

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSTGRADO**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS PECUARIAS
MENCIÓN: PRODUCCIÓN ANIMAL SOSTENIBLE**



**ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DE LOS SISTEMAS
GANADEROS EN EL DISTRITO DE LA PECA, PROVINCIA
DE BAGUA, REGIÓN AMAZONAS**

Tesis

Para optar el Grado Académico de

**MAESTRO EN CIENCIAS PECUARIAS,
MENCIÓN: PRODUCCIÓN ANIMAL SOSTENIBLE**

Presentado por:

ELVIS HUAMÁN CALIXTO

Tingo María - Perú

2020



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO
DIRECCIÓN



"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Nro. 050 -2019-EPG-UNAS

En la ciudad universitaria, siendo las *10:42* del día viernes 03 de enero del 2020, reunidos en el Aula de la Escuela de Posgrado, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

“ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DE LOS SISTEMAS GANADEROS EN EL DISTRITO DE LA PECA, PROVINCIA DE BAGUA, REGIÓN AMAZONAS”

A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias Pecuarias, mención Producción Animal Sostenible, **Ing. Elvis Huamán Calixto**.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando *A. P. Aprobado* con el calificativo de *Av. y. B. G. O.*

Acto seguido, a horas *11:15 hrs.* el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

.....
Dr. MILTON MUÑOZ BERROCAL
Presidente del Jurado

.....
Dr. JORGE RIOS ALVARADO
Miembro del Jurado

.....
Dr. CARLOS E. AREVALO AREVALO
Miembro del Jurado

.....
M.Sc. RAFAEL R. ROBLES RODRIGUEZ
Asesor



**VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO
DE MAESTRO, INVESTIGACIÓN DOCENTE Y TESISISTA**

I. DATOS GENERALES DE POSGRADO

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Maestría	: Ciencias Pecuarias
Título de Tesis	: ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DE LOS SISTEMAS GANADEROS EN EL DISTRITO DE LA PECA, PROVINCIA DE BAGUA, REGIÓN AMAZONAS
Autor	: Elvis Huamán Calixto
Asesor de Tesis	: M.Sc. Rafael René Robles Rodríguez
Programa de Investigación	: Producción Animal Sostenible
Línea de Investigación	: Producción, Reproducción y Mejoramiento de Animales Domésticos, Silvestres y Acuícolas en Ecosistemas Sostenibles
Eje temático de Investigación	: Producción Animal
Lugar de Ejecución	: Distrito la Peca – Bagua -Amazonas
Duración	: Fecha de Inicio : Noviembre 2018 : Fecha Término : Marzo 2019
Financiamiento	: Precio S/. 8,897.90

DEDICATORIA

A mis padres Benancio Huamán Félix y Cesaría Calixto Pajuelo, que hoy están en el cielo, por darme la vida y por inculcarme valores importantes hacia la sociedad y dejarme la mejor herencia.

A mi esposa Mirtha Luz, por su apoyo incondicional, comprensión y confianza en los retos que uno asume.

A mis Hijos July Vanesa, Christian Elvis, Angie Mirtha y Luz Milagros, gracias por tener su gran amor, siendo el motor y motivo de poder avanzar en mi vida profesional.

A mis hermanos Evaristo y Rosameri, tíos, primos y sobrinos por mostrar su profundo amor y consideración que me han sabido darme.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, a sus docentes por tener la paciencia de compartir sus experiencias y conocimientos científicos, que en forma directa e indirecta contribuyeron en mi formación profesional.

Al Ing. Mg. Sc. Rafael R. Robles Rodríguez asesor, por su valioso apoyo, quien con voluntad compartió sus conocimientos y consejos para plasmar mi trabajo de tesis, a los docentes y jurados de la tesis Dr. Milthon H. Muñoz Berrocal, Dr. Jorge Ríos Alvarado y Dr. Carlos E. Arévalo Arévalo.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA. Estación Experimental Agraria Amazonas sede Huarangopampa, al personal profesional y técnicos, por su apoyo para el logro de este objetivo.

A todos los productores que participaron compartiendo información de sus fincas ganaderas, para poder desarrollar este trabajo, que a pesar de los factores adversos siguen desarrollando labores de crianza de ganado bovino, demostrando así la pasión por esta actividad pecuaria.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I INTRODUCCIÓN	1
II REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 LA GANADERÍA	4
2.2 GANADERÍA SOSTENIBLE	5
2.3 LA SOSTENIBILIDAD	6
2.4. MARCOS DE LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	7
2.5. INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD	8
2.6. ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	10
2.7. IMPACTO AMBIENTAL DEL GAS METANO EN RUMIANTES	10
2.8. ESTRATEGIAS NUTRICIONALES PARA REDUCIR LA EMISIÓN DE METANO	12
2.9. MÉTODOS DE CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERANDERO EN FINCAS GANADERAS	13
2.10. METANO Y SU MITIGACIÓN EN FINCAS GANADERAS.....	13
III MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1. UBICACIÓN DEL ESTUDIO.....	15
3.2. FECHA DE EJECUCIÓN.....	16
3.3. CÁLCULO DEL TAMAÑO MUESTRAL	16
3.4. MATERIALES Y EQUIPOS	18
3.5. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO	18
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	29
3.6.1. Para el diagnóstico de fincas	29

3.6.2. Para la tipificación de fincas	30
3.6.3. Para determinar diferencias entre tipos de sistemas	30
IV RESULTADOS.....	31
4.1. TIPIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS GANADEROS CON BASE A SU NIVEL SOSTENIBILIDAD	31
4.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE SISTEMAS GANADEROS CON BASE A SU NIVEL DE SOSTENIBILIDAD	33
4.3. ANALISIS DE SOSTENIBILIDAD ENTRE LOS TIPOS DE SISTEMAS GANADEROS	43
4.3.1. Criterio de clasificación de calidad del suelo	43
4.3.2. Criterio de clasificación de salud de las pasturas	45
4.3.3. Criterio de clasificación de calidad de los animales	47
4.3.4. Criterio de clasificación de sistema de finca	49
4.3.5. Criterio de clasificación económica.....	50
4.3.6. Criterio de clasificación social.....	52
4.4. ESTIMACIÓN DE GAS DE EFECTO INVERNADERO (METANO) EN LOS TIPOS DE SISTEMAS GANADEROS.....	53
4.5. ESTRATEGIAS DE MEJORA HACIA LA SOSTENIBILIDAD PARA LOS TIPOS DE SISTEMAS GANADEROS	59
4.5.1. Propuestas técnicas para las fincas del Grupo 1	60
4.5.2. Propuestas técnicas para las fincas del Grupo 2	61
4.5.3. Propuestas técnicas para las fincas del Grupo 3	63
V. DISCUSIÓN	65
5.1. TIPIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS GANADEROS CON BASE A SU NIVEL DE SOSTENIBILIDAD	65
5.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE SISTEMAS GANADEROS CON BASE A SU NIVEL DE SOSTENIBILIDAD	66

5.3. ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD ENTRE LOS TIPOS DE SISTEMAS GANADEROS	68
5.3.1. Criterio de clasificación de calidad del suelo	68
5.3.2. Criterio de clasificación de salud de las pasturas	68
5.3.3. Criterio de clasificación de calidad de animales.....	69
5.3.4. Criterio de clasificación del sistema finca	69
5.3.5. Criterio de clasificación económicos	70
5.3.6. Criterio de clasificación sociales	70
5.4. ESTIMACIÓN DE GAS DE EFECTO INVERNADERO (METANO) EN LOS TIPOS DE SISTEMAS GANADEROS.....	71
5.5. ESTRATEGIAS DE MEJORA HACIA LA SOSTENIBILIDAD PARA LOS TIPOS DE SISTEMAS GANADEROS	74
VI. CONCLUSIONES.....	76
VII. RECOMENDACIONES	77
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	78
IX. ANEXOS	86

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Etapas metodológicas para la evaluación de la sostenibilidad de agroecosistemas, en el enfoque MESMIS y MARPS.	7
Cuadro 2. Estimativos de las principales fuentes naturales y antropogénicas de metano a nivel global (millones de toneladas por año)	11
Cuadro 3. Fincas ganaderas en los distritos de la Provincia de Bagua.	16
Cuadro 4. Indicadores de calidad del suelo	21
Cuadro 5. Indicadores de salud de los pastizales	22
Cuadro 6. Indicadores de calidad de los animales	23
Cuadro 7. Indicadores del sistema de finca	24
Cuadro 8. Indicadores económicos de finca	25
Cuadro 9. Indicadores sociales de finca.....	26
Cuadro 10. Variables cualitativas y cuantitativas entre los tres grupos formados.	33
Cuadro 11. Promedios por criterio de clasificación de indicadores por grupo conformado	37
Cuadro 12. Indicadores de calidad del suelo por grupo conformado	44
Cuadro 13. Indicadores de salud de las pasturas por grupo conformado	46
Cuadro 14. Indicadores de calidad de animales por grupo conformado	48
Cuadro 15. Indicadores del sistema finca por grupo conformado.....	49
Cuadro 16. Indicadores económicos por grupo conformado	51
Cuadro 17. Indicadores sociales por grupo conformado	52
Cuadro 18. Fincas seleccionadas para la estimación de metano (CH ₄) con base al índice general de sostenibilidad.....	53
Cuadro 19. Fincas seleccionadas para la estimación de metano (CH ₄) con base a la variedad de pasto	54
Cuadro 20. Estimación de emisiones de metano por tipo de finca	56
Cuadro 21. Estimación de captura de carbono por tipo de finca	57
Cuadro 22. Análisis de correlación entre proteína cruda, digestibilidad in vitro y carbono con metano.....	58
Cuadro 23. Indicadores críticos por grupo conformado.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Mapa de ubicación del estudio.....	15
Figura 2. Mapa de ubicación de las fincas evaluadas	17
Figura 3. Diagrama del desarrollo metodológico.	19
Figura 4. Software LIFE-SIM.....	28
Figura 5. Dendograma de agrupamiento de 57 fincas evaluadas con base a indicadores de sostenibilidad.	31
Figura 6. Porcentaje de fincas en los grupos conformados	32
Figura 7. Nivel de educación de los ganaderos evaluados por grupo conformado.	34
Figura 8. Tamaño de finca (ha) por grupos identificados.	35
Figura 9. Área de pasturas (ha) por grupos identificados.	35
Figura 10. Años de explotación de las pasturas por grupos identificados.	36
Figura 11. Años de experiencia en la actividad ganadera por grupos identificados.	37
Figura 12. Gráfico de Ameba para los seis criterios de clasificación de los indicadores de sostenibilidad de los grupos conformados.	38
Figura 13. Indicadores de calidad del suelo por grupo conformado	39
Figura 14. Indicadores de salud de las pasturas por grupo conformado	40
Figura 15. Indicadores de calidad de animales por grupo conformado	40
Figura 16. Indicadores del sistema finca por grupo conformado	41
Figura 17. Indicadores económicos por grupo conformado.....	41
Figura 18. Indicadores sociales por grupo conformado.....	42
Figura 19. Índice general de sostenibilidad por grupo conformado	43
Figura 20. Comportamiento comparativo de los indicadores de calidad del suelo con los grupos conformados.	45
Figura 21. Comportamiento comparativo de los indicadores de salud de las pasturas con los grupos conformados.	47
Figura 22. Comportamiento comparativo de los indicadores de calidad animal con los grupos conformados.	48

Figura 23. Comportamiento comparativo de los indicadores de sistema finca con los grupos conformados.	50
Figura 24. Comportamiento comparativo de los indicadores económicos con los grupos conformados.....	51
Figura 25. Comportamiento comparativo de los indicadores sociales con los grupos conformados.....	53
Figura 26. Estimaciones anuales de las emisiones de metano (litros /mes) por cada grupo (escenario).	55
Figura 27. Estimaciones de las emisiones de metano (litros /mes) por grupo conformado.	56
Figura 28. Estimaciones de captura de carbono (kg/ha/mes) por tipo de finca	57
Figura 29. Regresión lineal entre las regresoras carbono y proteína cruda.....	58

RESUMEN

Se realizó un estudio en los sistemas ganaderos del Distrito de La Peca, Provincia de Bagua, Región Amazonas, con el objetivo de determinar el nivel de sostenibilidad basado en la lectura de 37 indicadores de sostenibilidad. Cada indicador se valoró en tres niveles de percepción, donde 1 es lo menos deseado, 5 es el término medio y 10 lo más deseado, siguiendo la metodología propuesta por Araujo *et al.* (2008). Se determinó una muestra de 57 fincas ganaderas con un nivel de confianza del 95%. Con los datos obtenidos, se utilizó estadística multivariada, (análisis de conglomerados) aplicando el método de Ward y distancia Euclídea, para el agrupamiento de fincas, resultando la formación de tres grupos estadísticamente diferenciados. La evaluación bajo los 37 indicadores de sostenibilidad permitió determinar que el grupo 1 (37% de fincas) logró una sostenibilidad moderada (6.85 del índice general), seguida del grupo 3 (39% de fincas) que presenta una ligera sostenibilidad (5.77 del índice general), mientras que el grupo 2 (24% de fincas) se encuentran en una baja sostenibilidad (5 del índice general). Asimismo, se realizaron estimaciones de las emisiones de metano por finca representativa de cada grupo, utilizando modelos de simulación (LIFE-SIM). Este software requiere como insumos, el contenido proteico y la digestibilidad de las pasturas, asimismo, algunas variables climáticas como precipitación pluvial, temperatura media, humedad y velocidad del viento. Las estimaciones determinaron que la finca 1 (con sostenibilidad moderada) emite menor metano al año (43.78 kilos/animal), mientras que la finca 2 (con sostenibilidad baja) emite mayor cantidad de metano (67.67 kilos/animal). Se encontraron dependencia entre la captura de carbono por finca y la calidad proteica de las pasturas con la producción de metano. Determinando que la mayor producción de metano se suscita en fincas de baja captura de carbono y de baja calidad proteica de sus pasturas, coincidiendo con el nivel de sostenibilidad. Se dieron recomendaciones técnicas por grupo de fincas para mejorar el nivel de sostenibilidad.

Palabras Claves: sistemas ganaderos, indicadores de sostenibilidad, captura de carbono, metano

ABSTRACT

A study was done on the breeding systems in the La Peca district, Bagua province, Amazon region of Peru, with the objective of determining the level of sustainability based on the readings from thirty seven sustainability indicators. Each indicator was evaluated at three perception levels, where one was the least desire, five was the average, and ten was the most desired; the methodology as proposed by Araujo *et al.* (2008) was followed. A sample of fifty seven livestock farms was defined, with a confidence level of 95%. For the data that was obtained, the multivariate statistic, the analysis of conglomerates through the application of the Ward method, and the Euclidean distance were used in order to group the farms, which resulted in the formation of three statistically different groups. The evaluation, which used thirty seven sustainability indicators, allowed for the determination that group 1 (37% of the farms) achieved a moderate sustainability (6.85 on the general index), followed by group 3 (39% of the farms) which presented slight sustainability (5.77 on the general index), while group 2 (24% of the farms) were found to have a low sustainability (5 on the general index). At the same time, estimations of the methane emissions on the representative farms from each group were done utilizing simulation models (LIFE-SIM). This software requires the use of the protein content and the digestibility of the grasses as inputs, as well as different climatic variables such as pluvial precipitation, average temperature, humidity, and wind speed. From the estimations, it was determined that farm 1 (moderate sustainability) emits less methane per year (43.78 kilos/animal), while farm 2 (with low sustainability) emits the greatest amount of methane (67.67 kilos/animal). A dependence was found between the carbon capture per farm and the protein quality of the pastures with the methane production. It was determined that the greatest production of methane is provoked on farms with low carbon capture and low protein quality in its pastures; coinciding with the level of sustainability. Technical recommendations were provided for each group of farms in order to improve their levels of sustainability.

Keywords: breeding systems, sustainability indicators, carbon capture, methane

I INTRODUCCIÓN

La expansión de la ganadería en Latinoamérica está asociada a la deforestación; el más importante cambio en el uso de la tierra ha ocurrido en los últimos 30 años en la transformación de bosques a pasturas, y se destaca que entre 1981 y 1990 se perdieron 75 millones de hectáreas de bosques, la mayoría con destino para ganadería extensiva (Kaimowitz 1992, FAO 1993).

En América Latina muchas laderas se han erosionado a causa del sobrepastoreo (Pezo *et al.* 1992); la incapacidad de las pasturas de mantener un grado aceptable de cobertura y producción de biomasa a lo largo del año a causa de un manejo incorrecto, por ejemplo, alta carga animal, largos períodos de ocupación y cortos períodos de descanso en toda época, son características de pasturas degradadas. Esta situación ha provocado que más del 50% de las tierras bajo pasturas se encuentren en un estado avanzado de degradación (Szott *et al.* 2000, Días-Filho 2007).

Además de ello, según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO 2009), el sector ganadero genera más gases de efecto invernadero por ser responsable del 18% de las emisiones de gases de efecto invernadero medidos en equivalentes de CO₂ (CO₂e), cuyo porcentaje es mayor a los generados por los medios de transporte. Asimismo, el sector pecuario produce el 9% de las emisiones de CO₂ de origen antropógeno, la mayor parte de las cuales se deben a los cambios en el uso de la tierra (principalmente la deforestación) causados por la expansión de los pastizales y la superficie destinada a la producción de forrajes. También el sector ganadero emite el 37% del metano (CH₄) antropógeno, el cual proviene en su mayor parte del proceso de fermentación ocurrido en la digestión entérica de los rumiantes y tiene un potencial de calentamiento global (PCG) 23 veces mayor que el del CO₂, y el 65% del óxido nítrico antropógeno, cuyo PCG es 296 veces mayor que el del CO₂, en su mayor

parte proveniente del estiércol. Se demostró que la calidad de las pasturas incide en la producción de metano (FAO 2001).

La productividad de los sistemas de producción bovina ha tendido a declinar en las últimas décadas, como consecuencia de la implementación de sistemas más extensivos y el uso de suelos de menor fertilidad, aunado al hecho de incorporar especies de gramíneas forrajeras no adaptadas, lo cual ha ocasionado una mayor proporción de pasturas degradadas y poco productivas (Pezo *et al.* 1992). Este panorama es producto del bajo cambio tecnológico en el manejo de la ganadería (Serrao y Toledo 1990).

El panorama que presenta la Región de Amazonas en la Provincia de Bagua, principalmente en el Distrito de La Peca, de las 572 fincas ganaderas con 3,157 cabezas (INEI, 2012), es también incierta, con bajos indicadores productivos hacen evidente una crisis de insostenibilidad socioambiental en que se encuentran actualmente, porque se caracteriza por la degradación acelerada de los recursos naturales, el aumento de la población y la pobreza rural. La deforestación, los incendios, la sobreexplotación y las prácticas agropecuarias no conservacionistas han sido unas de las principales causas de esta crisis, que ha conllevado a serios conflictos socio ambientales y a la degradación de los recursos naturales dentro de las cuencas hidrográficas (Robles, 2005).

Con base a lo descrito surge la pregunta: ¿En qué nivel de sostenibilidad se encuentran los sistemas ganaderos en el Distrito de La Peca, y cuanto es su contribución a la emisión de metano? Basado en esta interrogante, nos planteamos la siguiente hipótesis: Que los distintos sistemas ganaderos del Distrito de La Peca presentan al menos tres distintos niveles de sostenibilidad y que las emisiones de metano entérico está en función del nivel de sostenibilidad en que se encuentren.

Para lograr el desarrollo de esta investigación se propone los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL:

- Estimar el nivel de sostenibilidad en que se encuentran los sistemas ganaderos del Distrito de La Peca, Provincia de Bagua, Región Amazonas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Tipificar los sistemas ganaderos con base a su nivel de sostenibilidad.
2. Caracterizar los sistemas ganaderos con base a su nivel de sostenibilidad.
3. Analizar los niveles de sostenibilidad entre los tipos de sistemas ganaderos.
4. Estimar el gas de efecto invernadero (metano) en los tipos de sistemas ganaderos.
5. Proponer estrategias de mejora hacia la sostenibilidad para los tipos de sistemas ganaderos.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 LA GANADERÍA

La población mundial pasará de 7 200 millones actuales a 9 600 millones en 2050. La combinación de crecimiento demográfico, aumento de los ingresos y urbanización plantea un desafío sin precedentes a los sistemas alimentarios y agrícolas, mientras que los recursos naturales necesarios para sostener la producción de alimentos y productos no alimenticios a nivel mundial, así como la prestación de servicios procedentes de la agricultura, no aumentarán. Impulsadas por la fuerte demanda de una emergente clase media mundial, las dietas serán más ricas y cada vez más diversificadas, y el incremento de los alimentos de origen animal será particularmente acentuado; se prevé que en 2050 la demanda de carne y leche aumenten en un 73% y 58% respectivamente, en relación con los niveles de 2010 (FAO, 2015).

Uno de los principales desafíos para el área ganadera, está en incrementar el nivel de competitividad de sus productores a través de la reducción de los costos de producción, así como del aumento del valor agregado del producto. Alcanzar este reto dependerá en gran medida de la capacidad que tengan los actores de la cadena de trabajar conjuntamente y de manera coordinada (Acosta y Díaz, 2014)

La ganadería extensiva corresponde a los sistemas de producción de tipo extractivo y de pastoreo extensivo tradicional (Vergara, 2010) influyendo sobre la biodiversidad, suelo y producción por unidad de superficie (Cingolani *et al.* 2008). En los últimos 40 años las áreas en bosques en Centroamérica se han reducido en aproximadamente un 40%. De manera contrastante, durante este mismo periodo, la reducción de las áreas en bosques ha coincidido con el incremento en el número de hectáreas en pastos y el volumen del hato ganadero en la región (Acosta *et al.* 2014).

2.2 GANADERÍA SOSTENIBLE

La ganadería sostenible representa una alternativa para asegurar que los hatos ganaderos controlen su impacto sobre los recursos naturales, logren una mayor articulación de las comunidades a nivel de territorios ganaderos en una región y fortalezcan su gobernanza local con actores involucrados en la cadena de producción y distribución de los productos como carne, leche y subproductos (Sepúlveda *et al.*, 2011). La reconversión ambiental de la ganadería es posible a diferentes niveles de análisis y depende de los actores sociales involucrados en las actividades productivas, su capitalización, nivel empresarial, organización y cultura, así como de las características biofísicas y el estado de los recursos naturales (Murgueitio, 2003).

Existen prácticas que apoyan a sistemas productivos sostenibles, según Betancourt *et al.* (2003), Chacón *et al.* (2006) y Casasola *et al.* (2006), los sistemas silvopastoriles son alternativas para desarrollar una ganadería sostenible porque mejoran la producción de leche y generan servicios ambientales. La implementación de estos cambios contribuye a la protección del recurso suelo contra la erosión, incrementan el secuestro de carbono y reducen el uso de herbicidas en potreros para controlar malezas.

De acuerdo con Ochoa (2015) comenta que, hay alternativas como las Buenas Prácticas para realizar la reconversión ganadera en América Latina, como las endógenas (los SSP, subproducto de cosecha, ensilado, frutos de árbol), generadas en las fincas y las exógenas (concentrados, gallinaza, melaza, sales minerales), industrialmente producidas con las cuales pueden esbozarse cambios para superar la escasez de pasto durante la época seca, mejorar la alimentación y la productividad. Una plataforma para poder generar la adopción de buenas prácticas ganaderas son las Escuelas de Campo que según Ochoa (2015) es una forma de capacitación vivencial en base a los principios de educación en adultos. Su objetivo es el aprendizaje por descubrimiento que se realiza por observación y experimentación y el análisis grupal de resultados y toma de decisiones, con la finalidad de generar capacidades gerenciales en los productores y sus respectivas familias.

2.3 LA SOSTENIBILIDAD

Deponti *et al.* (2002) indica que, el concepto de sostenibilidad nació en la década de 80, originado por la necesidad de mudar el modelo en referencia al uso de los recursos naturales y por la búsqueda de una nueva forma de desarrollo de la sociedad. Una de las primeras definiciones reconocida internacionalmente por la Asamblea de las Naciones Unidas en 1987, relaciona la sostenibilidad al desarrollo: “indicando que desarrollo es la que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades” (Brundtland, 1987). La sostenibilidad de la agricultura es definida como la capacidad de mantener la calidad y cantidad de los recursos naturales a medio y largo plazo de un sistema agrícola, manteniendo la productividad agrícola y a la vez reduciendo los impactos al medio ambiente y dando soporte a las necesidades sociales y económicas de las comunidades rurales (Zinck *et al.* 2004, FAO 2015).

Desde un enfoque ambiental, un agroecosistema puede mantener su sostenibilidad cuando optimiza los procesos, como: 1) Disponibilidad y equilibrio del flujo de nutrientes, el cual depende de la provisión continua de materia orgánica y de actividades agrícolas que mantienen la actividad microbiológica, química y física del suelo; 2) Protección de la capa arable del suelo, con prácticas que eviten la erosión y que retienen el agua y la capacidad productiva del suelo; 3) Conservación de la biodiversidad, 4) Adaptabilidad y complementariedad en el uso de los recursos (Masera *et al.* 1999, Rigby *et al.* 2001, Altieri, 2002).

Riechmann (2003) relata que la sostenibilidad ambiental se logra cuando la proporción de uso de recursos renovables son parecidos a las proporciones de regeneración de estos recursos. También, las cantidades de emisión de residuos deben ser parecidos a la asimilación en forma natural. Además, se deben impulsar nuevas tecnologías con menor uso de insumos no renovables (Rigby *et al.* 2001, Ronchi *et al.* 2002). Socialmente, debe garantizarse la continuidad de la producción, sin dependencia de insumos y recursos externos, con una participación justa de los costos y beneficios (Rigby *et al.*, 2001) y dar la debida importancia para el rescate y protección del conocimiento tradicional sobre prácticas de manejo adaptadas a las condiciones ecológicas y socioeconómicas locales (Masera *et al.*, 1999).

2.4 MARCOS DE LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Lopez-Ridaura *et al.* (2005) atribuye que, un primer paso para conceptualizar el marco de evaluación de la sostenibilidad es la definición de adecuados criterios e indicadores. Muchos autores han establecido propiedades generales de agroecosistemas sostenibles a aspectos socioeconómicos y ecológicos. Según Conway (1994) un agroecosistema sostenible debe tener cuatro atributos: productividad, estabilidad, sostenibilidad y equidad.

Cuadro 1. Etapas metodológicas para la evaluación de la sostenibilidad de agroecosistemas, en el enfoque MESMIS y MARPS.

MESMIS (Masera <i>et al.</i> 1999, López-Ridaura <i>et al.</i> 2002)	MARPS (Imbach <i>et al.</i> 1997)
1. Determinación del objeto de evaluación (características biofísicas, de manejo, socioeconómicas y culturales)	1. Definición del nivel de complejidad de resolución del análisis (parcela, finca, comunidad, cuenca, etc.);
2. Determinación de los puntos críticos (relacionados a los atributos) que pueden incidir en la sostenibilidad de los sistemas	2. Ordenamiento jerárquico de los aspectos a evaluar; caracterización del nivel de complejidad seleccionado; preparación de mapas base;
3. Selección de criterios e indicadores	3. Identificación y selección de variables e indicadores;
4. Medición y monitoreo de los indicadores	4. Estimación de valores para los indicadores y su confiabilidad; mapeo de los valores de los indicadores
5. Presentación e integración de los resultados (comparación e identificación de las principales limitantes hacia la sostenibilidad);	5. Identificación de vacíos de información; y formación de juicios.
6. Conclusiones y recomendaciones de mejora de los sistemas de manejo, así como de la metodología.	

2.5 INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

De acuerdo con Abbot y Guijt (1999) comenta que, un indicador es una medida cuantitativa o cualitativa, que consiste en la transmisión y síntesis de informaciones sobre procesos complejos, tendencias y eventos de una realidad. Cada indicador es una herramienta para la toma de decisiones y cuando son evaluados en conjunto permiten brindar informaciones para el análisis de la situación actual e identificar los puntos críticos, constituyéndose en un verdadero sistema de comunicación global, al aplicar el mismo lenguaje, conceptos y paradigmas (De Camino y Muller, 1993, FAO, 2000, Prabhu, 2000).

Los indicadores de sostenibilidad se caracterizan por ofrecer información veraz y significativa, tener la capacidad de ser sensibles y pasible de cambio en el tiempo y espacio, además de ser aplicables en un entorno amplio, con la finalidad de realizar las comparaciones integrales. Además, es necesario que sean objetivos (López-Ridaura *et al.* 2002, Rigby *et al.* 2001). Así, los indicadores deben ser fáciles de medir, prácticos y menos onerosos, los cuales facilitan la participación de las personas en la evaluación de los análisis (Hunnemeyer *et al.* 1997). Los indicadores son insumos prácticos y a la vez es un requisito para lograr incidencia a nivel político (Rigby y Cáceres, 2001).

Ecológicamente, los indicadores se relacionan a aspectos edafoclimáticos y ecológicos, y cuando son evaluados y monitoreados, nos dan relaciones de causa y efecto entre la producción del agroecosistema y los procesos ecológicos. Los indicadores muestran los impactos de diferentes modelos de producción sobre los ecosistemas y consecuentemente las tendencias de sostenibilidad de estos (Lewis, 1995). Los ejemplos de indicadores de sostenibilidad ecológica son, la producción de biomasa, la dinámica de la hojarasca, el reciclaje de nutrientes (Adlard, 1990), eficiencia energética, nivel de erosión del suelo (Rigby *et al.*, 2001, López-Ridaura *et al.* 2002, 2005), nivel de contaminación del suelo y agua, uso de agrotóxicos (Ronchi *et al.* 2002, López-Ridaura *et al.* 2005), índice de diversidad de especies (Rigby *et al.* 2001, López-Ridaura *et al.* 2002), índice de complementariedad, incidencia de plagas y enfermedades (Taylor *et al.* 1993, Rigby *et al.* 2001, López-Ridaura *et al.* 2002), regeneración de especies, entre otros (UICN 1997, Masera *et al.* 1999, Daniel, 2000).

Desde un enfoque económico existen varios indicadores dirigidos a evaluar la rentabilidad de fincas y proyectos; algunos indicadores utilizados son: productividad (López-Ridaura *et al.* 2002, 2005, Rigby *et al.* 2001), margen bruto (Rigby y Cáceres 2001), ingreso neto, costos de producción (López-Ridaura *et al.* 2002), relación costo/beneficio (López-Ridaura *et al.* 2002, 2005), demanda por mano de obra, valor estimado de la tierra, valor de autoconsumo, entre otros (Masera *et al.* 1999, Daniel 2000). Los principales atractivos de estos indicadores son la practicidad y objetividad; los cuales son analizados en conjunto en función a la sostenibilidad de los agroecosistemas, ya que son indicadores parciales del problema.

Después de definir los indicadores es preciso definir los procedimientos para su medición y monitoreo, donde la escala de medición determina el indicador más apropiado para la evaluación. Para la medición se puede utilizar diferentes métodos, como las mediciones directas, revisiones bibliográficas, modelos de simulación, encuestas, entrevistas formales e informales y técnicas de grupo; las cuales generan datos cualitativos y cuantitativos (Masera *et al.* 1999, López-Ridaura *et al.* 2002). Las precauciones en referencia a los datos cuantitativos se vinculan a la metodología utilizada, la actualidad y su representatividad. Entretanto, las observaciones cualitativas, deben identificarse y registrarse los criterios tomados en cuenta; considerando la transparencia y replicabilidad (Imbach *et al.* 1997).

Para concluir, el juicio de valor de la sostenibilidad se consigue con la integración de los resultados (Masera *et al.* 1999); sin embargo, se resalta que la mayor dificultad en esta etapa es la aglutinación de datos de indicadores con diferentes unidades de medida (económica, social y ecológica) (Morse *et al.* 2001, Rigby *et al.* 2001). Para la presentación e integración hay varios tipos de análisis: técnicas cuantitativas, multicriterio, cualitativas o graficas mixtas (Masera *et al.* 1999, López-Ridaura *et al.* 2002).

Una evaluación bastante utilizada es la obtención del índice de sostenibilidad (Taylor *et al.* 1993) que se logra a partir de la normalización de los datos en escalas de 0-1, 1-5, 1-10 o 1-100, que son adicionados en promedios simples o ponderados, atribuyendo categorías diferentes a cada indicador. Como resultado cada sistema

evaluado tiene un índice de sostenibilidad y permite la comparación entre ellos (Masera *et al.* 1999).

Los resultados generados por el análisis de sostenibilidad reflejan como una ayuda para los productores a relacionar a cerca de los efectos que tienen sus manejos en la cantidad y calidad de los recursos, con capacidad de controlar el proceso de cambio hacia un sistema más sostenible (Cano, 1997).

El análisis de sostenibilidad sirve para comparar diferentes diversos sistemas de manejo y para analizar la evolución de ésta a lo largo del tiempo. La validez de los resultados se circunscribe a un específico sistema de manejo debidamente ubicado geográficamente (López-Ridaura *et al.* 2002). Por lo tanto, solo se deben hacer comparaciones entre diferentes sistemas de manejo, tomando en cuenta estos criterios y siempre cuando la metodología de medición de los indicadores y el proceso de agregación sean semejantes.

2.6 ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Las tendencias novedosas de estudios sobre vulnerabilidad, impacto y de adaptación al cambio climático, se desarrollan actualmente, con énfasis en el desarrollo de estrategias de adaptación (Lim *et al.*, 2005). Analizar la vulnerabilidad de los sistemas de producción pecuaria es importante para generar alternativas de adaptación de los sistemas agropecuarios a eventos extremos de la bioclimatología en el corto plazo y a cambios climáticos en el mediano- largo plazo.

2.7 IMPACTO AMBIENTAL DEL GAS METANO EN RUMIANTES

Hoy en día las concentraciones de metano son inferiores a las de CO₂, sin embargo, el primero, se está incrementando rápidamente y además posee un efecto 21-30 veces más contaminante con respecto al CO₂, considerándose que en el tiempo el metano pueda ser predominante (McCaughey *et al.* 1997, McCaughey *et al.* 1999). Las tasas de acumulación de metano y dióxido de carbono en la atmósfera han cambiado drásticamente en los últimos años presentándose un incremento de forma exponencial (Preston y Leng, 1989).

Aproximadamente, 500 millones de toneladas métricas de metano anualmente recibe la atmósfera debido a actividades antropogénicas y fenómenos naturales; tasa que impacta el metano en un 17% para el calentamiento global. Las fuentes de metano causantes de este efecto se detallan en el Cuadro 1, a pesar de que, el grado de incidencia y la proporción exacta de muchas de estas fuentes no son claras (Johnson y Johnson, 1995).

Cuadro 2. Estimativos de las principales fuentes naturales y antropogénicas de metano a nivel global (millones de toneladas por año)

Natural		Energía/desechos		Agricultura	
Pantanos	115	Gas y petróleo	50	Cultivos de arroz	60
Océanos	15	Carbón mineral	40	Animales domésticos	80
Termitas	20	Carbón vegetal	10	Abonos orgánicos	10
Combustión	10	Rellenos sanitarios	30	Combustión	5
		Aguas residuales	25		
TOTAL	160		155		155

Fuente: Johnson y Johnson (1995)

Kurihara *et al.* (1999) y Johnson y Johnson (1995) señalan que las emisiones de gas metano por el ganado bovino, están estimadas en 58 millones de toneladas/año, lo que representa el 73% del total de emisiones (80 millones) de todas las especies domésticas. McCaughey *et al.* (1997) y Moss *et al.* (2000) indican que los animales domésticos, principalmente los ganados bovinos son responsables de aproximadamente el 15% de la producción de metano global. Otros contribuyentes significativos son los pantanos naturales (21%), los cultivos de arroz (20%), pérdidas por combustión de hidrocarburos (14%), combustión de biomasa (10%) y rellenos sanitarios (7%) (McCaughey *et al.* 1997).

Según Beltrán-Santoyo *et al.* (2016) en un trabajo en México para caracterizar sistemas ganaderos de leche y con ello las emisiones de metano determinó el factor de emisión de metano por fermentación entérica de vacas en producción fue 51.72 ± 11.71 kg CH₄/año por vaca; por otra parte, mostraron que

mientras que la eficiencia de conversión del alimento aumenta, la intensidad de emisiones de metano disminuye con un R2 de 0.92.

Según Bonilla y Flores (2012) los valores de producción de metano que se usan para calcular el inventario total de metano entérico de rumiantes son de 21.6 g CH₄ por kg de MS consumida. Tal es así que una unidad animal de 400 kg de peso vivo consume 12 kg de MS al día, lo cual produciría 259 g CH₄/día, equivalentes a 7.77 kg CH₄ al mes por Unidad animal.

Un trabajo realizado por Moscoso *et al.* (2017) sobre la producción de metano en vacuno al pastoreo en el altiplano peruano en época seca obtuvo una producción de metano desde 330 a 421 g CH₄/día, resultando que la utilización de taninos redujo significativamente las emisiones de metano.

2.8 ESTRATEGIAS NUTRICIONALES PARA REDUCIR LA EMISIÓN DE METANO

Los rumiantes contribuyen con aproximadamente 18 – 20% del CH₄ producido anualmente a nivel mundial y es una de las pocas fuentes de CH₄ que pueden ser reducidas a través de apropiadas estrategias. El CH₄ es producto de fermentación anaeróbica de los alimentos a nivel ruminal y puede representar una pérdida de 2-12% de la energía bruta consumida (Johnson y Johnson 1995). La mayoría de los rumiantes dependen del consumo de forraje que muchas veces es de pobre calidad limitando la disponibilidad de proteína microbial y energía e incrementado la emisión de CH₄ (Leng, 1993).

En este sentido, diversos estudios han mostrado que cuando los animales consumen forraje de alta digestibilidad producen menos CH₄ por unidad de producto terminado (leche, carne, etc.) que animales consumiendo forrajes de baja digestibilidad (Blaxter y Clapperton, 1965). Esto es debido a que alimentos con tasas lenta de degradación producen más CH₄ que aquellos que se fermentan a tasas más rápidas (McCrabb, 2002).

En el Perú, la alta emisión de CH₄ proveniente de ganado bajo sistemas al pastoreo es explicado por la pobre calidad del forraje (pasturas nativas) que en

muchos casos limita los sistemas de producción debido a las condiciones medioambientales desfavorables y pobre manejo (Flórez y Malpartida 1998), los bajos consumos, así como por la baja eficiencia de utilización de nutrientes para producir carne ó leche. En ese sentido se han planteado algunas estrategias que ayudan a mejor utilización de los alimentos y por lo tanto a la reducción de la emisión de CH₄ como son: mejora de la calidad de las pasturas (pastos cultivados, fertilización, etc.) incremento en uso de carbohidratos de alta fermentabilidad (granos, melaza), tratamiento físico de forrajes, tratamiento con urea y minerales a dietas de baja calidad (Ej. bloques de urea-melaza) y uso de compuestos modificadores del medio ambiente ruminal.

2.9 MÉTODOS DE CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERANDERO EN HATOS GANADEROS

Los métodos para estimar las emisiones de GEI se dividen en directos e indirectos. Los directos, presentan técnicas con el propósito de cuantificar las emisiones in vitro o in situ (Carmona *et al.*, 2005); entretanto, los indirectos son esbozados a partir de informaciones relacionada con peso y número de animales y las características de la ración alimenticia; lo que sirve para predecir la producción de metano por cada rumiante. Ambos métodos se describen a continuación.

2.10 GAS METANO Y SU MITIGACIÓN EN FINCAS GANADERAS

La mitigación de metano está altamente relacionada con la manipulación de la alimentación, de la microbiota y del animal (Pinares-Patiño 2015). Las emisiones de metano están bastante relacionadas con la alimentación (ración) del animal, siendo importante la cantidad y tipo de alimento ofrecidos a los animales. Blaxter y Clapperton (1965) reportan el hecho de incrementar el consumo contribuye a reducir las emisiones de metano, debido a la aceleración de la tasa de pasaje, menor actividad celulolítica, lo que se expresa en mayor cantidad de metano total emitido. Además, Vargas *et al.* (2012) señalan que en referencia la alimentación debe considerarse el tipo y su calidad; por ejemplo, las pasturas mejoradas son

más mitigantes que las nativas o naturales, debido a su contenido nutricional (Vargas *et al.* 2012).

Además, cuando comparado entre plantas C3 y C4, las primeras especialmente las leguminosas disminuyen hasta un 14.3% las emisiones de metano, esta diferencia se debe a que las C3 sus nutrientes son más digestibles acelerando la tasa de pasaje y como consecuencia se reporta menor metanogénesis (Margan *et al.* 1988).

Otro factor para considerar es la edad forraje, sabiendo que a mayor edad se reduce las fracciones más digestibles; por tanto, es imprescindible planificar un sistema de rotación de animales en el pasto; de esta forma, Deramus *et al.* (2003) concluye que los sistemas intensivos reducen hasta un 22% las emisiones de metano, en relación con los sistemas de pastoreo continuo. La tasa de pasaje es decisiva en la producción de metano y dependiente del tipo y la calidad de alimento siendo las prácticas de manejo de pastos como el picado y ensilado como las que mejorar a reducir las emisiones de metano (Carmona *et al.* 2005).

GRA y SAI (2013) indican que el uso de lípidos, la suplementación ionóforos (estimuladores del crecimiento) son alternativas eficaces para reducir las emisiones metano. Sin embargo, el uso de suplementos no es aceptado por todos los países ejemplo la continua prohibición o retirada suplementos comprobadamente dañinos para el sistema por la Unión Europea (Hristov *et al.* 2013, Carmona *et al.* 2005).

Otra promesa para acelerar la mitigación de metano por los animales es el uso de la genética, para tener animales con menores índices de emisión de metano traduciéndose en hereditario (Pinares-Patiño *et al.* 2015). Otro aporte de la genética es el uso de animales altamente productivas (Pinares-Patiño *et al.* 2015). También el estado sanitario de los animales se relaciona con las emisiones de metano siendo que los animales sanos emiten menos metano, traduciéndose en mayor vida productiva y reducción de la edad de sacrificio en en los animales (GRA y SAI 2013, Hristov *et al.* 2013).

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizó todo el distrito de La Peca, provincia de Bagua, región Amazonas, Perú (Figura 1).

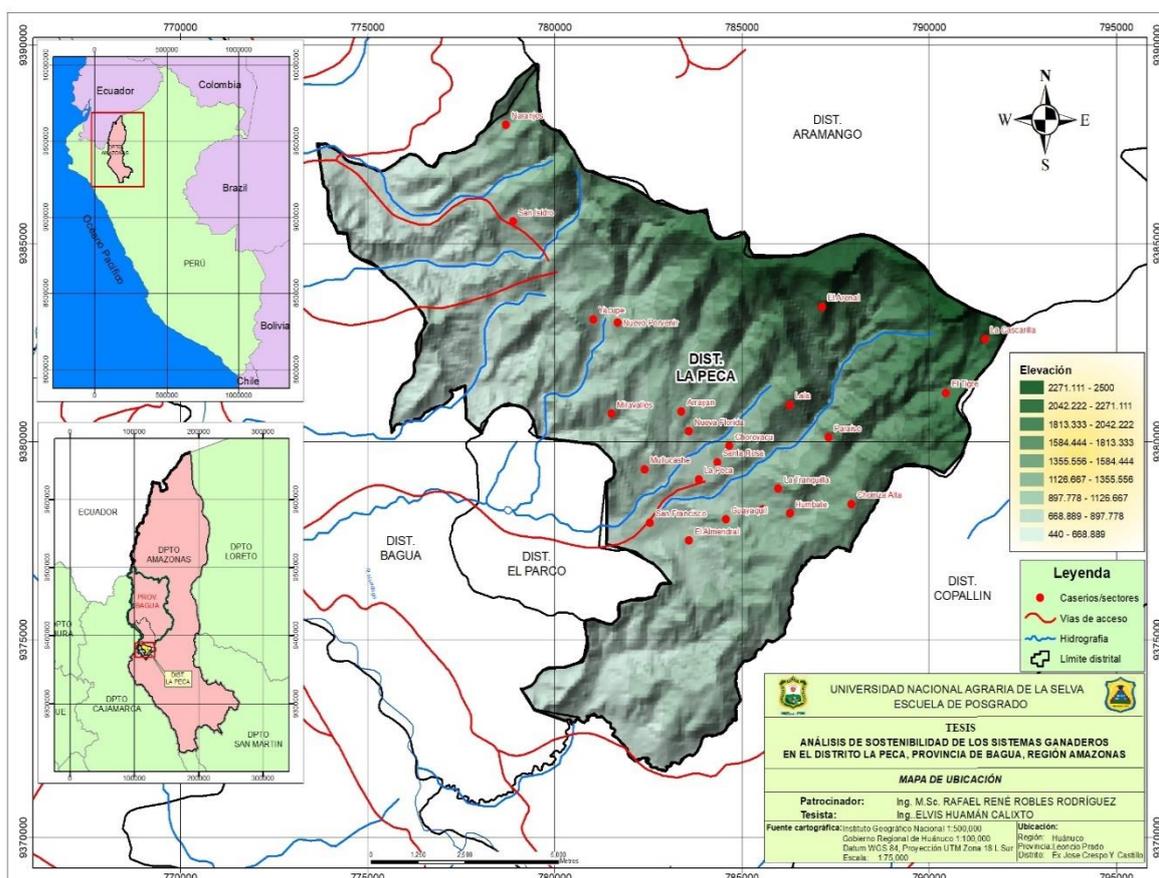


Figura 1. Mapa de ubicación del estudio

Geográficamente se encuentra ubicado entre los $5^{\circ}32'21.4''$ hasta $5^{\circ}40'33.2''$ de latitud sur y entre los $78^{\circ}31'43.5''$ y los $78^{\circ}28'43.9''$ longitud oeste, a una altitud de 860 m.s.n.m. Presenta una temperatura media anual de 15.39°C , temperatura máxima de 22.16°C y mínima de 9.05°C ; con una precipitación media anual de 1,125 mm y una humedad relativa media anual del 84 %, y cuenta con una

extensión de 291.39 km², una población de 30,883 habitantes. (El Distrito de La Peca). Está considerada como Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical (SENAMHI 2017).

3.2. FECHA DE EJECUCIÓN

Las evaluaciones se realizaron a un grupo muestral de fincas ganaderas que se ubican en el Distrito de La Peca, Provincia de Bagua, Región Amazonas. Tuvo una duración de 120 días desde el mes de noviembre del 2018 hasta marzo del 2019.

3.3. CÁLCULO DEL TAMAÑO MUESTRAL

Basado en la Información del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) del último Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012), la zona de estudio corresponde al distrito con una población animal de 3,157 cabezas de vacunos reportados al 2012 (Cuadro 3).

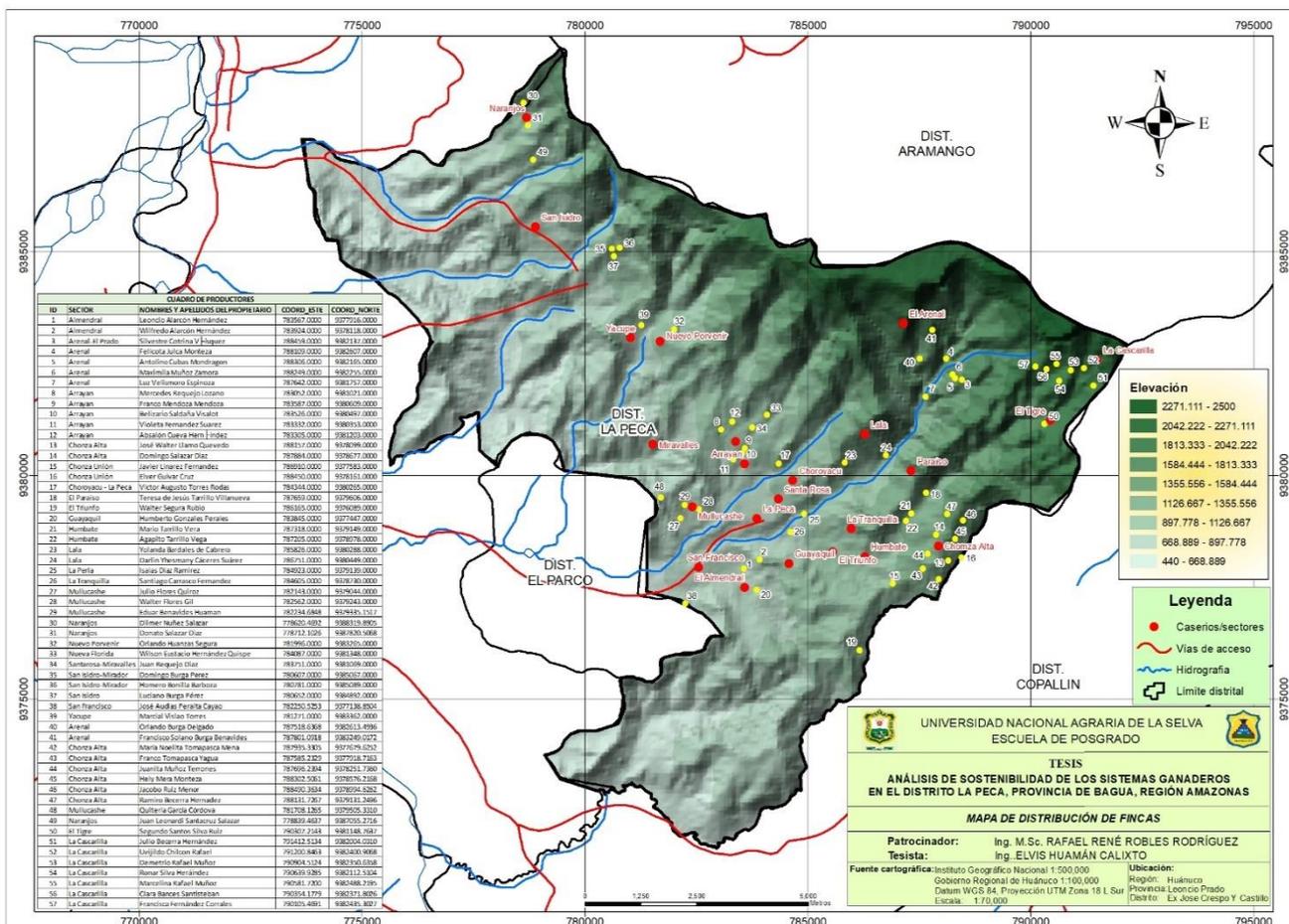
Cuadro 3. Fincas ganaderas en los distritos de la Provincia de Bagua.

DISTRITOS	Fincas ganaderas	Número de animales
Bagua	168	1,002
Aramango	633	3,948
Copallín	368	1,925
El Parco	94	574
Imaza	577	3,009
La Peca	572	3,157

Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario 2012

La Figura 2 describe el mapa de distribución de las 57 fincas evaluadas.

Figura 2. Mapa de ubicación de las fincas evaluadas



El Distrito en estudio presenta 572 fincas ganaderas y una población estimada de 3,157 cabezas. Para determinar el tamaño muestral se aplicó la fórmula de estimación a través de un muestreo aleatorio simple (MAS):

$$n = \frac{Z^2 pqN}{(N-1)E^2 + Z^2 pq}$$

Donde:

n = Tamaño muestral

Z = Nivel de confianza (95%= 1.96)

pq= varianza (0.2x0.8)

N = la población conocida (572)

E = nivel de error de estimación (10% = 0.10)

Se estimó un tamaño muestral de **57 fincas ganaderas**, aplicando un 95% de nivel de confianza, para una varianza calculada con una variable dicotómica (0.2, 0.8) y un 10% de error de estimación. La variable dicotómica para determinar la varianza fue producto de una preencuesta realizada a 10 fincas aleatoriamente elegidas. La pregunta fue si tenían áreas de pasto de corte. Dos fincas respondieron si, y los 8 restantes respondieron que no.

3.4. MATERIALES Y EQUIPOS

Para el desarrollo del trabajo se describen los equipos necesarios:

- GPS, Cámara fotográfica, Laptop, Penetrómetro de bolsillo, Pala plana, Machete, Balanza de precisión, Tijera podadora, Metro cuadrado, Impresora, Grabadora de voz, Wincha de 3 metros.

Los materiales para el desarrollo del trabajo de investigación son:

- Pilas doble A, Bolsas de polietileno, Plumones indelebles, Formatos de encuestas, Papel bond.

3.5. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO

Para el cumplimiento del objetivo general se propuso el desarrollo de un proceso metodológico que se basó en esquematizar el proceso de intervención y diagnóstico de una cuenca, considerando la cuenca como unidad de planificación y la finca como unidad de intervención (Robles 2005) que se describe en la Figura 2.

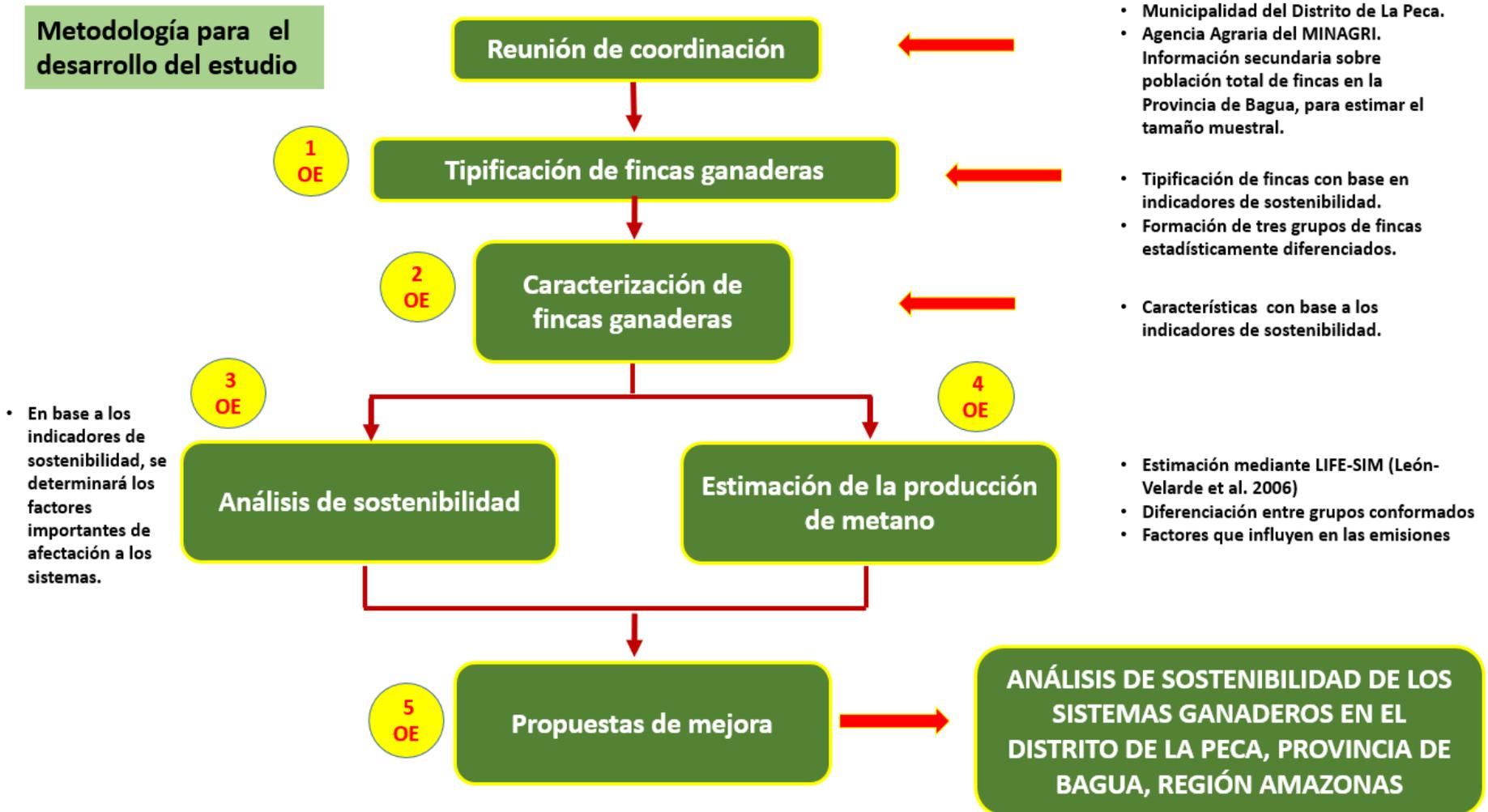


Figura 3. Diagrama del desarrollo metodológico.

La primera etapa consistió en el trabajo de coordinaciones institucionales como la municipalidad del Distrito de La Peca, y la Municipalidad Provincial de Bagua (Gerencia de Desarrollo económico), y la agencia agraria del Ministerio de Agricultura. Se realizaron reuniones independientes para hacer conocer los objetivos del trabajo de investigación, así como sus alcances e importancia en la región.

La segunda etapa consistió en realizar el diagnóstico de las fincas ganaderas del distrito de La Peca, a través de una encuesta basado en indicadores de sostenibilidad. Se desarrolló una metodología de entrevista interactiva. Con los datos obtenidos de las encuestas y de la toma de datos de campo, se procedió a la tipificación y caracterización de las fincas, formando tres grupos de sistemas ganaderos, cumpliendo con ello al primer objetivo específico. La tercera etapa consistió en la caracterización de los tres tipos de sistemas ganaderos en base a los niveles de sostenibilidad encontrados, con ello se cumplió el segundo objetivo específico. La cuarta etapa consistió en el análisis de sostenibilidad de los sistemas ganaderos, buscando identificar los principales factores que determinan los estados de los sistemas ganaderos, desarrollando el tercer objetivo específico; el cuarto objetivo específico fue estimar la producción de metano en los tres tipos de acuerdo con su nivel de sostenibilidad en que se encuentren. En la última etapa y cumpliendo el quinto objetivo específico, se generó propuestas de mejora por cada grupo de sistema encontrado.

METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD

En este estudio se adoptó una participación constructiva de los actores sociales (ganaderos), en la adaptación de una metodología práctica que propone inferir sobre la calidad del suelo, salud de la pastura y calidad de los animales, el sistema finca, económico, y social por medio de indicadores propuestos por los ganaderos. La validación de los indicadores en campo se realizó adaptando la metodología basada en Altieri (2002), Altieri y Nicholls (2002), y Nicholls y Altieri (2003).

Se aplicó la **Metodología propuesta** por Araujo *et al.* (2008), basado en la percepción de los indicadores que nos muestran un nivel de estado. Esta metodología propone que para un determinado indicador sea evaluado en una condición entre menos deseado a moderado, podría recibir valores entre 1 a 5; entre moderado y deseado, podría recibir valor entre 5 a 10. Es decir, 1 representa la peor condición, la menos deseada, mientras que 10 representa la condición ideal, la deseada.

Los indicadores fueron clasificados con base a seis criterios de clasificación. Las cuatro primeras corresponden al componente ambiental, correspondiendo la calidad del suelo (Cuadro 3), la salud de la pastura (Cuadro 4), la calidad de los animales (Cuadro 5) y los de uso de los recursos naturales (Cuadro 5).

COMPONENTE AMBIENTAL

Cuadro 4. Indicadores de calidad del suelo

Indicador	Valor de calificación	Característica
1. Compactación	1	Suelo compactado
	5	Moderadamente compactado
	10	Sin compactar
2. Profundidad del suelo	1	Suelo expuesto con vistas rocosas
	5	Fina capa de suelo
	10	Suelo superficial > 50 cm
3. Color materia orgánica	1	Pálido, ausencia de MO
	5	Marrón claro, alguna presencia de MO
	10	Marrón oscuro, abundante MO
4. Retención de humedad	1	Suelo seco, no retiene agua
	5	Grado limitado de retención de H ^o
	10	Considerable retención de humedad

5. Cobertura del suelo	1	sin cobertura, expuesto 100%
	5	suelo con menos de 50% cubiertos
	10	Más del 50% cubiertos
6. Erosión	1	Erosión severa
	5	Bajos niveles de erosión
	10	Ausencia de síntomas de erosión
7. Presencia de invertebrados	1	ausencia de actividades de invertebrados
	5	Pocas lombrices y artrópodos presentes
	10	Abundante presencia de invertebrados
8. Actividad microbiológica	1	Muy poca efervescencia al agua oxigenada
	5	Leve efervescencia
	10	Abundante efervescencia

Cuadro 5. Indicadores de salud de los pastizales

Indicador	Valor de calificación	Característica
1. Apariencia	1	Clorítica
	5	Color verde claro con alguna pérdida de pigmento
	10	Color verde oscuro, sin síntomas de deficiencia
2. Crecimiento de los pastos	1	Patrón desigual, crecimiento limitado
	5	Patrón más denso, más uniforme
	10	Crecimiento vigoroso
3. Presencia de malezas	1	Más del 50% de malezas
	5	Entre 6 y 15% de malezas
	10	Menos del 6% de malezas

	1	Muy pobre (entre el 10%)
4. Disponibilidad	5	Pobre (del 15 al 50%)
	10	Alta disponibilidad (90% de pastos)
5. Rendimiento anual o potencial	1	Bajo a relación a la media ideal
	5	Aceptable, está en la media ideal
	10	Alto, está sobre la media ideal
6. Diversidad de vegetación	1	Una sola especie de pasto
	5	2-3 especies de pastos
	10	más de 4 especies de pastos
7. Uso de potreros	1	Con un solo potrero
	5	Con 2-3 potreros
	10	Con más de 5 potreros
8. Presencia de árboles	1	Sin árboles
	5	Menos de 5 árboles por potrero
	10	Más de 10 árboles por potrero

Cuadro 6. Indicadores de calidad de los animales

Indicador	Valor de calificación	Característica
1. Tamaño del hato	1	Menos de 5 animales
	5	De 6 a 15 animales
	10	Más de 20 animales
2. Partos al año	1	Menos del 70% de partos igual al número de vacas
	5	70-80% de partos igual al número de vacas
	10	90-100% de partos igual al número de vacas

3. Performance de los animales	1	Estado de desnutrición
	5	Estado moderado
	10	Excelente estado del animal
4. Razas de animales	1	Cruzados no definidos
	5	F1 o cruces definidos
	10	Razas especializadas
5. Peso de venta toretes	1	Menos de 200 kilos vivo
	5	Entre 200-300 kilos vivo
	10	Más de 400 kilos vivo

En componente económico cuenta de dos criterios de clasificación: indicadores para el sistema finca (Cuadro 7) e indicadores económicos propiamente (Cuadro 8). El enfoque social contiene un criterio de clasificación: indicadores sociales (Cuadro 9).

Cuadro 7. Indicadores del sistema de finca

Indicador	Valor de calificación	Característica
1. Abastecimiento de agua	1	Reservorios de lluvias
	5	Utiliza ríos o quebradas
	10	Tiene un sistema de tubería de agua.
2. Calidad del agua	1	color oscuro, marrón, con olores
	5	color transparente, con olores
	10	Cristalino transparente, sin olores
3. Servicios higiénicos	1	No tiene letrina
	5	Tiene letrina, pozo ciego
	10	Tiene sistema de desagüe, a un pozo ciego

4. Áreas de bosque	1	No tiene reservas de bosque
	5	tiene una reserva de bosque sin especies maderables
	10	Tiene una reserva de bosque con especies maderables y animales silvestres
5. Reforestación	1	no reforesta
	5	Poca reforestación
	10	Regular reforestación en cultivos y áreas libres
6. Diversidad de cultivos	1	Un solo cultivo
	5	Pocos cultivos anuales y permanentes
	10	diversificado con cultivos anuales y permanentes

Cuadro 8. Indicadores económicos de finca

Indicador	Valor de calificación	Característica
1. Calidad de vivienda	1	Muy humilde, material de la zona
	5	Regular, cierta comodidad, con materiales transformados
	10	Confortable, con materiales de acabado
2. Herramientas y equipos	1	Herramientas básicas, machete, hacha, lampa
	5	Pocas herramientas fuera de las básicas
	10	Utiliza muchas herramientas por actividad
3. Con vehículo	1	No tiene
	5	Tiene no motorizado
	10	Tiene motorizado

4. Niveles de ingreso en ganadería	1	Menos del sueldo mínimo (750/mes)
	5	En el mínimo
	10	Sobre el suelo mínimo
5. Infraestructura de manejo	1	No tiene
	5	Solo tiene corral
	10	Tiene corral, y manga de manejo
6. Otros ingresos	1	No tiene
	5	Temporalmente realiza labores fuera de su chacra
	10	Trabaja simultáneamente, tiene trabajo permanente externo
7. Contrata personal	1	No contrata
	5	Contrata temporalmente
	10	Contrata permanentemente personal
8. Crédito bancario	1	No accede al crédito
	5	Tiene crédito para gastos personales
	10	Tiene crédito bancario para inversión en su finca

Cuadro 9. Indicadores sociales de finca

Indicador	Valor de calificación	Característica
1. Pertenece a una organización	1	No pertenece
	5	Pertenece, pero no participa
	10	Pertenece y participa
2. Nivel educativo de sus hijos	1	No estudian, o solo primaria
	5	estudian hasta la secundaria
	10	estudian hasta nivel superior

TIPIFICACIÓN DE SISTEMAS GANADEROS

Con base a los indicadores descritos en los seis criterios se tienen 37 indicadores de sostenibilidad, los cuales se realizó un agrupamiento de familias ganaderas el cual se empleó estadística multivariada (Escobar y Berdegué 1990) aplicando la técnica de Análisis de Conglomerado (AC) por el método de Ward, el cual permitió verificar y agrupar fincas según sus actividades similares dentro del portafolio de los indicadores de sostenibilidad. El método de Ward conforma grupos donde la variabilidad dentro de los grupos es la mínima y entre grupos es la máxima. Con ello se logró la tipificación de tres tipos de fincas o sistemas ganaderos con base a los indicadores de sostenibilidad

CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS GANADEROS

De acuerdo con los tres tipos de sistemas ganaderos encontrados se caracterizó cada tipo de sistemas resaltando las características principales que los diferencian, mostrando las características en fortalezas, debilidades y limitantes encontrados. Se utilizó estadística descriptiva para ilustrar las diferencias entre tipos de sistemas.

ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD

Los tipos de sistemas identificados tienen un nivel de sostenibilidad distintos, con base a los 37 indicadores de sostenibilidad, de los seis criterios de evaluación (calidad del suelo, salud de las pasturas, calidad de animales, finca, económico y social). Se construyeron gráficos de amebas, para determinar los criterios más importantes que afectan o mejoran la sostenibilidad en los tipos de sistemas, para determinar los factores de influencia. Se aplicó estadística descriptiva mostrar los distintos niveles de sostenibilidad.

ESTIMAR LAS EMISIONES DE METANO A TRAVÉS DEL LIFE-SIM DE CADA SISTEMA IDENTIFICADO.

Las estimaciones de metano fueron basadas por el método indirecto, a través del uso del software LIFE-SIM (Livestock Feeding Strategies Simulation Models) (León-Velarde *et al.* 2006), cuyo principio es un modelo matemático de aproximación (Figura 4).

Para ello se tuvo que determinar la disponibilidad en materia seca de los potreros de cada tipo de sistema ganadero encontrado. Dicha disponibilidad fue calculada en dos periodos (diciembre y febrero). Cada periodo tuvo una duración de un mes. Asimismo, la calidad del pasto estuvo determinada por proteína cruda y digestibilidad. Estos datos, junto con datos climatológicos (precipitación y temperatura, velocidad de viento) sirvieron como variable base para la estimación de las emisiones de metano. El software estimó la producción de metano de un hato con información del pasto (disponibilidad, proteína cruda y digestibilidad), del hato (número de animales, carga animal, edad promedio y peso vivo promedio) obtenidos de la encuesta.

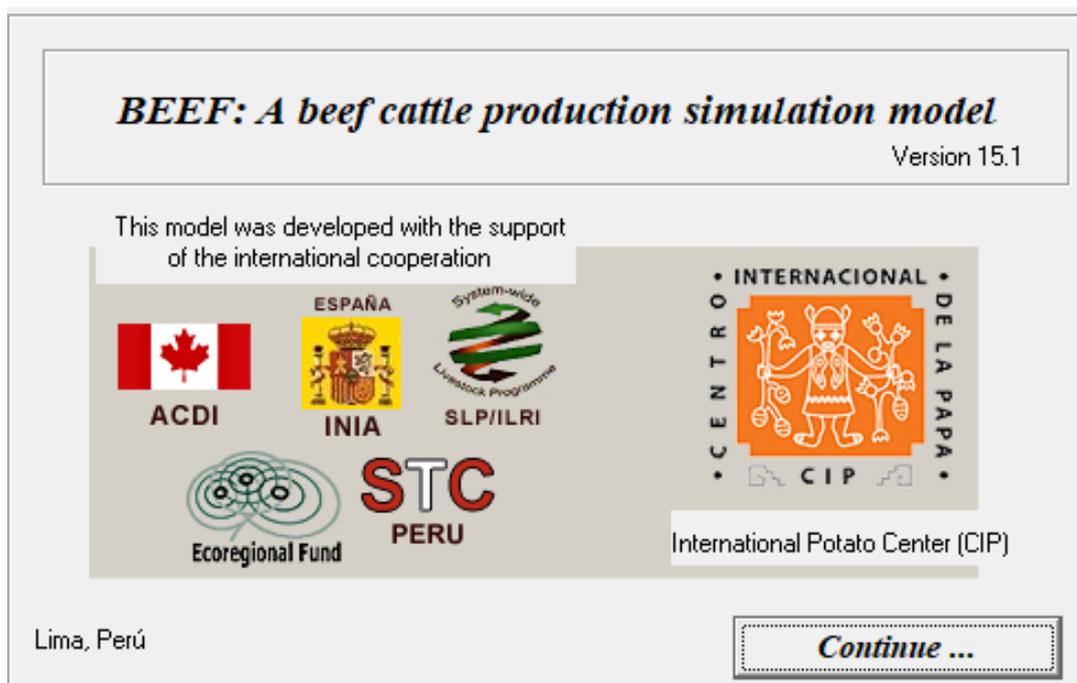


Figura 4. Software LIFE-SIM.

Se estimaron estas producciones de metano por finca evaluada que corresponde a un tipo de sistema, de los cuales se compararon entre los tipos de nivel de sostenibilidad para definir los sistemas con mayor y menor emisión de metano.

Los resultados de las emisiones por grupo fueron analizados mediante un diseño completamente al azar. Mediante el análisis de varianza y una prueba de medias (DGC) se determinó la diferencia estadística entre sistemas con respecto a las emisiones de metano. Se utilizaron gráficos y cuadros que mejor describan estos resultados.

PROPUESTAS DE MEJORA

Se realizaron propuestas técnicas para cada tipo de sistema que corresponde a cada nivel de sostenibilidad encontrados. Estas propuestas corresponden en base a buenas prácticas ganaderas, orientadas en el manejo agroecológico de los sistemas ganaderos con los recursos de cada sistema. Cada tipo de sistema identificado se generó diferentes propuestas técnicas basados en su realidad y sus condiciones de estrategias de vida en los criterios que les hiciera falta.

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

3.6.1. Para el diagnóstico de fincas

MUESTREO ALEATORIO SIMPLE

Para el cálculo del tamaño de muestra se determinó por medio de la siguiente ecuación descritas líneas arriba.

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N-1)) + k^2 * p * q}$$

3.6.2. Para la tipificación de fincas

El análisis estadístico consistió en la aplicación de técnicas de estadística multivariada. La definición de los grupos (tipologías de fincas) se realizó mediante un **Análisis de Conglomerados** empleando como técnica de agrupación el método Ward. Las variables cualitativas se analizaron a través de Tablas de Contingencia, y las variables cuantitativas con Tablas de Pruebas T de Student. El software empleado fue el Infostat Versión 2017 (Di Rienzo *et al.* 2017). Se incluyó estadísticas descriptivas para representar con mayor detalle la caracterización de los tipos de fincas.

3.6.3. Para determinar diferencias entre tipos de sistemas

Para el análisis de las variables dependientes: Tamaño de finca, hectáreas de pastos, nivel de sostenibilidad por criterio, se aplicó un diseño estadístico.

Para ello se define la variable independiente:

- Tipos de sistemas

El modelo estadístico fue un diseño completamente al azar, según el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

- Y_{ijk} = Es la variable bajo consideración;
- μ = Media total;
- S_i = Efecto del i-ésimo tipo de sistema;
- E_{ijk} = término experimental del error.

Se utilizó la prueba de media DGC para determinar diferencias significativas entre los tipos de sistemas. El *software* empleado fue el Infostat Versión 2017 (Di Rienzo *et al.* 2017).

IV RESULTADOS

4.1. TIPIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS GANADEROS CON BASE A SU NIVEL SOSTENIBILIDAD

Se logró tipificar tres grupos de sistemas ganaderos que se describe en la Figura 5.

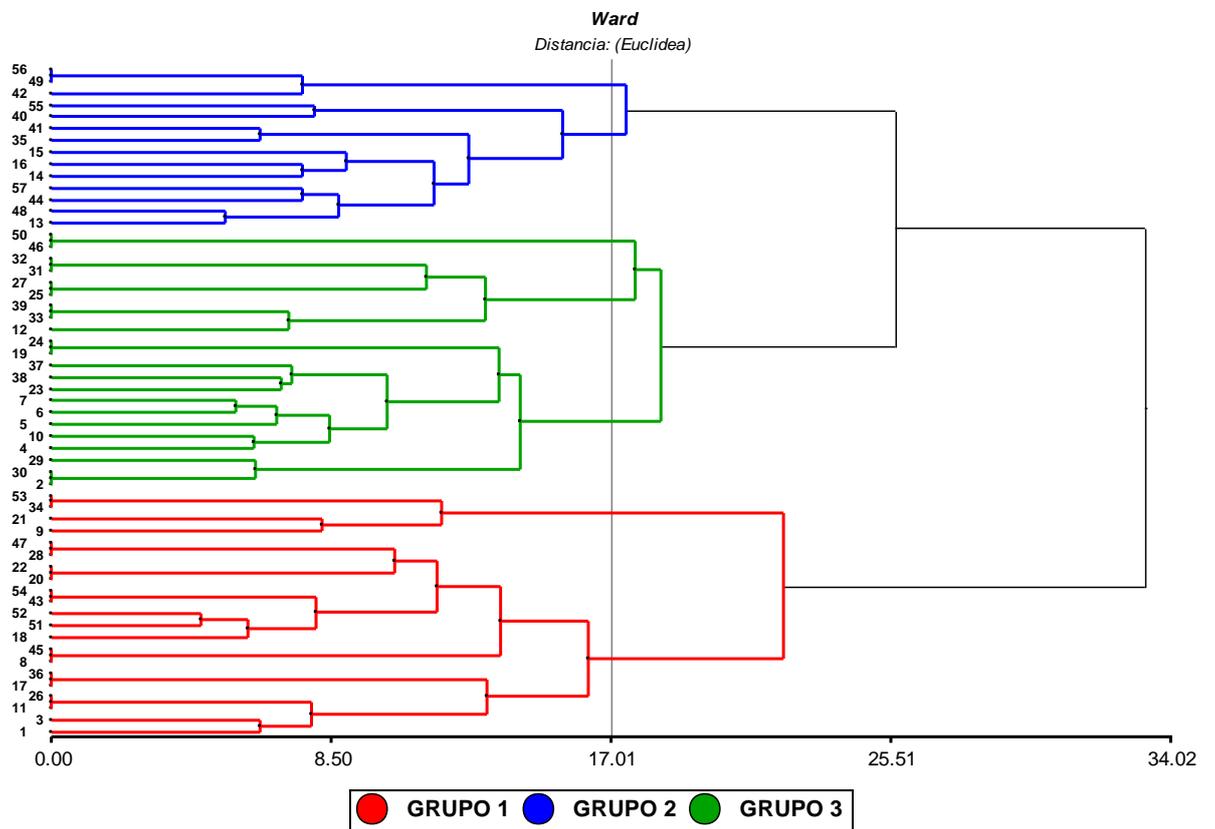


Figura 5. Dendrograma de agrupamiento de 57 fincas evaluadas con base a 37 indicadores de sostenibilidad.

Para determinar la existencia de diferentes tipos de fincas se realizó un análisis de conglomerados o agrupamiento con base de las 57 fincas seleccionadas al azar. Se consideraron seis criterios: calidad del suelo (8 indicadores), salud de los pastizales (8 indicadores), calidad de los animales (5 indicadores), sistema finca (6 indicadores), económicos (8 indicadores) y social (2 indicadores). En total se analizaron 37 indicadores de sostenibilidad categorizados. Se estandarizaron las variables para su procesamiento. El agrupamiento se realizó utilizando la distancia Euclídea por el método de Ward, el cual conforma grupos donde la varianza entre grupos es la máxima y dentro de los grupos es la mínima.

El primer grupo (color rojo) está formado por 21 fincas, mientras que el segundo grupo (color azul) está formado por 14 fincas y por último el tercer grupo (color verde) conformado por 22 fincas. Cabe indicar que cada grupo contiene fincas que se comportan estadísticamente similares entre ellas, mostrando similitud con base a los 37 indicadores de sostenibilidad; por otra parte, las fincas de grupos distintos son estadísticamente diferentes.

Los porcentajes que representan cada grupo (Figura 6), nos indican que el grupo 1 representa el 37% del total de fincas, el grupo 2 con 24% y el grupo 3 representa el 39% de las fincas evaluadas.

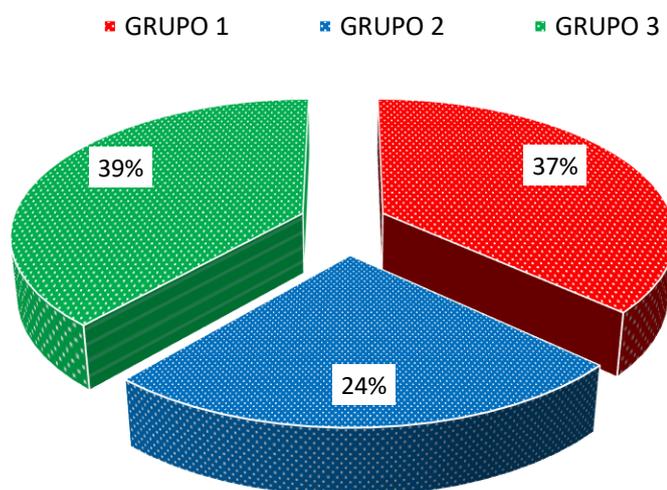


Figura 6. Porcentaje de fincas en los grupos conformados

4.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE SISTEMAS GANADEROS CON BASE A SU NIVEL DE SOSTENIBILIDAD

De acuerdo con la tipificación encontrada, se tienen tres grupos de sistemas ganaderos basados en su nivel de sostenibilidad. Para la caracterización de los tres grupos se considerará algunas variables generales de cada finca, como son el nivel de educación formal, el tamaño de finca, el área de las pasturas, los años en que se explotan las pasturas y años de experiencia en la actividad ganadera. El nivel de educación es una variable categórica, por lo que se aplicó chi cuadrado en una tabla de contingencia, demostrándose la existencia de una relación entre el nivel educativo y los grupos conformados. Las variables tamaño de finca, áreas de pastos, años de explotación de las pasturas y años de experiencia ganadera se trataron como variables numéricas continuas. Se realizó análisis de varianza para encontrar diferencias entre los grupos con respecto a las variables mencionadas. Los resultados se muestran en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Variables cualitativas y cuantitativas entre los tres grupos formados.

N°	INDICADOR	p-valor		GRUPOS		
		Prueba F	Chi-cuadrado	GRUPO 1 (n=21)	GRUPO 2 (n=14)	GRUPO 3 (n=22)
1	NIVEL DE EDUCACIÓN		0.0311 *			
1	Sin educación			0.00%	9.09%	0.00%
2	Primaria			21.43%	36.36%	62.50%
3	Secundaria			57.14%	36.36%	37.50%
4	Superior			21.43%	18.80%	0.00%
2	TAMAÑO DE FINCA (ha)	0.0421 *		15.18 a	11.05 b	17.66 a
3	ÁREA DE PASTOS (ha)	0.0310 *		8.00 b	6.50 b	11.47 a
4	AÑOS EXPLOTACIÓN PASTURAS	0.0056 *		17.14 b	15.50 b	20.60 a
5	AÑOS DE EXPERIENCIA	0.0452 *		23.50 a	19.00 b	24.86 a

Letras similares en la misma fila indican diferencias estadísticas según la prueba DGC al 5% de nivel de significancia.

Con respecto al nivel de educación se puede afirmar que existe relación entre los niveles de educación con los grupos conformados, de tal forma que se observa que el 62% de los ganaderos del grupo 3 tienen solo primaria a comparación de los otros grupos. Los ganaderos del grupo 1 tienen mayor nivel de educación formal por cuanto el 57% de ellos tienen estudios secundarios y más del 20% de ellos tienen estudios superiores, que el resto de los otros ganaderos de los otros grupos. Existe cerca de un 10% de ganaderos del grupo 2 que no tienen estudios (Figura 7).

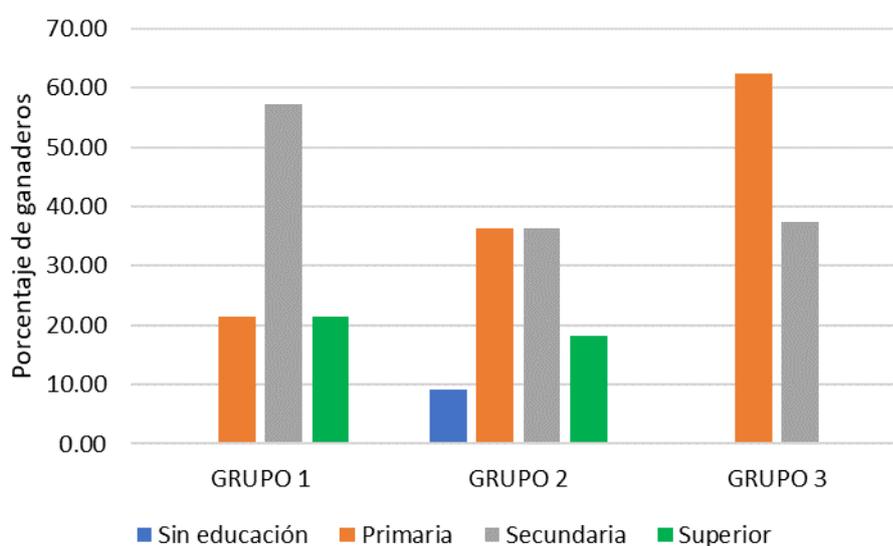


Figura 7. Nivel de educación de los ganaderos evaluados por grupo conformado.

Con respecto al tamaño de finca se observa que dos grupos de sistemas (grupo 1 y 3) son relativamente más grandes que los sistemas del grupo 2 (Figura 8); relativamente el área de pastos presenta el mismo comportamiento, sin embargo, solo las fincas del grupo 3 tienen áreas de pastos más grandes que las otras fincas de los otros grupos (Figura 9).

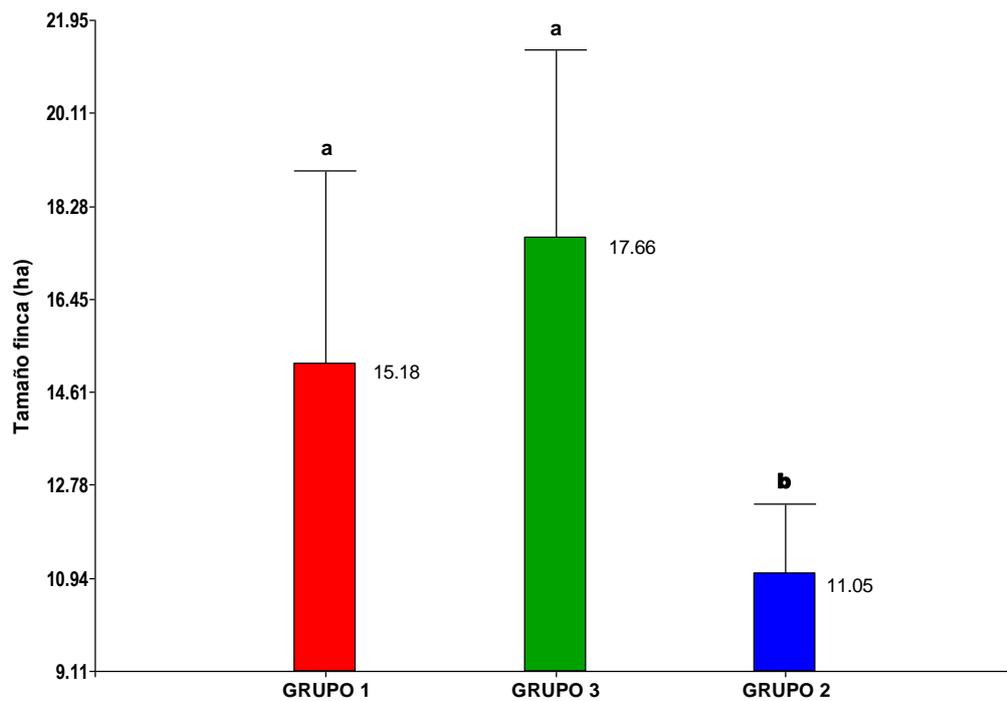


Figura 8. Tamaño de finca (ha) por grupos identificados.

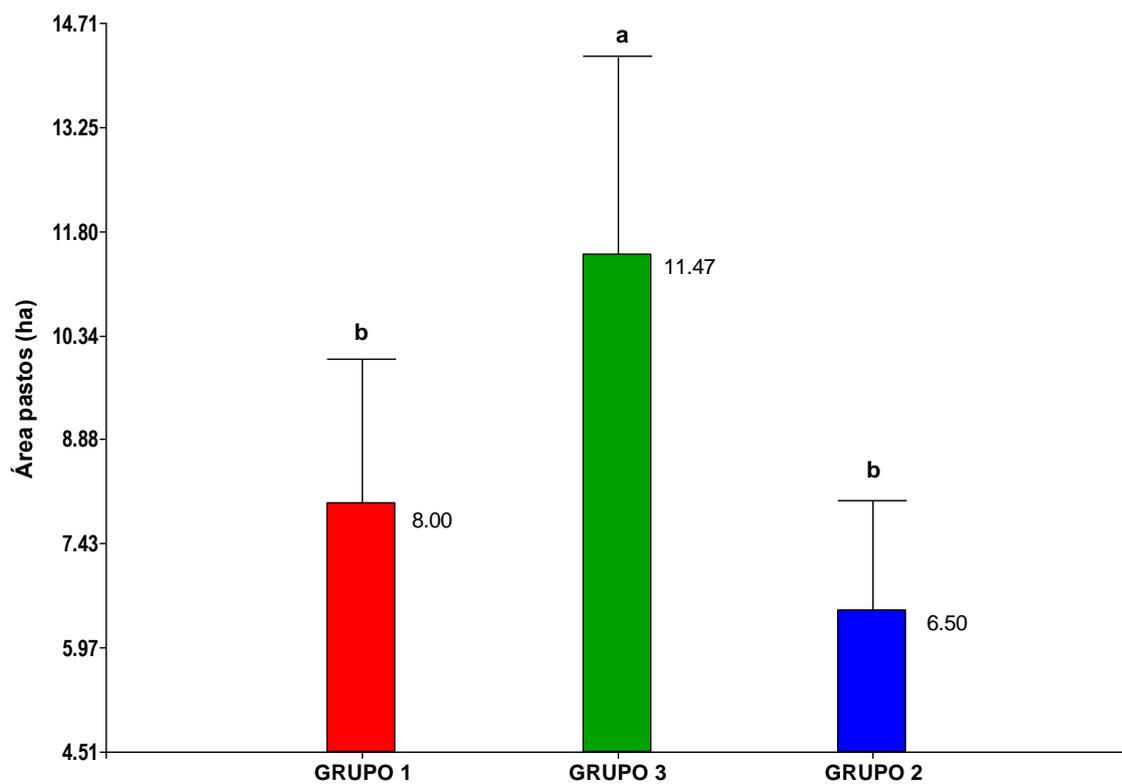


Figura 9. Área de pasturas (ha) por grupos identificados.

Los años de uso de las pasturas fueron consideradas como variable de análisis. Los resultados muestran una influencia con respecto al tamaño de fincas y al área de pastos, es decir, que aquellas fincas con mayor área de finca y de pasturas presentan mayores años de explotación. Esto ocurre en las fincas del grupo 3 (20 años de explotación), mientras que el resto de las fincas muestran similitud que van desde 15 a 17 años de explotación (grupo 2 y 1 respectivamente) (Figura 10).

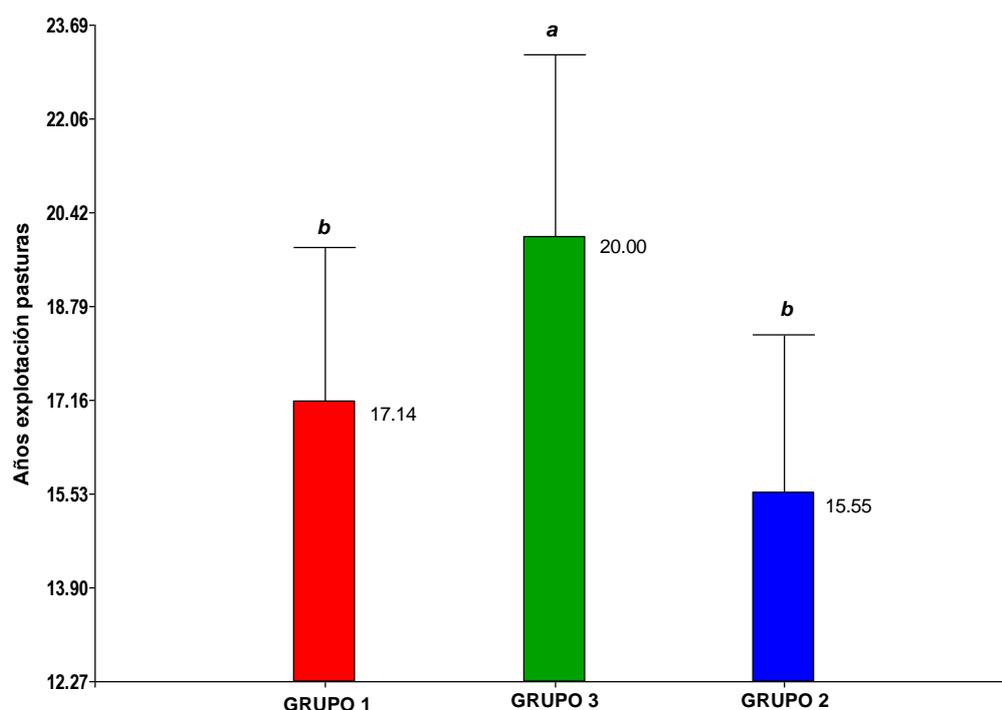


Figura 10. Años de explotación de las pasturas por grupos identificados.

Los años de experiencia ganadera es considerado como una variable importante para entender la idiosincrasia del ganadero. Los ganaderos de los grupos 1 y 3 presentan mayores años de experiencia en la actividad ganadera oscilando entre 23 y 25 años; en cambio los ganaderos del grupo 1 son ganaderos con 19 años de experiencia en promedio, por lo que se considera ganaderos que recientemente se dedican a esta actividad (Figura 11).

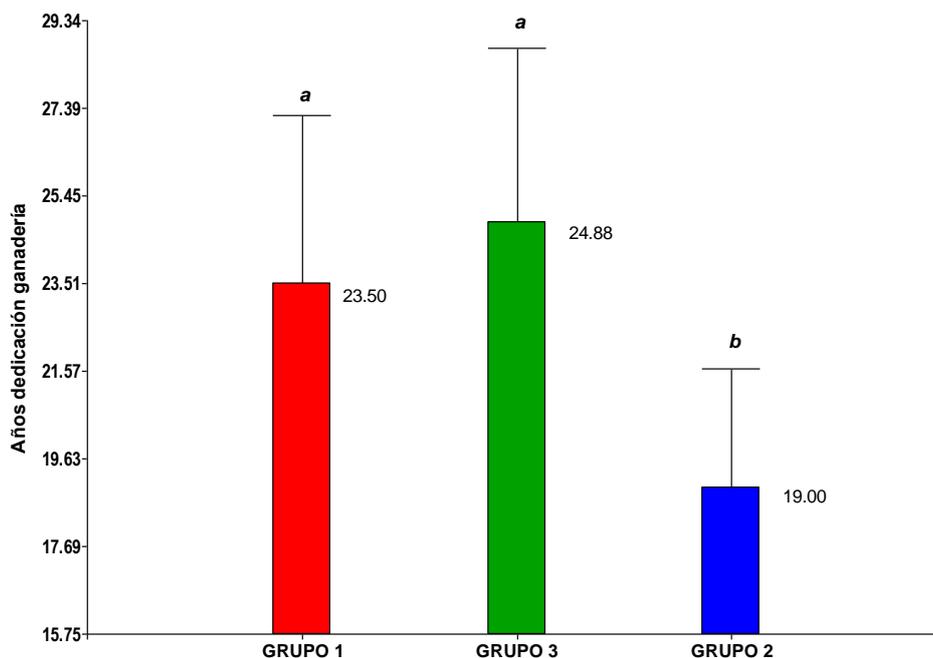


Figura 11. Años de experiencia en la actividad ganadera por grupos identificados.

Con respecto a los indicadores de sostenibilidad, también existen diferencias entre los grupos conformados (cuadro 11).

Cuadro 11. Promedios por criterio de clasificación de indicadores por grupo conformado

N°	CLASIFICACIÓN	INDICADORES	GRUPO 1 (n= 31)	GRUPO 2 (n= 13)	GRUPO 3 (n= 16)	Probabilidad	
						p-valor	Signif.
1	Calidad del suelo	8	8.07 ± 0.23 a	4.90 ± 0.29 b	7.47 ± 0.23 a	<0.0001	**
2	Salud de la pastura	8	6.74 ± 0.20 a	4.76 ± 0.25 c	6.05 ± 0.20 b	<0.0001	**
3	Calidad animal	5	4.30 ± 0.21	3.87 ± 0.26	4.13 ± 0.21	0.4618	NS
4	Sistema finca	6	8.03 ± 0.21 a	5.98 ± 0.26 b	6.47 ± 0.21 b	<0.0001	**
5	Económico	8	5.83 ± 0.30 a	4.41 ± 0.37 b	4.52 ± 0.30 b	0.0034	*
6	Social	2	9.43 ± 0.43 a	8.57 ± 0.53 a	4.86 ± 0.42 b	0.0082	*
7	Índice general de sostenibilidad	37	6.85 ± 0.13 a	5.00 ± 0.16 c	5.77 ± 0.13 b	<0.0001	**

** = altamente significativo; * = significativo; NS = No significativo

Letras similares en la misma fila indican diferencias estadísticas según la prueba DGC al 5% de nivel de significancia.

Con respecto al índice general de sostenibilidad, con base a las 37 variables, muestra claramente tres niveles de sostenibilidad, estando el grupo 1 de fincas con moderada sostenibilidad (6.85), seguidas por el grupo 3 de fincas con ligera sostenibilidad (5.77), mientras que el grupo 2 de fincas se encuentran en el umbral de la sostenibilidad.

Con respecto al análisis de los seis criterios de clasificación, la Figura 12, muestra el comportamiento de cada uno de los grupos con respecto a cada criterio, en el gráfico de Ameba. Este gráfico muestra que las fincas del grupo 1 (color rojo) superan al resto de fincas de los otros grupos en cada criterio de clasificación; sin embargo, las fincas del grupo 3, logra ser superior en la mayoría de los criterios a comparación de las fincas del grupo 2. Se observa, asimismo, que es en el indicador de calidad animal en que ocurre una reducción para las fincas de los tres grupos al no pasar el umbral de la sostenibilidad (indicador menor a 5).

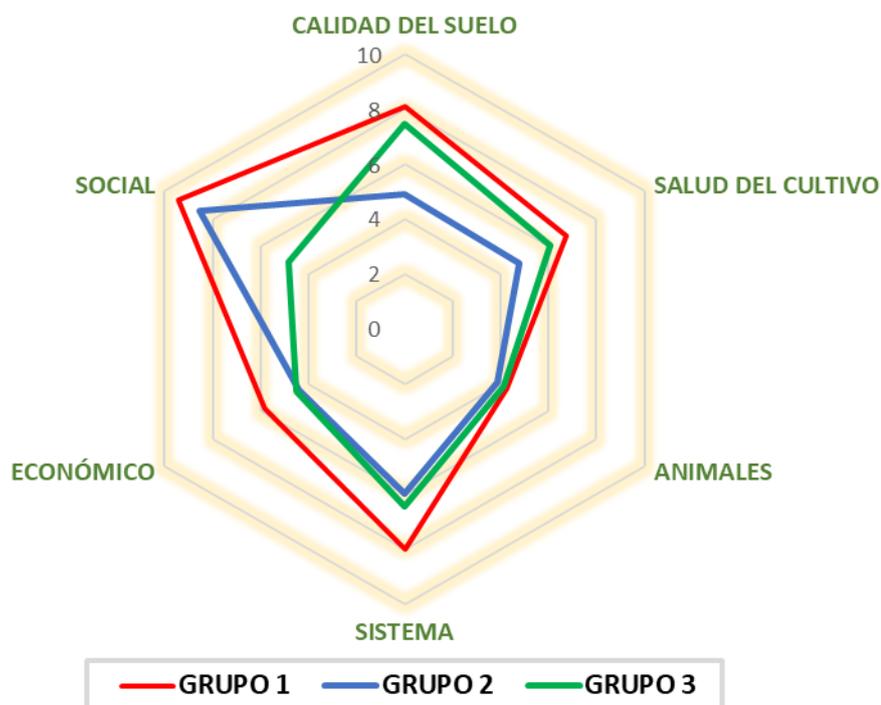


Figura 12. Gráfico de Ameba para los seis criterios de clasificación de los indicadores de sostenibilidad de los grupos conformados.

El criterio de clasificación calidad del suelo, muestra claramente que las fincas de los grupos 1 y 3 presentan los mayores indicadores de sostenibilidad que van desde 7.47 hasta 8, comportándose estadísticamente similares estos dos grupos, a comparación de las fincas del Grupo 2 que presenta el menor indicador (4.90), es decir sin lograr pasar el umbral de la sostenibilidad (Figura 13).

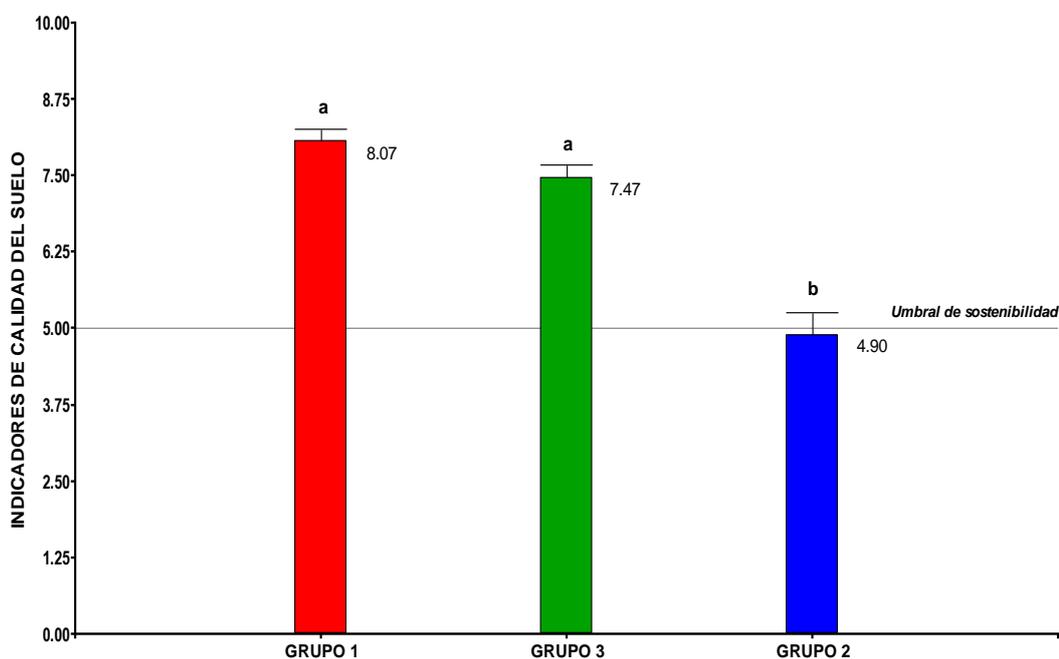


Figura 13. Indicadores de calidad del suelo por grupo conformado

Los indicadores de la salud de los pastizales evaluado por grupos, muestra claramente que son las fincas del grupo 1 que presentan mayor indicador (6.74), seguidas de las fincas del grupo 3 (6.05), resultado las fincas del grupo 2 las que presentan menor indicador en promedio (4.76), resultando nuevamente no superar el umbral de la sostenibilidad (Figura 14).

El criterio más crítico para los tres grupos corresponde a la calidad de los animales, donde ningún grupo de fincas supera el umbral de la sostenibilidad (menores a 5). Con respecto a los grupos de fincas no se puede confirmar diferencias estadísticas entre ellas (Figura 15).

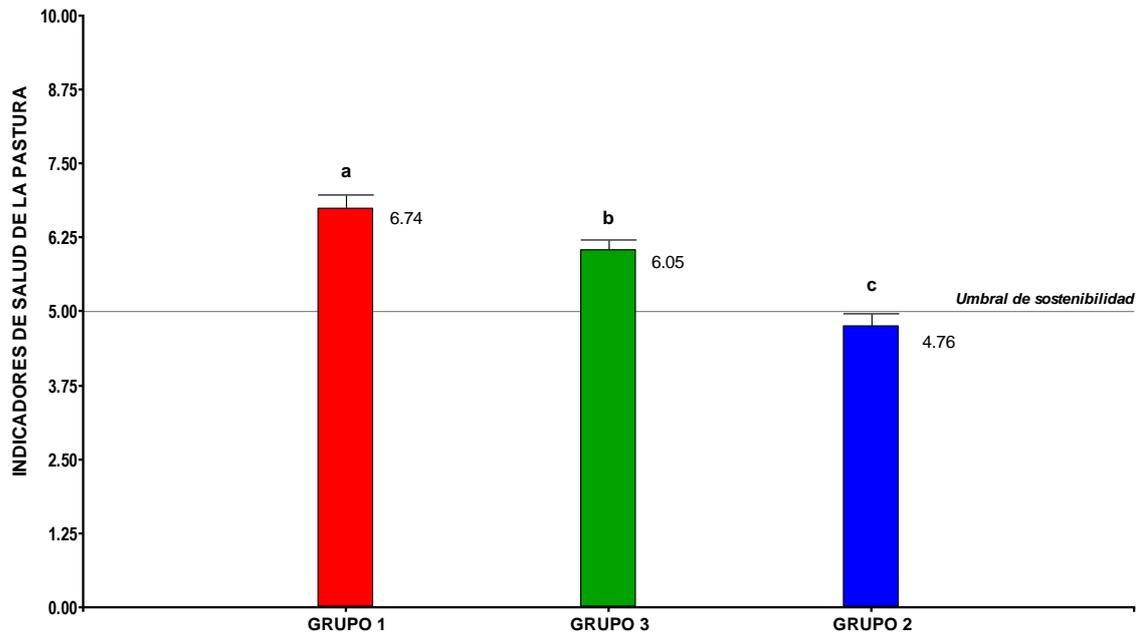


Figura 14. Indicadores de salud de las pasturas por grupo conformado

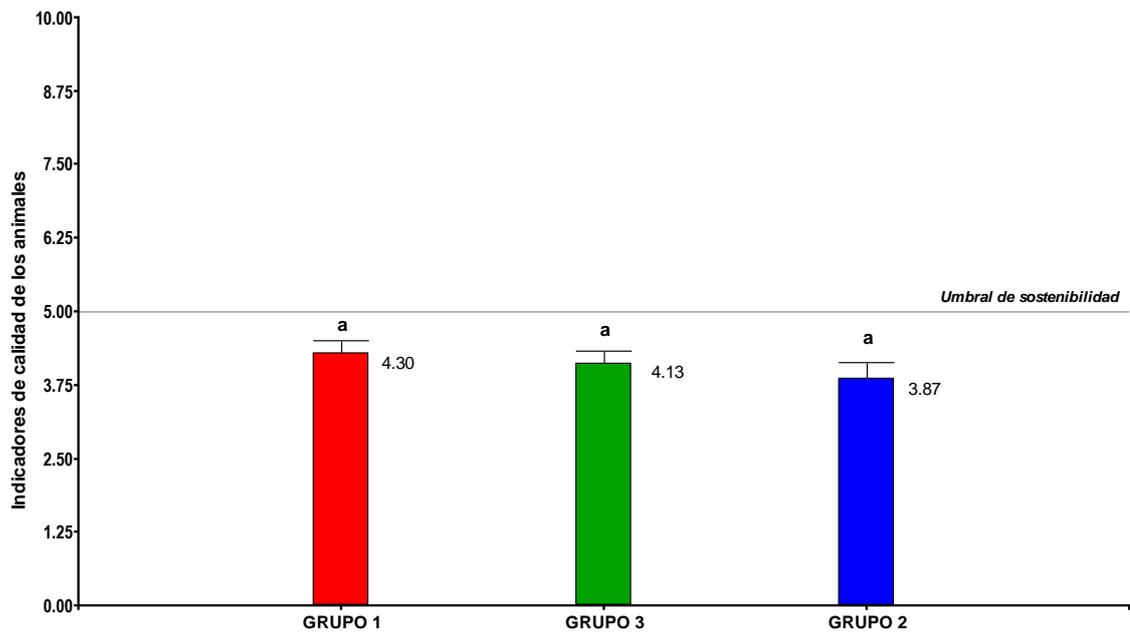


Figura 15. Indicadores de calidad de animales por grupo conformado

Para los indicadores del criterio de sistema finca, aunque todas las fincas de los grupos superan el umbral de sostenibilidad, se destaca las del grupo 1 nuevamente por contener mayores valores en promedio que el resto de las fincas de los otros grupos (Figura 16).

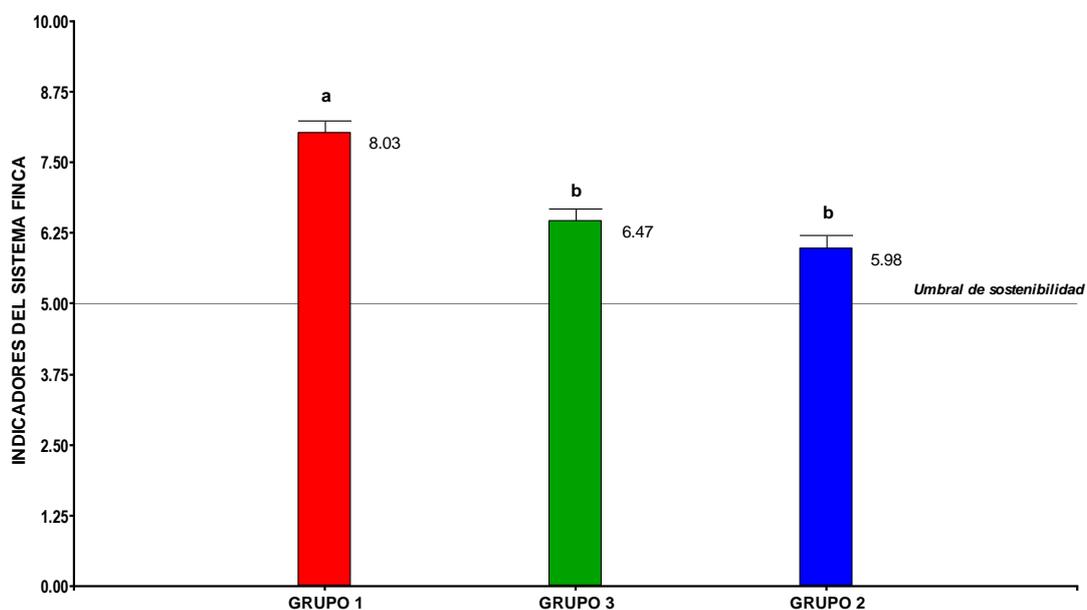


Figura 16. Indicadores del sistema finca por grupo conformado

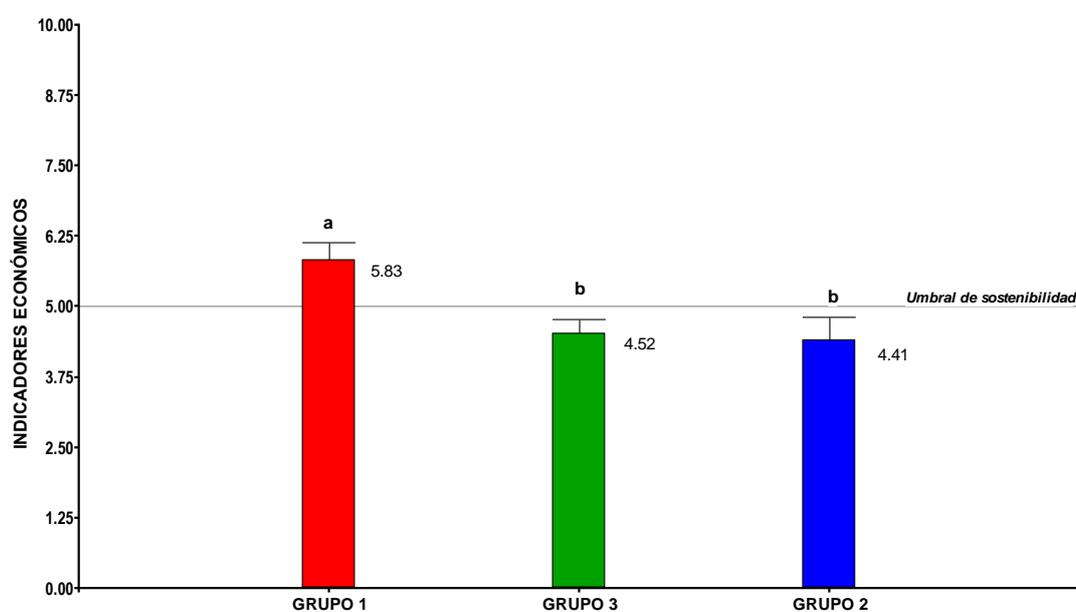


Figura 17. Indicadores económicos por grupo conformado

Para los indicadores económicos (Figura 17), presenta similar comportamiento de diferenciación entre las fincas de los tres grupos, sin embargo, se observa que las fincas de los grupos 2 y 3 no logran superar el umbral de sostenibilidad.

Los indicadores del criterio de clasificación social muestran que solo las fincas del grupo 3 no logra superar el umbral de sostenibilidad, mientras son las fincas de los grupos 1 y 2 los que superan ampliamente el umbral de sostenibilidad, teniendo ambos grupos los mayores indicadores en promedio (Figura 18).

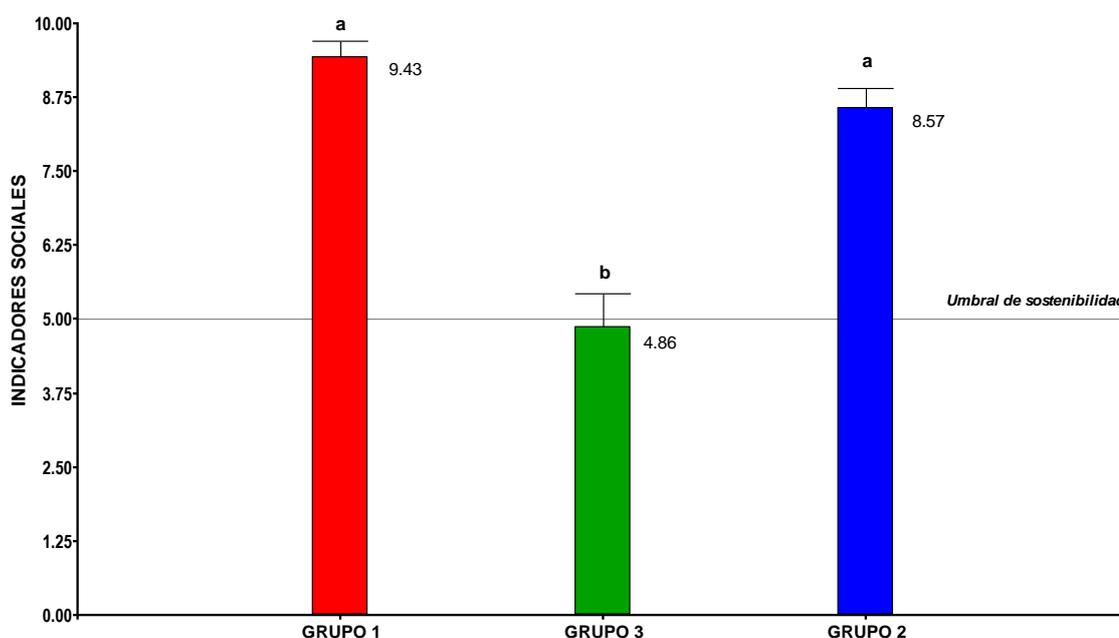


Figura 18. Indicadores sociales por grupo conformado

El Índice de sostenibilidad General que agrupo los 37 indicadores analizados en seis criterios de clasificación muestra el resultado en que se encuentran las fincas de los grupos tipificados en cuanto al nivel de sostenibilidad. La Figura 19 muestra que las fincas del grupo 1 presentan una moderada sostenibilidad superando al resto de grupos. Las fincas del grupo 1 son seguidas por las fincas del grupo 3, que presentan una ligera

sostenibilidad, mientras que las fincas del grupo 2, no logran superar el umbral de sostenibilidad, considerándose que logran una sostenibilidad baja.

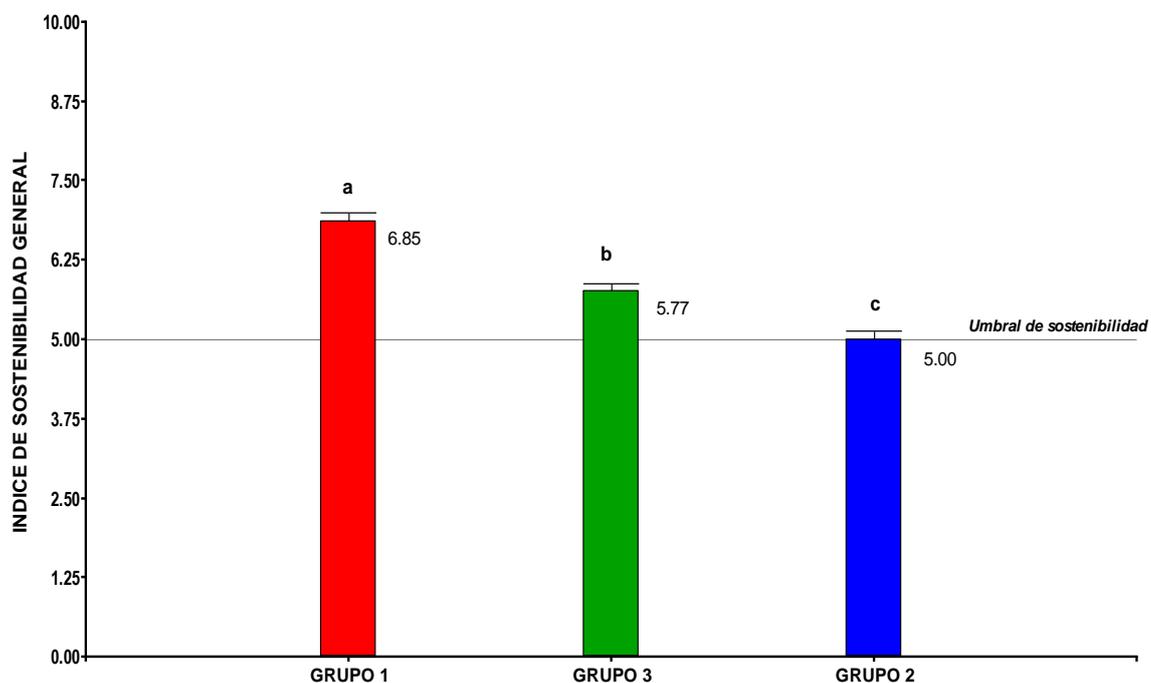


Figura 19. Índice general de sostenibilidad por grupo conformado

4.3. ANALISIS DE SOSTENIBILIDAD ENTRE LOS TIPOS DE SISTEMAS GANADEROS

El análisis de sostenibilidad de cada grupo de fincas es analizado por cada criterio de clasificación, permitiendo comprender mejor cada indicador para saber cuáles de ellas se tornan críticas y que debiesen ser mejorados.

4.3.1. Criterio de clasificación de calidad del suelo

El criterio de clasificación de la calidad del suelo contiene ocho indicadores. El Cuadro 12, describe los ocho indicadores de calidad del suelo por grupo conformado con sus respectivos promedios calculados.

Cuadro 3. Indicadores de calidad del suelo por grupo conformado

INDICADORES DE CALIDAD DEL SUELO	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
Compactación	6.43	3.86	6.59
Profundidad del suelo	10.00	7.64	9.55
Color materia orgánica	6.90	3.57	5.77
Retención de humedad	9.05	5.64	9.18
Cobertura del suelo	10.00	7.14	8.64
Erosión	7.38	3.86	6.18
Presencia de invertebrados	8.81	4.21	8.86
Actividad microbiológica	5.95	3.29	5.00
PROMEDIO	8.07 a	4.90 b	7.47 a

Letras similares en la misma fila indican diferencias estadísticas según la prueba DGC al 5% de nivel de significancia.

Como se observa, las fincas del grupo 1 y 3 muestran mayor calidad del suelo a través de sus ocho indicadores, siendo suelos profundos, de ligera compactación, con alta cobertura de suelo, con buena capacidad de retención de humedad, con ligera o casi nula presencia de erosión de los suelos, así como una considerable presencia de invertebrados y mediana presencia microbiológica del suelo. Estas condiciones hacen ser suelos superiores en calidad a comparación de los suelos de las fincas del grupo 2.

Los suelos de las fincas del grupo 2, presentan serias deficiencias que no permiten lograr la sostenibilidad, en cinco indicadores de ocho, siendo estos suelos moderadamente compactados, con poca presencia de materia orgánica, con signos de erosión de los suelos, con baja presencia de invertebrados y microorganismos del suelo que la hacen débil en una de las funciones básicas de los suelos en cuanto al reciclaje de nutrientes a cargo de la biota del suelo. La Figura 20 describe los ocho indicadores en forma comparativa entre los grupos encontrados, y como se observa los suelos del grupo 2 (color azul) presentan menores valores medios de los indicadores evaluados a comparación de los otros grupos.

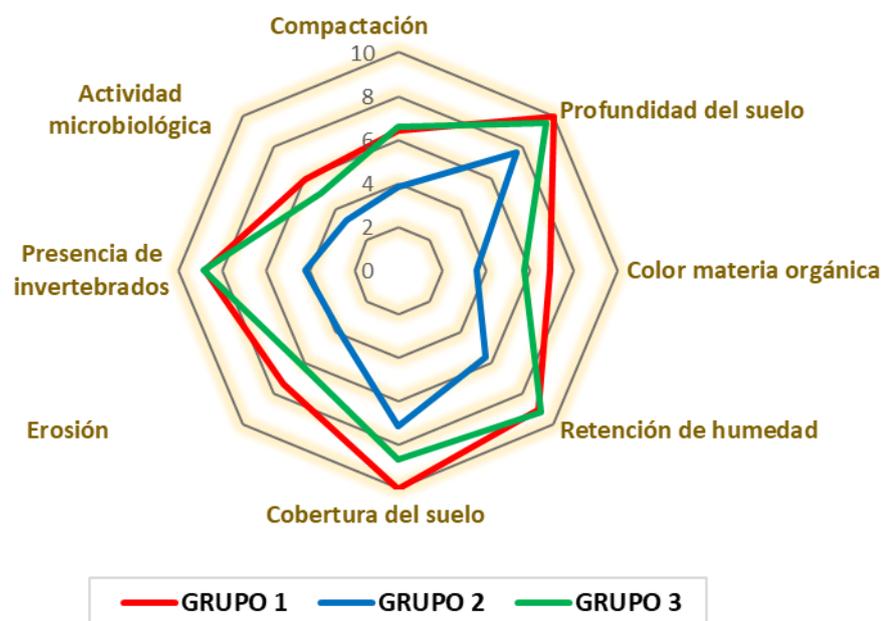


Figura 20. Comportamiento comparativo de los indicadores de calidad del suelo con los grupos conformados.

4.3.2. Criterio de clasificación de salud de las pasturas

El Cuadro 13 describe los ocho indicadores que describen la salud de las pasturas. Como se observa, las pasturas con mejores niveles de los indicadores son del grupo 1 que muestra una moderada apariencia, con un crecimiento adecuado de los pastos, con moderada presencia de malezas, con una alta disponibilidad y presencia de árboles de regeneración natural. Tiene una moderada utilización de potreros, así como una moderada diversidad vegetal. Esto indica que estas pasturas están en mejor condición que los otros grupos.

Cuadro 4. Indicadores de salud de las pasturas por grupo conformado

INDICADORES DE SALUD DE LAS PASTURAS	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
Apariencia	5.95	5.00	5.00
Crecimiento de los pastos	7.14	3.00	5.23
Presencia de malezas	5.48	3.57	6.14
Disponibilidad	9.29	5.36	6.14
Rendimiento anual	5.71	3.57	5.91
Diversidad de vegetación	5.00	3.86	4.82
Uso de potreros	5.81	5.43	5.36
Presencia de árboles	9.52	8.29	9.77
PROMEDIO	6.74 a	4.76 c	6.05 b

Letras similares en la misma fila indican diferencias estadísticas según la prueba DGC al 5% de nivel de significancia.

La salud de las pasturas es seguida por las pasturas del grupo 3, que es deficiente en diversidad de vegetación. Las pasturas del grupo 2, son las que están en una inadecuada situación, presentando la mitad de los indicadores evaluados bajo el umbral de sostenibilidad. Son pasturas con bajo crecimiento de pastos, y con elevada presencia de malezas que limitan el rendimiento anual y la diversidad de vegetación.

La Figura 21 describe el comportamiento de los ocho indicadores de salud de las pasturas comparativamente entre los grupos conformados. Como se observa las pasturas del grupo 2 (color azul) presenta los valores medios inferiores al de los otros grupos en todos los indicadores evaluados.

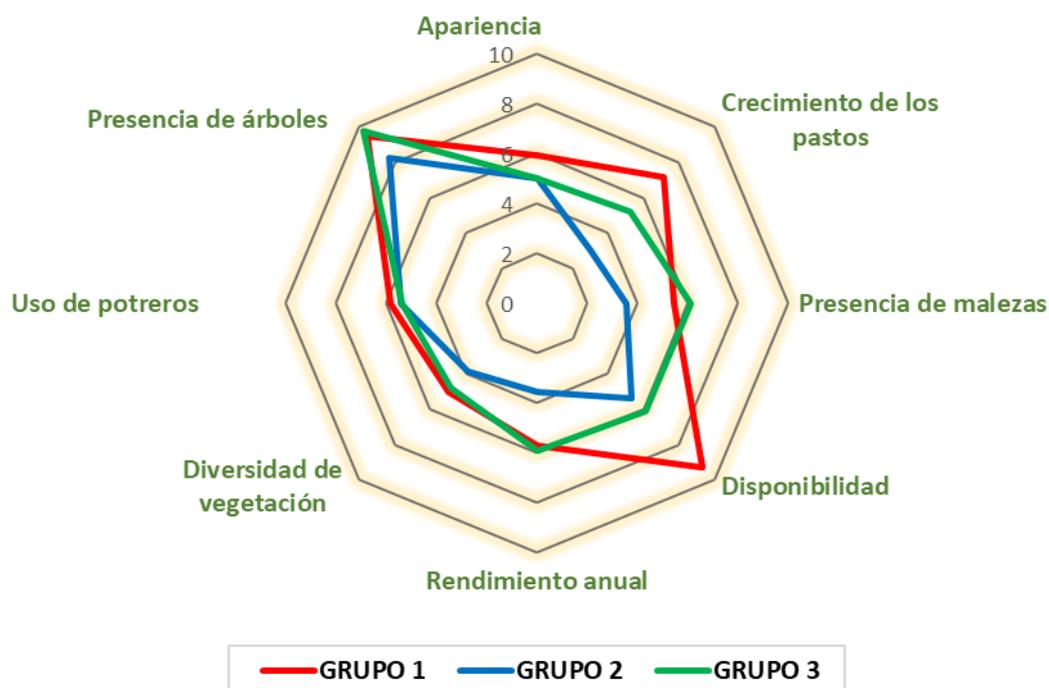


Figura 21. Comportamiento comparativo de los indicadores de salud de las pasturas con los grupos conformados.

4.3.3. Criterio de clasificación de calidad de los animales

El Cuadro 14 describe los cinco indicadores del criterio de calidad animal analizados por grupo encontrados. Como se puede observar entre los grupos no existen diferencias estadísticas, es decir los grupos se encuentran de similar condición en cuanto a este criterio de clasificación. Lo impactante es que los tres grupos no pasan el umbral de sostenibilidad. La principal deficiencia son las razas de animales que tienen las fincas, que son por lo general criollas y muy poca presencia de razas mejoradas. Esta característica conlleva a bajos partos por año y a bajos pesos de los toretes a la venta.

Cuadro 5. Indicadores de calidad de animales por grupo conformado

INDICADORES DE CALIDAD DE ANIMALES	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
Tamaño del hato	5.19	5.64	6.82
Partos al año	4.62	2.79	2.64
Performances animales	6.19	6.07	5.00
Razas animales	1.62	1.29	2.45
Peso venta toretes	3.86	3.57	3.73
PROMEDIO	4.30 a	3.87 a	4.13 a

Letras similares en la misma fila indican diferencias estadísticas según la prueba DGC al 5% de nivel de significancia.

La figura 22 describe los cinco indicadores comparativamente entre los grupos encontrados. Como se puede observar, aun que los tres grupos presentan un adecuado performance animal y un tamaño adecuado del hato, las razas, los partos por año y el peso de venta de toretes presentan bajos indicadores.

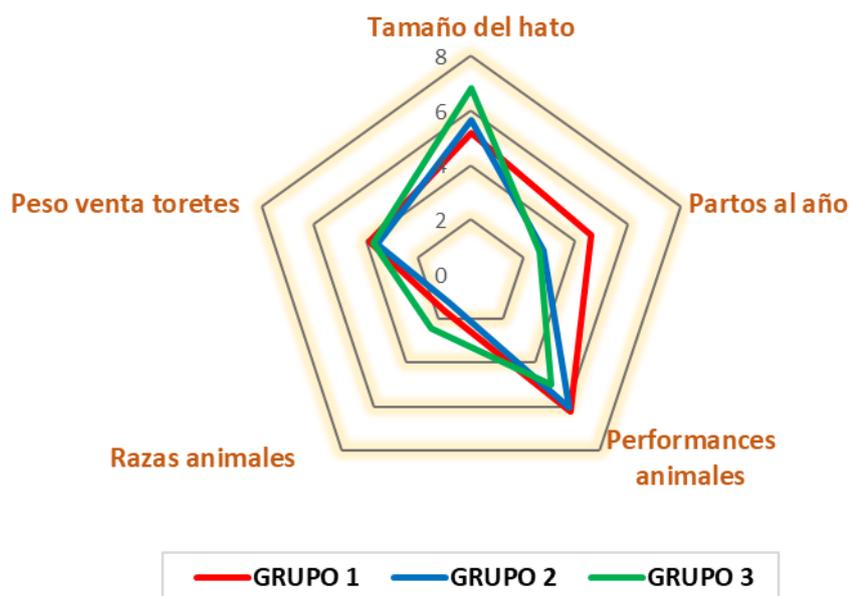


Figura 22. Comportamiento comparativo de los indicadores de calidad animal con los grupos conformados.

4.3.4. Criterio de clasificación de sistema de finca

Los indicadores descritos en el sistema finca permiten entender el manejo de sus recursos con el nivel de ingresos, o calidad de vida. El Cuadro 15 muestra los seis indicadores que describen a cada tipo de grupo. Los sistemas del grupo 1, muestran una mejor condición de sus indicadores con respecto a los otros sistemas. Este grupo, tiene adecuada presencia de agua, una alta calidad de agua cuenta con adecuados servicios higiénicos, sin embargo, realiza una moderada reforestación sin tener muchas áreas de bosque. Los sistemas de los grupos 2 y 3, se comportan similarmente, con pocas áreas de bosque y con limitada actividad de reforestación.

Cuadro 6. Indicadores del sistema finca por grupo conformado

INDICADORES DEL SISTEMA FINCA	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
Abastecimiento de agua	8.10	6.43	7.05
Calidad del agua	10.00	9.64	10.00
Servicios higiénicos	9.05	7.86	6.59
Área bosque	5.33	2.71	4.18
Reforestación	7.14	2.79	4.05
Diversidad cultivos	8.57	6.43	6.95
PROMEDIO	8.03 a	5.98 b	6.47 b

Letras similares en la misma fila indican diferencias estadísticas según la prueba de Fisher al 5% de nivel de significancia.

La Figura 23 muestra claramente que los sistemas del grupo 1 presentan mayores valores de sus indicadores en comparación de los sistemas de los otros grupos. Se puede observar que en el indicador de calidad del agua los tres grupos presentan una alta calidad del agua; por otra parte, la tenencia de áreas de bosque es una limitante para los sistemas de los grupos 2 y 3, siendo superado ligeramente por los del grupo 1.

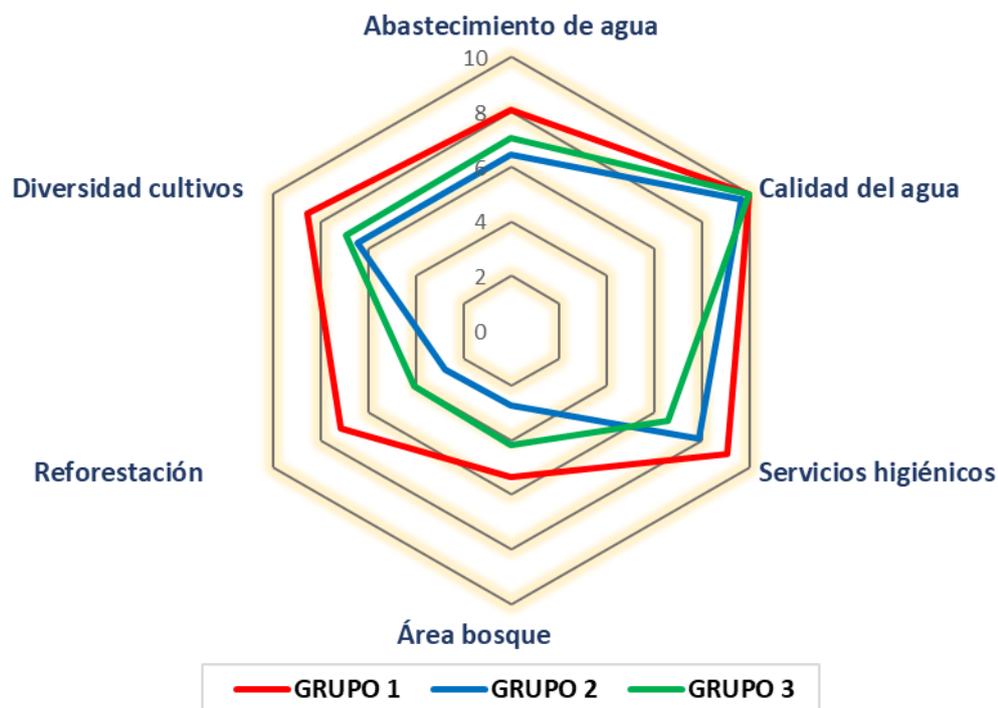


Figura 23. Comportamiento comparativo de los indicadores de sistema finca con los grupos conformados.

4.3.5. Criterio de clasificación económica

El Cuadro 16 describe los indicadores económicos evaluados y tal como se observa, los indicadores infraestructura de manejo, otros ingresos, y si contrata personal son críticos para los tres grupos, es decir presentan valores que no superan el umbral de sostenibilidad (menor a 5). Los sistemas de los tres grupos presentan una gran limitante con respecto a su infraestructura de manejo, es decir, manga, corral de manejo, ordeñadora entre otros. En términos generales, los sistemas del grupo 1, presentan una media aceptable (5.83) mientras que los sistemas de los grupos 2 y 3 presentan una media que no supera el umbral de sostenibilidad (4.41 y 4.52 respectivamente). Los sistemas del grupo 2 son sistemas que seis indicadores de 8 no están por debajo del umbral de la sostenibilidad. La calidad de su vivienda es reflejo de su condición general.

Cuadro 7. Indicadores económicos por grupo conformado

INDICADORES ECONÓMICOS	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
Calidad vivienda	5.38	3.00	4.41
Herramientas y equipos	9.57	4.93	6.00
Con vehículo	7.43	4.50	5.68
Niveles de ingreso ganadería	4.76	5.36	8.05
Infraestructura manejo	1.00	2.14	1.00
Otros ingresos	4.57	3.86	1.77
Contrata personal	4.81	3.57	3.73
Crédito bancario	9.14	7.93	5.50
PROMEDIO	5.83 a	4.41 b	4.52 b

Letras similares en la misma fila indican diferencias estadísticas según la prueba DGC al 5% de nivel de significancia.

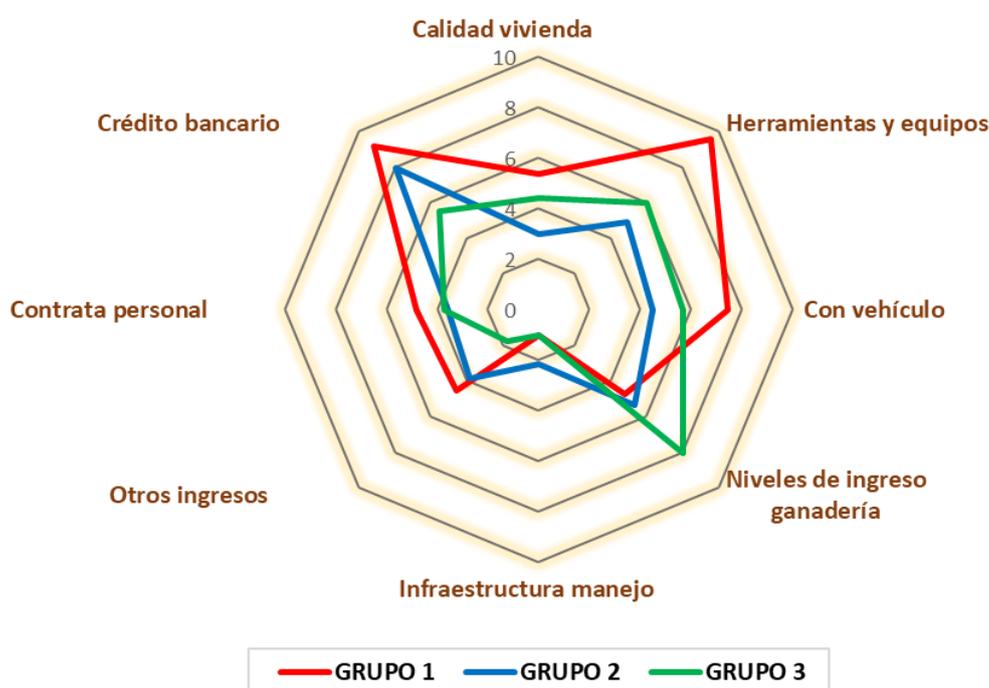


Figura 24. Comportamiento comparativo de los indicadores económicos con los grupos conformados.

La Figura 24, muestra con mayor detalle el comportamiento de cada grupo con respecto a los indicadores económicos evaluados. Los sistemas del grupo 1 presentan mayores valores a la oportunidad al crédito bancario,

herramientas y equipos, contrata personal, otros ingresos, calidad de vivienda y si cuenta con vehículos, a diferencia de los sistemas de los otros grupos.

4.3.6. Criterio de clasificación social

Se describen en el Cuadro 17 los dos indicadores considerados en el aspecto social. Con respecto al nivel de organización de los productores los sistemas de los grupos 1 y 2 presentan valores sostenibles (pertenecen y participan) sin embargo, los sistemas del grupo 3, o no están organizados o si pertenecen a una organización, no participan. Con respecto al nivel educativo de sus hijos mejoran sus indicadores al contar con niveles superiores a la secundaria completa. En resumen, los sistemas de los grupos 1 y 2 superan el umbral de sostenibilidad, mientras que los sistemas del grupo 3 no logran superar ese umbral.

Cuadro 8. Indicadores sociales por grupo conformado

INDICADORES SOCIALES	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
Pertenece a organización	9.57	9.64	3.45
Nivel educativo de sus hijos	9.29	7.50	6.27
PROMEDIO	9.43 a	8.57 a	4.86 b

Letras similares en la misma fila indican diferencias estadísticas según la prueba DGC al 5% de nivel de significancia.

La Figura 25 describe con mayor detalle el comportamiento de los grupos con respecto a los indicadores evaluados. Se observa que los sistemas del grupo 3 presentan los menores valores de los indicadores la pertenencia a una organización y al nivel educativo de sus hijos a comparación de los sistemas de los grupos 1 y 2, que presentan valores altos que aseguran su sostenibilidad.

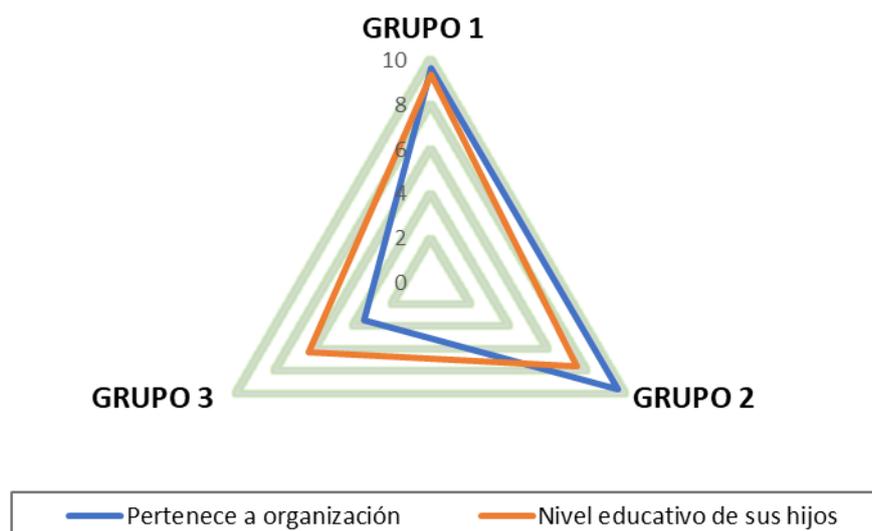


Figura 25. Comportamiento comparativo de los indicadores sociales con los grupos conformados.

4.4. ESTIMACIÓN DE GAS DE EFECTO INVERNADERO (METANO) EN LOS TIPOS DE SISTEMAS GANADEROS

Para la estimación de gases de efecto invernadero (metano) se eligió al azar una finca de cada tipo de sistema basado en su nivel de sostenibilidad (ver Cuadro 11), tal es así que, al existir tres tipos de sistemas, se eligió una finca de cada tipo de sistema, que representa el nivel de sostenibilidad (Cuadro 18).

Cuadro 9. Fincas seleccionadas para la estimación de metano (CH₄) con base al índice general de sostenibilidad

Tipo de sistema	Índice General de sostenibilidad	Nivel de sostenibilidad	Ganadero
Grupo 1	6.85	Moderada sostenibilidad	Leoncio Alarcón Hernández
Grupo 2	5.00	Baja sostenibilidad	Walter Flores Gil
Grupo 3	5.77	Ligera sostenibilidad	Isaías Díaz Ramírez

La producción primaria neta de pastos (biomasa) fue evaluado en cada finca, tomados en dos distintos meses (diciembre y enero). La biomasa de pasto fue enviado al laboratorio de pastos de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, para la determinación de la proteína cruda y la digestibilidad in vitro (Cuadro 19).

Cuadro 19. Fincas seleccionadas para la estimación de metano (CH₄) con base a la variedad de pasto

FINCA	Principal Variedad de pasto	MES	MS (kg/ha)	PC	IVTD
Grupo 1	<i>Panicum máximum</i> Jacq.	Febrero	2722	7.9	74.8
		diciembre	2070	9.9	69.2
Grupo 2	<i>Brachiaria mutica</i> (Forssk.) Stapf	Febrero	1500	7.5	68.8
		diciembre	1100	7.8	53.9
Grupo 3	<i>Brachiaria mutica</i> (Forssk.) Stapf	Febrero	2010	7.9	65.5
		diciembre	1800	8.2	45.6

Para estimar las emisiones de metano, el software LIFE-SIM necesita de datos del pasto en cantidad y calidad (MS, PC e IVTD), asimismo el componente animal, del cual se consideró una base de un torete de 200 kilos vivo con un consumo de materia seca del 3% del peso vivo de un año de edad, de raza cruzada; asimismo se incluyó variables climáticas de temperatura media mensual (°C), Humedad relativa media mensual (%) y velocidad de viento (m/seg). Con todos estos datos, el software calcula y estima un escenario para 12 meses (un año). Se calcularon tres escenarios correspondientes a los tres tipos de fincas (Figura 26).

Las emisiones de metano (CH₄) son estimadas para un año, considerados escenarios para cada grupo de finca. Realizado el análisis de varianza se logra determinar que el tipo de finca, basado en su nivel de sostenibilidad, influye en las emisiones de metano (litros/mes) (p-valor <0.0001).

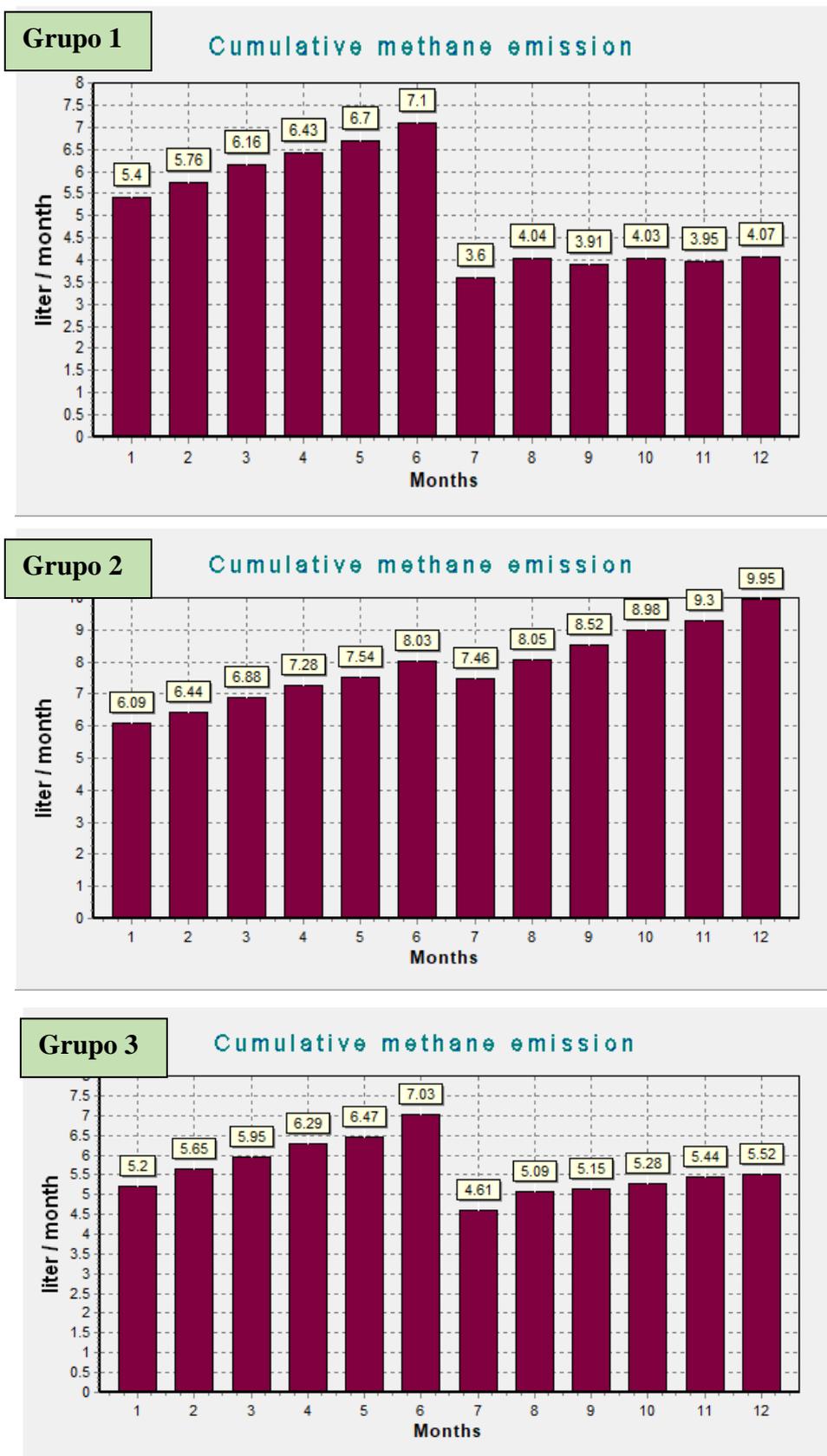


Figura 26. Estimaciones anuales de las emisiones de metano (litros /mes) por cada grupo (escenario).

Los grupos 1 y 3, que son considerados como moderada y ligera sostenibilidad respectivamente presentan emisiones estadísticamente similares (de 5.1 hasta 5.64 litros de metano por mes, respectivamente); mientras que el grupo 2, considerada como baja sostenibilidad muestra mayor emisión de metano (7.88 litros de metano/mes). Las emisiones acumuladas del año tanto en litros como en kilogramos de metano se muestran también en el Cuadro 20.

Cuadro 10. Estimación de emisiones de metano por tipo de finca

Ganadero	Finca	CH4 L/mes		CH4 L/año	CH4 Kg/año
Leoncio Alarcón Hernández	Grupo 1	5.10 ± 0.37	A	61.15	43.78
Isaías Díaz Ramírez	Grupo 3	5.64 ± 0.20	A	67.68	48.46
Walter Flores Gil	Grupo 2	7.88 ± 0.34	B	94.52	67.68

P-valor <0.0001

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas según prueba de DGC al 5% de nivel de significancia

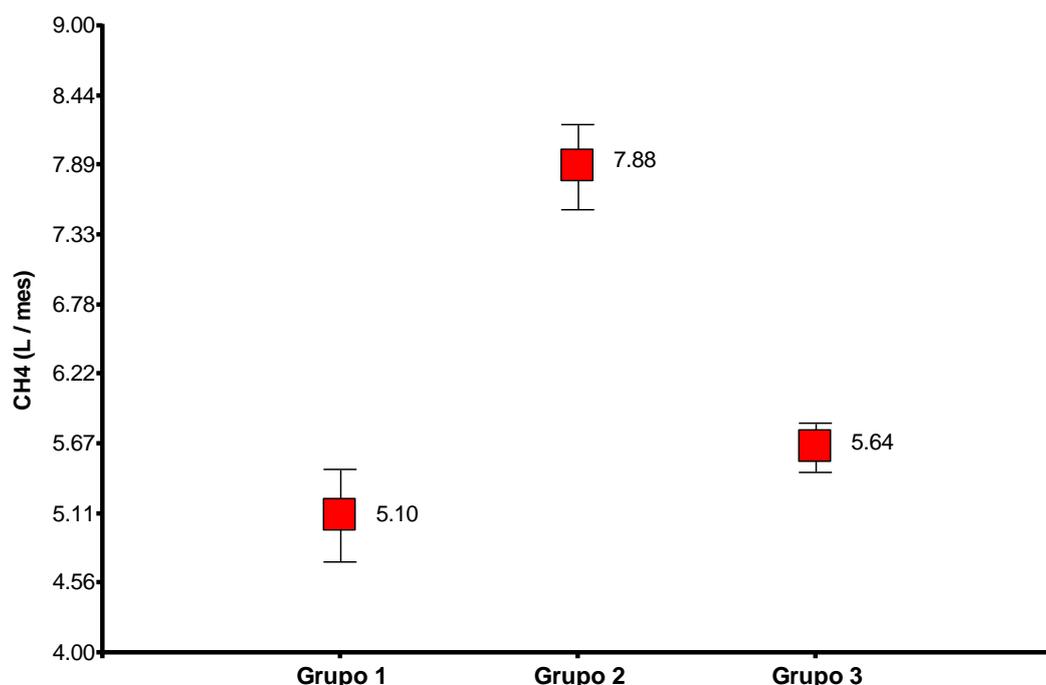


Figura 27. Estimaciones de las emisiones de metano (litros /mes) por grupo conformado.

Por otra parte, se evaluó la capacidad que tiene cada finca de capturar carbono, basado a su producción de biomasa de pasto (1 kg de MS = 0.5 kg de carbono). Se realizó el análisis de varianza teniendo como covarianza el mes de evaluación, el cual resultó significativo, es decir, que existen diferencias estadísticas (p -valor=0.0392) entre los tipos de finca con respecto al carbono medio mensual (kg/ha). A cada tipo de finca se estima la captura anual de carbono (t/ha) (Cuadro 21).

Cuadro 11. Estimación de captura de carbono por tipo de finca

Ganadero	Finca	Carbono (kg/ha/mes)	Carbono (t/año/ha)
Leoncio Alarcón Hernández	Grupo 1	1198.0 ± 163.0 A	14.38
Isaías Díaz Ramírez	Grupo 3	952.5 ± 52.5 A	11.43
Walter Flores Gil	Grupo 2	650.0 ± 100.0 B	7.80
P-valor		0.0392	

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas según prueba de DGC al 5% de nivel de significancia

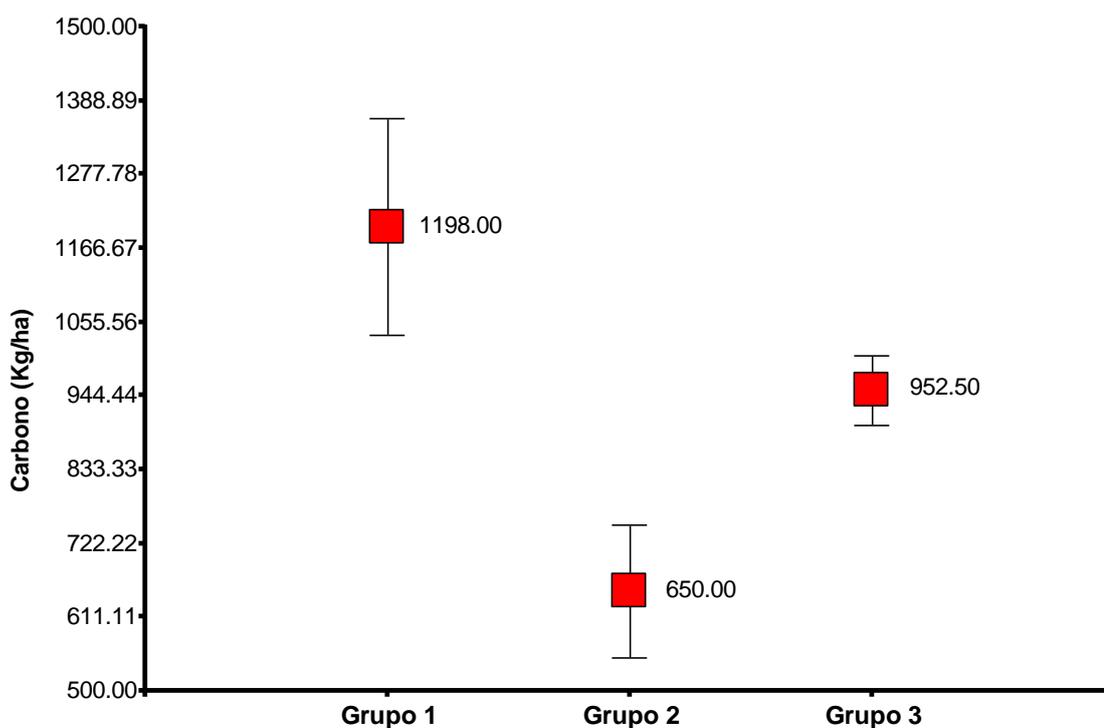


Figura 28. Estimaciones de captura de carbono (kg/ha/mes) por tipo de finca

Cuadro 12. Análisis de correlación entre proteína cruda, digestibilidad in vitro y carbono con metano

Variable 1	Variable 2	Pearson
Metano	IVTD	-0.35
Metano	PC	-0.85
Metano	Carbono	-0.96

El coeficiente de Pearson es aceptable cuando asume valores mayores a 0.5

El Cuadro 22 muestra el análisis de correlación realizada entre la proteína cruda, la digestibilidad in vitro, y el carbono con el metano logrado. Se utilizó el coeficiente de Pearson, el cual señala la existencia de una relación o dependencia del metano con el carbono y la proteína cruda. No se logra encontrar una relación entre el metano y la digestibilidad in vitro.

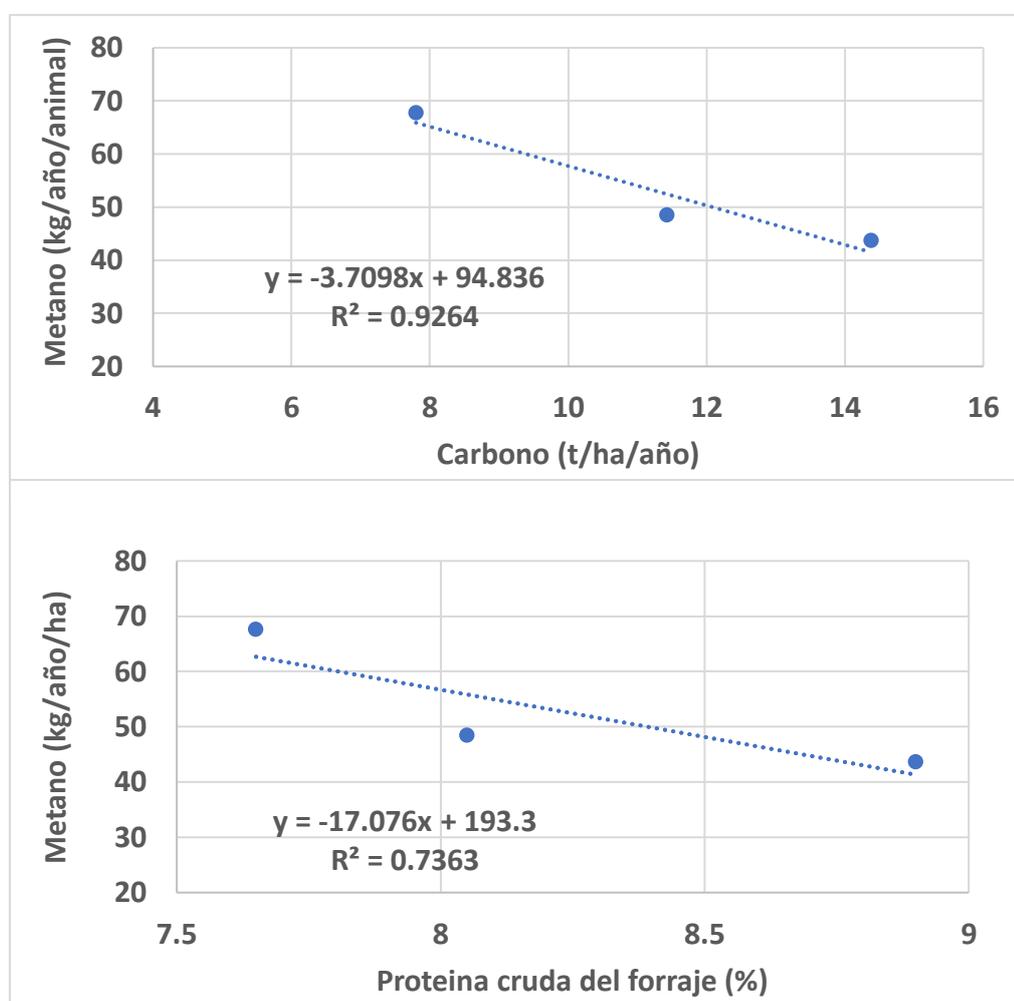


Figura 29. Regresión lineal entre las regresoras carbono y proteína cruda

4.5. ESTRATEGIAS DE MEJORA HACIA LA SOSTENIBILIDAD PARA LOS TIPOS DE SISTEMAS GANADEROS

El análisis de sostenibilidad basado en indicadores permite identificar los elementos críticos que no permiten su sostenibilidad, para después hacer las correcciones de aquellos indicadores críticos, lo cual se convierten en recomendaciones técnicas que permitan corregir las deficiencias de los sistemas y lograr a recuperarse.

Cuadro 13. Indicadores críticos por grupo conformado

INDICADORES	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
Indicadores de calidad del suelo	Ligera compactación	Compactación	Ligera compactación
	Moderada actividad microbiológica	Color de materia orgánica	Actividad microbiológica
		Erosión	
		Presencia de invertebrados	
Indicadores de salud de las pasturas	Moderada apariencia	Apariencia	Apariencia
	Diversidad de vegetación	Crecimiento de pastos	Crecimiento de los pastos
	Uso de potreros	Presencia de malezas	Diversidad de vegetación
		Rendimiento anual	Uso de potreros
		Diversidad de vegetación	
Indicadores de calidad animal	Partos al año	Partos al año	Partos al año
	Razas animales	Razas animales	Razas animales
	Peso venta toretes	Peso venta toretes	Peso venta toretes
Indicadores del sistema finca	Área de bosque	Abastecimiento de agua	Área de bosque
		Área de bosque	Reforestación
		Reforestación	
Indicadores económicos	Calidad de vivienda	Calidad de vivienda	Calidad vivienda
	Niveles de ingreso- ganadería	Herramientas y equipos	Infraestructura manejo
	Infraestructura manejo	Con vehículo	Otros ingresos
	Otros ingresos	Infraestructura manejo	Contrata personal
	Contrata personal	Otros ingresos	
Indicadores sociales		Contrata personal	
			Pertenece a organización
			Nivel educativo de sus hijos
TOTAL:	15 indicadores críticos	24 indicadores críticos	17 indicadores críticos

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el Cuadro 23 se tienen 15 indicadores críticos para las fincas del grupo 1 que equivale al 41% del total de indicadores evaluados, 24 indicadores para las fincas del grupo 2 que equivale al 65% del total de indicadores evaluados y 17 indicadores críticos para las fincas del grupo 3 que equivale el 46% del total de indicadores evaluados. Es necesario recordar que son las fincas del grupo 2 las que se encuentran en una condición de Baja sostenibilidad, a comparación de las otras fincas. Las fincas el grupo 1, se encuentran en moderada sostenibilidad mientras que las fincas del grupo 3 en ligera sostenibilidad.

4.5.1. Propuestas técnicas para las fincas del Grupo 1

Con respecto a los indicadores de calidad del suelo, a pesar de tener indicadores de ligera compactación y moderada actividad microbiológica en el suelo, se considera importante cualquier actividad que permita mejorar sus características físicas (compactación) y biológicas (actividad microbiológica). Se recomienda realizar una ruptura mecánica del suelo (arado) por los años que tiene de explotación y conociendo que la compactación reduce la respiración de los pastos, la capacidad de infiltración del agua en el suelo y la diversidad biológica del mismo. Por otra parte, mejorar la actividad microbiológica del suelo, requiere de un proceso a mediano plazo, que inicia con el incremento de incorporación de materia orgánica al suelo. dicha incorporación puede ser materia orgánica externa, con dosis mínimas de 2 a 5 toneladas por hectárea, con el propósito de dejar remanentes de biomasa de pasto para que reinicie el reciclaje de nutrientes.

Con respecto a la salud de las pasturas, se recomienda diversificar las especies herbáceas proporcionando un coctel de pastos disponibles para los animales, que mejorarían la diversidad herbácea. Se recomienda incrementar el número de potreros debido a que utilizan un solo potrero; el incremento de potreros permitiría mejorar los días de descanso de los pastos y desarrollar un pastoreo racional, basados en el principio de Voisin. Las mejoras propuestas tanto en los suelos como en los pastos conllevarían a

mejorar la calidad de los animales, tanto en los aspectos reproductivos (partos por año) y productivos (pesos de venta de toretes). Se recomienda mejorar las razas con base a inseminación artificial o monta natural. Además de lo mencionado, se recomienda cumplir el calendario sanitario, así como la oferta de sales minerales para cubrir sus requerimientos.

Con respecto a los indicadores del sistema de finca, se recomienda a no reducir las áreas remanentes de bosque que aún poseen, por cuanto los bosques son las reservas de la diversidad biológica del sistema. En cuanto a los indicadores económicos, con base a la mejora de los suelos, los pastos y la calidad de los animales, se incrementarían los ingresos. Se recomiendan mejorar la infraestructura de las instalaciones para el manejo de los animales, así como mejorar la calidad de la vivienda, que conllevaría a mejorar la calidad de vida de los productores.

Estas fincas del grupo 1 presentan el mayor nivel de sostenibilidad a comparación del resto de fincas, por lo tanto, la mejora de los indicadores descritos, conllevarían asegurar la sostenibilidad de estas fincas.

4.5.2. Propuestas técnicas para las fincas del Grupo 2

Las fincas del Grupo 2 son las que presentan baja sostenibilidad a comparación de las demás fincas evaluadas. Por ello, sobre estas fincas recaen las mayores actividades para la recuperación y mejora de estos sistemas. Con respecto a los indicadores de calidad del suelo, se recomienda las mismas actividades descritas para el grupo 1, además de incrementar la incorporación de materia orgánica de 5 a 10 toneladas por hectárea. Asimismo, se recomienda realizar actividades de conservación de suelos, como son canales de guardia a curvas de nivel, incrementar la cobertura para reducir la erosión del suelo. Se debe realizar un pastoreo leve, para dejar la mayor cantidad de biomasa (60%) para la reincorporación de materia orgánica en el sistema. Pastoreos leves de baja carga e incrementar los días de descanso o recuperación de las pasturas para mejorar las condiciones radiculares del pasto.

Con respecto a la salud de las pasturas, las actividades descritas para la calidad del suelo pueden mejorar directamente la apariencia de los pastos. Se recomienda incorporar fertilizantes 80-60-80 kilos por hectárea de nitrógeno, fósforo y potasio. Con ello se mejoraría el crecimiento de los pastos y el rendimiento anual. Por otra parte, se recomienda actividades para reducir la proporción de malezas que compiten por los nutrientes del suelo, sea mecánica o químicamente. Asimismo, se recomienda diversificar las especies de pastos e inclusive incorporar algún tipo de asociación de pasturas con especies leguminosas que aseguren la incorporación natural de nitrógeno al suelo. Al igual que las fincas del grupo 1, el incremento del número de potreros es una actividad prioritaria para el manejo del pastoreo. Se recomienda el pastoreo racional aplicando los principios de Voisin.

Con respecto a la calidad de los animales, se deben cumplir con las mismas recomendaciones para las fincas del grupo 1, los cuales fueron mejorar la raza de los animales, sea por monta natural o inseminación artificial; y si se cumplen las recomendaciones para la calidad del suelo y la salud de las pasturas, se podría tener mayores partos al año, y mayor peso a la venta de los toretes; esto debido al principio de que el animal es el reflejo de la calidad del suelo y la salud de la pastura.

Con respecto a los indicadores del sistema de finca, se recomienda la diversificación de otros cultivos que permitan mayor diversidad de producción agrícola y pecuaria. Se recomienda actividades de reforestación sobre todo en las cabeceras de las cuencas, riveras de ríos y ojos de agua, para asegurar el abastecimiento de agua con mayor captura de agua al sistema. Asimismo, se recomienda conservar las áreas de bosque como fuente de diversidad.

Con respecto a los indicadores económicos, se considera que al cumplir con las recomendaciones técnicas de producción mejorarían los parámetros técnicos productivos y reproductivos, incrementándose los ingresos por la actividad ganadera. Se recomienda invertir en infraestructura para el manejo de los animales, así como en herramientas y equipos que permitan mejorar la eficiencia de los trabajos en la finca. También se

recomienda mejorar la calidad de la vivienda y los servicios básicos por cuanto la calidad de vivienda influye en la calidad de vida del productor.

Al igual que las fincas del grupo 1 no requiere acciones de mejora en cuanto a los indicadores sociales, pero si se recomienda continuar participando en su organización de productores y en la mejora de la educación de los hijos.

4.5.3. Propuestas técnicas para las fincas del Grupo 3

Las fincas del grupo 3 son fincas en una condición de ligera sostenibilidad, el cual se asemeja en mucho a las condiciones de las fincas del grupo 1. Con respecto a la calidad del suelo, se recomienda las actividades similares a las de la finca 1, que son labores de rotura de los suelos mecánicamente en potreros con más de 10 años de explotación, y la incorporación de materia orgánica de 2 a 5 toneladas por hectárea, que permitiría el incremento de la actividad microbiana.

Con respecto a la salud de los pastos, la mejora de la fertilidad del suelo por cuanto se incorpora materia orgánica, permitiría mejorar su apariencia y el crecimiento de los pastos. De igual modo se recomienda diversificar los pastos, con asociaciones gramíneas y leguminosas. Al igual que a todas las fincas el incremento del número de potreros se hace necesario para el desarrollo de un sistema de pastoreo basados en los principios de Voisin.

Para la calidad de los animales, se recomiendan acciones similares a las fincas de los grupos 1 y 2, debido a que son indicadores críticos para los tres grupos. La mejora de las razas de animales aseguraría mejores rendimientos. Los parámetros reproductivos y productivos se mejorarían con el cumplimiento de las recomendaciones para la calidad del suelo y la salud del pasto.

En cuanto a los indicadores del sistema se recomienda realizar actividades de reforestación en la finca, sea como cercas vivas, en sistemas agroforestales o enriquecimiento de las áreas de bosque que aún quedan

como remanentes. Para los indicadores económicos, se recomienda desarrollar otras actividades complementarias que contribuyan a ingresos complementarios. Con la mejora de los ingresos se recomienda mejorar la infraestructura para el manejo de los animales, así como la calidad de la vivienda, asegurando los servicios básicos.

Con respecto a los indicadores sociales estas fincas presentan los dos indicadores en condición crítica, es decir muy poca participación en alguna organización, y el nivel educativo de los hijos. Se recomienda un mayor involucramiento al aspecto social y gremial, para fortalecer capacidades y oportunidades en el rubro desarrollado. Por otra parte, se recomienda promover la educación de los hijos tanto en nivel educativo básico como técnico. La educación es considerada la palanca real del desarrollo y sustentabilidad de la actividad agropecuaria.

V. DISCUSIÓN

5.1. TIPIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS GANADEROS CON BASE A SU NIVEL DE SOSTENIBILIDAD

Se realizó la tipificación de las fincas sobre la base de 37 indicadores de sostenibilidad, aplicando estadística multivariada, específicamente el análisis de conglomerado, con el método de Ward y distancia de Jaccard, lográndose determinar tres grupos claramente diferenciados. Este método sugerido por Rapey *et al.* 2001 y Paz *et al.* (2003), permite definir grupos diferenciados, donde el análisis para su caracterización es mucho más sencillo.

Se logró identificar tres grupos claramente diferenciados, basados en su nivel de sostenibilidad. Logrando identificar fincas con baja, ligera y moderada sostenibilidad. La diferenciación de cada grupo o nivel de sostenibilidad estuvo basada en los indicadores de sostenibilidad bajo el método de Araujo *et al.* (2008).

Los indicadores considerados en este estudio cumplen las recomendaciones realizadas por Abbot y Guijt (1999) el cual indican que un indicador es una medida cuantitativa o cualitativa que auxilia en la trasmisión y síntesis de informaciones sobre complejos procesos, eventos o tendencias de una realidad dada. Por otra parte, coincidiendo con los autores Hunnemeyer *et al.* (1997), De Camino y Müller (1993), Masera *et al.* (1999) y Araujo *et al.* (2008), los indicadores propuestos son prácticos de fácil medición y de bajo costo para facilitar la participación de las personas involucradas en el monitoreo y en el entendimiento del análisis.

5.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE SISTEMAS GANADEROS CON BASE A SU NIVEL DE SOSTENIBILIDAD

La caracterización de los grupos conformados permitió describir las principales características de los grupos conformados. Los grupos conformados están descritos con base a su nivel de sostenibilidad encontrados. Las características del productor y la finca permiten analizar su situación en cada grupo. Por lo general, los productores del Grupo 1, son personas que en su gran mayoría (más del 78%) tienen educación secundaria a superior y con menos del 21.4% de educación primaria; mientras que los productores del grupo 2 son 36.6% con educación primaria y un 62.50% para los productores del grupo 3. Para Macera *et al.* (1999), la educación es base para una sostenibilidad social, por lo que observamos que los productores del Grupo 3, tienen cierta limitante con ello, esto tiene un efecto en la adopción de tecnologías, según Acosta *et al.* (2014) debido a que muchos de ellos tienen dificultades para comprender los procesos ecológicos y las estrategias adaptativas sugeridas. Esto influye directamente sobre el nivel de sostenibilidad (Altieri, 2002). Los productores del grupo 1 presentan un 21.4% con estudios superiores seguidos del grupo 2 con 18.8%, el cual les facilita, según Casasola *et al.* (2006) y Prabhu (2000) a mejores condiciones de adopción de tecnologías.

Con respecto al tamaño de finca, y área de pastos son las fincas del Grupo 2 que muestran menores valores que el resto de los grupos. El tamaño de finca, según Daniel (2000) permite al productor tener ventajas sobre los recursos naturales, basados en Altieri (2002) que la sostenibilidad ecológica se sostiene en mantener el capital natural constante.

Los años de experiencia corresponden de similar comportamiento, mayores años de experiencia se encuentran en las fincas de los grupos 1 y 3, mientras que los productores de las fincas del grupo 2 presentan menores años de experiencia. Según Ochoa (2015) un importante capital de los productores corresponde a la experiencia de la actividad que realiza y corresponde a innumerables acciones de pruebas de acierto y error.

La tipificación sugiere la conformación de tres grupos, que según Castaldo *et al.* (2003) y Ávila (2000), corresponde al establecimiento y construcción de grupos basados en las características observadas y que la caracterización, según Bolaños (1999), no es más que la descripción de las características principales. Estas características principales corresponden al nivel de sostenibilidad.

Según el Cuadro 11, el índice general de sostenibilidad que corresponde al promedio de los indicadores, las fincas de los grupos 1 y 3 logran pasar el umbral de sostenibilidad generando una condición de moderada a ligera sostenibilidad respectivamente, mientras que las fincas del grupo 2 presentan baja sostenibilidad por cuanto no logran pasar el umbral de la sostenibilidad. Según Daniel (2000) y Deponti *et al.* (2002), la sostenibilidad de fincas conlleva al análisis de los componentes ambientales, económicos y sociales y que deben ser analizadas en forma conjunta como pilares que soportan la sostenibilidad y que la deficiencia de algún componente conlleva a condiciones insostenibles. Por ello, se observa que las fincas del Grupo 2 son insostenibles el componente calidad del suelo, la salud de la pastura, la calidad animal y en el aspecto económico, llevando a ello, la insostenibilidad del sistema.

Se analizan aplicando los mismos criterios y se observan que las fincas del grupo 2 son insostenibles en el aspecto de calidad animal el aspecto económico y social. Las fincas del grupo 1 solo es insostenible en la calidad animal. Según Sepúlveda *et al.* (2011) manifiestan que una finca ganadera asegura que las fincas controlen su impacto sobre los recursos naturales, logren una mayor articulación de las comunidades a nivel de territorios ganaderos y fortalezcan su gobernanza local en la cadena de producción y distribución de sus productos pecuarios.

La unión de indicadores graficados mediante una ameba, permiten entender mejor la dinámica de los indicadores según Rigby *et al.* (2001).

5.3. ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD ENTRE LOS TIPOS DE SISTEMAS GANADEROS

5.3.1. Criterio de clasificación de calidad del suelo

El componente ambiental está basado en cuatro criterios de clasificación: calidad del suelo, salud de las pasturas, calidad animal y sistema de finca, sobre ellas se definen el componente ambiental. Para el primer criterio de clasificación, que corresponde a la calidad del suelo, el Cuadro 12, detalla las fincas del grupo 2 no logra pasar el umbral de sostenibilidad (4.90) mientras que por el contrario las fincas del grupo 1 y 3 si logran pasar el umbral de sostenibilidad (8.07 y 7.47 respectivamente). Según Araujo *et al.* (2008) y Nicholls y Altieri (2003), los suelos corresponden al componente más importante de los agroecosistemas, y su calidad influye sobre la producción. Lo importante de ello, es que el componente suelo se encuentra aceptable en términos de sostenibilidad y con ellos asegura la producción de pastos. Bajo el enfoque de ecosistemas el componente biótico depende directamente del componente abióticos (Altieri 2002).

5.3.2. Criterio de clasificación de salud de las pasturas

El Cuadro 13, indica los ocho indicadores de la salud de las pasturas, y en ella podemos observar similar comportamiento, siendo las fincas del grupo 2 que no logran pasar el umbral de sostenibilidad (4.76), mientras que contrariamente las fincas de los grupos 1 y 3 si logran pasar el umbral de sostenibilidad (6.74 y 6.05 respectivamente). Se confirma la insostenibilidad de las fincas del grupo 2, que al no contar con adecuados indicadores suelo, se reflejan en los indicadores de salud de las pasturas.

La apariencia, el crecimiento, la presencia de malezas y como producto final el rendimiento anual, requiere de una serie de técnicas de manejo que permitan mejorar estos indicadores, tal como sugiere Acosta *et al.* (2014) y Aguirre (2000), los pastos requieren de condiciones de recuperación, así como adecuadas condiciones de tanto físicas, química y biológicas del suelo. la presencia de árboles en los sistemas limita la diversidad vegetal, más aún si la fertilidad del suelo es limitada la estrategia

de incorporar árboles permitirá la recuperación del suelo desde la mejora de la compactación, la aireación, la mejora de la capacidad de infiltración de agua y la mejora de la fertilidad del suelo (Ávila 2000, Cardona *et al.* 2009, Pezo e Ibrahim 1996) como algunas características de los sistemas silvopastoriles. La incorporación de árboles mejora el confort animal tal como lo escribe Betancourt *et al.* (2003), mejorando índices productivos y reproductivos.

5.3.3. Criterio de clasificación de calidad de animales

Como se describe en el Cuadro 14, la deficiencia de los animales en las fincas de los tres grupos es notoria, siendo que ninguna finca de los tres grupos logran pasar el umbral de la sostenibilidad. Según Aguirre (2000) que, a pesar de un manejo adecuado de los pastos, el establecimiento de sistemas silvopastoriles y el manejo durante la época seca, sin un eficiente componente animal, la ganadería rentable es un gran desafío. Si bien es cierto, bajo el enfoque ecosistémico (Altieri 2002), los animales son reflejo de la condición del resto de componentes, la deficiencia de las pasturas genera estas deficiencias. Si se mejoran las condiciones de las pasturas, mejoran la respuesta animal (Reproducción y producción), tal como lo señala Acosta *et al.* (2014), Argel (2006) y Betancourt *et al.* (2003).

5.3.4. Criterio de clasificación del sistema finca

El Cuadro 15 muestra los indicadores del sistema finca, el cual muestra que las fincas de los tres grupos logran pasar el umbral de la sostenibilidad, a pesar de que las fincas de los grupos 2 y 3 presentan indicadores críticos en cuanto al área de bosque y a las actividades de reforestación. La capacidad de contar el recurso agua es fundamental (Murgueitio, 2003). Es uno de los recursos básicos para la producción animal. Sobre los indicadores bosque y reforestación indudablemente conlleva a la condición de contar con áreas suficientes para conservar y reforestar y está ligada al tamaño de finca, tal como lo describe Casasola *et al.* (2006). La diversidad de cultivos es una herramienta para la adaptación

al cambio climático tal como lo sugiere Cardona *et al.* (2009), por lo que es meritorio reforzar esta actividad.

Una adecuada estrategia corresponde al establecimiento de sistemas silvopastoriles puesto que son una alternativa para desarrollar una ganadería sostenible porque según Casasola *et al.* (2006), Chacón *et al.* (2006) y Betancourt *et al.* (2003) mejoran la producción y generan servicios ambientales; asimismo, estos sistemas contribuyen a la protección del recurso suelo contra la erosión, incrementan el secuestro de carbono y reducen el uso de productos externos a la finca.

5.3.5. Criterio de clasificación económicos

El Cuadro 16 muestra los indicadores económicos y resultó que solo las fincas del grupo 1 logra pasar el umbral de sostenibilidad (5.83), mientras que las fincas del grupo 2 y 3 no logran pasar el umbral de sostenibilidad (4.41 y 4.52 respectivamente). Los niveles de ingreso dependen de la funcionalidad de los agroecosistemas (Altieri, 2002). Las fincas de los grupos 2 y 3 presentan serias limitantes. Tal como lo siguieren Rigby *et al.* (2001) y Ronchi *et al.* (2002) la sostenibilidad económica incluye la administración de recursos y la seguridad económica a corto y mediano plazo, por lo que requieren una serie de acciones de mejora.

Coincidimos con lo manifestado por Masera *et al.* (1999) y Rigby *et al.* (2001), el cual mencionan que para que los agroecosistemas sean sostenibles desde el punto de vista económico, deben presentar una producción rentable y estable a lo largo del tiempo haciendo el uso eficiente de los recursos naturales y económicos sin desperdicios.

5.3.6. Criterio de clasificación sociales

El Cuadro 17 detalla los dos indicadores sociales donde se observa que son las fincas del grupo 3 que no logran pasar el umbral de sostenibilidad (4.86), mientras que las fincas del grupo 1 y 2 si logran pasar el umbral de sostenibilidad (9.43 y 8.57 respectivamente). Se observa que la organización de los productores es la principal limitante de desarrollo, tal como lo señala

Masera *et al.* (1999), porque la falta de un ente que represente y planifique condiciones de mejora como grupo, deja a los productores a decisiones individuales que dependerán de su estado. Esta deficiencia corresponde a un problema social, debido a la falta de liderazgo y credibilidad de las organizaciones (Deponi *et al.* 2002).

La institucionalidad a la cual lo llaman Bastiaansen (2002) y Prins (2004), juega un rol importante porque reduce la vulnerabilidad e inseguridad a través de una estructura que fortalece la interacción humana. Asimismo, según los autores mencionados remarcan que la institucionalidad puede facilitar procesos de coordinación y cooperación. Estos aspectos conllevan a entender que las fincas del grupo 3 a falta de organización institucional presentan limitada sostenibilidad.

5.4 ESTIMACIÓN DE GAS DE EFECTO INVERNADERO (METANO) EN LOS TIPOS DE SISTEMAS GANADEROS

La figura de las estimaciones de metano se observa en la Figura 26, en la cual para cada escenario muestra la estimación de emisión de metano por mes durante un año en los tres escenarios que corresponden a los tipos de grupos analizados.

El Cuadro 20 describe las diferencias estadísticas entre los tipos de grupos en cuanto a las estimaciones de las emisiones de metano. Como se observa las fincas del grupo 1 y 3 presentan similar emisión (entre 5.10 a 5.64 litros de CH₄ por mes por animal), mientras que las fincas del grupo 2 presenta una estimación de emisión de metano de 7.88 litros de CH₄ por mes por animal. el cual es mayor estadísticamente diferenciadas de los grupos 1 y 3. Tiene como resumen una producción anual tanto en litros como en kilos. Para los sistemas 1 y 3 van desde 43 a 48 kilos de CH₄ por año por animal, mientras que para los del grupo 2 corresponde una estimación de emisión de 67 kilos de Ch₄ por año por animal. Según Kinsman *et al.* (1995) evalúan los pronósticos mundiales basados en dietas, el cual se concluyen que para países en vías de desarrollo las emisiones de CH₄ corresponden

a 55 kg de CH₄ /año/animal, considerando que poseen una baja calidad de dieta, mientras que animales con una dieta de calidad pueden llegar a producir hasta 35 kg de CH₄/año/animal. Los valores mostrados por el mencionado autor están por debajo de lo obtenido debido a que corresponde a una media general de estimaciones alométricas realizadas por la FAO (2009).

El trabajo realizado por Moscoso *et al.* (2017) en animales del altiplano peruano en sistemas de pastoreo, reflejan similares resultados en cuanto logran de 59 a 75 kg CH₄/año/animal dependiendo de la estacionalidad de pastoreo, el cual se puede decir que los grupos 1 y 3 presentan menores estimaciones de emisiones de metano similar a los reportados por Moscoso *et al.* (2017); mientras que el grupo 2 el cual se asocia un nivel de sostenibilidad bajo presentan mayores estimaciones de emisiones de metano.

Similar trabajo es reportado por Beltrán-Santoyo *et al.* (2016) realizado en México el cual logra determinar emisiones de 51.72 kg de CH₄/año/animal, mientras que lo obtenido reflejan menor cantidad y esa diferencia se debe a que el cálculo para la estimación se realizó en animales de 200 kg de peso vivo, el cual la edad del animal también es un factor de reducción de gases de metano según Johnson y Johnson (1995). Además de los factores de edad del animal, la calidad de la pastura influye también en las emisiones de metano, tal como lo manifiesta Leng (1993), que el forraje de pobre calidad limita la disponibilidad del proteína y energía e incrementa la emisión de metano.

El Cuadro 21 ilustra la capacidad de capturar carbono comparativamente entre los grupos de fincas. Se observa que mayor biomasa se dispone en las fincas de los grupos 1 y 3, mientras que las fincas del grupo 2 retienen menor biomasa. esto es un indicador si se determina carbono que los sistemas con mayor capacidad de fijar carbono se encuentran más saludables según Altieri (2002).

Se realizó un análisis de correlación tanto para la digestibilidad in vitro del pasto, el carbono acumulado al año por los pastos en una hectárea como la calidad del pasto, mostrada como proteína cruda, con el metano producido por un animal al año. En las dos últimas se encontró un grado de dependencia o correlación negativa, del cual muestra tanto el Cuadro 22 como la Figura 29 una dependencia negativa con respecto al carbono con el metano y la proteína con el metano. Esta dependencia negativa nos hace comprender que a medida que se acumula más carbono en los pastos (biomasa) se reduce la producción de metano, asimismo a medida que la calidad del pasto se incrementa (mayor contenido de proteína cruda), también se reduce la producción de metano.

Por estos cálculos desarrollados se confirma la fuerte asociación de las estimaciones de emisiones de metano, con proteína cruda del pasto y el carbono acumulado por ellas. Mayor metano se logra cuando los pastos tienen menor calidad proteica, y esto lo confirman tanto Anderson *et al.* (1987), cuando indican que la producción del metano depende de la cantidad y calidad del alimento que consumen. Asimismo, se determinó que más metano se produce cuando se tiene menor captura de carbono en las pasturas, que equivale a decir biomasa acumulada, en otras palabras, mayor biomasa, menos metano, tal como lo afirma Hindrichsen *et al.* (2006) cuando menciona que al aumentar la ingesta de materia seca (mayor disponibilidad de biomasa) se acelera el paso del alimento por el aparato digestivo, disminuyendo el tiempo disponible para la fermentación, y por ende de la producción de metano. Los mismos autores señalan que la energía bruta que se pierde en forma de metano está más afectada por la composición del alimento que por la cantidad.

Por otra parte, se determinó que la cantidad de biomasa estaba en función del nivel de sostenibilidad, por lo que se confirma que las fincas con un nivel de sostenibilidad alta capturan más carbono al año y tienen mayor calidad proteica sus pasturas, mientras que la finca con sostenibilidad baja es todo lo contrario. De todo ello, podemos concluir que las fincas con baja sostenibilidad producen mayor metano en sus fincas.

Esta realidad es el reflejo de la situación actual de muchas fincas ganaderas, que según Flores y Malpartida (1998), estas presentan principalmente un sistema de pastoreo extensivo con pobre calidad de pastos. Por lo tanto, las fincas con mejor calidad de pastos tienen menor emisión de metano y mayor captura de carbono. Estos dos indicadores de gases de efecto invernadero permite comprender mejor la sostenibilidad de los ecosistemas ganaderos.

5.5 ESTRATEGIAS DE MEJORA HACIA LA SOSTENIBILIDAD PARA LOS TIPOS DE SISTEMAS GANADEROS

Las propuestas sugeridas en cuanto al nivel de sostenibilidad permiten sugerir ciertas acciones técnicas de mejora, partiendo de una propuesta hacia una ganadería sustentable, tal como lo sugiere Murgueitio (2003), en la que señala que la reconversión ambiental de la ganadería depende de los actores (ganaderos) y las características biofísicas, así como el estado de sus recursos naturales. Esto indica que el cambio debe darse con la participación del productor y sus capacidades en cuanto a infraestructura y la disponibilidad de los recursos naturales.

La importancia de los indicadores de sostenibilidad es que resultan ser una herramienta para la toma de decisiones tal como lo manifiesta Abbot y Guijt (1999), y cuando son evaluados como una unidad brindar informaciones integradas para el análisis de la situación actual y así poder identificar los puntos críticos y sus mejoras.

Las propuestas están enmarcadas bajo el desarrollo de buenas prácticas ganaderas teniendo en cuenta lo sugerido por Ochoa (2015), que se requieren practicas endógenas: como son el establecimiento de sistemas silvopastoriles, ensilaje, aprovechamiento de residuos de cosechas y frutos; y exógenas: que viene a ser los concentrados, fertilizantes y sales minerales, que permitan mejorar la alimentación y la productividad.

Las mejoras propuestas están enmarcadas al establecimiento de sistemas silvopastoriles para contrarrestar las deficiencias de pastos, animales y suelo, así como sistema, sin dejar de aplicar un enfoque integrador (Robles, 2005), así mismo con el objetivo de plantear una ganadería sustentable hacia un escenario de cambio climático (Cardona *et al.* 2009) y que fortalezcan la gobernanza local con todos los actores involucrados (Sepúlveda *et al.* 2011) para lograr una ganadería climáticamente inteligente (Acosta *et al.* 2014).

La introducción de árboles y arbustos en los potreros pueden elevar el contenido de materia orgánica en el suelo, según Harvey y Haber (1999), y Souza *et al.* (2000), y que inclusive, aumenta la capacidad de retención de agua reduciendo la erosión y posibilitando que haya más agua en las pasturas.

Por último, uno de los principales desafíos que enfrenta la ganadería está en incrementar el nivel de competitividad de sus productores tal como lo menciona Acosta y Díaz (2014), a través de la reducción de sus costos de producción y el aumento del valor agregado de sus productos.

VI. CONCLUSIONES

- Se confirma la hipótesis planteada, que al menos existen tres tipos de fincas ganaderas basadas en su nivel de sostenibilidad y que las emisiones de metano están en función del nivel de sostenibilidad en que se encuentran.
- Se determinó tres tipos de sistemas ganaderos, basados en su nivel de sostenibilidad, siendo esta baja sostenibilidad (grupo 2), ligera sostenibilidad (grupo 3) y moderada sostenibilidad (grupo 1). El 24% de fincas se encuentran en baja sostenibilidad, mientras que el 76% de ellas se encuentran en un nivel de sostenibilidad aceptable.
- Las fincas del grupo 2 presentan menores áreas de explotación, menor experiencia en la actividad ganadera y muy limitados recursos de infraestructura, y con indicadores críticos para la salud de las pasturas, características que limitan su desarrollo.
- Existe una correlación negativa entre las estimaciones de emisiones de metano con la captura de carbono y la proteína cruda de los pastos. Se tiene mayor emisión metano en fincas con baja captura de carbono y baja calidad proteica de sus pastos.
- Se proponen estrategias de mejora aplicando buenas prácticas ganaderas. Las fincas del grupo 2 requieren mayores estrategias de mejora para superar y lograr el desarrollo y sustentabilidad.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar un planeamiento estratégico de intervención den fincas de cada tipo para evaluar otros parámetros, como planes de finca, que permitan comprender mejor el estado de sostenibilidad.
2. Evaluar el nivel de sostenibilidad anualmente para medir el impacto de las mejoras basadas en las recomendaciones y estrategias de buenas prácticas ganaderas.
3. Fortalecer las capacidades organizacionales e institucionales y el involucramiento de los ganaderos.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Abbot**, J; Guijt, I. 1999. Changing views on change: participatory approaches to monitoring the environment (Sarl working paper series - draft document). London: International Institute for Environment and Development (IIED).
- Acosta**, A; Díaz, T. 2014. Lineamientos de Política para el Desarrollo Sostenible del Sector Ganadero. Oficina Subregional de la FAO para Mesoamérica. Ciudad de Panamá.
- Acosta**, A; Ibrahim, M; Pezo, D. 2014. Hacia un desarrollo ganadero climáticamente inteligente. (En línea) En. Lineamientos de política para el desarrollo sostenible del sector ganadero. Ciudad de Panamá. Oficina Subregional de la FAO para Mesoamérica. Ciudad de Panamá. FAO. Consultado diciembre 2020. Disponible en <http://www.fao.org/3/ai3764s.pdf>
- Adlard**, P. 1990. Monitoring. London: SIPC/WWF, 1990. 46 p. (Study Shell/WWF Tree Plantation Review No 11).
- Aguirre**, J. 2000. Cuencas hidrográficas, servicios ambientales e incentivos para el desarrollo ganadero sostenible del trópico americano. In intensificación de la ganadería en Centroamérica. Eds. C pomareda; H Steinfeld., San José, CR. Nuestra tierra. Pp. 77-112
- Altieri**, M. 2002. Agroecología: Bases Científicas para una Agricultura Sustentável. Guaíba, BR. Agropecuária, 592 p.
- Altieri**, M; Nicholls, C. 2002. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. Manejo de plagas y agroecología: 64: 17-24.
- Anderson**, K.L; Nagaraja, T.G; Morrill, J.L; Avery, T.B; Galitzer, S.J; Boyer, J.E. 1987. Ruminant microbial development in conventionally or early-weaned calves. J. Anim. Sci., 64 (27): 1215-1226.
- Araujo**, *et al.* (2008). Indicadores de sustentabilidade para afericao da qualidade do solo w da saúde do cultivo. Boletín Técnico N° 193. lih´wus, Bahía. 19 p.
- Argel**, P. 2006. Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito. Proyecto de Forrajes Tropicales – CIAT. Prod. Anim. 2006. Vol. 14 (2):65-72.
- Ávila**, M. 2000. Sistemas silvopastoriles una alternativa para mejorar la calidad de vida de pequeños y medianos productores. Agroforestería en la América. Costa Rica. Pp. 1 – 5.

- Bastiaansen**, J. 2002. Institucionalidad, Finanzas y Desarrollo Rural. In: Crédito para el Desarrollo Rural en Nicaragua. Un enfoque institucional sobre la experiencia del fondo de desarrollo Local. UCA. Pp. 9-23
- Beltrán-Santoyo**, M; Álvarez-Fuentes, G; Pinos-Rodríguez, J; Contreras-Servín, C. 2016. Emisiones de metano en los sistemas de producción de leche bovina en el valle de San Luis Potosí, México. *Agrociencias* 50: 297-305
- Betancourt**, K; Ibrahim, M; Harvey, C; Vargas, B. 2003. Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua. *Revista Agroforestería en las Américas* 10 (39- 40):47-51
- Bonilla**, J; Flores, C. 2012. Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias* 3(2): 215-246
- Bolaños**, O. 1999. Caracterización y tipificación de organizaciones de productores y productores. XI Congreso Nacional Agronómica. Congreso Nacional de Extensión. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica.
- Blaxter**, K.L; Clapperton, J.L. 1965. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *Brit. J. Nutr.*, 19: Pp 511-522.
- Brundtland**, G. 1987. "Our common Future". Oxford, Oxford University Press. (Traducción en castellano, *Nuestro Futuro Común*, Madrid, Alianza, editado 1988).
- Cano**, M. 1997. Investigación participativa: inicios y desarrollo. *Ciencia Administrativa*. Nueva Época, Xalapa, (1): 86-91.
- Cardona**, C; Murguetio, E; Ramírez, N. 2009. Cambio climático: adaptación de la ganadería con sistemas silvopastoriles. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria-CIPAV. Pp. 1-10
- Carmona**, JC; Bolívar, DM; Giraldo, LA. 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo (en línea). *Revista Colombiana de ciencias pecuarias* Vol. 18(1):40-63. Consultado diciembre 2020. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v18n1/v18n1a06.pdf>
- Casasola**, F; Ibrahim, M; Ramírez, E; Villanueva, C; Sepúlveda, C; Araya, J. 2006. Pago por servicios ambientales y cambios de uso de la tierra en paisajes denominados por la ganadería de Nicaragua y Costa Rica. 2006, *Rev. Agroforestería en las Américas*. (45):79-85
- Castaldo**, A; De La Cruz, R; García, A; Matos, J; Mendoza, F. 2003. Caracterización de la invernada en el noreste de la provincia de Pampa (Argentina). XXIV Reunión Anual de la Asociación Argentina de economía Agraria. Río Cuarto. 145 p.

- Cingolani**, A; Noy-Meir, I; Renison, D; Cabido, M. 2008. La ganadería extensiva: ¿Es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos? *Ecol. austral* vol.18, n.3 pp. 253-271. Consultado diciembre 2020. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2008000300002&lng=es&nrm=iso. ISSN 1667-782X.
- Conway**, G. 1994. Sustainability in agricultural development: Trade-offs between productivity, stability, and equitability. *Journal for Farming Systems and Research- Extension* 4(2): 1-14.
- Chacón**, M; Ibrahim, M; Ponce, G; Vega, P; Casasola, F. 2006. Determinación de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en Centroamérica. In Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible (4) y Simposio sobre Sistemas Silvopastoriles para la Producción Ganadera Sostenible (3, Cuba). Memoria. Cuba. 106 p.
- Daniel**, O. 2000. Definição de indicadores de sustentabilidade para sistemas agroflorestais. 150 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.
- De Camino**, V; Müller, S. 1993. Sostenibilidad de la Agricultura y los Recursos Naturales. Bases para establecer indicadores. Serie de documentos de Programas No. 38. San José, CR. IICA – GTZ. 67 p.
- Deponti**, C; Eckert, C; Azambuja, J. 2002. Estratégias para construção de indicadores para avaliação de sustentabilidade e monitoramento de sistemas. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*. Porto Alegre, BR. 3 (4): 44-52.
- Deramus**, HT; Giampola, C; Dickison, P. 2003. Methane Emissions of Beef Cattle on Forages: Efficiency of Grazing Management Systems (en línea). *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL QUALITY* VOL. 32:269-277. Consultado diciembre 2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/8501761_Methane_emissions_of_beef_cattle_on_forages_Efficiency_of_grazing_management_systems.
- Dias-Filho**, M. 2007. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. 3. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 190 p.
- Di Rienzo**, J; Casanoves, F; Balzarini, M.G; González, L; Tablada, M; Robledo, C. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>
- Escobar**, G; Berdegué, J. 1990. Tipificación de sistemas de producción agrícola. Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción (RIMISP). Edit. Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural. Santiago de Chile. 282 p.
- FAO** (Food and Agriculture Organization of the United Nations, IT). 1993. Forest Resources Assessment 1990, Tropical Countries. Rome. FAO Forestry Paper 112 p.

- FAO.** (Food and Agriculture Organization of the United Nations, IT). 2000. Informe sobre el progreso alcanzado en la aplicación del proceso de Montreal sobre los criterios e indicadores para la conservación y el manejo sustentable de los bosques templados y boreales. Pp 22-54
- FAO** (Food and Agriculture Organization of the United Nations, IT). 2001. La situación de los bosques en el mundo (En línea). Roma, IT. Consultado diciembre 2020. Disponible en <http://www.ambiental.net/RedANoticias/FAOBosquesMundo2001.htm>
- FAO** (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2009. La larga sombra del ganado, problemas ambientales y opciones. LEAD - FAO. Roma, Italia, FAO. 492 p.
- FAO** (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2015. Ganadería sostenible y cambio climático en América Latina y el Caribe Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Consultado diciembre 2020. Disponible en <http://www.fao.org/americas/perspectivas/ganaderia-sostenible/es/>.
- Flores, A; Malpartida, E.** 1998. Manejo de Praderas Nativas y Pasturas en la Región Andina del Perú. Banco Agrario. Fondo del Libro. Tomo II. Lima-Perú. 87 p.
- GRA** (Alianza Global de Investigación de Gases de Efecto Invernadero en la Agricultura) y SAI (Plataforma de la Iniciativa para la Agricultura Sustentable). 2013. Reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero de la ganadería: Mejores prácticas y opciones emergentes (en línea). Dublín (2013). Consultado diciembre 2020. 45 p. <http://globalresearchalliance.org/wp-content/uploads/2016/09/LRG-SAI-Mitigacion.pdf>
- Harvey, C; Haber, W.** 1999. Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. *Agroforestry Systems*, 44: 37– 68.
- Hindrichsen, I.K; Wettstein, H.R; Machmuller, A; Kreuzer, M.** 2006. Methane emission, nutrient degradation and nitrogen turnover in dairy cows and their slurry at different milk production scenarios with and without concentrate supplementation. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 113 (21): 150-161.
- Hristov, A.N; OH, J; Lee, C; Meinen, R; Montes, F; Ott, T; Firkins, J; Rotz, A; Dell, C; Adesogan, A; Yang, W; Tricarico, J; Kebreab, E; Waghorn, G; Dijkstra, J; Oosting, S.** 2013. Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production – A review of technical options for non-CO2 emissions. Edited by Pierre J. Gerber, Benjamin Henderson and Harinder P.S. Makkar. FAO Animal Production and Health Paper No. 177. FAO, Rome, Italy. 267 p.
- Hünнемeyer, A; De Camino, R; Müller, S.** 1997. Análisis del desarrollo sostenible en Centroamérica: indicadores para la agricultura y los recursos naturales. Ed. M Araya. San José, CR, GTZ. Pp. 19-27. (Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible N° 4).

- Imbach**, A; Dudley, E; Ortiz, N; Sánchez, F. 1997. Mapeo Analítico, Reflexivo y Participativo de la Sostenibilidad. MARPS. Unión Mundial para la Naturaleza, Cambridge, UK. 55 p.
- INEI**. 2012. IV Censo Agropecuario 2012. Sistema de consulta de resultados censuales. Cuadros estadísticos [Internet], [consultado diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/>
- Johnson**, KA; Johnson, DE. 1995. Methane emissions from cattle. *J. Anim Sci*; 73: 2483-2492
- Kaimowitz**, D. 1992. La experiencia de Centroamérica y la Republica Dominicana con proyectos de inversión que buscan sostenibilidad en las laderas. In Seminario Agricultura Sostenible en América Latina y el Caribe, Washington. 149 p.
- Kinsman**, R; Sauer, FD; Jackson, HA; Wolynetz, MS. 1995. Methane and carbon dioxide emissions from cows in full lactation monitored over a six-month period. *J Dairy Sci*; 78 (12): 2760-2766
- Kurihara**, M; Magner, T; Mccrabb, H; Mccrabb, G. 1999. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. *British Journal of Nutrition*; 81(1): 227-234.
- Leng**, R. A. 1993. Quantitative ruminant nutrition - A green science. *Australian Journal of Agricultural Research* 44 (2): 363-80.
- León-Velarde** V. C; Quiroz, R.A; Cañas, R; Osorio, J; Guerrero, J; Pezo, D. 2006. LIFE-SIM: Livestock feeding strategies simulation models. CIP-Natural Resources Management Division. Working Paper No. 2006-1. Lima, Perú. 47 p.
- Lewis**, T. 1995. Selecting and testing indicator of forest health. In: Aguirre-Bravo, C. (ed.) Proceedings of the North American Workshop on monitoring for ecological assessment of terrestrial and aquatic ecosystems. México: USDA, Forest Service. RM general technical report (284): 140-156.
- Lim**, B; Spanger-Siegried, E; Burton, I; Malone, E; Huq, S. 2005. Marco de Políticas de Adaptación al Cambio Climático. Desarrollando Estrategias, Políticas y Medidas. PNUD, GEF. 274 p.
- López-Ridaura**, S; Masera, O; Astier, M. 2002. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems: the MESMIS framework. *Ecological Indicators* (2): 135-148.
- López-Ridaura**, S; Van I; Leffelaar, P. 2005. Multiscale methodological framework to derive criteria and indicators for sustainability evaluation of peasant natural resource management systems. *Environment, Development and Sustainability* 7:51-69.
- Margan**, D.E; Graham, N.M; Minson, D.J; Searle, T.W. 1988. Energy and protein values of four forages, including a comparison of tropical and temperate

species. (On line) Aust J Exp Agri, 28 (3): 729-736. Consultado: diciembre 2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/248890355_Energy_and_protein_values_of_four_forages_including_comparison_between_tropical_and_temperate_species.

Masera, O; Astier, M; López-Ridaura, S. 1999. Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El Marco de Evaluación MESMIS. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, México. 109 p.

Moss, AR; Jouany, JP; Newbold, J. 2000. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. INRA EDP Sciences. Ann Zootech; 49 (4): 231-253.

Moscoso, M; Franco, F; San Martín, F; Olazábal, J; Chino, L; Pinares-Patiño, C. 2017. Producción de metano en vacunos al pastoreo suplementado con ensilados, concentrado y taninos en el Altiplano Peruano en época seca. Revista de investigaciones veterinarias del Perú 28(4): 36-45

Morse, S; McNamara, N; Acholo, M; Okwoli, B. 2001. Sustainability indicators: the problem of integration. Sustainability Development (9): 1-15.

Murgueitio, E. 2003: Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución. Livestock Research for Rural Development. Volume 15 (78). Consultado diciembre 2020. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd15/10/murg1510.htm>

McCaughey, W; Wittenberg, K; Corrigan, D. 1997. Methane production by steers on pasture. Can J An Sc; 76 (3): 519-524.

McCaughey, W; Wittenberg, K; Corrigan, D. 1999. Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows. Can J An Sc; 79 (2): 221-226.

McCraib, G. J. 2002. Nutritional options for abatement of methane emissions from beef and dairy systems in Australia. Greenhouse Gases and Animal Agriculture. Takahashi, J., and B. A. Young, (Eds.). Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. Pp. 115-124

Nicholls, C; Altieri, M. 2003. Método agroecológico rápido y de fácil acceso para estimar la calidad del suelo y la salud del cultivo en Viñedos. 19 p.

Ochoa, J. 2015. Aplicando los capitales de la comunidad para mejorar la adaptación y mitigación al cambio climático en fincas ganaderas de la Subcuenca Sixe Higuito, Región Trifinio. Magister Scientiae en Sistemas Agrícolas Sostenibles. s.l., Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

Paz, R; Lipshitz, H; Álvarez, R; Usandivaras, P. 2003. Diversidad y Análisis económico en los sistemas de producción lecheros caprinos en el área de riego del Río Dulce-Santiago del Estero-Argentina. ITEA Vol. 99 A N° 1. Pp. 10-40.

- Pezo**, D; Romero, F; Ibrahim, M. 1992. Producción, manejo y utilización de los pastos tropicales para de leche y carne. In Avances en la producción de leche y carne en el trópico americano. Ed. S Fernández – Baca. Santiago, CL. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Pp. 47-98.
- Pezo**, D; Ibrahim, M. 1996. Sistemas silvopastoriles: una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos. Primer foro internacional sobre "Pastoreo intensivo en zonas tropicales". Veracruz, México. 7-9 noviembre 1996. Morelis, México.FIRA – Banco de México. 39 p.
- Pinares-Patiño**, CS. 2015. Mitigación de las emisiones de metano entérico de sistemas ganaderos al pastoreo. (en línea). Consultado: diciembre 2020. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR40147.pdf>.
- Prabhu**, R. 2000. El potencial de los indicadores: indicadores con sensibilidad social. Revista Forestal Centroamericana, Turrialba, CR. 6: 29-52.
- Preston**, TR; Leng, RA. 1989. Friendly development. Livestock Research for Rural Development, 1(1), November,URL: Consultado diciembre 2020. Disponible: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd1/1/preston.htm>
- Prins**, K. 2004. Síntesis de los conceptos de instituciones (sociales) y (nueva) institucionalidad rural. Artículo del curso Desarrollo y Creación de Institucionalidad Rural. CATIE, Costa Rica. 7 p.
- Rapey**, H; Lifran, R; Valadier, A. 2001. Identifying social, economic and technical determinants of silvopastoral practices in temperate uplands: results of a survey in the Massif central region of France. Agricultural Systems N° 69. Pp 119-135.
- Rigby**, D; Caceres, D. 2001. Organic farming and the sustainability of agricultural systems. Agricultural Systems 68: 21-40.
- Rigby**, D; Woodhouse, P; Young, T; Burton, M. 2001. Constructing a farm level indicator of sustainable agricultural practice. Ecological Economics 39: 463 – 478.
- Riechmann**, J. 2003. Cuidar la tierra. In Políticas agrarias y alimentarias sostenibles para entrar en el siglo XXI. Barcelona. Icaria.
- Robles** R. R. 2005. Planificación agroconservacionista de fincas como contribución al manejo integrado de la microcuenca del Río Uruca, Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 196 p.
- Ronchi**, E; Federico, A; Musmeci, F. 2002. A system oriented integrated indicators for sustainable development in Italy. Ecological Indicators 2: 197-210.

- Sepúlveda**, C; Ibrahim, M; Bach, O; Rodríguez, A. 2011. Desarrollo de lineamientos para la certificación de sistemas sostenibles de producción ganadera. *Rev. Agroforestería en las Américas*. (48) 14-20.
- SENAMHI**. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2017. Boletín Agrometeorológico. Dirección Zonal 10. Consultado diciembre 2020. Disponible en: <http://www.senamhi.gob.pe/load/file/04410SENA-14.pdf>
- Serrao**, EAS; Toledo, J. 1990. The search for sustainability in Amazonian pastures. Ed. AB Anderson. *Alternatives to deforestation: steps toward sustainable use of the Amazon rain forest*. New York. Columbia University. Pp 195 – 214.
- Souza**, M; Ibrahim, M; Harvey, C; Jiménez, F. 2000. Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de La Fortuna de San Carlos, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 7 (26): 53 – 56.
- Szott**, L; Ibrahim, M; Beer, J. 2000. The hamburger connection hangover: cattle pasture land degradation and alternative land use in Central America. Turrialba, CR. CATIE. 71 p. (Serie Técnica no. 313).
- Taylor**, D; Abidin, M; Nasir, S; Ghazali, M; Chiew, E. 1993. Creating a farmer sustainability index: a Malaysian case study. *American Journal of Alternative Agriculture* 8 (4):175-84.
- UICN**- Unión Mundial para Naturaleza. 1997. Barómetro de la Sostenibilidad: Medición y Comunicación del Bien Estar y el Desarrollo Sostenible. Prescott-Allen, R. (ed). UICN, Cambridge, UK. sp.
- Vargas**, R; Cárdenas, E; Pabón, M; Carulla, J. 2012. Emisiones de metano entérico en rumiantes en pastoreo (en línea). Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia Bogotá. Consultado diciembre 2020. Pp. 1-16
Disponible:http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/11_13_35_2649REVISIONProduccionVargas.pdf
- Vergara**, W. 2010. La ganadería extensiva y el problema agrario. El reto de un modelo de desarrollo rural sustentable para Colombia. *Revista Ciencia Animal*, [S.l.], n. 3, Pp.. 45-53. ISSN 2011-513X. Consultado diciembre 2020. Disponible en: <http://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ca/article/view/350>.
- Zinck**, J; Berroterán, J; Farshad, A; Mamen, A; Wokabi, S; Van Ranst, E. 2004. Approaches to assessing sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 23(4): 87 – 109.

IX. ANEXOS

9.1. Ficha de evaluación

PROYECTO DE TESIS:
 “ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DE LOS SISTEMAS GANADEROS EN EL
 DISTRITO DE LA PECA, PROVINCIA DE BAGUA, REGIÓN AMAZONAS”

EVALUACIÓN DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

Sector: _____

NOMBRE DEL PROPIETARIO:

Nivel de educación del propietario: _____

Tamaño de finca
(ha) _____

Área de pastos (ha):

Años de dedicación a la
ganadería _____

Años de explotación de sus pasturas: _____

UTM: X:.....; Y:.....

INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN:

- Calidad del suelo (8 indicadores)
- Salud de las pasturas (8 indicadores)
- Calidad animal (5 indicadores)
- Sistema finca (6 indicadores)
- Económico (8 indicadores)
- Social (2 indicadores)

PROYECTO DE TESIS:
 “ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DE LOS SISTEMAS GANADEROS EN EL DISTRITO
 DE LA PECA, PROVINCIA DE BAGUA, REGIÓN AMAZONAS”

EVALUACIÓN DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

Sector: _____

NOMBRE DEL PROPIETARIO: _____

Nivel de educación del propietario: _____

Tamaño de finca (ha)_____

Área de pastos (ha): _____

Años de dedicación a la ganadería_____

Años de explotación de sus pasturas: _____

UTM: X:.....; Y:.....

1. Indicadores de calidad de suelo

Indicador	Valor de calificación	Característica
1. Compactación	1	Suelo compactado
	5	Moderadamente compactado
	10	Sin compactar
2. Profundidad del suelo	1	Suelo expuesto con vistas rocosas
	5	Fina capa de suelo
	10	Suelo superficial > 50 cm
3. Color materia orgánica	1	Pálido, ausencia de MO
	5	Marrón claro, alguna presencia de MO
	10	Marrón oscuro, abundante MO
4. Retención de humedad	1	Suelo seco, no retiene agua
	5	Grado limitado de retención de H ^o
	10	Considerable retención de humedad
5. Cobertura del suelo	1	sin cobertura, expuesto 100%
	5	suelo con menos de 50% cubiertos
	10	Más del 50% cubiertos
6. Erosión	1	Erosión severa
	5	Bajos niveles de erosión
	10	Ausencia de síntomas de erosión
7. Presencia de invertebrados	1	ausencia de actividades de invertebrados
	5	Pocas lombrices y artrópodos presentes
	10	Abundante presencia de invertebrados
8. Actividad microbiológica	1	Muy poca efervescencia al agua oxigenada
	5	Leve efervescencia
	10	Abundante efervescencia

2. Indicadores de salud del pastizal

Indicador	Valor de calificación	Característica
1. Apariencia	1	Clorítica
	5	Color verde claro con alguna pérdida de pigmento
	10	Color verde oscuro, sin síntomas de deficiencia
2. Crecimiento de los pastos	1	Patrón desigual, crecimiento limitado
	5	Patrón más denso, más uniforme
	10	Crecimiento vigoroso
3. Presencia de malezas	1	Más del 50% de malezas
	5	Entre 6 y 15% de malezas
	10	Menos del 6% de malezas
4. Disponibilidad	1	Muy pobre (entre el 10%)
	5	Pobre (del 15 al 50%)
	10	Alta disponibilidad (90% de pastos)
5. Rendimiento anual o potencial	1	Bajo a relación a la media ideal
	5	Aceptable, está en la media ideal
	10	Alto, está sobre la media ideal
6. Diversidad de vegetación	1	Una sola especie de pasto
	5	2-3 especies de pastos
	10	más de 4 especies de pastos
7. Uso de potreros	1	Con un solo potrero
	5	Con 2-3 potreros
	10	Con más de 5 potreros
8. Presencia de árboles	1	Sin árboles
	5	Menos de 5 árboles por potrero
	10	Más de 10 árboles por potrero

3. Indicadores de calidad de animales

Indicador	Valor de calificación	Característica
1. Tamaño del hato	1	Menos de 5 animales
	5	De 6 a 15 animales
	10	Más de 20 animales
2. Partos al año	1	Menos del 70% de partos igual al número de vacas
	5	70-80% de partos igual al número de vacas
	10	90-100% de partos igual al número de vacas
3. Performance de los animales	1	Estado de desnutrición
	5	Estado moderado
	10	Excelente estado del animal
4. Razas de animales	1	Cruzados no definidos
	5	F1 o cruces definidos
	10	Razas especializadas
5. Peso de venta toretes	1	Menos de 200 kilos vivo
	5	Entre 200-300 kilos vivo
	10	Más de 400 kilos vivo

4. Indicadores para el sistema de finca

Indicador	Valor de calificación	Característica
1. Abastecimiento de agua	1	Reservorios de lluvias
	5	Utiliza ríos o quebradas
	10	Tiene un sistema de tubería de agua.
2. Calidad del agua	1	color oscuro, marrón, con olores
	5	color transparente, con olores
	10	Cristalino transparente, sin olores
3. Servicios higiénicos	1	No tiene letrina
	5	Tiene letrina, pozo ciego
	10	Tiene sistema de desagüe, a un pozo ciego
4. Áreas de bosque	1	No tiene reservas de bosque
	5	tiene una reserva de bosque sin especies maderables
	10	Tiene una reserva de bosque con especies maderables y animales silvestres
5. Reforestación	1	no reforesta
	5	Poca reforestación
	10	Regular reforestación en cultivos y áreas libres
6. Diversidad de cultivos	1	Un solo cultivo
	5	Pocos cultivos anuales y permanentes
	10	diversificado con cultivos anuales y permanentes

5. Indicadores económicos de finca

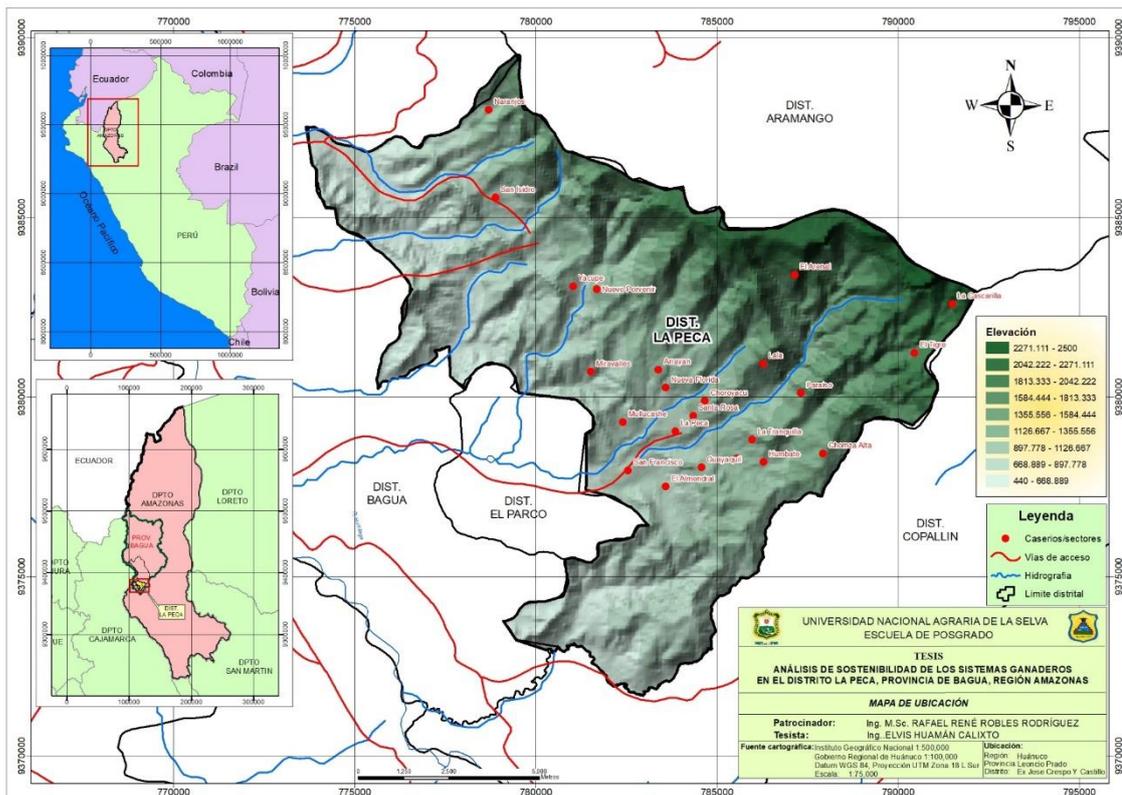
Indicador	Valor de calificación	Característica
1. Calidad de vivienda	1	Muy humilde, material de la zona
	5	Regular, cierta comodidad, con materiales transformados
	10	Confortable, con materiales de acabado
2. Herramientas y equipos	1	Herramientas básicas, machete, hacha, lampa
	5	Pocas herramientas fuera de las básicas
	10	Utiliza muchas herramientas por actividad
3. Con vehículo	1	No tiene
	5	Tiene no motorizado
	10	Tiene motorizado
4. Niveles de ingreso en ganadería	1	Menos del sueldo mínimo (750/mes)
	5	En el mínimo
	10	Sobre el suelo mínimo
5. Infraestructura de manejo	1	No tiene
	5	Solo tiene corral
	10	Tiene corral, y manga de manejo

	1	No tiene
	5	Temporalmente realiza labores fuera de su chacra
6. Otros ingresos	10	Trabaja simultáneamente, tiene trabajo permanente externo
	1	No contrata
7. Contrata personal	5	Contrata temporalmente
	10	Contrata permanentemente personal
	1	No accede al crédito
8. Crédito bancario	5	Tiene crédito para gastos personales
	10	Tiene crédito bancario para inversión en su finca

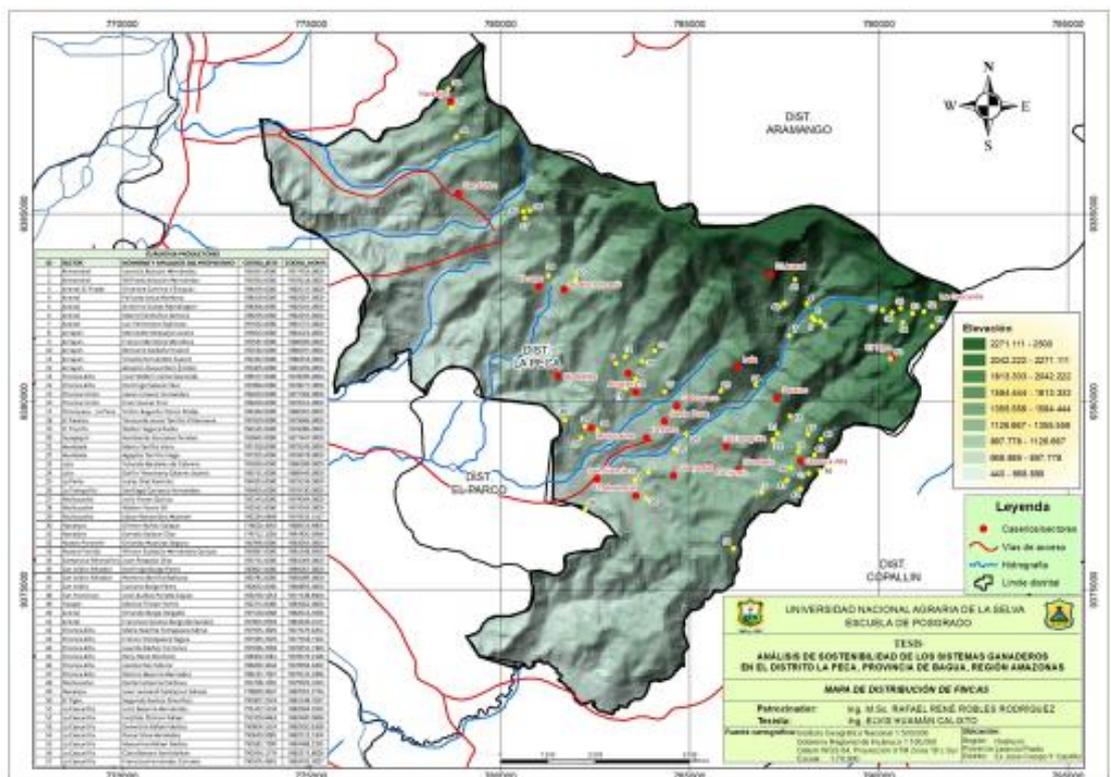
6. Indicadores sociales de finca

Indicador	Valor de calificación	Característica
1. Pertenece a una organización	1	No pertenece
	5	Pertenece, pero no participa
	10	Pertenece y participa
2. Nivel educativo de sus hijos	1	No estudian, o solo primaria
	5	estudian hasta la secundaria
	10	estudian hasta nivel superior

9.2. Mapas de ubicación y distribución de predios



Ubicación Geográfica del Distrito de La Peca, Provincia de Bagua – Amazonas



Ubicación de los predios dentro del distrito de La Peca – Bagua – Amazonas

9.3. Galería de fotos



Ganadería en el Distrito de La Peca – Bagua - Amazonas



Reunión de Coordinación de Trabajo con los Ganaderos

Evaluación de Pasto



Determinación de materia Seca de las Muestras de Pasto



Laboratorio de la Estación Experimental Agraria Amazonas - INIA



Análisis de Calidad del Pasto

9.4. Análisis de proteína y digestibilidad del pasto



UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS




**LABORATORIO DE NUTRICION ANIMAL Y BROMATOLOGIA DE ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.**

DATOS DEL CLIENTE

Solicitante	ELVIS HUAMAN CALIXTO
Domicilio legal	BAGUA GRANDE
Contacto	ALEX ACUÑA
Dirección de entrega	LABORATORIO DE NUTRICION-UNTRM

DATOS DEL PRODUCTO

Producto	FORRAJES
Ensayo realizado en	UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA-AMAZONAS
Fecha de recepción	Primeras 6 muestras (2018.12.15)- Segundas 6 muestras (2019.03.15)
Fecha de Análisis y entrega	2018./12/16 al 2019/03/25
Código	LNABA-2019038
Procedencia	CHACHAPOYAS
Custodia dirimencia	Muestra no sujeta a dirimencia por su perechibilidad y/o muestra única

DATOS DE LA MUESTRA – LNABA-2019038

IDENTIFICACIÓN	CODIGO ASIGNADO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN/PRESENTACIÓN	PRECINTO	FV	FP
MUESTRA N° 01	LEONCIO 01	100 gr	Bolsa de plástico cerrada e identificada	-	-	-
MUESTRA N° 02	LEONCIO 02	100 gr	Bolsa de plástico cerrada e identificada	-	-	-
MUESTRA N° 03	WALTER 01	100 gr	Bolsa de plástico cerrada e identificada	-	-	-
MUESTRA N° 04	WALTER 02	100 gr	Bolsa de plástico cerrada e identificada	-	-	-
MUESTRA N° 05	ISAIAS 01	100 gr	Bolsa de plástico cerrada e identificada	-	-	-
MUESTRA N° 06	ISAIAS 02	100 gr	Bolsa de plástico cerrada e identificada	-	-	-
MUESTRA N° 07	LEONCIO 01	100 gr	Bolsa de plástico cerrada e identificada	-	-	-
MUESTRA N° 08	LEONCIO 02	100 gr	Bolsa de plástico cerrada e identificada	-	-	-
MUESTRA N° 09	WALTER 01	100 gr	Bolsa de plástico cerrada e identificada	-	-	-
MUESTRA N° 10	WALTER 02	100 gr	Bolsa de plástico cerrada e identificada	-	-	-
MUESTRA N° 11	ISAIAS 01	100 gr	Bolsa de plástico cerrada e identificada	-	-	-
MUESTRA N° 12	ISAIAS 02	100 gr	Bolsa de plástico cerrada e identificada	-	-	-



UNTRM-LNABA-
DIRECCION: Ciudad Universitaria-El franco-Higos Urco.
www.igbi.edu.pe/www.untrm.edu.pe


DATOS DEL SERVICIO

N°	IDENTIFICACIÓN	PT ¹ %	IVTD ² %
1	LEONCIO 01	8.39	65.30
2	LEONCIO 02	11.41	73.21
3	WALTER 01	8.18	50.54
4	WALTER 02	7.53	57.37
5	ISAIAS 01	7.10	50.24
6	ISAIAS 02	9.47	41.01
7	LEONCIO 01	8.39	63.51
8	LEONCIO 02	7.53	86.10
9	WALTER 01	8.39	69.09
10	WALTER 02	6.67	68.62
11	ISAIAS 01	7.10	69.05
12	ISAIAS 02	8.82	62.08

¹Proteína total, ²Digestibilidad in-vitro verdadera.

Metodologías Utilizadas:

Proteína :AOAC 976.05 –ISO 5983.2002 (Revisado 2013) Alimentos para Animales. Determinación de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína Método Kjeldahl

IVTD :AOAC 971.09 Digestibility of animal feed

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
LABORATORIO DE CONTROL Y CALIFICACIÓN AMBIENTAL
ING. CARLOS ZUMBE GUACATE PARRA
RESPONSABLE

El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación por escrito de LNABA. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca LNABA. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra ingresada al laboratorio. De tener alguna queja o apelación presentarla mediante el correo alex.acuna@untrm.edu.pe, con la información sustentatoria

UNTRM-LNABA
DIRECCION: Ciudad Universitaria-El Franco-Higos Urco.
www.igbi.edu.pe/www.untrm.edu.pe

9.5. Datos meteorológicos de la zona de estudio



Datos Meteorológicos de la Estación Experimental Agraria Amazonas – INIA

SENAMHI**ESTACION C.O.BAGUA**INFORMACION CLIMATOLOGICA DEL MES DE ...DICIEMBRE... DEL AÑO ...2018...

DIAS	TEMPERATURA °C		TEMPERATURA °C	HUMEDAD RELATIVA	PRECIPITACION
	MAXIMA	MINIMA	MEDIA	DEL AIRE %	(mm)
1	37.8	21.8	29.8	61	0.0
2	36.2	22.0	29.1	62	0.0
3	34.8	22.8	28.8	65	0.0
4	35.6	22.0	28.8	60	0.0
5	36.4	19.8	28.1	58	0.0
6	35.0	21.0	28.0	57	0.0
7	29.6	22.6	26.1	83	11.4
8	30.8	22.4	26.6	76	4.4
9	31.6	21.8	26.7	71	0.4
10	32.8	22.2	27.5	69	0.0
11	26.0	22.6	24.3	88	16.7
12	28.4	22.8	25.6	83	2.7
13	30.0	21.8	25.9	81	0.4
14	32.6	22.8	27.7	69	0.1
15	29.4	22.6	26.0	79	0.9
16	30.4	22.0	26.2	70	5.9
17	30.6	22.4	26.5	74	0.0
18	30.8	22.6	26.7	71	0.0
19	30.4	23.0	26.7	78	0.3
20	29.6	22.2	25.9	75	4.6
21	31.6	22.0	26.8	69	0.0
22	29.6	21.4	25.5	79	3.6
23	29.2	21.4	25.3	78	13.9
24	29.6	19.2	24.4	71	0.1
25	31.8	21.4	26.6	71	0.0
26	27.8	22.2	25.0	77	0.0
27	31.0	19.6	25.3	68	0.0
28	31.2	23.0	27.1	73	0.0
29	33.0	23.2	28.1	68	1.6
30	28.4	22.0	25.2	79	0.2
31	31.8	22.6	27.2	64	0.0


OBSERVADOR

SENAMHI

ESTACION C.O.BAGUA

Comisión Esp. Agrar. P. 10-1-1980/81/82
REC E P C
 Fecha de la p. 12-02-2019
 No. 030
 Hora: 12:10 p.m.

 INFORMACION CLIMATOLOGICA DEL MES DE ENERO DEL AÑO 2019

DIAS	TEMPERATURA °C		TEMPERATURA °C	HUMEDAD RELATIVA	PRECIPITACION
	MAXIMA	MINIMA	MEDIA	DEL AIRE %	(mm)
1	33.6	20.8	27.2	62	0.0
2	28.8	21.6	25.2	72	0.0
3	30.6	22.2	26.4	68	0.0
4	29.8	22.8	26.3	82	0.0
5	31.8	22.4	27.1	72	0.7
6	33.8	21.8	27.8	66	0.5
7	35.6	24.6	30.1	64	0.0
8	35.6	22.8	29.2	62	0.5
9	36.6	19.6	28.1	60	0.0
10	34.8	21.6	28.2	62	0.0
11	35.0	21.8	28.4	62	0.0
12	35.0	21.2	28.1	63	0.0
13	33.4	23.8	28.6	61	0.0
14	33.2	23.0	28.1	67	0.0
15	27.0	22.6	24.8	85	9.7
16	32.2	23.2	27.7	73	12.0
17	29.0	22.8	25.9	77	0.7
18	32.0	22.2	27.1	68	0.4
19	30.6	22.0	26.3	80	1.7
20	32.6	22.8	27.7	76	1.2
21	30.0	22.6	26.3	78	3.2
22	31.2	23.0	27.1	70	3.3
23	31.0	22.2	26.6	69	19.7
24	32.4	23.0	27.7	66	0.1
25	32.8	23.4	28.1	77	0.0
26	35.0	23.2	29.1	60	1.3
27	34.4	25.0	29.7	63	0.0
28	35.2	24.4	29.8	66	0.0
29	34.8	22.8	28.8	66	0.0
30	33.0	23.6	28.3	68	0.8
31	33.4	23.0	28.2	66	0.2


 OBSERVADOR

9.6. Base de datos de aspectos generales de las fincas evaluadas

FINCA	Sector	Nombre del Propietario	Nivel de educación del propietario	Tamaño finca (ha)	Área pastos (ha)	Años dedicación ganadería	Años explotación pasturas	Grupo
1	Almendral	Leoncio Alarcón Hernández	4	16	7	40	35	1
2	Chonza Alta	María Noelita Tomapasca Mera	2	15	12	30	20	3
3	Almendral	Wilfredo Alarcón Hernández	6	15	2.5	20	15	1
4	Arenal	Orlando Burga Delgado	4	25	15	30	10	3
5	Arenal	Francisco Solano Burga Benavides	1	40	18	50	12	3
6	Arenal-El Prado	Silvestre Cotrina Vásquez	2	30	8	12	12	3
7	Arenal	Felicota Julca Monteza	2	4	3	20	15	3
8	La Cascarilla	Julio Becerra Hernandez	3	10	3	22	15	1
9	Arenal	Antolino Cubas Mondragon	4	8	6	15	15	1
10	Arenal	Maximila Muñoz Zamora	2	30	25	12	4	3
11	La Cascarilla	Uvijildo Chilcon Rafael	4	5.8	5	25	15	1
12	Arenal	Luz Velismoro Espinoza	4	10	10	10	5	3
13	Arrayan	Mercedes Requejo Lozano	4	8	5	20	10	2
14	Arrayan	Franco Mendoza Mendoza	2	7	2	10	4	2
15	Arrayan	Belizario Saldaña Visalot	4	8	2	10	10	2
16	Arrayan	Violeta Fernandez Suarez	7	4.5	1.5	3	5	2
17	Chonza Alta	Franco Tomapasca Yangua	4	12	7	26	20	1
18	Arrayan	Absalón Cueva Hernández	3	15	3.5	8	8	1
19	Naranjos	Juan Leonardi Santacruz Salazar	2	12	10	15	20	3
20	Chonza Alta	José Walter Llamo Quevedo	4	10	8	20	20	1
21	Chonza Alta	Domingo Salazar Díaz	6	8	5	35	20	1
22	La Cascarilla	Demetrio Rafael Muñoz	5	9.8	8	30	15	1
23	Chonza Unión	Javier Linarez Fernandez	2	3	1.5	8	20	3
24	Chonza Unión	Elver Guivar Cruz	3	6	5	12	20	3
25	El Tigre	Segundo Santos Silva Ruiz	2	15	1	17	15	3
26	Choroyacu - La Peca	Victor Augusto Torres Rodas	2	10	3.5	30	30	1
27	El Paraíso	Teresa de Jesús Tarrillo Villanueva	2	8	3.5	20	20	3

28	Chonza La Union	Ramiro Becerra Hernandez	2	16	14	20	12	1
29	El Triunfo	Walter Segura Rubio	4	50	40	22	23	3
30	Guayaquil	Humberto Gonzales Perales	2	31	28	31	25	3
31	Mullucashe	Quiteria García Córdova	4	25	12	26	20	3
32	Humbate	Mario Tarrillo Vera	4	4	2	15	8	3
33	Humbate	Agapito Tarrillo Vega	4	10	2	30	30	3
34	Lala	Yolanda Bardales de Cabrera	4	9.5	1.5	15	10	1
35	La Cascarilla	Ronar Silva Hernandez	2	11	4	19	10	2
36	Lala	Darlin Yhesmany Cáceres Suárez	4	19	8	15	3	1
37	La Perla	Isaias Diaz Ramirez	1	6.5	6.5	32	30	3
38	La Tranquilla	Santiago Carrasco Fernandez	2	6	8.8	40	35	3
39	Chonza Alta	Juanita Muñoz Terrones	1	20	15	30	30	3
40	Muyucashi	Julio Flores Quiroz	2	11.8	8	20	20	2
41	Muyucashi	Walter Flores Gil	2	12	12	30	30	2
42	Muyucashi	Eduar Benavides Huaman	6	13	8	30	24	2
43	Chonza Alta	Hely Mera Monteza	3	11.8	8	16	20	1
44	Naranjos	Dilmer Nuñez Salazar	4	17	12	26	20	2
45	Naranjos	Donato Salazar Diaz	3	60	30	60	26	1
46	La Cascarilla	Marcelina Rafael Muñoz	2	18	16	25	40	3
47	Nuevo Porvenir	Orlando Huanzas Segura	2	17	9	26	26	1
48	Nueva Florida	Wilson Eustacio Hernández Quispe	6	10	2	15	15	2
49	Chonza Alta	Jacobo Ruiz Menor	5	12	7	18	16	2
50	Santarosa-Miravalles	Juan Requejo Diaz	1	20	10	60	40	3
51	San Isidro-Mirador	Domingo Burga Perez	3	13	6	20	10	1
52	San Isidro-Mirador	Homero Bonilla Barboza	6	27	18	16	10	1
53	La Cascarilla	Clara Bances Santisteban	2	15.8	12	20	25	1
54	San Isidro	Luciano Burga Pérez	2	10	4	15	10	1
55	La Cascarilla	Francisca Fernandez Corrales	2	10.5	9	20	18	2
56	San Francisco	José Audias Peralta Cayao	3	20	16	25	25	2
57	Yacupe	Marcial Vislao Torres	1	10	3	20	10	2