

EVALUACIÓN INTEGRAL DE LA SOSTENIBILIDAD EN SISTEMAS ALTOANDINOS DE PRODUCCIÓN DE LLAMAS MEDIANTE EL ENFOQUE SAFA EN LA SIERRA CENTRAL DEL PERÚ

COMPREHENSIVE SUSTAINABILITY ASSESSMENT OF HIGH ANDEAN LLAMA PRODUCTION SYSTEMS USING THE SAFA APPROACH IN THE CENTRAL HIGHLANDS OF PERU

J.R. Candio^{1,2}, D.J. Luque¹, G.A. Gutiérrez¹ y M. Wurzinger^{1,3}

Resumen

La intensificación de la actividad ganadera a nivel mundial ha generado una creciente preocupación por su impacto ambiental. En la puna peruana, la crianza de llamas aún no ha sido evaluada desde una perspectiva de sostenibilidad. El objetivo de nuestra investigación fue evaluar la sostenibilidad de la crianza de llamas en la Cooperativa Comunal San Pedro de Racco (Pasco), empleando la metodología SAFA (Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems). El estudio se desarrolló en cuatro fases: mapeo, contextualización, selección y evaluación de indicadores y elaboración del informe final. La información se recolectó a través de encuestas y revisión de documentos de gestión proporcionados por la cooperativa. Tras su evaluación y adaptación al sistema de producción de llamas, se seleccionaron y evaluaron 19 temas, 37 subtemas y 67 indicadores para evaluar su sostenibilidad. Los resultados revelaron un desempeño deficiente en la dimensión buena gobernanza, desempeño regular en las dimensiones integridad ambiental y resiliencia económica, y desempeño bueno en la dimensión bienestar social. Se concluyó que la cooperativa no cuenta con una gestión enfocada en la sostenibilidad de la crianza de llamas, lo que podría afectar en el largo plazo la conservación ambiental y la resiliencia económica, poniendo en riesgo la continuidad de esta actividad productiva tradicional. Consideramos que nuestra investigación aporta conocimiento valioso que no solo beneficia a la comunidad local, sino que promueven sistemas ganaderos más sostenibles en los Andes peruanos y brinda nuevas perspectivas para futuras investigaciones.

Palabras clave: llamas, crianza, sostenibilidad, SAFA.

Abstract

The intensification of livestock farming worldwide has generated growing concern about its environmental impact. In the Peruvian highlands, llama farming has not yet been assessed from a sustainability perspective. The objective of our research was to assess the sustainability of llama farming in the San Pedro de Racco Communal Cooperative (Pasco), using the SAFA (Sustainability Assessment of Food and Agriculture systems) methodology. The study was developed in four phases: mapping, contextualization, selection and evaluation of indicators, and preparation of the final report. The information was collected through surveys and review of management documents provided by the cooperative. Following their evaluation and adaptation to the llama production system, 19 themes, 37 subthemes, and 67 indicators were selected and evaluated to assess their sustainability. The results revealed poor performance in the good governance dimension, average performance in the environmental integrity and economic resilience dimensions, and good performance in the social well-being dimension. It was concluded that the cooperative does not have a management focused on the sustainability of llama breeding, which could affect environmental conservation and economic resilience in the long term, putting the continuity of this traditional productive activity at risk. We believe that our research provides valuable knowledge that not only benefits the local community, but also promotes more sustainable livestock systems in the Peruvian Andes and provides new perspectives for future research.

Key words: llamas, breeding, sustainability, SAFA.

Introducción

En las últimas décadas, los sistemas ganaderos han sido objeto de crecientes cuestionamientos debido a su impacto ambiental, social y económico, especialmente en ecosistemas frágiles como los de zonas altoandinas (Paul *et al.*, 2020). A pesar de su importancia socioeconómica y cultural, los sistemas de producción

ganadera en los Andes del Perú han sido escasamente evaluados desde un enfoque integral de sostenibilidad (Cammarata *et al.*, 2021). Esta omisión limita el diseño de estrategias adaptativas que permitan reducir su impacto ambiental y fortalecer su viabilidad económica y social en el largo plazo (FAO, 2014).

La sostenibilidad agropecuaria implica gestionar los recursos naturales de forma que se garantice la satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras (FAO, 1989). En respuesta a esta necesidad, la FAO propuso el marco metodológico SAFA (Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems), que permite evaluar la sostenibilidad de sistemas agroalimentarios a través de cuatro dimensiones interrelacionadas: buena gobernanza, integridad ambiental, resiliencia económica y bienestar social (Pope *et al.*, 2004; FAO, 2014).

SAFA se destaca frente a enfoques como (Response-Inducing Sustainability Evaluation), MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad) o indicadores específicos para ganadería por su carácter integral, estandarizado, aplicabilidad, practicidad y de alcance global (Parra *et al.*, 2024), que permite una evaluación multidimensional y comparable de la sostenibilidad (Leknoi *et al.*, 2023). Mientras RISE y MESMIS aportan enfoques participativos y adaptativos, SAFA se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), las directrices de la FAO y las recomendaciones del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) consolidándose como una herramienta clave para promover una ganadería más sostenible y resiliente (Talukder & Blay-Palmer, 2017; Silva, 2024).

Diversos estudios han demostrado la aplicabilidad del enfoque SAFA en contextos ganaderos diversos (Hanisch *et al.*, 2019), incluyendo sistemas silvopastoriles en México (Pérez-Lombardini *et al.*, 2021), ganadería orgánica en Italia (Cammarata *et al.*, 2021), y explotaciones de pequeña escala en Asia (Gayatri *et al.*, 2016). Sin embargo, su aplicación en sistemas altoandinos, como la crianza de llamas, aún es incipiente. En Perú, estos sistemas se desarrollan entre los 3 700 y 4 800 msnm, en condiciones ambientales extremas y bajo estructuras de uso comunal del territorio (Wolfinger, 2012). Pese a su relevancia para las comunidades rurales, los efectos ecológicos, económicos y socioculturales de la producción de llamas han sido escasamente estudiados (Luque, 2021; Radolf *et al.*, 2022). Ante esta brecha de conocimiento, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la sostenibilidad de la producción de llamas en la Cooperativa Comunal San Pedro de Racco (CCSPR), ubicada en la sierra central del Perú, aplicando el marco metodológico SAFA de la FAO.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en la Cooperativa Comunal San Pedro de Racco (CCSPR), ubicada en el Distrito Simón Bolívar, Región Pasco, Perú, a una elevación que oscila entre los 4 253 y 4 446 msnm. Esta zona está clasificada como pastizal húmedo altoandino

(Josse *et al.*, 2009) y se caracteriza por una temperatura media máxima de 7.2 °C y una mínima media de 3.0 °C. En cuanto a la precipitación, presenta una media total anual de 1 659 mm con una mínima de 1 500 mm y una máxima de 1 819 mm (SENAMHI, 2021). La CCSPR es una entidad autónoma dentro de la comunidad campesina San Pedro de Racco que maneja 4 275.8 hectáreas de pastizal para el pastoreo de alpacas, llamas y ovejas (Candio & Gutiérrez, 2021). El estudio tuvo una duración de 4 meses, de enero a abril del 2021 y durante la realización del estudio la CCSPR poseía 756 llamas de raza Kara y 212 llamas de raza Chacu (Luque, 2021).

Método SAFA

Una explicación detallada del SAFA se puede encontrar en las “Directrices SAFA” versión 3.0 (FAO, 2014). El proceso de evaluación incluyó 4 fases: mapeo, contextualización, selección y evaluación de indicadores y presentación de informes (Pérez-Lombardini *et al.*, 2021). La **fase de mapeo** consideró exclusivamente el sistema de crianza de llamas dentro de la Cooperativa Comunal San Pedro de Racco (CCSPR). Recopilamos información de inventarios de llamas y recursos naturales, registros mensuales de existencias, datos de conteo de ganado, registros de esquila, detalles de inversión para la crianza de llamas, informes anuales, estudios contables, gestión, resultados de investigaciones, acuerdos con otras instituciones, regulaciones y políticas que rigen el manejo de llamas, así como información relacionada con la venta de productos y subproductos de llama (animales de cría, carne, cueros y estiércol).

La **fase de contextualización** se llevó a cabo en febrero y marzo de 2021 para caracterizar el sistema de producción de llamas en la CCSPR. Esta fase consistió en entrevistas a directivos y trabajadores, con el debido consentimiento de los participantes. La entrevista a la junta directiva, compuesta por tres miembros, brindó información valiosa sobre las dimensiones de buena gobernanza, resiliencia económica e integridad ambiental. Por otro lado, la encuesta a los trabajadores, que involucró a las tres personas que realizan la crianza de llamas, brindó información específica sobre la dimensión del bienestar social. Para garantizar la validez de la información, se comparó los resultados de las encuestas con la documentación manejada por la CCSPR.

Se decidió realizar la entrevista tanto a toda la junta directiva como a los tres trabajadores encargados del sistema productivo de las llamas para obtener una visión integral y completa del funcionamiento y la gestión de la producción. La junta directiva aportó información estratégica, de toma de decisiones y planificación a nivel organizacional, mientras que los trabajadores responsables del manejo directo del sistema productivo brindaron detalles operativos y prácticos sobre el día a día, los procesos, dificultades y mejoras en la producción. Esta doble perspectiva

permitió identificar posibles discrepancias entre la planificación y la ejecución, conocer tanto las metas como los desafíos reales, y generar un diagnóstico más acertado para proponer soluciones efectivas. En adición, no se realizaron talleres participativos.

La **fase de selección y evaluación de indicadores** se realizó a través de un análisis exhaustivo de la información recopilada, encuestas y consulta a un panel de expertos del grupo IMAGEN. Se evaluaron los 116 indicadores propuestos por SAFA, adaptándolos al sistema de producción de llamas de la CCSPR. Durante este proceso, algunos temas, subtemas e indicadores fueron excluidos por falta de información disponible y/o reciente, dificultades en la evaluación o su complejidad analítica (FAO, 2014; Pérez-Lombardini *et al.*, 2021). Todas las exclusiones se basaron en criterios rigurosos, asegurando la consistencia y

pertinencia de los indicadores seleccionados para medir el desempeño sostenible en el contexto específico de la CCSPR (Leknoi *et al.*, 2023).

La evaluación de los subtemas consideró la temporalidad de la información. Se asignó una puntuación de 3 a la información más reciente y de alta calidad. Se asignó una puntuación de 2 a la información con más de dos años y datos de calidad regular. La información con más de cinco años de antigüedad fue designada como datos de baja calidad y recibieron una puntuación de 1. Los subtemas con información insuficiente o no disponible recibieron un valor de 0 y fueron excluidos de nuestro análisis. Los indicadores se clasificaron en 5 categorías según su nivel de cumplimiento, desde prácticas 'inaceptables' que requieren intervención urgente hasta 'excelentes' que representan las mejores prácticas (Leknoi *et al.*, 2023).

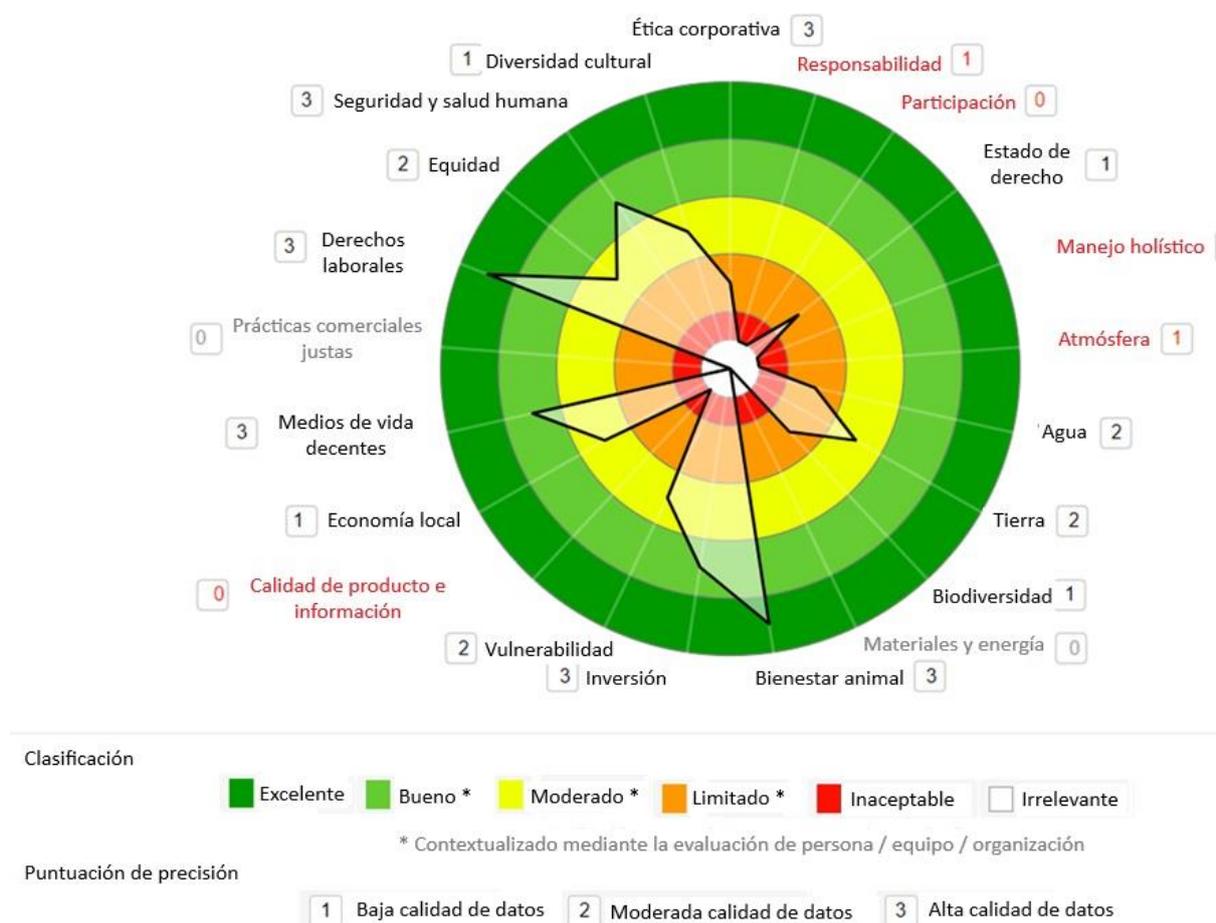


Figura 1. Polígono de sostenibilidad de la crianza de llamas en la Cooperativa Comunal San Pedro de Racco (CCSPR), Pasco, Perú.

Para la **fase de reporte**, toda la información recolectada fue subida y procesada utilizando la herramienta SAFA (FAO, 2014). Cada indicador fue evaluado según criterios específicos establecidos por el marco SAFA, asignándole una puntuación numérica que reflejaba el nivel de cumplimiento o desempeño en

aspectos ambientales, sociales, económicos y de gobernanza. Estas puntuaciones se organizaron en categorías que permiten una evaluación clara y estandarizada. Posteriormente, los resultados numéricos se tradujeron al sistema de semáforo, que utiliza colores (verde, amarillo y rojo) para indicar el

grado de sostenibilidad en cada dimensión evaluada. El color verde representó un buen desempeño, el amarillo indicaba temas con oportunidad de mejora, y el rojo señalaba aspectos críticos que requerían atención urgente.

Este proceso generó el polígono de sostenibilidad SAFA para visualizar e interpretar de manera concisa los resultados a través de los puntajes promedio de los temas, subtemas e indicadores evaluados. Finalmente, los niveles de sostenibilidad fueron codificados por colores, desde inaceptable o crítico (rojo), limitado (naranja), moderado (amarillo), bueno (verde claro) hasta excelente (verde oscuro), siendo “excelente” aplicable a actividades sostenibles y “inaceptable” a aquellas no realizadas o dañinas para el medio ambiente (Pérez-Lombardini *et al.*, 2021).

Temas, subtemas e indicadores seleccionados

La metodología SAFA incluye 21 temas, 58 subtemas y 118 indicadores. Tras su evaluación y adaptación al sistema de producción de llamas, se seleccionaron y evaluaron 19 temas, 37 subtemas y 67 indicadores (Tabla 1), de los cuales cinco temas fueron para buena gobernanza, integridad ambiental y bienestar social, y cuatro para resiliencia económica.

Resultados y discusión

Sostenibilidad de la crianza de llamas

La Figura 1 presenta el polígono de sostenibilidad SAFA, desglosado por dimensiones y calidad de los datos. Cada tema incluyó su puntaje correspondiente, en una escala del 0 al 3, representado mediante un gradiente de colores: inaceptable (rojo), limitado (naranja), moderado (amarillo), bueno (verde claro) y óptimo (verde oscuro). Los resultados de la evaluación SAFA se aprecian con detalle en la Tabla 1.

Dimensión buena gobernanza

En el contexto de SAFA, la dimensión buena gobernanza se relaciona con la capacidad de gestión de CCSPR para implementar prácticas justas y equitativas, prevenir conflictos internos y mejorar la rendición de cuentas, elementos fundamentales para garantizar la sostenibilidad a largo plazo. En el caso analizado, la cooperativa evidenció una gobernanza participativa sólida, con una activa involucración de socios y trabajadores en asambleas para la toma de decisiones, definición de estrategias, resolución de conflictos y fortalecimiento de la participación colectiva (Candío & Gutiérrez, 2021).

Sin embargo, se identificó una comprensión limitada del concepto de sostenibilidad y la ausencia de un plan de manejo integral, lo que impide medir adecuadamente el impacto económico y reduce la competitividad frente a estándares internacionales que exigen certificaciones como *Rainforest Alliance* (Radolf *et al.*, 2022; Cartín-Rojas, 2013). Aunque existen normativas internas y sanciones establecidas, no se dispone de registros sistemáticos para evaluar su eficacia. Además, la gestión basada en conocimiento

empírico y la falta de registros contables restringen la transparencia financiera (Luque, 2021; Radolf *et al.*, 2022), situación agravada por la inexistencia de auditorías específicas en la crianza de llamas (Pena, 2004).

Estos resultados son consistentes con estudios previos que aplicaron la metodología SAFA en sistemas ganaderos. De Olde *et al.* (2016), Rivera-Huerta *et al.* (2020), Gayatri & Vaarst (2020), Pérez-Lombardini *et al.* (2021) y Niloofar *et al.* (2023) reportaron que los puntajes más altos en participación, ética corporativa y responsabilidad se lograron cuando existía consenso en la toma de decisiones y canales efectivos de comunicación. Asimismo, Niloofar *et al.* (2023) destacaron que la integración de dimensiones económicas, sociales y ambientales en un marco normativo fortaleció la gestión holística y el estado de derecho.

Dimensión integridad ambiental

La dimensión de integridad ambiental en la metodología SAFA evalúa la relación entre las prácticas ganaderas y la conservación del entorno natural. En la CCSPR se han implementado programas de reproducción selectiva en llamas, con registros oficiales que permiten un seguimiento sistemático de los reproductores (Radolf *et al.*, 2022). Esta práctica refleja la capacidad del sistema para conservar los recursos naturales y genéticos a largo plazo, no solo con fines productivos, sino también como una estrategia de preservación de la biodiversidad local. La sostenibilidad, entendida a través de la biodiversidad, se manifiesta en el mantenimiento de una base genética adaptada a las condiciones de la puna, lo que fortalece la resiliencia del sistema frente a enfermedades, variabilidad climática y otras perturbaciones ambientales.

Respecto al bienestar animal, la crianza de llamas, como práctica tradicional adaptada al ecosistema andino, favorece el equilibrio del paisaje y el uso sostenible de los recursos naturales (Rodríguez *et al.*, 2023). Esta visión es compartida por la comunidad, que reconoce en esta actividad una forma de vida saludable y culturalmente integrada (Luque, 2021).

En cuanto a la gestión de suelos y recursos hídricos, pese a una conciencia ambiental limitada, se observan avances en infraestructura y manejo de pastos, que han mejorado la calidad del agua y favorecido la recuperación de pastizales mediante el pastoreo rotativo (Rojo *et al.*, 2023). Aunque el suelo presenta restricciones naturales y signos de degradación (Zarria, 2015), las bajas tasas de mortalidad y la escasa incidencia de enfermedades en los rebaños evidencian condiciones favorables para los animales (Gebregeziabhear & Ameha, 2015; Pizarro, 2017).

En el ámbito sanitario, persisten deficiencias importantes: la falta de sistemas de alcantarillado, una gestión inadecuada de aguas residuales (Luque, 2021) y el uso de tecnologías rudimentarias como silos y fosas

sépticas generan riesgos ambientales y sanitarios (Thornton & Gerber, 2010; Barrantes & Flores, 2013).

Un aspecto crítico es la ausencia de estrategias para mitigar emisiones. La percepción errónea de que la crianza de llamas es ambientalmente inocua ha impedido adoptar medidas de reducción de emisiones (Sarapura-Escobar & Hoddy, 2022), situación agravada por la falta de financiamiento para implementar tecnologías más limpias (Luque, 2021). Esta omisión compromete la sostenibilidad climática del sistema.

Comparativamente, estudios como los de Pérez-Lombardini *et al.* (2021) indican que los mayores puntajes en conservación del suelo y biodiversidad se obtienen en sistemas agrosilvopastoriles con baja fragmentación del hábitat. Por el contrario, el uso intensivo de agroquímicos y la ausencia de planes de conservación reducen significativamente la calificación SAFA. En los temas de atmósfera y agua, los puntajes mejoran cuando se minimiza el uso de maquinaria, se controlan las emisiones y se establecen metas claras para reducir la contaminación o mejorar la eficiencia hídrica. Asimismo, en bienestar animal, los sistemas extensivos con manejo tradicional y prácticas sostenibles obtienen mejores valoraciones (Gayatri & Vaarst, 2020).

Dimensión resiliencia económica

La dimensión de resiliencia económica, según SAFA, evalúa la capacidad del sistema ganadero para adaptarse y recuperarse frente a crisis económicas, fluctuaciones del mercado y condiciones adversas, garantizando su viabilidad a largo plazo. En el caso de la CCSPR, esta resiliencia se refleja en el acceso de socios y trabajadores a oportunidades de desarrollo profesional (capacitaciones, ascensos) y en beneficios sociales como créditos internos y préstamos de animales (Luque, 2021). Estos aspectos se complementan con la formalización laboral, la cobertura de seguros y la protección de derechos, fortaleciendo la estabilidad socioeconómica del sistema.

La estrategia productiva de la cooperativa se basa en la diversificación ganadera (llamas, alpacas, ovinos y vacunos), lo que permite amortiguar variaciones en la oferta y demanda, así como caídas en los precios del mercado, manteniendo una base económica estable (Radolf *et al.*, 2022). Esta diversificación, junto con la capacidad de ajustar ventas y liquidez en contextos adversos (Luque, 2021), la participación en ferias regionales y una clientela estable, refuerza su adaptabilidad (Radolf, 2014).

Los ingresos generados por la crianza de llamas provienen exclusivamente de la venta de animales vivos y reproductores, sin aprovechar el potencial comercial de la carne o la fibra (Radolf, 2014; Carpio, 2015; Lavy, 2016). En cambio, los ingresos derivados de la venta de fibra de alpaca son reinvertidos en proyectos comunitarios como la adquisición de reproductores, siembra de pastos, infraestructura

hídrica, investigación y educación (Pizarro, 2017; Luque, 2021). Esta lógica de reinversión colectiva evidencia una gestión orientada a la sostenibilidad económica y social del sistema.

Estudios previos confirman que los mejores puntajes en resiliencia económica bajo SAFA se asocian a la existencia de registros contables, planificación financiera y uso de insumos locales (De Olde *et al.*, 2016; Rivera-Huerta *et al.*, 2020). En el subdimensión economía local, las calificaciones mejoran cuando se priorizan mercados e insumos de origen local. Asimismo, la inversión social en comunidades y trabajadores contribuye significativamente a mejorar los indicadores. En cuanto a vulnerabilidad, la diversificación productiva y la presencia en mercados regionales fortalecen la capacidad de respuesta ante crisis. Finalmente, en calidad e información del producto, los mejores resultados se vinculan con una trazabilidad eficiente y un manejo sanitario adecuado, elementos aún limitados en el caso de la CCSPR.

Dimensión bienestar social

La dimensión de bienestar social en la metodología SAFA examina cómo las condiciones sociales fortalecen la resiliencia y la sostenibilidad del sistema ganadero, promoviendo un desarrollo justo e inclusivo. En la CCSPR, garantizar medios de vida dignos ha sido un eje prioritario. Aunque los salarios son bajos y la crianza de llamas exige una alta dedicación temporal, la cooperativa proporciona oportunidades de ascenso, formación continua y beneficios como créditos comunitarios y seguros de salud, lo que fortalece la seguridad socioeconómica de sus integrantes (Luque, 2021). Además, socios y trabajadores reconocen que esta actividad refuerza la identidad cultural y preserva prácticas ancestrales andinas (Rodríguez *et al.*, 2023).

Respecto a derechos laborales y equidad, SAFA identifica tanto avances como desafíos. Entre los aspectos positivos destacan la contratación formal, el acceso a seguridad social, jornadas laborales reguladas y la participación en espacios de decisión colectiva. No obstante, se mantiene la presencia de trabajo infantil en labores pastoriles, aunque sin impacto negativo en la escolarización (Luque, 2021). Pese a la prevalencia de roles masculinos en el campo, la gobernanza participativa y la toma de decisiones colaborativa han favorecido el avance hacia la equidad de género (Candio & Gutiérrez, 2021). Este enfoque coincide con otras investigaciones en comunidades campesinas, donde la dimensión social es clave para la sostenibilidad territorial (Radolf, 2014).

A nivel global, los estudios sobre la aplicación de SAFA indican que los mayores puntajes en medios de vida dignos se logran cuando existen salarios adecuados y oportunidades de capacitación. En seguridad, salud humana y derechos laborales, las mejores evaluaciones se asocian con condiciones laborales dignas y acceso a servicios médicos. La

dimensión de “Equidad” mejora significativamente cuando se promueve un trato justo e inclusivo hacia grupos vulnerables. En *diversidad cultural*, la mayoría de los sistemas ganaderos evaluados obtuvo puntajes altos al respetar y valorar las tradiciones locales (Gayatri & Vaarst, 2020).

Sin embargo, a pesar de sus beneficios analíticos, el marco SAFA presenta limitaciones para su aplicación en contextos rurales. Su complejidad técnica, los costos asociados y la necesidad de capacidades especializadas restringen su adopción entre pequeños productores (FAO, 2014). En adición, la recolección sistemática de datos y la falta de adecuación del enfoque a sistemas ganaderos especializados constituyen barreras adicionales para su implementación eficaz (Gayatri *et al.*, 2016; Leknoi *et al.*, 2023).

Conclusiones

La evaluación de la sostenibilidad de la producción de llamas en la Cooperativa Comunal San Pedro de Racco (CCSPR), mediante el marco metodológico SAFA, evidenció que el sistema presenta importantes fortalezas en tres dimensiones: **resiliencia económica**, sustentada en la diversificación productiva y el aprovechamiento de servicios ecosistémicos; **bienestar social**, vinculado a la cohesión comunitaria y la revalorización de prácticas ancestrales; e **integridad ambiental**, destacando el manejo sostenible de los pastizales altoandinos y la conservación de la biodiversidad local. Sin embargo, en la dimensión de **gobernanza**, se identificaron limitaciones críticas relacionadas con la débil rendición de cuentas, la falta de planificación estratégica y la escasa gestión contable, lo cual compromete la sostenibilidad integral del sistema. Estos hallazgos evidenciaron que la sostenibilidad del sistema ganadero requiere una institucionalidad fortalecida y procesos de gestión más profesionalizados. A pesar de las limitaciones en la recolección de datos, fue posible adaptar varios indicadores para su uso en la evaluación, mientras que aquellos que no pudieron aplicarse deberán ser ajustados en futuras revisiones. Además, el marco presenta limitaciones significativas, debido a que no logra captar la complejidad sociocultural ni la diversidad organizativa de la cooperativa comunal, y su implementación requiere capacidades técnicas y de gestión que aún son limitadas en este contexto.

Literatura citada

Barlow M. 2006. Protección del agua: diez principios. POLIS Revista latinoamericana, 5(14): 1-8. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30551404>.

Barrantes C.A. & Flores E.R. 2013. Estimando la disposición a pagar por la conservación de los pastizales alto andinos. Ecología Aplicada, 12(1-2): 91-97. DOI: <https://doi.org/10.21704/rea.v12i1-2.442>.

Cammarata M., Timpanaro G. & Scuderi A. 2021. Assessing Sustainability of Organic Livestock Farming in Sicily: A Case Study Using the FAO SAFA Framework. Agriculture, 11(3): 274. DOI: [10.3390/agriculture11030274](https://doi.org/10.3390/agriculture11030274).

Candío J.R. & Gutiérrez G.A. 2021. objetivos de selección para la crianza de alpacas huacaya bajo dos escenarios económicos en la sierra central del Perú. Ecología Aplicada, 20(2): 113-125. <https://doi.org/10.21704/rea.v20i2.1802>.

Carpio G.A. 2015. Propiedades tecnológicas de la carne de llama (*Lama glama*) marinada con cloruro sódico y fosfatos sometidas a congelación y descongelación. Tesis Ing. en Industrias Alimentarias. Universidad nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1793>.

Cartín-Rojas A. 2013. Trazabilidad, salud pública veterinaria y seguridad alimentaria: un enfoque integral. Revista de investigaciones veterinarias del Perú, 24(3): 316-323. <https://doi.org/10.15381/rivep.v24i3.2580>.

De Olde E.M., Oudshoorn F. W., Sørensen C. A., Bokkers E. A., & De Boer I. J. (2016). Assessing sustainability at farm-level: Lessons learned from a comparison of tools in practice. Ecological Indicators, 66: 391-404. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.047>.

FAO. 1989. Sustainable Development and Natural Resources Management. Twenty-Fifth Conference, Sesión 25. Paper C 89/2 - Sup. 2. 11-30 November 1989. Rome, Italy. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/z4961en>.

FAO. 2014. SAFA: Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems. Guidelines. Version 3.0. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Rome, Italy. <https://www.fao.org/3/i3957e/i3957e.pdf>.

Flores E.R., Ñaupari J.A. & Tacuna R.E. 2015. La economía del cambio climático en el Perú: Ganadería altoandina. *Diseminado en: CEPAL & BID Perú a 2100: La Economía del Cambio Climático en el Perú*. Síntesis. Primera edición. CEPAL / NACIONES UNIDAS y BID. Washington DC, USA. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/2eb4c778-4761-4972-b9b3-8d21f8a2f334/content>.

Gayatri S. & Vaarst M. 2020. Indonesian smallholder beef producers' perception of sustainability and their reactions to the results of an assessment using the sustainability assessment of food and agriculture system (SAFA)-a case study based on focus group discussions. J. Indonesian Trop. Anim. Agric. 45(1):58-68. DOI: [10.14710/jitaa.45.1.58-68](https://doi.org/10.14710/jitaa.45.1.58-68).

Gayatri S., Gasso-tortajada V. & Vaarst M. 2016. Assessing Sustainability of Smallholder Beef Cattle Farming in Indonesia: A Case Study Using the FAO SAFA Framework. Journal of Sustainable Development, 9(3), 236-247. <https://doi.org/10.5539/jsd.v9n3p236>.

Gebregeziabhear E. & Ameha N. 2015. The Effect of Stress on Productivity of Animals:A Review. Journal of Biology, Agriculture and Healthcare, 5(3): 165-172. <https://core.ac.uk/download/pdf/234660688.pdf>.

- Gómez A.L. 2019. Caracterización de la carne de llama (*Lama glama*) procedente de Marcapomacocha (Junín). Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4025>.
- Hanisch A.L., Negrelle R.R.B., Bonatto R.A., Nimmo E.R. & Biscaia A.E. 2019. Evaluating Sustainability in Traditional Silvopastoral Systems (caívas): Looking Beyond the Impact of Animals on Biodiversity. *Sustainability*, 11(11): 3098. <https://doi.org/10.3390/su11113098>.
- Josse C., Cuesta F., Navarro G., Barrera V., Cabrera E., Chacón-Moreno E., Ferreira W., Peralvo M., Saito J. & Tovar A. 2009. Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Secretaría General de la Comunidad Andina. Programa Regional ECOBONA-Intercooperation, CONDESAN-Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, NatureServe, IAvH, LTA-UNALM, ICAE-ULA, CDC-UNALM, RUMBOL SRL. Lima. https://condesan.org/wp-content/uploads/2021/05/atlasandesnortecentromemoriaticecnica_Optimized.pdf.
- Lavy A.G. 2016. Utilización de carne de Llama (*Lama glama*) y harina de Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) en butifarra dulce. Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2653>.
- Leknoi U., Rosset P. & Likitlersuang S. 2023. Multi-criteria social sustainability assessment of highland maize monoculture in Northern Thailand using the SAFA tool. *Resources, Environment and Sustainability*, 13: 100115. <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2023.100115>.
- Luque D.J. 2021. Sostenibilidad de la crianza de llamas en la Cooperativa Comunal San Pedro de Racco, Pasco – Perú. Tesis Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5366>.
- Niloofer P., Lazarova-Molnar S., Thumba D. A. & Shahin K. I. 2023. A conceptual framework for holistic assessment of decision support systems for sustainable livestock farming. *Ecological Indicators*, 155, 111029. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111029>.
- Parra R., Tucuch J., Amaya A. & Franco J. 2024. Modelos de producción sostenible a partir del aprovechamiento de bovinos criollos y abejas melíferas en Bolívar, Boyacá y Cundinamarca. Informe de Investigación. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Colombia. Disponible en: <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/6018>.
- Paul B.K., Butterbach-Bahl K., Notenbaert A., Nduah Nderi A. & Ericksen P. 2020. Sustainable livestock development in low- and middle-income countries: shedding light on evidence-based solutions. *Environmental Research Letters*, 16(1): 011001. [10.1088/1748-9326/abc278](https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc278).
- Pena J.B. 2004. Desarrollo sostenible y bienestar social: Una referencia a la comunidad de Galicia. *Revista Galega de Economía*, 13(1-2): 1-16. <http://hdl.handle.net/10347/19377>.
- Pérez-Lombardini F., Mancera K.F., Suzán G., Campo J., Solorio J. & Galindo F. 2021. Assessing Sustainability in Cattle Silvopastoral Systems in the Mexican Tropics Using the SAFA Framework. *Animals*, 11(1): 109. <https://doi.org/10.3390/ani11010109>.
- Pizarro D.M. 2017. Modelo de dinámica de sistemas para la adaptación al cambio climático de la ganadería altoandina. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Producción Animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3031>. <https://tinyurl.com/rEA-UNALM-9>.
- Pope J., Annandale D. & Morrison-Saunders A. 2004. Conceptualising sustainability assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 24(6): 595-616. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2004.03.001>.
- Radolf M. 2014. Livelihood and production strategies of smallholder livestock keepers in the Central Peruvian Andes. Master Thesis. University of Natural Resources and Life Sciences Vienna. Vienna.
- Radolf M., Wurzinger M. & Gutiérrez G. 2022. Livelihood and production strategies of livestock keepers and their perceptions on climate change in the Central Peruvian Andes. *Small Ruminant Research*, 215: 106763. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106763>.
- Rivera-Huerta A., Pérez-Lombardini F., Maldonado F. G., Lozano M. D. L. S. R., & Güereca L. P. 2020. Comparative assessment of two tools for evaluating livestock sustainability: in the Mexican context. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(3). DOI: <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.2871>.
- Rodríguez A.D., Newman T., Dearstyne K.R. & Cleland-Huang J. 2023. SAFA: A Tool for Supporting Safety Analysis in Evolving Software Systems. In: Proceedings of the 37th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE '22), October 10–14, 2022, Rochester, MI, USA. ACM, New York, NY, USA. Article No.: 165. <https://doi.org/10.1145/3551349.3559535>.
- Rojo V., Momo F.R., Arzamendia Y., Baldo J.L. & Vilá B.L. 2023. Sustainability of Animal Stocks in Traditional Pastoral Systems of the High-Altitude Andean Altiplano. *Rangeland Ecology & Management*, 90: 195-207. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2023.05.002>.
- Sarapura-Escobar S. & Hoddy E.T. 2022. Safeguarding the land to secure food in the highlands of Peru: The case of Andean peasant producers. *Front. Sustain. Food Syst.*, 6: 787600. DOI: 10.3389/fsufs.2022.787600.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). 2021. Precipitación total anual, según departamento. Consultado en Mayo de 2021 de: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorológicos>.
- Silva J. M. 2024. Evaluación de la sostenibilidad en la Hacienda ganadera Verona localizada en el Municipio de Zambrano-Bolívar. Tesis Médico Veterinario Zootecnista. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Colombia. Consultado en 21 Mayo 2025. Disponible en: <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/5658>.
- Talukder B. & Blay-Palmer, A. 2017. Comparison of methods to assess agricultural sustainability. *Sustainable agriculture reviews*, 149-168. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-58679-3_5.

- Thornton P.K. & Gerber P.J. 2010. Climate change and the growth of the livestock sector in developing countries. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Changes*, 15(2): 169-184. <https://doi.org/10.1007/s11027-009-9210-9>.
- Wolfinger B. 2012. Characterisation of the production system of llamas and description of breeding strategies of smallholders in the Central Peruvian Andes. Master Thesis on Livestock Sciences. University of Natural Resources and Life Sciences Vienna. Vienna. <https://resolver.obvsg.at/urn:nbn:at:at-ubbw:1-10746>.
- Zarria M.R. 2015. Inventario y estrategias de mejora de los pastizales de los sistemas de producción de alpacas en la Sierra Central. Tesis para optar el Título de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2080>.

Tabla 1. Resultados de la evaluación SAFA: temas, subtemas e indicadores de las dimensiones de buena gobernanza, medio ambiente, resiliencia económica y bienestar social.

Dimensión	Tema	Objetivo	Subtema	Puntaje	Indicador	Valoración
Buena Gobernanza	a) Ética corporativa	Evaluar el nivel de adopción del concepto de sostenibilidad por parte de la cooperativa.	Estado de la misión	3	Misión explícita	Limitado
			Debida diligencia	3	Actividad impulsada por la misión	Limitado
	b) Rendición de cuentas	Describir los mecanismos para la divulgación de acciones, estrategias y rendimiento de sostenibilidad a toda la organización.	Auditorías holísticas	3	Debida diligencia	Limitado
	c) Participación		Valorar la importancia de acercarse a las partes interesadas y garantizar que sean involucradas en la toma de decisiones	Diálogo con partes interesadas	2	Auditorías holísticas
		Identificación de partes interesadas			Bueno	
		Compromiso de partes interesadas			Bueno	
	d) Estado de derecho	Analizar la protección de los derechos individuales y colectivos	Legitimidad de las normas	3	Barreras al compromiso	Crítico
				2	Participación efectiva	Regular
	e) Gestión holística	Evaluar la mejora continua del medio ambiente, la resiliencia económica, el bienestar social y la buena gobernanza	Apropiación de recursos	2	Legitimidad	Regular
				3	Consentimiento libre e informado	Crítico
Medio Ambiente	a) Atmósfera	Valorar la integridad y preservación del aire limpio.	Plan de gestión holística	3	Derechos de propiedad	Regular
				3	Plan de gestión sostenible	Crítico
	b) Agua	Desarrollar actividades sin perjuicio del funcionamiento de los ciclos naturales del agua	Gases de efecto invernadero (GEI)	3	Objetivo de reducción de GEI	Crítico
				2	Prácticas de mitigación GEI	Limitado
	c) Tierra	Estudiar las prácticas de Conservación y manejo de los suelos	Extracción de agua	3	Objetivo conservación agua	Crítico
				2	Prácticas conservación agua	Bueno
	d) Biodiversidad	Analizar la variedad de animales, plantas y microorganismos que son necesarios para sostener las funciones, procesos y estructura del agroecosistema	Calidad de agua	2	Objetivo agua limpia	Crítico
				3	Prevención contaminac. Agua	Limitado
	e) Bienestar animal	Priorizar el bienestar físico y psicológico de los animales	Degradación del suelo	2	Prácticas mejora suelos	Bueno
				3	Estructura física del suelo	Limitado
e) Bienestar animal	Priorizar el bienestar físico y psicológico de los animales	Diversidad genética	3	Calidad química del suelo	Limitado	
			3	Calidad biológica del suelo	Limitado	
e) Bienestar animal	Priorizar el bienestar físico y psicológico de los animales	Salud animal	3	Materia orgánica del suelo	Limitado	
			3	Plan de conservac. y rehab.	Regular	
e) Bienestar animal	Priorizar el bienestar físico y psicológico de los animales	Libre de estrés	3	Prácticas de conservac. y rehab.	Bueno	
			3	Prácticas de mejora de la diversidad genética silvestre	Bueno	
e) Bienestar animal	Priorizar el bienestar físico y psicológico de los animales	Libre de estrés	3	Conservación in situ de la agrodiversidad	Excelente	
			3	Variedad y razas adaptadas localmente	Excelente	
e) Bienestar animal	Priorizar el bienestar físico y psicológico de los animales	Libre de estrés	3	Conservación de semillas y razas	Regular	
			3	Prácticas de salud animal	Bueno	
e) Bienestar animal	Priorizar el bienestar físico y psicológico de los animales	Libre de estrés	3	Salud animal	Excelente	
			3	Prácticas de manejo humanitario en animales	Excelente	
e) Bienestar animal	Priorizar el bienestar físico y psicológico de los animales	Libre de estrés	3	Crianza adecuada	Excelente	
			3	Crianza adecuada	Excelente	

REUTILIZACIÓN DE BAÑOS DE CROMO Y SU IMPACTO EN EL CUERO

Enero - Julio 2025

Dimensión	Tema	Objetivo	Subtema	Puntaje	Indicador	Valoración
Resiliencia Económica	a) Inversión	Describir las inversiones realizadas para mejorar sus resultados en materia de sostenibilidad	Inversión interna	3	Libre de estrés Inversión interna	Bueno Bueno
			Inversión comunitaria	3	Inversión comunitaria	Excelente
			Inversión a largo plazo	3	Rentabilidad a largo plazo Plan de negocios	Regular Regular
			Rentabilidad financiera	3	Ingresos netos Costo de producción Determinación del precio	Regular Crítico Crítico
	b) Vulnerabilidad	Evaluar la exposición a la incertidumbre y la capacidad de los individuos de prevenir, mitigar o hacer frente a riesgos de diversa índole	Estabilidad de la producción	2	Garantía de los niveles de producción Diversificación de productos	Limitado Bueno
			Estabilidad de mercado	3	Estabilidad del mercado	Bueno
			Liquidez frente a riesgos	3	Flujo de caja neto Redes de seguridad	Regular Limitado
			Gestión de riesgos	3	Gestión de riesgos	Bueno
	c) Calidad del producto e información	Caracterizar los productos generados a fin de satisfacer las necesidades declaradas o implícitas	Información del producto	1	Etiquetado del producto Sistema de trazabilidad Producción verificada	Crítico Regular Crítico
	d) Economía local	Contribución de las actividades de la empresa a la economía local, en términos de empleo e impuestos locales y adquisición de recursos locales	Creación de valor	3	Fuerza laboral regional Compromiso fiscal	Excelente Excelente
	Bienestar Social	a) Sustento digno	Describir las necesidades básicas para mantener un nivel de vida seguro y decente dentro de la comunidad, así como la capacidad de ahorro para satisfacer futuras necesidades	Calidad de vida	3	Derecho a calidad de vida Nivel salarial
Desarrollo de capacidades				3	Desarrollo de capacidades	Excelente
Acceso equitativo a medios de producción				3	Acceso equitativo a medios de producción	Bueno
b) Derechos laborales		Conjunto de derecho legales y humanos que tienen que ver con las relaciones laborales entre trabajadores y empleados	Relaciones laborales	3	Relaciones laborales	Excelente
			Labores forzadas	3	Trabajo forzoso	Excelente
			Trabajo infantil	3	Trabajo infantil	Regular
			Libertad de asociación y negociación	3	Libertad de asociación y negociación	Bueno
c) Equidad		Valorar el grado de justicia e inclusión con el que se distribuyen los recursos, se ofrecen oportunidades y se toman decisiones	Discriminación	3	No discriminación	Bueno
			Igualdad de género	3	Igualdad de género	Excelente
d) Seguridad y salud humana	Promoción y mantenimiento del bienestar físico, mental y social de los trabajadores	Seguridad en el ambiente laboral	3	Capacitaciones en seguridad y salud Seguridad en el lugar de trabajo, las operaciones e instalaciones	Regular Regular	

Dimensión	Tema	Objetivo	Subtema	Puntaje	Indicador	Valoración
					Cobertura de salud y acceso a atención médica	Excelente
	e) Diversidad cultural	Respeto a los derechos de la propiedad intelectual de las comunidades indígenas y la contribución a la soberanía alimentaria en el ámbito local	Salud pública	3	Salud pública	Bueno
			Soberanía alimentaria	3	Soberanía alimentaria	Excelente

¹ Universidad Nacional Agraria La Molina \ Facultad de Zootecnia.

² Autor corresponsal: jcandio@lamolina.edu.pe.

³ University of Natural Resources and Life Sciences, BOKU University.