

# Evaluation of the bioeconomic principles of sustainability in three beef production systems in Loma Bonita, Oaxaca

Antonio Kido-Cruz<sup>1</sup>

César Julio Martínez-Castro<sup>2</sup>

Nicolás Valenzuela-Jiménez<sup>2</sup>

Ma. Teresa Kido-Cruz<sup>2\*</sup>

## Abstract

Oaxaca is one of the states belonging to Mexico that has the greatest biodiversity, because here, we can practically find all the ecosystems available within the Mexican territory. However, it does not evade the environmental degradation produced by economic activities. 25 % of the rural land with potential area for livestock of 2.8 million hectares is aimed at the livestock activity in the state of Oaxaca, and it has 1-4 million hectares of grasslands with a state inventory of 1.67 million bovine animals, (SIAP 2020). Although it represents an important source of income, it is also associated with problems of deforestation, soil deterioration, loss of ecosystem and biodiversity. In order to have elements that could contribute to the resource protection, the purpose was to identify the degree of sustainability of three livestock production systems measured with the barometer of sustainability and some principles of bioeconomy. Limitations are present in the number of indicators that were adapted to the livestock activity.

**Keywords:** Bioeconomy, eattle, production systems.

## Evaluación de los principios bioeconómicos de sustentabilidad en tres sistemas de producción bovina en Loma Bonita, Oaxaca

## Resumen

Oaxaca es uno de los estados de la República Mexicana que cuenta con mayor biodiversidad, ya que en él se encuentran prácticamente todos los ecosistemas presentes en el territorio mexicano. Sin embargo, éste no escapa a la degradación ambiental producida por las actividades económicas. La actividad pecuaria en el estado de Oaxaca ocupa el 25 % del uso del suelo rural, con una superficie potencial para la ganadería de 2.8 millones de hectáreas y dispone de 1-4 millones de hectáreas de praderas con un inventario estatal de 1.67 millones de bovinos, (SIAP 2020). Aunque representa una fuente de ingresos importante, también se asocia a problemas de deforestación, deterioro de suelos, pérdida de ecosistemas y de biodiversidad. Con el objeto de contar con elementos que puedan coadyuvar a la protección de los recursos, el objetivo fue identificar el grado de sustentabilidad de tres sistemas de producción pecuaria, medida a partir del barómetro de sustentabilidad y algunos principios de la bioeconomía. Los resultados clasifican a dos de los sistemas con sustentabilidad media y al otro como aceptable, con potencial para la implementación de un modelo bioeconómico. Las limitaciones se presentan en el número de indicadores que fue posible ajustar a la actividad ganadera.

**Palabras clave:** Bioeconomía, bovinos, sistemas de producción

<sup>1</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Avenida Francisco J. Múgica s/n, Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán. C. P. 58030. México.

<sup>2</sup>Universidad del Papaloapan, Ave. Ferrocarril s/n, Loma Bonita, Oaxaca. C. P. 68400. México

\*Corresponding author: terekido@hotmail.com Tel: 281 8729230 ORCID ID: 0000-0003-2306-910X

## Introduction

In Mexico, beef farming represents the most extended agricultural activity across the entire territory, consequently, it has a great economic, social and environmental relevance (Reyes-Castillo, 2014). In this sense, tropical (wet and dry) regions are considered the ones with the highest potential to develop livestock activities due to their capacity to support a greater animal stock per hectare, compared to the arid and warm zones (Álvarez-Amador and Cruz-Pastora, 2017). González (2015) highlights three key aspects about the tropical regions in Mexico: 1) they represent about 56 million hectares of the territory; 2) they produce approximately 80 % of the rainfed fodder production for grazing in the country, with potential to increase the production; 3) there are more than 500 thousand production units in which 60 % of grazing cattle breeding stock in the country is concentrated.

The state of Oaxaca has a potential area for livestock of 2.8 million hectares, which represents 25 % of the use of rural land. The state inventory in 2029 was of 1.8 million bovine animals, this milky herd generates 1.3 % of the national milk production, positioning it as the producer number 13 in the national ranking (SIAP, 2020). 38 % of the municipal area is aimed at livestock activities.

According to numbers of 2011 from the INEGI, the economically active population of the municipality of Loma Bonita amounts to 15 921 people, of which 28 % work in the primary sector.

Beef farming in tropical regions is related to the destruction of wide areas with vegetation, damage to biodiversity and changes in the ecological balance (Halffter, 2018). In the locality of Loma Bonita, Oaxaca, notable deterioration processes of natural resources are seen, among them, erosion, deforestation and loss of biodiversity highlight. This increases due to the improper oils management, which can generate accelerated soil erosion processes and, consequently, a decreased livestock receptivity (Armenteras and Villa, 2006).

This research aims at evaluating three beef production systems differentiated in terms of area, number of heads and technology, using economic and social environmental indicators in Loma Bonita, Oaxaca.

## Introducción

En México, la ganadería bovina representa la actividad agropecuaria más extendida a lo largo y ancho del territorio, por lo que tiene gran importancia económica, social y ambiental (Reyes-Castillo, 2014). En este sentido, las regiones tropicales (húmeda y seca) se consideran las de mayor potencial para el desarrollo de actividades pecuarias por su capacidad para mantener una mayor carga animal por hectárea, en comparación con las zonas templadas y áridas. (Álvarez-Amador y Cruz-Pastora, 2017). González (2015), resalta tres aspectos fundamentales sobre las regiones tropicales en México: 1) representan alrededor de 56 millones de hectáreas de su territorio; 2) producen aproximadamente el 80 % del forraje de temporal para pastoreo del país, con potencial para aumentar su producción; 3) existen más de 500 mil unidades de producción en las que se concentra cerca del 60 % del pie de cría de bovinos en pastoreo del país.

El estado de Oaxaca cuenta con una superficie potencial para la ganadería de 2.8 millones de hectáreas, lo que representa el 25 % del uso del suelo rural, convirtiéndose así, en la segunda actividad agropecuaria más importante. El inventario estatal en 2019 era de 1.8 millones de bovinos, este ato genera el 1.3 % de la producción nacional de leche posicionándolo como el productor número 13 en el ranking nacional (SIAP, 2020). El 38 % de la superficie municipal se dedica a las actividades pecuarias.

De acuerdo con cifras del 2011 del INEGI, la población económicamente activa del municipio de Loma Bonita asciende a 15 921 personas, de las cuales el 28 % se encuentra ocupada en el sector primario.

La ganadería bovina en las regiones tropicales se asocia con la destrucción de amplias zonas con vegetación, el daño a la biodiversidad y cambios en el equilibrio ecológico (Halffter, 2018). En la localidad de Loma Bonita, Oaxaca, se observan marcados procesos de deterioro de los recursos naturales, entre los que se destacan la erosión, la deforestación y la pérdida de la biodiversidad. Esto se ve acrecentado por el manejo no adecuado de los potreros, mismo que puede generar procesos de erosión acelerada del suelo y, consecuentemente, una disminución de la receptividad ganadera (Armenteras y Villa, 2006).

## Methodological approach

### *Case study*

Case studies have been a highly effective methodological tool in research in the field of social Sciences and have played a key role in monitoring and diagnosis of remarkably diverse situations and problems.

Among the case studies that have specifically addressed sustainability events in Mexico, we highlight the studies developed by Hernández-Valenzuela et al. (2006), Espinoza-Najera et al. (2012) and Ku-Vera et al. (2015). Since in this research we were particularly interested in the comparison of three farming systems in terms of sustainability, the theoretical contrast has been chosen based on sustainability indicators adapted to the study area, applied to well-differentiated production systems: 1) the traditional extensive productive system, paddocks with native grasses, with perimeter fences, with poor animal health and genetic management, 2) semi-intensive system with electric fences, with improved grass pastures, cattle handling corrals with chute and, 3) the improved intensive system that also uses nutritional supplements, animal health management and genetic improvement with artificial insemination or using direct mating with stallions of good genetic quality. The predominant type of cattle in this humid tropic region is the Zebu with Brown Swiss and to a lesser degree, Zebu with Holstein Friesian or Simmental.

### *Analysis unit*

The analysis unit was the Livestock Production Unit (LPU) differentiated by the area size, number of heads and level of technology. The research was developed in the municipality of Loma Bonita, Oaxaca and, the methods for the information collection were: participatory observation, in-depth interviews and direct approaches with all the agents that are part of the production process in each of the units, they were sought not only in their workplace, but also visited in their private homes, in such a way that the same source could be consulted as many times as necessary to obtain all the information on the indicators of this study. The data collection instruments were field journals, surveys, semi-

La presente investigación tiene como objetivo evaluar tres sistemas de producción bovina diferenciados en términos de superficie, número de cabezas y tecnología, utilizando indicadores de carácter ambiental económico y social en Loma Bonita, Oaxaca.

## Enfoque metodológico

### *Estudio de caso*

Los estudios de caso han sido una herramienta metodológica muy eficaz en las investigaciones del ámbito de las ciencias sociales y han jugado un papel relevante en el monitoreo y diagnóstico de muy diversas situaciones y problemáticas.

Entre los estudios de caso que han abordado específicamente sucesos de sustentabilidad en México, podemos destacar los estudios de: Hernández-Valenzuela et al. (2006), Espinoza-Najera et al. (2012) y Ku-Vera et al. (2015). Dado que en la presente investigación nos interesaba particularmente la comparación de tres sistemas ganaderos en términos de sustentabilidad, se ha optado por la contrastación teórica a partir de los indicadores de sustentabilidad adaptados a la zona de estudio, aplicados a sistemas de producción bien diferenciados: 1) el sistema productivo extensivo tradicional, potreros con pastos nativos, con cercos perimetrales con un manejo zoonosanitario y genético pobre, 2) sistema semi-intensivo utilizando cerco eléctrico, con praderas de pasto mejorado, corrales de manejo con manga y, 3) el sistema intensivo mejorado que además utiliza suplementos alimenticios, manejo zoonosanitario y mejoramiento genético con inseminación artificial o utilizando monta directa con sementales de buena calidad genética. El tipo de ganado que predomina en esta región del trópico húmedo es el Cebú con Pardo Suizo y en menor proporción; Cebú con Holstein o Simmental.

### *Unidad de análisis*

La unidad de análisis seleccionada fue la Unidad de Producción Pecuaria (UPP) diferenciada por la magnitud de su superficie, el número de cabezas y el grado de tecnificación. La investigación se llevó a cabo en el municipio de Loma Bonita, Oaxaca y,

structured interviews, photographs and videos of the zone. The study period covered the year 2020.

#### *Criteria, indicators and variables*

In 2016, the International Sustainable Bioeconomy Working Group of the FAO obtained 69 criteria of social, economic and environmental impact from a literature review to measure bioeconomic sustainability (Table 1). They were based on 10 principles in which the sustainable economy has its basis: 1) To contribute to the food security and nutrition at all levels; 2) To guarantee conservation, protection and restoration of natural resources; 3) To support the competitive and inclusive economic growth; 4) To generate healthy communities with greater social and environmental resilience; 5) Greater efficiency in the use of resources and biomass; 6) To implement responsible and effective government mechanisms; 7) To promote research and innovation from the good use of knowledge and technology; 8) To seek the sustainable trade and good market practices; 9) To address the social needs and foster the responsible consumption and 10) To promote cooperation and collaboration.

Because the evaluation of this study is developed into three production systems more than in an economic activity, the indicators that could be applied to the bioeconomic sustainability of products were selected, but which also will show differentiation per type of system. A system is ecologically sustainable when the waste of resources used in production is avoided, and also, it minimizes the impact on environmental factors. This dimension was analyzed from three indicators: a) soil quality (loss of soil), b) minimization of losses from the sanitary control minimization and c) biodiversity conservation (existence of wild animals). In the economic dimension, four variables directly related to the monetary impact of the activity were chosen: a) Yield, b) Productivity, c) Jobs generated and d) Link between rural and urban technology from the dependence on external inputs. A system will be socially sustainable if it guarantees a proper quality of life, employment and satisfaction of both workers and owner. This dimension was measured based on a) access to general, mobility, educational and housing

los métodos para la recolección de información fueron: la observación participativa, las entrevistas de profundidad y los acercamientos directos con todos los agentes que forman parte del proceso de producción en cada una de las unidades, se les buscó no solo en el lugar de trabajo, sino que además, se les visitó en los domicilios particulares, de tal manera que una misma fuente pudiera ser consultada las veces que fuesen necesarias para obtener toda la información de los indicadores de este estudio. Los instrumentos de recolección de datos fueron: bitácoras de campo, encuestas, entrevistas semiestructuradas, fotografías y videos del sitio. El periodo de estudio abarcó el año 2020.

#### *Criterios, indicadores y variables*

En 2016, el Grupo de Trabajo Internacional sobre Bioeconomía Sustentable de la FAO, obtuvieron a partir de una revisión de literatura 69 criterios de impacto social, económico y ambiental para medir la sustentabilidad bioeconómica (Cuadro 1). Partieron de 10 principios sobre los cuales se basa la economía sustentable: 1) Contribuir a la seguridad alimentaria y a la nutrición en todos los niveles; 2) Garantizar la conservación, protección y restauración de los recursos naturales; 3) Apoyar el crecimiento económico, competitivo e inclusivo; 4) Generar comunidades saludables con mayor resiliencia social y ambiental; 5) Mayor eficiencia en el uso de recursos y biomasa; 6) Implementar mecanismos gubernamentales responsables y efectivos; 7) Promover la investigación e innovación a partir del buen uso del conocimiento y la tecnología; 8) Procurar el comercio sostenible y las buenas prácticas de mercado; 9) Abordar las necesidades de la sociedad y fomentar el consumo responsable y 10) Promover la cooperación y colaboración.

Debido a que la evaluación del presente estudio se realiza en tres sistemas de producción más que en una actividad económica, se seleccionaron los indicadores que pudieran aplicarse a la sustentabilidad bioeconómica de los productos, pero que, además, presentaran diferenciación por tipo de sistema. Un sistema es ecológicamente sustentable cuando se evita el desgaste de los recursos utilizados para la producción y, además, minimiza el impacto

**Table 1. Classification of criteria according to the impact****Cuadro 1. Clasificación de criterios según impacto**

<b>Social</b>	<b>Economic / Económico</b>	<b>Environmental / Ambiental</b>
Food security / Seguridad alimentaria	Biomass production / Producción de biomasa	Terrain for biomass production / Terreno para producción de biomasa
Nutrition / Nutrición	Yield / productivity / Rendimiento / productividad	Biodiversity conservation / Conservación de la biodiversidad
Rights on land / Derecho sobre la tierra	Economic development / Desarrollo económico	Climate change mitigation (emission of carbon and other GHG) / Mitigación del cambio climático (carbono y otras emisiones de GEI)
Rights to other natural resources / Derecho a otros recursos naturales	Employment / Empleo	Adaptation to climate change / Adaptación al cambio climático
Food security / Inocuidad alimentaria	Rural income diversification / Diversificación de ingresos rurales	Water quality / Calidad del agua
Disease prevention / Prevención de enfermedades	Link between rural and urban economy / Vínculos entre la economía rural y urbana	Quantity / use / water efficiency / Cantidad / uso / eficiencia de agua
Human health / Salud humana	Physical infrastructure / Infraestructura física	Change in the use of land / Cambio de uso del suelo
Working conditions / Condiciones de trabajo	Financial stability / Estabilidad financiera	Soil quality / Calidad del suelo
Access to basic services / Acceso a servicios básicos	Coherent policies, regulations in the sector / Políticas coherentes, regulaciones en el sector	Soil quantity / Cantidad de suelo
Energy security / Seguridad energética	Coherent institutional structure / Estructura institucional coherente	Forest quality / Calidad forestal
Equality / Igualdad	Consultation process and participation of all people / Procesos de consulta y participación de todos	Forest quantity / Cantidad de bosque
Gender equality / Igualdad de género	Information transparency / Transparencia de la información	Quality of marine environments / Calidad de los entornos marinos
Inclusiveness / Inclusividad	Evaluation and risk management / Evaluación y gestión de riesgos	Quantity of marine environments / Cantidad de ambientes marinos
Sustainability of urban centers / Sostenibilidad de los centros urbanos	Monitoring systems and accountability / Sistemas de seguimiento y rendición de cuentas	Air quality / Calidad del aire

**Table 1. Classification of criteria according to the impact (cont.).**
**Cuadro 1. Clasificación de criterios según impacto (cont.).**

<b>Social</b>	<b>Economic / Económico</b>	<b>Environmental / Ambiental</b>
Resilience of biomass producers / Resiliencia de los productores de biomasa	Technologies / Tecnologías	Hazardous substances in production and processing / Sustancias peligrosas en producción y procesamiento
Resilience of rural communities / Resiliencia de las comunidades rurales	Knowledge generation / education (high quality) / Generación de conocimiento / educación (de alto nivel)	Resilience of ecosystems / Resiliencia de los ecosistemas
Existing knowledge / Conocimiento existente	Research and innovation / Investigación e innovación	Resource efficiency / Eficiencia de recursos
Capacity development / Desarrollo de capacidades	Net trade in gross biomass / Comercio neto de biomasa bruta	Energy efficiency / Eficiencia energética
International cooperation / Cooperación internacional	Added value of processed biomass / Valor agregado de la biomasa procesada	Waste prevention / Prevención de residuos
	Net trade in processed biomass / Comercio neto de biomasa procesada	Reuse of waste / Reutilización de residuos
	Net trade in biomass-related technologies / Comercio neto de tecnologías relacionadas con la biomasa	Waste and hazardous waste treatment/ Tratamiento de residuos y residuos peligrosos
	Sustainable market practices and trade policy / Prácticas de mercado sostenibles y política comercial	Food losses and waste minimization / Minimización de pérdidas y desperdicios de alimentos
	Sustainable consumption / Consumo sostenible	Reuse or recycling of food waste / Reutilización o reciclaje de residuos alimentarios
	Market mechanisms that influence the supply and demand of food and non- food products / Mecanismos de mercado que influyen en la oferta y demanda de productos alimenticios y no alimenticios	Reduce dependence on non- renewable resources / Reducir la dependencia de recursos no renovables
	Collaboration between private se ctor actors (e.g., license, contract) / Colaboración entre actores del sector privado (por ejemplo, licencia, contrato)	

**Source:** Own elaboration based on data from the FAO (2016)

**Fuente:** Elaboración propia con base en datos de la FAO (2016)

services, b) working conditions, measured based on the satisfaction generated in the farmer and his workers and c) human health services. A breakdown of the dimensions, variables and indicators is shown in Table 2. The statistical analysis was developed with the XLSTATA 2016 software.

Finally, to classify the system, the Barometer of Sustainability by Prescott-Allen (1997) was used, he proposes to assess two axis with different indicators created from a broad range of concerns: health, population, basic needs, erosion, water quality, diversity of species, to mention just a few examples. Each indicator represents a particular view of the reality is measuring and, all of them must be organized and combined in such a way that the user can coherently conclude the effects of system interactions, since otherwise their separate analysis can be very confusing. The great advantage of the barometer is that conclusions are so visible and graphic that anyone can interpret the results. The maximum measure of the indicator with a value judgment considered good at one end of the scale, and the minimum measure classified as bad at the other end, is defined in a performance scale, more importantly, the definition of good and bad yield for each indicator helps to improve the understanding of the sustainable development nature (Ibáñez-Pérez, 2012).

## Results and discussion

### *Description of the Production Units*

*System I.* This land was notable for having an area of 20 ha, with 40 animals for production whose crossbreed consists of Sardo Negro x Brown Swiss, with a livestock density of 2, it has a livestock-agricultural vocation, because it also produces maize. The production in the Unit involves milk, meat, cheeses and the sale of maize per kilogram. The level of technology is low, because people do not have irrigation for their pastures, do not have tractors, do not use concentrates or supplementary feeding, milking is manual.

This type of production system has very simple and improvised facilities, they do not have any specific design and, thus, they are not well defined,

sobre los factores ambientales. Esta dimensión se analizó a partir de tres indicadores; a) calidad de suelo (pérdida del suelo), b) minimización de pérdidas a partir del control sanitario y c) conservación de la biodiversidad (presencia de fauna silvestre). En la dimensión económica, se eligieron cuatro variables que se relacionan directamente con el impacto financiero de la actividad: a) Rendimiento, b) Productividad, c) Empleos generados y d) Vínculo entre la tecnología rural y urbana a partir de la dependencia de insumos externos. Un sistema será socialmente sustentable si garantiza una adecuada calidad de vida, empleo y satisfacción tanto del dueño como de los trabajadores. Esta dimensión se midió con base en: a) acceso a servicios generales, de movilidad, educativos y de vivienda, b) condiciones de trabajo, medida en función de la satisfacción generada en el ganadero y sus trabajadores y c) servicios de salud humana. Un desglose de las dimensiones, variables e indicadores se muestra en el Cuadro 2. El análisis estadístico se realizó con el software XLSTATA 2016.

Finalmente, para la clasificación del sistema se utilizó el Barómetro de la Sustentabilidad de Prescott-Allen (1997) quien propone valorar dos ejes con diferentes indicadores originados a partir de una amplia gama de aspectos: salud, población, necesidades básicas, erosión, calidad de agua, diversidad de especies, por mencionar algunos. Cada indicador representa una visión particular de la realidad que está midiendo y, todos ellos deben encontrarse organizados y combinados de tal forma que el usuario pueda sacar conclusiones coherentes de los efectos de las interacciones de los sistemas, ya que de otra forma su análisis separado puede resultar muy confuso. La gran ventaja del barómetro es que las conclusiones son tan visibles y gráficas que cualquier persona puede interpretar los resultados. En una escala de rendimiento se define la máxima medida del indicador con un juicio de valor considerado como bueno en un extremo de la escala y la mínima medida calificada como mala en el otro extremo, más importante aún, la definición de buen y mal rendimiento para cada indicador ayuda a mejorar la comprensión sobre la naturaleza del desarrollo sostenible (Ibáñez-Pérez, 2012).

**Table 2. Variables and indicators**  
**Cuadro 2. Variables e indicadores**

Dimension / Dimensión	Variable	Equation / Ecuación	Description / Descripción
Environmental / Ambiental	Loss of soil (PS) / Pérdida de suelo (PS)	$PS = \frac{CV + S + PD}{N} * 100$	CV (Vegetative cover), S (Overflow), PD (Bad practices), N (Number of ha) / CV (Cobertura vegetal), S (Sobreflujos), PD (Prácticas defectuosas), N (Núm. de ha)
	Sanitary control (CS) / Control sanitario (CS)	$CS = \frac{n * s}{7} * 100$	n (Represents the number of the 7 tasks developed) <sup>1</sup> , s (compliance %) / n (Representa el número de las 7 labores realizadas) <sup>2</sup> , s (% de cumplimiento)
	Wild animals (FS) / Fauna Silvestre (FS)	$FS = \frac{n}{N} * 100$	n (Presence of species within the Unit) N (Universe) / n (Presencia de especies en la Unidad) N (Universo)
	Jobs Generated (EG) / Empleos Generados (EG)	$EG = \sum x_i$	EG represents the summation of jobs generated per production unit / EG representa la sumatoria de los empleos generados por unidad de producción
	Dependence on external inputs (IE) / Dependencia de insumos externos (IE)	$IE = 1 - \frac{n}{7} * 100$	(n=Number of external input) / (n=Número de insumos externos)
Economic / Económica	Productivity (P) / Productividad (P)	$P = \frac{VA}{VO} * 100$	VA (Value Added), VO (Original Value) / VA (Valor agregado), VO (Valor Original)
	Relation Benefit/Cost (BC) / Relación Beneficio/Costo (BC)	$BC = \frac{\sum_{t=1}^t B_t(1+i)^{-t}}{\sum_{t=1}^t C_t(1+i)^{-t}}$	B <sub>t</sub> (Total Income), C <sub>t</sub> (Total Costs), t (periods) / B <sub>t</sub> (Ingresos Totales), C <sub>t</sub> (Costos Totales), t (periodos)
	Housing characteristics (CV) / Características de la vivienda (CV)	Scale (1-4) / Escala (1-4)	Walls, Floor, Roof, Number of rooms / Paredes, Piso, Techo, Núm. de habitaciones
	Services (S) / Servicios (S)	$S = \sum i_j + h$	i (Service), j (type), h (water) / i (Servicio), j (tipo), h (agua)
	Health service (SS) / Servicios de salud (SS)	Scale (0-4) / Escala (0-4)	Distance and coverage to the health center / Distancia y cobertura al centro de salud
Social	Access to education (AE) / Acceso a la educación (AE)	Scale (0-4) / Escala (0-4)	Distance and attendance of children to the educational center / Distancia y asistencia de menores al centro educativo
	Mobility (M) / Movilidad (M)	Scale (0-4) / Escala (0-4)	Type of transportation / Tipo de transporte
	Level of satisfaction of the staff (ST) / Grado de satisfacción del personal (ST)	Likert 1-5	Average / Promedio
	Level of satisfaction of the farmer (SP) / Grado de satisfacción del productor (SP)	Likert 1-5	MS (5), S (4), N (3), PS (2), I (1)

Source: Own elaboration based on the FAO (2012), Otta et al. (2016), Rots (2020) and specialists from the region.

Fuente: Elaboración propia con base en la FAO (2012), Otta et al. (2016), Rots (2020) y especialistas de la región.

<sup>1</sup>Newborn calf management, Identification, Dehorning, Parasite control program, Vaccinations, Dry cow therapy and Responsible for the health plan.

<sup>2</sup>Manejo del ternero recién nacido, Identificación, Descorne, Programa de control de parásitos, Vacunaciones, Terapia de la vaca seca y Responsable del plan sanitario.



nor assigned for the activities that are going to be carried out during the cattle management, these are built with materials found within the ranch, such as shelves to divide the plots (obtained from the nature), this is, the cattle is managed in a single area, when the recommendation is to have specific areas or facilities.

*System II.* This is a production unit with a territorial extension of 90 ha, there are 60 cows and 107 heads, livestock vocation aimed at producing beef cattle breeding and on a lesser scale at the pig cattle (mainly for self-consumption), there is an interest and effective improvement in grass production in order to maintain its load capacity, in conditions free of extensive grazing systems, also, it uses complementary feeding, especially in dry seasons.

It has tractor to taking care of grass, however, it does not have an irrigation system; the type of milking is mechanical, the facilities are well-designed with a defined structure for each area, as it is needed according to each animal management activity.

*System III.* In this system, livestock activities are focused on the beef production of bulls or meat animals, milk and its derivatives. This production is developed in extensive pasture conditions with improved grass, feeding is complemented with concentrates and supplements that favor the body condition of the animals. This production system allows the reducing pressure on grass consumption, making its recovery and growth possible. The territorial extension is 120 ha, with a total of 250 heads. It has an irrigation system, lawn mower, tractor and mechanical milking, some cows are partially milked, and the remaining milk is consumed by the calves from the udder.

#### *Environmental indicator*

The vegetative cover represents a general indicator of the plant protective effect when it covers the soil near the surface regardless of the type. This factor is found in the three systems, especially in those areas near the higher plants, because in these cases the splash erosion per was detected, in addition, they are the spaces where animals usually lie down to protect themselves from the sun. While the overflow was mainly created in the roads, the path in which animals walk during their movement in

## **Resultados y discusión**

### *Descripción de las Unidades de Producción*

*Sistema I.* Este predio se caracterizó por contar con una extensión de 20 ha, con 40 cabezas en producción cuya crusa consiste en Sardo Negro x Pardo Suizo, con una densidad bovina de 2, tiene una vocación pecuaria-agrícola, ya que también produce maíz. La producción de la Unidad consiste en leche, carne, quesos y venta de maíz por kilogramo. El grado de tecnificación es bajo, puesto que no disponen de riego para sus pastizales, no cuenta con tractor, no utiliza concentrados ni alimentación complementaria, el ordeño es manual.

Este tipo de sistema de producción cuenta con instalaciones muy sencillas y hechizas, no tienen ningún diseño específico y, por lo tanto, no están bien definidas, ni asignadas para las actividades que se van a realizar durante el manejo de los bovinos, éstas están construidas de materiales que se encuentran en el mismo rancho, como son los estantes, para las divisiones de las parcelas (obteniéndolo de la naturaleza), es decir, en una sola área se trabaja el ganado, cuando lo recomendable es contar con instalaciones o áreas específicas.

*Sistema II.* Esta es una unidad de producción con una extensión territorial de 90 ha, cuentan con 60 vientres y 107 cabezas, tiene una vocación pecuaria dedicada a la producción de crías de ganado bovino y en menor escala al ganado porcino (principalmente para autoconsumo), hay un interés y una mejora efectiva en la producción de pastos con el propósito de sostener su capacidad de carga, en condiciones de libre pastoreo extensivo, además, utiliza alimentación complementaria, especialmente en temporada de sequía.

Cuenta con tractor para el cuidado de los pastos, sin embargo, no tiene sistema de riego; el tipo de ordeña que presenta es mecánico, las instalaciones se encuentran bien diseñadas con una estructura definida para cada área, según se vaya ocupando de acuerdo con cada actividad de manejo de los animales.

*Sistema III.* En este sistema, las actividades pecuarias están orientadas a la producción bovina de animales de carne o toretes, leche y sus derivados. Esta producción se realiza en condiciones

the rest, feeding and milking areas. Finally, among the bad practices, ditches, live and dead barriers are observed, most of these practices are not proper for the need to cancel the effect and consequences of the erosion process (Fig. 1).

Regarding the health plan, seven control activities managed in the study area were presented (Table 3).

The three visited ranches belong to the livestock association, for this, they are part of the official health plan, those who keep diseases under control: brucellosis, tuberculosis. However, the sanitary control in the locality is basically developed by the farmers because a simple observation exercise allows them to identify and resolve frequent situations, even when one of them is supported by a vet, he is not a permanent worker. This explains the differences found in the control plans regarding the animal transport, rounds of vaccination and control of other diseases whose prevention and control are the responsibility of the farmers.

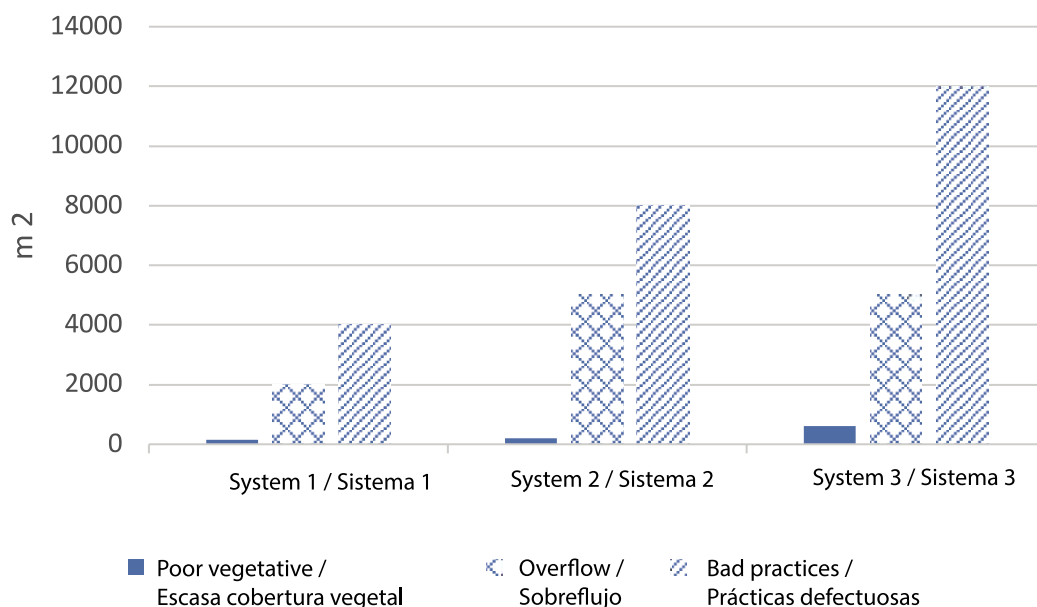
According to Kido, *et al.* (2019), in Loma Bonita, a total of 78 wildlife species were identified. Of this

de pastoreo extensivo con pastos mejorados, la alimentación se complementa con concentrados y suplementos que favorecen la condición corporal de los animales. Este sistema de producción permite la reducción de la presión sobre el consumo de pastos, permitiendo su recuperación y crecimiento. La extensión territorial es de 120 ha, con un total de 250 cabezas. Cuenta con sistema de riego, cortadora de pastos, tractor, mezcladora y el ordeño es mecánico, algunas vacas se ordeñan parcialmente y la leche remanente la consumen las crías desde la ubre.

#### *Indicador ambiental*

La cobertura vegetal representa un indicador general del efecto protector de las plantas, cuando cubre el suelo cerca de la superficie independientemente del tipo. Este factor se encuentra presente en los tres sistemas, especialmente en aquellos espacios cercanos a las plantas más altas, ya que en estos casos se detectó la erosión por salpicadura, además de que son los espacios en donde los animales suelen echarse para protegerse del sol. Mientras que el sobre flujo fue originado principalmente en

**Figure 1. Loss of soil in m<sup>2</sup> per type of system.**  
**Figura 1. Pérdida del suelo en m<sup>2</sup> por tipo de sistema.**



Source: Own elaboration, 2021.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Table 3. Activities of the health plan.**  
**Cuadro 3. Actividades del Plan Sanitario.**

Activity / Actividad	System I / Sistema I	System II / Sistema II	System III / Sistema III
1. Management of the newborn / Manejo recién nacido	Completed / Completo	Completed / Completo	Completed / Completo
2. Identification / Identificación	Hot iron and tag / Fierro y Arete	Hot iron and tag / Fierro y Arete	Tag / Arete
3. Dehorning / Descorne	Hot iron / Hierro caliente	Dehorning paste / Pasta descornadora	Dehorning paste / Pasta descornadora
4. Pest control / Control de parásitos	Each 6 months / Cada 6 meses	Each 6 months / Cada 6 meses	Each 3 months / Cada 3 meses
5. Vaccinations / Vacunaciones	9-way Derriengue / 9 vías /Derriengue	12-way Derriengue / 12 vías Derriengue	12-way Derriengue / 12 vías Derriengue
6. Dry cow therapy / Terapia de la vaca seca	It is developed / Se realiza	It is developed / Se realiza	It is developed / Se realiza
7. Responsible for the plan / Responsable del plan	Farmer / Productor	Farmer / Productor	Vet / Veterinario

Source: Own elaboration

Fuente: Elaboración propia

number, 25 are bird species, 21 were identified as mammals and 32 as reptiles. This study was the basis to identify wild animals within the three production systems. Results are shown in Figure 2.

The system with the greatest number of species is the number III, with a total of 52 specimens identified, which represents 66 % of the total, followed by system II and finally system I, however, in general, we could consider this indicator as proper for the three systems, because the lowest is around 50 %.

#### *Economic indicator*

The jobs generated (EG) increase as the production unit increases in terms of area and heads of cattle, a small production unit does not generate formal work, family workforce is used, however, it is not paid with a determined wage, while in the production unit III, up to 12 permanent full-time jobs were reported, it is important to mention that the family workforce not only is paid but also, is part of the income as investor.

The analyzed farming systems obtain about 80 % of the inputs and tools in the locality (ties, scales, slurry mixer, feed mixers, isothermal tanks, silage cutters, cattle feed, food supplement).

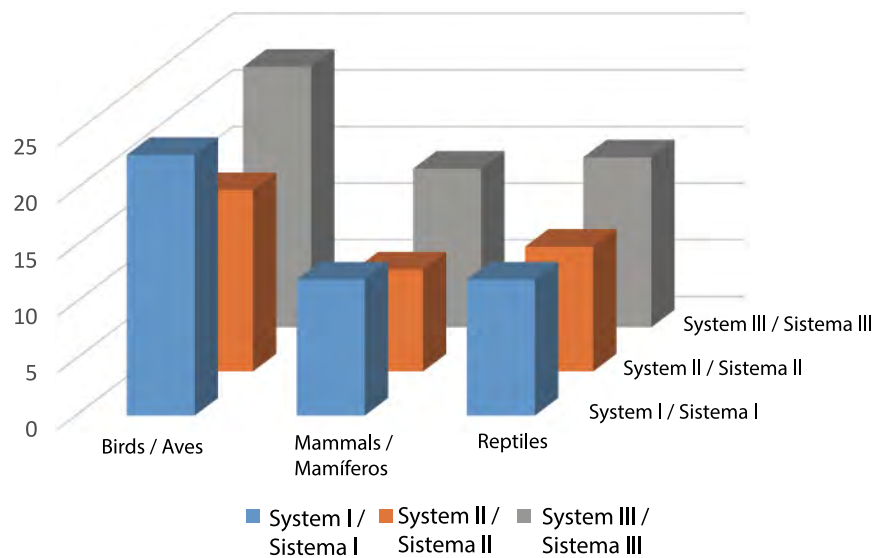
The value added (VA) was the indicator related to productivity, because it allowed us to identify the

caminos, el paso por el que transitan los animales durante sus desplazamientos entre las zonas de descanso, alimentación y ordeña. Finalmente, entre las prácticas defectuosas se observaron las zanjas, las barreras vivas y las barreras muertas, la mayoría de estas prácticas no son las apropiadas a la necesidad de contrarrestar los efectos y consecuencias del proceso de erosión (Fig. 1).

Con relación al plan sanitario, se plantearon siete actividades de control comúnmente manejadas en la zona de estudio (Cuadro 3).

Los tres ranchos visitados pertenecen a la asociación ganadera, por lo que entran dentro del plan sanitario oficial, quienes mantienen bajo control las enfermedades en campaña; brucelosis, tuberculosis. Sin embargo, el control sanitario en la localidad se realiza básicamente por los productores, ya que un simple ejercicio de observación permite al ganadero identificar y resolver situaciones frecuentes, aun y cuando uno de ellos cuenta con el apoyo de un veterinario, éste no es un trabajador permanente. Ello explica las diferencias encontradas en los planes de control respecto a la movilización de animales, ciclos de vacunación y control de otras enfermedades cuya prevención y control son responsabilidad de los propios ganaderos.

**Figure 2. Wild animals observed.**  
**Figura 2. Fauna silvestre observada.**



Source: Own elaboration, 2021

Fuente: Elaboración propia, 2021

initial and final values of each operation, exposing the existence of possible savings or losses in the process. In this case, only the milk of the number III shows value added, because the other two systems do not process their products. Finally, results for Benefit/Cost were System I (1.04), System II (1.11) and System III (1.31), since this production unit is the one with the highest profitability, obtaining a profit of 0.31 cents per peso invested (Figure 3).

#### *Social Indicator (SSI)*

This set of information is derived from indicators that measure the living conditions of the farmers. Even when the social indicators help us to measure levels, distribution and changes in social welfare, as well as to identify, describe and explain the relevant relations between different variables regarding the welfare of people, in this case, we focus on establishing the comparison between the three types of systems from the study cases, that is why we cannot generalize if it represents an idea of differentiation in the housing conditions and type of services they have (Tables 4 and 5). In terms of the social conditions minimally analyzed in this study,

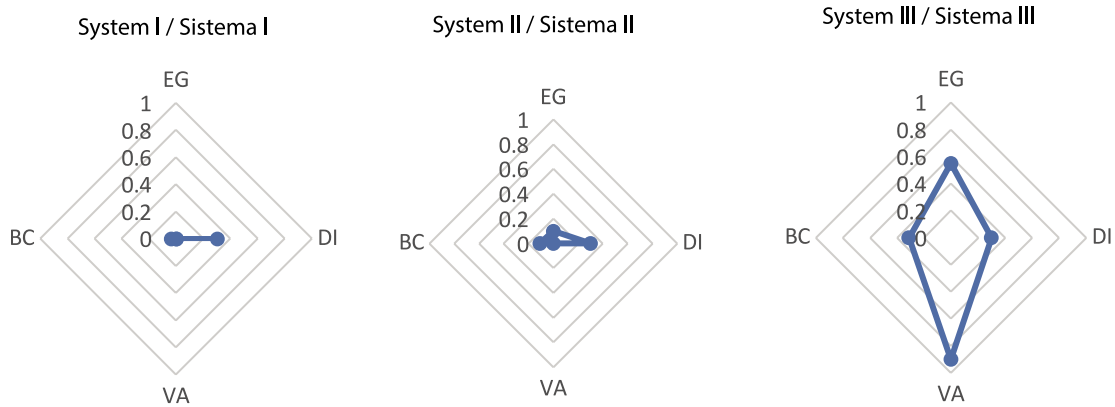
De acuerdo con Kido, *et al.* (2019) en Loma Bonita se identificaron un total de 78 especies de vida silvestre. De este número, 25 pertenecen al grupo de las aves, 21 fueron identificados como mamíferos y 32 como reptiles. Este estudio sirvió como base para identificar la fauna silvestre en los tres sistemas de producción. Los resultados se presentan en la Figura. 2.

El sistema que mayor número de especies presenta es el III, con un total de 52 ejemplares vislumbradas, lo que representa el 66 % del total, seguido por el sistema II y finalmente el sistema I, sin embargo, en general podemos estimar como adecuado este indicador en los tres sistemas, ya que el más bajo se encuentra cerca del 50 %.

#### *Indicador económico*

Los empleos generados (EG) van en aumento a medida que la unidad de producción va creciendo en superficie y cabezas de ganado, una unidad de producción pequeña no genera trabajos formales, se utiliza la mano de obra familiar, sin embargo, ésta no es remunerada con un salario determinado, mientras que en la unidad de producción III se reportaron hasta 12 empleos permanentes de tiempo completo,

**Figure 3. Economic indicator per type of system.**  
**Figura 3. Indicadores económicos por tipo de sistema.**



Source: Own elaboration, 2021

Fuente: Elaboración propia, 2021

**Table 4. Structural conditions of the housing used by the farmer.**  
**Cuadro 4. Condiciones estructurales de la vivienda que ocupa el productor.**

Variables included / Variables incluidas	Category / Categoría		
	Label / Etiqueta	Code / Código	System / Sistema $a_{jk}x_{jk}$
Floor / Piso	Mosaic / Mosaico	3	II – III
	Cement / Cemento	2	I
	Land / Tierra	1	
Walls / Paredes	Brick, block / Tabique, block	3	II – III
	Sheets of wood,	2	I
	sheets of cardboard / Lámina de madera, lámina de cartón	1	
People / Personas	+3	3	
	3	2	
	<3	1	I – II – III

Source: Own elaboration

Fuente: Elaboración propia

**Table 5. Access to services.**  
**Cuadro 5. Acceso a servicios.**

	Services / Servicios				Health service / Servicios Salud				Access education / Acceso Educación				Mobility (Transportation) / Movilidad (vehículo)
	0	1	2	3	Sin	<5	5-20	20-50	None	<5	5-20	20-50	
System I / Sistema I				x			x				x		Motorcycle / Moto
System II / Sistema II				x			x				x		Truck / Camioneta
System III / Sistema III				x			x				x		Truck / Camioneta

Source: Own elaboration.

Fuente: Elaboración propia.

there are few differences between the owners of the systems.

Regarding the perception social indicators<sup>1</sup>, we can say that the level of satisfaction is high in all systems, in general, both workers and owners are satisfied with their work activities, it is important to pointed out that respondents declared they had between 6 and 20 years of experience, but also these are activities in which their family members worked, that is because they are used to the tasks they develop. The indicator for both cases was measured with a Likert scale with four options that ranged from very dissatisfied to very satisfied.

Mathematical calculation of the indicators (Barometer of sustainability)

Indexes for each dimension are formulated according to the classification proposed by Otta et al. (2016), however, they were adjusted for the systems to be classified within the barometer of sustainability.

The equation used for the ecological sustainability index was the following:

$$ESI = \frac{PS_i + MS_i + FS_i}{3} * 25$$

Where *PS* represents the code obtained for the loss of soil; *MS* identifies the valuation assigned to the Health Measures; *FS* is determined by the

<sup>1</sup>The perception indicator is the opinion a person has related to an objective condition. In this case, it is the level of satisfaction the respondent reported regarding his or her productive activity.

cabe señalar que la mano de obra familiar no solo cuenta con un salario sino que además forma parte de las ganancias como inversionista.

Los sistemas ganaderos analizados, consiguen alrededor del 80 % de los insumos y herramientas en la localidad (amarres, básculas, batidores de estiércol, carros alimentadores, depósitos isoterms, desensiladoras, alimento para ganado, suplemento alimenticio).

El valor agregado (VA) fue indicador asociado a la productividad, ya que permitió identificar los valores iniciales y finales de cada una de las operaciones, exponiendo la existencia de posibles ahorros o pérdidas en el proceso. En este caso solo la leche del III presenta valor agregado, ya que los otros dos sistemas no procesan sus productos. Finalmente, los resultados para Beneficio/Costo fueron: Sistema I (1.04), Sistema II (1.11) y Sistema III (1.31), siendo una vez esta unidad de producción, la que tiene mayor rentabilidad obteniendo una ganancia de 0.31 centavos por peso invertido (Figura 3).

#### *Indicador Social (ISS)*

Este conjunto de información se deriva a partir de indicadores que miden las condiciones en que viven los productores. Aún y cuando los indicadores sociales nos facultan para medir niveles, distribución y cambios en el bienestar social, así como identificar, describir y explicar relaciones relevantes entre

**Table 6. Values for Ecological Sustainability Index (ESI).**  
**Cuadro 6. Valores para Índice de Sustentabilidad Ecológica (ISE).**

System / Sistema	Loss / Pérdida	Suelo / Soil	Health / Medidas	Measures / Sanitarias	Wild / Fauna	Animals / Silvestre	ESI / ISE
	Value / Valor	Code / Código	Value / Valor	Code / Código	Value / Valor	Code / Código	
I	3.1	4	42.9 %	2	60 %	4	83 %
II	1.5	4	71.4 %	3	50 %	3	83 %
III	1.5	4	100 %	4	70 %	4	100 %

Source: Own elaboration.  
 Fuente: Elaboración propia.

existence-absence of wild animals and *i* represents the production system. Results are shown in Table 6.

In general, environmental results for the three systems considering the indicators analyzed in this study are favorable, the indicator with the lowest values is that referred to the health measures, where both the system I and system II do not offer all the health measures proposed by experts to their animals.

To calculate the Economic-Financial index (FSI), see Table 7, the following equation was used, where the four aforementioned financial variables were included:

$$FSI = \frac{VC_i + IE_i + P_i + BC_i}{4} * 25$$

Finally, to obtain the Social Sustainability Indicator (SSI), the 7 variables analyzed for this dimension are added; both those who are directly related to social conditions, and those measured from the perception of the subject (See the following Equation and Table).

$$SSI = \frac{CV_i + S_i + SS_i + AE_i + M_i + ST_i + SP_i}{7} * 25$$

In this way, it was possible to assess each system and locate them within a classification determined by the barometer of sustainability. Results are shown in Figure 4. According to this measurement, only system III has an acceptable sustainability, with the indicator related to the ecosystem as the most favorable; in the other two systems, although

distintas variables referidas al bienestar de las personas, en este caso nos concentramos en establecer la comparación de los tres tipos de sistemas, a partir de los casos de estudio, por lo que aunque no se puede generalizar, si nos representa una idea de la diferenciación en las condiciones de vivienda y tipo de servicios con que cuentan (Cuadros 4 y 5). Realmente en cuanto a condiciones sociales analizadas mínimamente en este estudio, no se presentan muchas diferencias entre los propietarios de los sistemas.

En relación con los indicadores sociales perceptivos<sup>1</sup>, podemos afirmar que el grado de satisfacción es alto en todos los sistemas, en general, tanto trabajadores como propietarios se encuentran satisfechos con sus actividades laborales, cabe señalar que los entrevistados manifestaron tener entre 6 y 20 años de experiencia, pero que, además, son actividades a las que se dedicaban sus familiares, por lo que están muy acostumbrados a las labores que realizan. El indicador en ambos casos se midió con una escala de Likert con cuatro opciones que iban desde muy insatisfecho hasta muy satisfecho.

#### *Cálculo matemático de los indicadores (Barómetro de sustentabilidad)*

Los índices para cada dimensión se formularon atendiendo a la clasificación propuesta por Otta et al. (2016), sin embargo, tuvieron que ser ajustados para que los sistemas pudieran ser clasificados dentro del barómetro de sustentabilidad.

<sup>1</sup>Se llama indicador perceptivo a la opinión que tiene un sujeto en relación con una condición objetiva. En este caso es el grado de satisfacción que el entrevistado declaró tener con su actividad productiva.

**Table 7. Values for the Financial Sustainability Index (FSI).**  
**Cuadro 7. Valores para Índice de Sustentabilidad Financiero (ISF).**

System / Sistema	Trade (VC) / Comercio (VC)		Inputs (IE) / Insumos (IE)		Productivity / Productividad		B/C (BC)		FSI / ISF
	Value / Valor	Code / Código	Value / Valor	Code / Código	Value / Valor	Code / Código	Value / Valor	Code / Código	
I	0	0	30 %	3	VAS	0	1.09	0	18%
II	10 %	1	30 %	3	VAS	0	1.11	1	31%
III	80 %	4	30 %	3	>50 %	4	1.32	2	81%

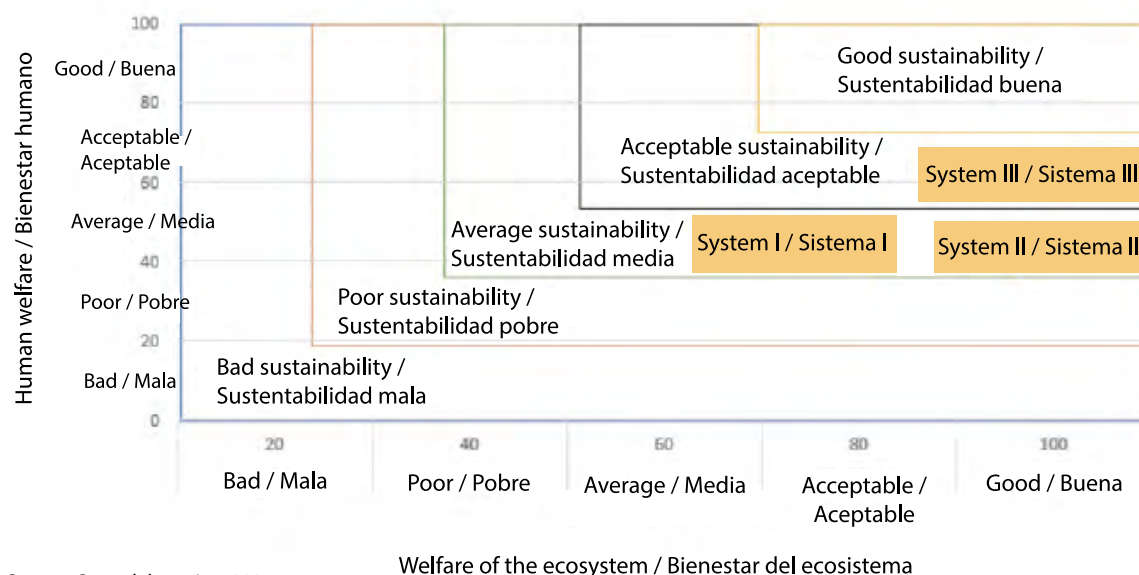
Source: Own elaboration.  
Fuente: Elaboración propia.

**Table 8. Values for the Social Sustainability Index (SSI).**  
**Cuadro 8. Valores para Índice de Sustentabilidad Social (ISS).**

	System I / Sistema I	System II / Sistema II	System III / Sistema III
Housing (CV) / Vivienda (CV)	3	4	4
Services (S) / Servicios (S)	4	4	4
Health Services (SS) / Servicios Salud (SS)	4	3	3
Education (AE) / Educación (AE)	4	3	3
Mobility (M) / Movilidad (M)	2	3	4
Satisfaction of the employee (ST) / Satisfacción Trabajador (ST)	3	3	4
Satisfaction of the farmer (SP) / Satisfacción Productor (SP)	3	4	4
SSI / ISS	82 %	86 %	93 %

Source: Own elaboration  
Fuente: Elaboración propia

**Figure 4. Barometer of sustainability of three farming systems in Loma Bonita, Oaxaca.**  
**Figura 4. Barómetro de sustentabilidad de tres sistemas ganaderos en Loma Bonita, Oaxaca.**



Source: Own elaboration, 2021.  
Fuente: Elaboración propia, 2021.



they recorded an acceptable sustainability in terms of welfare of the ecosystems, the general welfare is average, because they show low human well-being indexes, mainly in those economic-financial variables.

The most important biological resources in livestock are soil, cattle and water. The recovery of land can be developed with techniques such as rotational grazing, worm compost and less use of agrochemicals. The cattle management should be considered from the animal welfare perspective where the freedoms from hunger, disease, discomfort, behavior and fear are sought (Welfare Quality, 2009). The rational use of water is promoted.

### Conclusions

This study was aimed at assessing and comparing in terms of a series of environmental, economic and social indicators the degree of sustainability of three production systems and beef farming management in the locality of Loma Bonita, Oaxaca (Mexico). According to the classification of the barometer of sustainability, system I obtained a score of 70 for the axis of human welfare, and a score near 90 for the axis of welfare of the ecosystem, therefore the classification is considered acceptable. The evaluation of system II was 40 for the axis of human welfare and 80 for the axis of welfare of the ecosystem, therefore it is considered a system with average sustainability. System III obtained a score of 40 for the axis of human welfare and a score of 70 for the axis of welfare of the ecosystem, therefore its classification corresponds to an average sustainability system.

The Papaloapan region is highly productive in pineapple, banana, fish, mango and other products. Only the pulp of these is extracted for consumption, any surplus represents waste that can be reincorporated to the economy, for example, in the preparation of nutritional supplements for cattle, this would not only lighten the grazing load, but would solve the food shortage during the dry season at a low cost.

Our study has found that the beef production systems within the area, are economically profitable because guarantee a considerable enough profit that allows them to be sustained over time, however,

La ecuación utilizada para el índice de sustentabilidad ecológica fue la siguiente:

$$ISE = \frac{PS_i + MS_i + FS_i}{3} * 25$$

En donde *PS* representa el código obtenido para pérdida de suelo; *MS* identifica la valoración asignada a las Medidas Sanitarias; *FS* está determinado por la presencia-ausencia de la fauna silvestre e *i* representa al sistema de producción. Los resultados se presentan en el Cuadro 6.

En general, los resultados ambientales para los tres sistemas atendiendo a los indicadores analizados en este estudio son buenos, el indicador con los valores más bajos es el que se refiere a las medidas de sanidad, en donde tanto el sistema I como el sistema II no ofrecen a sus animales todas las medidas sanitarias propuestas por los expertos.

Para el cálculo del índice Económico-Financiero (ISF), véase Cuadro 7, se utilizó la siguiente ecuación, en donde se incluyen las cuatro variables financieras vistas con anterioridad:

$$ISF = \frac{VC_i + IE_i + P_i + BC_i}{4} * 25$$

Finalmente, para obtener el Indicador de Sustentabilidad Social (ISS) se hace la sumatoria de las 7 variables analizadas para esta dimensión; tanto las que tienen que ver directamente con las condiciones sociales, como aquellas que se miden a partir de la percepción del individuo (Véase Ecuación y Cuadro subsecuentes).

$$ISS = \frac{CV_i + S_i + SS_i + AE_i + M_i + ST_i + SP_i}{7} * 25$$

De esta manera fue posible valorar cada uno de los sistemas y ubicarlo dentro de la clasificación determinada por el barómetro de sustentabilidad. Los resultados se presentan en la Figura 4. De acuerdo con esta medición, solo el sistema III presenta una sustentabilidad aceptable, resultando más favorable el indicador relacionado con el ecosistema; los otros dos sistemas, aunque registraron una sustentabilidad aceptable respecto al bienestar de los ecosistemas, el bienestar general

they have to look for the reproductive efficiency decreasing the economic risk and conserving the sustainability of the system.

Livestock production systems in Loma Bonita had an evaluation that ranges from average to acceptable, a similar result to those found by Loray (2015). We must consider two aspects, the first one in terms of biotechnology applied to the farming systems in the region, the link between academia and farmers should be promoted, and the second one, only three environmental sustainability variables were considered in this study, consequently, a greater number of indicators should be incorporated in this dimension for future research opportunities.

*End of English version*

=====

## References / Referencias

- Armenteras, P., y Villa C. M. (2006). *Deforestación y fragmentación de ecosistemas naturales en el Escudo Guayanés Colombiano*. Colombia: Editor Colciencias, 122 pp.
- Álvarez-Amador, C., y Cruz-Pastora, W. (2017). "Manejo de pastizales en sistemas de producción ganaderos de Nueva Guinea, Costa Caribe Sur de Nicaragua". *Ciencia e Interculturalidad*, 20(1), 122-139 pp.
- Espinoza-Nájera, C.; González-Alafita, O., y Vargas-Carballo, R. (2012). "La evaluación del impacto ambiental y el desarrollo sustentable. Estudio de caso San Pedro Mixtepec, Juquila, Oaxaca." *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 18(1), 87-99 pp.
- Food Agricultural Organization (FAO). (2012). Manual de Buenas Prácticas de Ganadería Bovina. Obtained from: <http://www.fao.org/3/i3055s/i3055s.pdf>
- Food Agricultural Organization (FAO). (2016). How sustainability is addressed in official bioeconomy strategies at international, national, and regional levels - An overview. Food and Agriculture Organization of United Nations.
- González, E. (2015). *Presentación y resumen del documento del estado del arte de la red de investigación e innovación tecnológica para la ganadería bovina tropical (REGATRO)*. En:

queda como medio, ya que presentan bajos índices de bienestar humano principalmente en aquellas variables económico-financieras.

Los recursos biológicos más importantes en la ganadería son: suelo, bovinos y agua. La recuperación del suelo puede realizarse con técnicas como pastoreo rotacional, lombricomposta y menor uso de agroquímicos. El manejo de bovinos deberá considerarse desde la perspectiva de bienestar animal en donde se procuran las libertades de hambre, enfermedades, incomodidad, comportamiento y miedo (Welfare Quality, 2009). Se promueve la utilización de un uso racional del agua.

## Conclusiones

El presente estudio tuvo como objetivo valorar y comparar en términos de una serie de indicadores ambientales, económicos y sociales, el grado de sustentabilidad de tres sistemas de producción y manejo de ganado bovino en la localidad de Loma Bonita, Oaxaca (México). De acuerdo con la clasificación del barómetro de la sustentabilidad, el sistema I obtuvo un valor de 70 en el eje del bienestar humano y un valor cercano a 90, en el eje del bienestar del ecosistema, por lo que su clasificación se considera como aceptable. La evaluación del sistema II fue de 40 en el eje del bienestar humano y de 80 en el eje de bienestar del ecosistema, por lo que se considera como un sistema de sustentabilidad media. El sistema III obtuvo un puntaje de 40 en el eje de bienestar humano y un puntaje de 70 en el eje del bienestar del ecosistema, por lo que su clasificación corresponde a un sistema de sustentabilidad media.

La región del Papaloapan es altamente productiva en piña, plátano, pescado, mango y otros productos, de los cuales solo se extrae la pulpa para su consumo, todo lo demás representa desechos que pueden ser reincorporados a la economía, por ejemplo, en la preparación de suplemento alimenticio para ganado, esto no solo aligeraría la carga de pastoreo, sino que resolvería a bajo costo la escasez de alimento en temporada de secas.

Nuestro estudio ha encontrado que los sistemas de producción ganadera en la zona son económicamente rentables, ya que garantizan un beneficio lo suficientemente cuantioso que les permite mantenerse en el tiempo, sin

- González, P. E., y Dávalos, F. J. L. (Coord.). Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical. Libro técnico. REDGATRO-CONACYT. 16-37 pp.
- Halfffter, G.; Cruz, M., y Huerta, C. (Comps.) (2018). *Ganadería sustentable en el Golfo de México*. Instituto de Ecología, A.C., México, 432 pp.
- Hernández-Valenzuela, D.; Herrera-Haro, J.; Pérez-Pérez, J., y Vázquez Agustín, S. (2006). "Índice de sustentabilidad para el sistema bovino de doble propósito, en Guerrero, México". *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, VII (9), 1-11 pp.
- Ibáñez-Pérez, R. (2012). "Modelo para el análisis de la sustentabilidad en pequeñas localidades costeras con actividad turística. El caso de Cabo Pulmo, B.C.S." (Tesis doctoral). UABCS, La Paz, B.C.S., México. Obtained from: <https://www.redalyc.org/pdf/1934/193432638003.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2011). Censo de Población y Vivienda 2010. Resultados definitivos, México.
- Kido-Cruz, T.; Zuñiga-Marroquín, T., y Kido-Cruz, A. (2019). "Caracterización de la fauna silvestre en Loma Bonita, Oaxaca y su valoración desde la perspectiva local". *Revista de Geografía Agrícola*, 63(1), 37-59 pp. doi:10.5154/r.rga.2019.63.07.
- Ku-Vera, J. C.; Juárez-Lagunes, F.; Mendoza-Martínez G.; Romano-Muñoz, J. L., y Shimada, M. (2015). Alimentación de ganado bovino en las regiones tropicales de México. En: González, P. E., y Dávalos, F. J. L. (Coord.). Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical. Libro técnico. REDGATRO-CONACYT. 69-98 pp.
- Loray, R. (2015). "¿La bioeconomía como modelo de desarrollo? Recursos naturales y políticas públicas en ciencia, tecnología e innovación". *Revista Estado y Políticas Públicas*, 5, 99-118 pp.
- Otta, S.; Quiroz, Julio; J., E.; Salva, J.; Viani, M., y Filippini, M. F. (2016). "Evaluación de sustentabilidad de un modelo extensivo de cría bovina en Mendoza, Argentina". *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 48(1), 179-195 pp.
- embargo, deben buscar la eficiencia reproductiva, disminuyendo el riesgo económico y conservando la sustentabilidad del sistema.
- Los sistemas de producción ganadera en Loma Bonita resultaron con una evaluación que va de media a aceptable, resultados coincidentes a los obtenidos por Loray (2015). Dos consideraciones deben hacerse, la primera, en cuestión de biotecnología aplicada a los sistemas ganaderos en la región, debería impulsarse la vinculación academia y productores, y la segunda, en este estudio solo se consideraron tres variables de sustentabilidad ambiental, por lo que en ocasiones futuras de investigación se deberían incorporar una mayor cantidad de indicadores en esta dimensión.
- Fin de la versión en español*
- 
- Prescott-Allen, R. (1997). *Una Aproximación Integral a la Evaluación del Progreso hacia la Sostenibilidad-Serie Herramientas y Capacitación*. Obtained from: <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/54763/IDL-54763.pdf?sequence=1>
- Reyes-Castillo, P. (2014). Cruz Rosales, M., y Huerta C. (Compiladoras). (2013). Hacia una ganadería sustentable: estudio de caso, Jilotepec, Veracruz. Instituto de ecología, A.C, México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), 30(2), 450-453 pp. Obtained from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57531721023>
- Rots, A. (2020). "Environmental Sustainability of Livestock Production". *Meat and Muscu Biology*, 4(2): 1-18 pp.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2020). Producción Ganadera. Obtained from <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria>
- Welfare Quality (2009). Welfare Quality Assessment protocol for cattle. Welfare Quality Consortium. Lelystad, Netherlands. <https://edepot.wur.nl/233467>