- IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático). 2019. Refinamiento a la Directrices del IPCC de 2006 para Inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Emissions from livestock and manure management. Consultado el 28/09/2023. Disponible en: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch10_Livestock.pdf.
- Juárez-Barrientos JM, Herman-Lara E, Soto-Estrada A, Ávalos-de la Cruz DA, Vilaboa-Arroniz J, Díaz-Rivera P. 2015. Tipificación de sistemas de doble propósito para producción de leche en el distrito de desarrollo rural 008, Veracruz, México. *Revista Científica LUZ_Venezuela* 25(4):317-23.
- Krpálková, L; Cabrera, VE; Vacek, M; Štípková, M; Stádník, L; Crump, P. 2014. Effect of prepubertal and postpubertal growth and age at first calving on production and reproduction traits during the first 3 lactations in Holstein dairy cattle, *Journal of Dairy Science* 97 (5): 3017-3027. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7419>.
- Lin, CY; McAllister, AJ; Batra, TR; Lee, AJ; Roy, GL; Vesely, JA; Wauthy, JM; Winter, KA. 1986. Production and reproduction of early and late bred dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 69 (3): 760-768. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(86\)80465-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(86)80465-9).
- Marie-Claire, M; Mee, JF; McAloon, CG; O'Grady, L. 2022. A comparison of the age at first calving of contract-reared versus home-reared replacement dairy heifers. *Theriogenology*, 181: 105-112. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2022.01.018>.

- Mazzetto AM, Bishop G, Styles D, Arndt C, Brook R, Chadwick D. 2020. Comparing the environmental efficiency of milk and beef production through life cycle assessment of interconnected cattle systems. *Journal of Cleaner Production* 277:124108. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124108>
- Milera MD, López O, Alonso O. 2014. Principios generados a partir de la evolución del manejo en pastoreo para la producción de leche bovina en Cuba. *Pastos y Forrajes* 37(4):382-391.
- MINPRE (Ministerio de la Presidencia de la República Dominicana). 2023. RD tiene la canasta básica alimentaria más barata de Centroamérica y el Caribe. Consultado el 15/09/2023. Disponible en: <https://presidencia.gob.do/noticias/rd-tiene-la-canasta-basica-alimentaria-mas-barata-de-centroamerica-y-el-caribe#:~:text=La%20conclusi%C3%B3n%20de%20este%20trabajo,con%20USD%20341.83%E2%80%9D%2C%20explica>.
- Montagnini, F; Finney, C. 2011. Payments for environmental services in Latin America as a tool for restoration and rural development. *Ambio* 40(3):285-297. <https://doi.org/10.1007/s13280-010-0114-4>.
- Murgueitio, E; Barahona, R; Chará, JD; Flores, MX; Mauricio, RM; Molina, JJ. 2015. Los sistemas silvopastoriles intensivos en América Latina alternativa sostenible para enfrentar el cambio climático en la ganadería. *Cuban Journal of Agricultural Science* 49(4):541-554.
- NRC. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th Revised Ed. National Academy Press. Washington DC. USA. 381 p.
- Núñez Delgado J, Ñaupari Vásquez J, Flores Mariazza E. 2019. Comportamiento nutricional y perfil alimentario de la producción lechera en pastos cultivados (*Panicum maximum* Jacq). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 30(1):178-192.
- Pezo, D. 2017. Tecnologías forrajeras para la intensificación sostenible de la ganadería frente al cambio climático. *Revista UTN* 78:18-25.
- Pezo, D. 2018. Los pastos mejorados: su rol, usos y contribuciones a los sistemas ganaderos frente al cambio climático. Proyecto EC-LEDS II, USDA/MAG/MINAE. CATIE. Serie Técnica, Informe Técnico no. 91. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 58 p.
- Pezo, D; Ríos, N; Ibrahim, M; Gómez, M. 2018. Silvopastoral Systems for Intensifying Cattle Production and Enhancing Forest Cover: The Case of Costa Rica Leveraging Agricultural Value Chains to Enhance Tropical Tree Cover and Ney Ríos CATIE-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (en línea). (January). Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/330576239>.
- Plan Sierra. 2021. Caracterización de los sistemas ganaderos ubicados en la zona de intervención original del Plan Sierra. Informe basado en una encuesta aplicada por técnicos de Plan Sierra a 162 productores ubicados en la zona de intervención del Plan Sierra, durante los meses Julio- agosto del año 2020. Consultado el 15 de ago. 2022.

- Pirlo, G; Miglior, F; Speroni, M. 2000. Effect of Age at First Calving on Production Traits and on Difference Between Milk Yield Returns and Rearing Costs in Italian Holsteins. *Journal of Dairy Science* 83 (3): 603-608. Haz clic aquí para escribir texto. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74919-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74919-8).
- Presidencia de la República Dominicana, 2022. Seguridad alimentaria. RD tiene la canasta básica alimentaria más barata de Centroamérica y el Caribe. Consultado en línea el 23/09/2023. Disponible en: <https://presidencia.gob.do/noticias/rd-tiene-la-canasta-basica-alimentaria-mas-barata-de-centroamerica-y-el-caribe#:~:text=La%20conclusi%C3%B3n%20de%20este%20trabajo,con%20USD%20341.83%E2%80%9D%2C%20explica>.
- Ramírez-Rivera EJ, Rodríguez-Miranda J, Huerta-Mora IR, Cárdenas-Cágal A, Juárez-Barrientos JM. 2019. Tropical milk production systems and milk quality: a review. *Tropical Animal Health and Production* 51(6):1295-1305.
- Salazar-Carranza M, Castillo-Badilla G, Murillo-Herrera J, Hueckmann-Voss F, Romero-Zúñiga JJ. 2013. Edad al primer parto en vacas Holstein de lechería especializada en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 24(2):233-243.
- Smith RR; Moreira LV; Latrille LL. 2002. Caracterización de sistemas productivos lecheros en la X región de Chile mediante análisis multivariable (en línea). *Agricultura Técnica: v. 62(3)* p. 375-395. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.14001/39823>.
- Solano, C; Bernués, A; Rojas, F; Joaquín, N; Fernández, W; Herrero, M. 2000. Relationships between management intensity and structural and social variables in dairy and dual-purpose systems in Santa Cruz, Bolivia. *Agricultural Systems* 65(3):159-177. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(00\)00030-5](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(00)00030-5).
- Soto, SA; Uña, F; Machado, Y. 2018. Bioproductive and Financial Efficiency of Private Dairy Farms. 2018. *Journal of Animal Production* 30 (1): 12-20. Disponible en línea: <https://core.ac.uk/download/pdf/268092426.pdf>.
- Tozer, PR; Heinrichs, AJ. (2001). What Affects the Costs of Raising Replacement Dairy Heifers: A Multiple-Component Analysis¹, *Journal of Dairy Science*, Volume 84, Issue 8, 2001, Pages 1836-1844, ISSN 0022-0302. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74623-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74623-1). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030201746231>.
- Turcios Samayoa, H. 2008. Evaluación del proceso de toma de decisiones para adopción de bancos de proteína de leucaena (*Leucaena leucocephala*) y su efecto como suplemento nutricional para vacas lactantes en sistemas doble propósito en el Chal, Petén, Guatemala. Tesis Mag. Sc. CATIE. 125 p.
- Vargas, B; Solís-Guzmán, O; Sáenz-Segura, F; León-Hidalgo, H. 2013. Caracterización y clasificación de hatos lecheros en Costa Rica mediante análisis multivariado. *Agronomía Mesoamericana* 24(2):257-275. *Agronomía Mesoamericana* 24(2):257-275. 2013|ISSN: 1021-7444. Disponible en línea: https://www.researchgate.net/publication/260205979_Caracterizacion_y_clasificacion_de_hatos_lecheros_en_Costa_Rica_mediante_analisis_multivariado.

- Vargas B, Ulloa J. 2008. Relación entre curvas de crecimiento y parámetros reproductivos en grupos raciales lecheros de distintas zonas agroecológicas de Costa Rica. *Livestock Research for Rural Development* 20(7). <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd20/7/varg20103.htm>
- Vásquez, HV; Valqui, L; Castillo, MS; Alegre, J; Gómez, CA; Bobadilla, LG; Maicelo, JL. 2020. Caracterización de Sistemas Silvopastoriles en la cuenca ganadera de Molinopampa, Zona Noroccidental del Perú. *Temas agrarios*, 25(1), 23-34. <https://doi.org/10.21897/rta.v25i1.1908>.
- Vilaboa-Arroniz, J; Díaz-Rivera, P; Ruiz-Rosado, O; Platas-Rosado, DE; González-Muñoz, S; Juárez-Lagunes, F. 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Agroecosistemas Tropicales y Subtropicales* 10(1): 53-62. [fecha de Consulta 10 de septiembre de 2023]. Recuperado de: Haz clic aquí para escribir texto. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93911243005> .
- Villarreal, L; Imbach, A; Escobedo, A. 2022. Sistemas productivos bovinos lecheros de la zona baja de Turrialba, Costa Rica: Caracterización y limitantes. Disponible en línea: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/225/2253327018/html/>.
- Villanueva, C; Casasola, F; Detlefsen, F. 2018. Potencial de los sistemas silvopastoriles en la mitigación al cambio climático y en la generación de múltiples beneficios en fincas ganaderas de Costa Rica. 61 p. (Serie técnica. Boletín técnico/CATIE; no. 87).

Anexos

Anexo 1. Detalles de los valores utilizados como referencia para EN, UA, el peso y la ganancia diaria de las diferentes categorías de animales

Categoría de animales	Proyección de pesos al final del periodo	Proyección ganancia de peso en Kg/día	Energía neta para mantenimiento	Unidades animal
Terneros 0-1 años	150.0	0.3	0.3	0.4
Novillos 1-2 años	245.3	0.3	0.3	0.6
Novillos 2-3 años	301.5	0.2	0.3	0.8
Novillos 3-4 años	357.7	0.2	0.3	0.9
Terneras 0-1 año	135.0	0.3	0.3	0.3
Vaquillas 1-2 años	220.7	0.2	0.3	0.6
Vaquillas 2-3 años	271.3	0.1	0.3	0.7
Vaquillas 3-4 años	321.9	0.1	0.3	0.8
Vacas secas	400.0	0.0	0.4	1.0
Semental (Toro)	600.0	0.0	0.4	1.5
Vacas productivas	450.0	0.0	0.5	1.1

Anexo 2. Proyecciones de pesos y ganancias, consumo de energía y unidades de animal

Categoría de animales	Proyección de pesos al final del periodo	Proyección ganancia de peso en Kg/día	Unidades animal
Terneros 0-1 años	150.0	0.3	0.4
Novillos 1-2 años	245.3	0.3	0.6
Novillos 2-3 años	301.5	0.2	0.8
Novillos 3-4 años	357.7	0.2	0.9
Terneras 0-1 año	135.0	0.3	0.3
Vaquillas 1-2 años	220.7	0.2	0.6
Vaquillas 2-3 años	271.3	0.1	0.7
Vaquillas 3-4 años	321.9	0.1	0.8
Vacas secas	400.0	0.0	1.0
Semental (Toro)	600.0	0.0	1.5
Vacas productivas	450.0	0.0	1.1

Anexo 3. Variables biofísicas por finca ganadera representativa de cada tipología

Variables/ Fincas	Finca 1 C-3	Finca 2 C-3	Finca 3 C-3	Finca 1 C-2	Finca 2 C-2	Finca 3 C-2	Finca 1 C-1	Finca 2 C-1	Finca 3 C-1
Tipo de Sistema	Doble propósito	Doble propósito	Doble propósito	Lechería especializada	Lechería especializada y doble propósito	Lechería especializada	Lechería especializada	doble propósito	Lechería especializada
Área total de la finca (ha)	23.72	21.88	9.47	13.61	11.05	18.46	17.82	135.05	46.58
Área para ganadería (ha)	23.72	21.88	9.47	13.54	10.76	18.46	15.96	135.05	42.44
Carga animal potencial (UA/ha)	1.11	1.03	1.34	1.66	2.65	1.35	0.98	0.55	1.92
Unidad animal (400kg)	27.40	33.70	9.20	18.37	11.00	23.30	34.60	51.40	65.50
Carga Animal (UA/ha)	1.33	1.62	1.01	1.35	1.08	1.29	2.63	0.39	1.58

Anexo 4. Variables nutricionales por finca ganadera representativa de cada tipología

Variables	Conglomerado 1			Conglomerado 2			Conglomerado 3		
	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 1	Finca 2	Finca 3
Oferta MS del forraje fresco y conservado, kg/año	72,196.4	459,096.2	187,398.7	43,008.4	90,922.8	65,554.4	65,464.4	59,239.5	36,150.1
Oferta MS Suplementación, kg/año	44,381.6	9,028.9	19,357.2	15,163.9	4 604.11	5,167.7	7 097.81	6 495.54	7,081.4
Porcentaje de MS de suplementación (%)	38.07	1.93	9.36	26.07	4.82	7.31	9.78	9.88	16.38
Demanda de MS, kg/año	226,332.7	267,904.4	374,411.5	133,583.8	68 601.42	126,219.0	142,690.9	182,614.7	46,233.6
Balance de Materia Seca (O/D)	0.52	1.75	0.55	0.44	1.39	0.56	0.51	0.36	0.94

Oferta Forraje Fresco (Proteína Cruda), kg/año	6,164.2	46,616.9	16,562.1	4,685.2	8,200.2	5,770.9	4,582.5	6,439.8	3,647.4
Oferta Suplementación (Proteína Cruda), kg/año	8,851.7	1,698.8	3,690.2	3,609.9	1,062.2	1,009.4	1,259.9	1,165.6	1,207.1
Porcentaje de PC de suplementación (%)	58.95	3.52	18.22	43.52	11.47	14.89	21.57	15.33	24.86
Demanda PC kg/año	16,291.9	18,263.0	26 515.7	10,140.5	5,027.5	8,649.9	8,758.6	12,276.6	3,068.4
Balace de PC (O/D)	0.92	2.65	0.76	0.82	1.84	0.78	0.67	0.62	1.58
Oferta forraje fresco (Energía metabolizable, kg/año	161,629.9	802,105.4	400,782.2	68,645.6	181,850.6	137,926.4	147,370.6	83,410.8	78,389.6
Oferta Suplementación (Energía metabolizable), kg/año	108,001.3	19,827.5	42,277.7	40,050.8	11,050.2	12,721.1	15,806.4	15,799.9	14,516.8
Porcentaje de EM de suplementación (%)	40.06	2.41	9.54	36.85	5.73	8.44	9.69	15.93	15.63
Oferta Total de Energía metabolizable, kg/año	269,631.2	821,932.9	443,059.9	108,696.5	192,900.7	150,647.5	163,177.0	99,210.7	92,906.4
Demanda de Energía metabolizable kg/año	221,629.0	308,527.6	403,301.2	120,496.7	70,771.8	144,193.2	154,341.2	197,994.9	54,801.5
Balace de Energía metabolizable (O/D)	1.22	2.66	1.10	0.90	2.73	1.04	1.06	0.50	1.70

Anexo 5. Indicadores de reproducción por finca ganadera representativa de cada tipología

Variables	Conglomerado 1			Conglomerado 2			Conglomerado 3		
	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 1	Finca 2	Finca 3
Vacas totales (Ordeño + secas)	26.00	36.00	39.00	14.00	8.00	20.00	11.00	24.00	6.00
Vacas en ordeño %	76.92	30.56	61.54	64.29	62.50	35.00	54.55	16.67	50.00
Edad primer parto vaquillas, meses	17.00	30.00	30.00	15.00	17.00	18.00	30.00	30.00	30.00
Días abiertos	187.08	75.00	75.00	195.00	195.00	75.00	255.00	255.00	255.00
En cuánto tiempo pare una vaca (años)	1.29	0.99	0.99	1.32	1.32	0.99	1.48	1.48	1.48
Natalidad anual (%)	0.78	0.51	0.51	0.74	0.75	0.81	0.51	0.72	0.71

Anexo 6. Producción de leche por finca ganadera representativa de cada tipología

Variables	Conglomerado 1			Conglomerado 2			Conglomerado 3		
	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 1	Finca 2	Finca 3
Vacas en ordeño, (n)	20.39	30.93	39.47	10.34	6.00	16.19	7.79	17.26	4.25
Kg/vaca/día	12.65	6.83	8.75	17.88	12.10	7.53	7.52	8.54	5.75
Kg/finca/año	92 311.1	27,412.8	76,664.6	58,746.8	22,082.5	19,229.7	16 473.3	12 472.6	6,296.3
Kg/lactancia	4 526.3	886.17	1,942.4	5,683.1	3,678.9	1,187.7	2 114.2	722.66	1,481.5

Anexo 7. Costos relativos (%) por finca ganadera representativa de cada tipología

Variables	Conglomerado 1			Conglomerado 2			Conglomerado 3		
	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 1	Finca 2	Finca 3
Costos totales por ha	156,993.5	11,090.2	36,660.5	73,172.7	49,709.1	28,155.3	40,210.6	54,481.1	37,765.2
Personal (%)	29.49	56.75	54.76	46.03	56.74	44.16	65.30	26.66	34.85
Alimentación/suplementación (%)	64.64	25.73	36.03	36.42	32.29	44.10	22.61	63.92	48.77
Energía, combustibles, mantenimiento de infraestructuras. y eq. (%)	1.24	13.75	4.57	13.42	6.73	6.93	7.91	5.46	10.13
Salud y reproducción animal (%)	1.49	1.24	1.71	1.28	1.35	1.89	1.34	1.30	2.48
Salud y reproducción animal (%)	1.18	0.56	0.96	0.89	0.93	0.96	0.88	0.70	1.81
Otros Costos y Contingencias (2%)	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96

Anexo 8. Indicadores de desempeño financiero por finca ganadera representativa de cada tipología

Variables	Conglomerado 1			Conglomerado 2			Conglomerado 3		
	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 1	Finca 2	Finca 3
Ganancia RD\$/ha	38,120.4	7,909.2	67,962.8	53,186.4	29,493.4	30,961.8	29,635.5	72,324.1	18,459.6
Precio RD\$/kg/leche	28.00	28.00	30.50	28.00	28.00	30.00	28.00	30.00	28.00
Beneficio RD\$/kg/leche	5.60	12.57	20.60	12.27	10.72	14.06	12.31	22.08	23.14
Precio RD\$/UA	58,435.5	45,408.1	37,377.6	30,000.0	46,772.6	43,801.7	61,821.1	36,212.3	31,190.8
¿Cuántas veces se cubre la canasta básica?	4.27	8.70	23.49	5.87	2.58	4.66	5.73	12.81	1.46

Anexo 9. Indicadores de productividad por finca ganadera representativa de cada tipología

Variables/ Fincas	Conglomerado 1			Conglomerado 2			Conglomerado 3		
	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 1	Finca 2	Finca 3
Productividad de leche/ha/año	5,702.4	432.9	2,264.8	4,983.4	2,742.6	2,409.5	1,003.5	2,991.2	918.6
Animales vendidos (UA = 400kg) / ha/año	0.43	0.18	1.26	0.10	0.28	0.12	0.79	0.68	0.02
Litro de leche/vaca/día	12.65	6.83	8.75	17.88	12.10	7.53	7.52	8.54	5.75

Anexo 10. Indicadores financieros de la situación actual por finca ganadera representativa de cada tipología

Variables	Conglomerado 1			Conglomerado 2			Conglomerado 3		
	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 1	Finca 2	Finca 3
Ingresos/ha/año	212,494.4	17,374.5	84,995.9	155,542.2	79,843.9	85,477.6	41,105.2	95,481.7	53,198.0
Ingreso por venta de leche, año (%)	78.16%	57.37%	64.10%	88.64%	83.51%	80.43%	48.13%	74.91%	54.57%
Ingreso por venta de animales, año (%)	21.84%	42.63%	35.90%	11.36%	16.49%	19.57%	51.87%	25.09%	45.43%
Margen operativo	21.73%	20.87%	57.60%	50.84%	37.60%	64.73%	-6.16%	46.27%	5.46%
Valor presente neto de las ganancias	5 817,211.7	4,631,415.5	17,536,959.8	8 568,642.9	2 687,621.1	8 281,045.7	22,801.8	8,239,779.2	330,795.0

Anexo 11. Emisiones GEI (Ton/año) por finca ganadera representativa de cada tipología

Variables/ Fincas	Conglomerado 1			Conglomerado 2			Conglomerado 3		
	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 1	Finca 2	Finca 3
E. de CO2e Ton/ha/año	2.03	0.39	1.58	1.26	1.19	1.24	1.27	1.49	0.94
E. entéricas, CO2e (%)	42.54	62.77	60.25	52.66	58.96	63.35	49.01	57.61	55.89
E. directa N2O por manejo estiércol, CO2e (%)	33.15	29.74	29.37	33.05	28.31	29.36	38.17	34.53	35.42
E. directa N2O por Fertilización (%)	16.34	-	2.82	6.64	5.92	-	5.03	-	-
E. indirecta N2O por volatilización, CO2e (%)	4.26	3.86	3.81	4.21	3.54	3.98	4.25	4.26	4.28
Metano por manejo de estiércol, CO2e (%)	3.71	3.63	3.75	3.44	3.28	3.31	3.54	3.60	4.42
EEA 1 (Ingreso/emisiones)	104,565. 3	44,775. 0	53,713. 3	123,107. 2	67,127. 8	69,137. 3	32,414. 4	63,998. 7	56,765. 1
EEA 2 (Ganancias/emisiones)	23,079.4	9,379.2	31,127. 5	62,746.0	25,253. 7	44,924. 2	- 1,042.31	29,702. 4	5,008.9
Totales emisiones al año	32.43	52.40	67.16	17.11	12.80	22.82	30.08	32.64	8.87