

# 2

## ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

### EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE AGROECOSISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE FORRAJE PARA GANADERIA BOVINA: ESTUDIO DE CASO SISTEMA AGROPECUARIO DE FINCA EN EL CHACO CRUCEÑO

---

\*Recibido: 28 de Octubre de 2022 \*Aceptado: 2 de Diciembre de 2022

---

#### Autor:

<sup>1</sup> **Herbas Meneses José Gonzalo**

<sup>1</sup> Ingeniería Agronómica  
Facultad de Ingeniería de Recursos Naturales y Tecnología  
UAJMS.

#### Correspondencia del autor:

Facultad de Ingeniería en Recursos Naturales y Tecnología. Yacuiba.  
UAJMS. Km 7 Ruta 9 Yacuiba Santa Cruz Bolivia.

**gonzalo.herbas1971@gmail.com**

**(+591) 71865077**

## RESUMEN

La ganadería bovina chaqueña, es una actividad económica productiva importante para la región del Chaco Boliviano, sistema que se maneja a través de un sistema extensivo tradicional, mediante ramoneo del monte nativo, sin control de la carga animal y poca inversión en infraestructura y tecnología, aspecto que ha provocado la degradación de los recursos naturales, haciendo al sistema más vulnerable, debido a que el monte nativo en algunos meses del año presenta reducción en cantidad y calidad de alimento para el ganado que afecta de manera directa a la productividad, motivo por el cual no se llega a alcanzar buenos niveles de rentabilidad. Se realizó un diagnóstico rural participativo en una finca piloto de un productor ganadero con la finalidad de caracterizar el agroecosistema tradicional, a la vez, la evaluación de sustentabilidad social, económica y ambiental del mismo agroecosistema luego de la incorporación de innovaciones tecnológicas de producción y conservación de forrajes para el ganado bovino, mediante la ejecución de un proyecto de innovación tecnológica aplicada ejecutado durante dos años en el municipio de Cuevo del departamento de Santa Cruz, para ello, y con la finalidad de comparar el grado de sustentabilidad se planteó el objetivo de evaluar la sustentabilidad de un agroecosistema de producción de forraje para ganado bovino, en función a la introducción de innovaciones tecnológicas para mejorar el sistema tradicional, por lo que se construyeron indicadores a partir de la metodología marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS), evaluando un total de 30 indicadores para estimar la sustentabilidad del agroecosistema, de los cuales, 4 en la dimensión social, 16 en la dimensión económica y 10 en la dimensión ambiental. De los resultados obtenidos se destaca que el agroecosistema mejorado presentó altos niveles de sustentabilidad en la dimensión ambiental, producto de la introducción de tecnologías de producción y conservación de forraje que hizo más robusto al sistema por la oferta de forraje como alimento del ganado para la época seca, mayor cobertura en el monte nativo y aplicación de prácticas sustentables de conservación de suelos, habiendo disminuido los riesgos de erosión, prácticas de desmonte y el quemado de restos de desmonte, aspectos que permitieron hacer al sistema más sustentable. Por otro lado, las dimensiones social y económica, presentaron un nivel medio de sustentabilidad por efecto del manejo más responsable de los recursos naturales, la integración de las familias en las actividades productivas de la finca, como también se han fortalecido organizacionalmente y en términos económicos, además, el agroecosistema se hizo más eficiente, por otro lado, el análisis beneficio/costo ha reportado mayores ingresos que costos, lo que hace al sistema más sustentable que el agroecosistema tradicional.

**Palabras Claves:** Agroecosistema, sustentabilidad, innovaciones tecnológicas.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo ha desarrollado el estudio de la sustentabilidad de agroecosistemas de producción de forraje para ganado bovino, mediante un estudio de caso en un sistema agropecuario de finca en el Chaco Cruceño en función al seguimiento post ejecución de un proyecto de Innovación Tecnológica denominado "Transferencia de tecnologías apropiadas para el mejoramiento de la producción ganadera con pequeños productores del municipio de Cuevo, departamento de Santa Cruz", en dicho proyecto, se han incorporado innovaciones tecnológicas a dicho agroecosistema para la producción y conservación de forraje para ganado bovino, por esta razón, fue necesario llevar adelante esta investigación, para poder medir el impacto y sustentabilidad de las tecnologías introducidas, respecto a la tradicional, a través de una metodología que permita lograr los objetivos del presente estudio.

En este sentido hay distintas formas de encarar la evaluación de la sustentabilidad, dependiendo de los objetivos o tipo de preguntas a responder. De acuerdo a Masera et al (1999), hace referencia que, para estudiar la sustentabilidad, se utilizan distintos indicadores como ser: ambientales, económicos y sociales, concebidos para su aplicación a nivel nacional, macro regional o en un contexto local, a veces en proyectos muy específicos. A su vez indica, que se han implementado evaluaciones basadas en los llamados índices de sustentabilidad (sintetizando la información relevante en valores numéricos). Por otro lado, están los autores que han propuesto un índice de sustentabilidad por productor, tomando en consideración las acciones o estrategias de cada productor frente a distintas situaciones que se dan en su predio.

Los argumentos más comunes para sostener que los sistemas productivos son sustentables, se basan en que la producción agropecuaria, se lleva a cabo a través de una relación más armónica con la naturaleza, como consecuencia de una coevolución entre sociedad y medio ambiente. Se considera un elemento importante al conocimiento tradicional que conlleva un manejo integrado y múltiple de los recursos disponibles. El consumo de insumos externos es bajo y los mecanismos de solidaridad comunitaria son esenciales para dar estabilidad a los sistemas, sin embargo, aún han sido pocos los esfuerzos para evaluar qué tan sustentables son estos sistemas y que tanto la incorporación de innovaciones tecnológicas mejora el perfil de sustentabilidad.

Por lo tanto, estos sistemas también presentan problemas en su operación, estudios recientes han identificado que: uno de los principales problemas que enfrenta el sistema ganadero es la necesidad de contar con una mejor fuente de alimentación para los animales, que no implique costos adicionales. La etapa crítica es la época seca, cuando la disponibilidad de forrajes es escasa, en esta etapa los animales son sometidos a altas cantidades de rastrojo y subproductos agrícolas de bajo nivel energético, lo que representa problemas nutricionales (Altieri, 2002).

La dinámica del sistema contribuye al sobrepastoreo del monte nativo y a la pérdida de cobertura del suelo, propiciando procesos de erosión; de igual manera, el mal manejo de los pastos nativos trae consigo la desnutrición de los animales, debido a la baja calidad nutritiva de estos (Gutiérrez et al, 2000).

La propuesta tecnológica contempló la introducción de innovaciones tecnológicas a dichos sistemas agropecuarios, buscando solucionar el problema de la falta de forraje para la época crítica. Estas innovaciones se dividen en dos componentes principales, que se citan a continuación:

- Producción de forraje a través de la implementación de sistemas silvopastoriles o también denominado monte mejorado y el diferimiento de monte nativo con cercas eléctricas.
- Conservación de forraje: henificación y ensilaje

Las innovaciones tecnológicas, introducidas en la zona de estudio durante un periodo de dos años para mejorar los sistemas de producción agropecuaria de pequeña escala, donde productores de escasos recursos realizan una producción diversificada, generalmente destinada al autoconsumo con miras a solucionar los problemas identificados en la ganadería chaqueña del municipio de Cuevo. Básicamente lo que se pretendió fue solucionar el problema de falta de alimento para el ganado bovino en la época crítica, es decir durante los meses de agosto a octubre, donde prácticamente no existe disponibilidad de alimento para el mantenimiento de los animales, en estos meses se registran un número muy alto de bajas en las propiedades ganaderas trayendo como consecuencia pérdidas económicas para el productor. Sin embargo, aún han sido pocos los esfuerzos para evaluar qué tan sustentables son estos sistemas y que tanto las innovaciones tecnológicas propuestas mejoran el perfil de sustentabilidad (Joaquín, et al 2006).

Por lo tanto, el presente estudio ha realizado la evaluación de la sustentabilidad de los agroecosistemas en función a las innovaciones tecnológicas introducidas al sistema tradicional para mejorar la oferta forrajera de la ganadería bovina chaqueña, mediante la aplicación de una metodología que permita obtener juicios de valor para emitir conclusiones y recomendaciones a cerca de la sustentabilidad de ambos sistemas, información que será de mucho beneficio para productores, investigadores y profesionales que trabajan en el área.

Sobre la base de las consideraciones anteriores la pregunta de investigación planteada fue: ¿De qué manera, la introducción de innovaciones tecnológicas de producción y conservación de forraje al sistema de producción tradicional ganadero, contribuye a la sustentabilidad del agroecosistema?

En este propósito, el objetivo general planteado fue evaluar la sustentabilidad de un agroecosistema de producción de forraje para ganado bovino en función a la introducción de innovaciones tecnológicas para mejorar el sistema tradicional y como objetivos específicos se tuvo:

- Caracterizar los agroecosistemas de producción ganadera en función a la producción tradicional y mejorada.
- Definir atributos, puntos críticos, criterios de diagnóstico e indicadores de sustentabilidad para evaluar los agroecosistemas de producción ganadera.
- Determinar el nivel de sustentabilidad de ambos agroecosistemas de producción ganadera, desde el punto de vista social, económico y ambiental.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología empleada en el presente artículo es descriptiva, donde se presenta cómo se desarrolló el trabajo de investigación en el Municipio de Cuevo, Provincia Cordillera del Departamento de Santa Cruz, en una finca ganadera seleccionada por el proyecto como centro piloto para la implementación de innovaciones tecnológicas de producción y conservación de forraje. Cuevo está ubicado a 360 Km. desde la Ciudad de Santa Cruz en dirección Norte-Sur, geográficamente está situado, a 20° 27' 21" de latitud sur y 63° 31' 7" de longitud oeste, a una altura de 1018 m.s.n.m.

### Descripción general de la metodología

Con base en el propósito del presente trabajo, se optó por aplicar el tipo de investigación descriptivo, con un enfoque no experimental mixto; no experimental porque permite observar a un fenómeno (cambios del sistema tradicional hacia un sistema mejorado) sin alterar de manera intencional las variables; y mixto porque de este modo se logran recabar y analizar tanto datos cualitativos como cuantitativos, indispensable para dar respuesta a la pregunta de investigación.

La Metodología utilizada en el presente estudio fue la denominada MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad), misma que fue desarrollada por el Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiable GIRA, aplicada por primera vez en el año 1996 en México y esta metodología aporta una herramienta para evaluar la sustentabilidad de sistemas de manejo, con énfasis en el contexto de los productores campesinos, en el ámbito local, comunal o finca individual.

El MESMIS es un marco metodológico que captura la complejidad del manejo de recursos naturales. Permite derivar indicadores que, por un lado, reflejen el comportamiento de los

aspectos más relevantes de un sistema de manejo y por otro, muestren las tendencias del sistema para alcanzar los diferentes objetivos de los sistemas sustentables (Masera *et al.*, 1996), es decir:

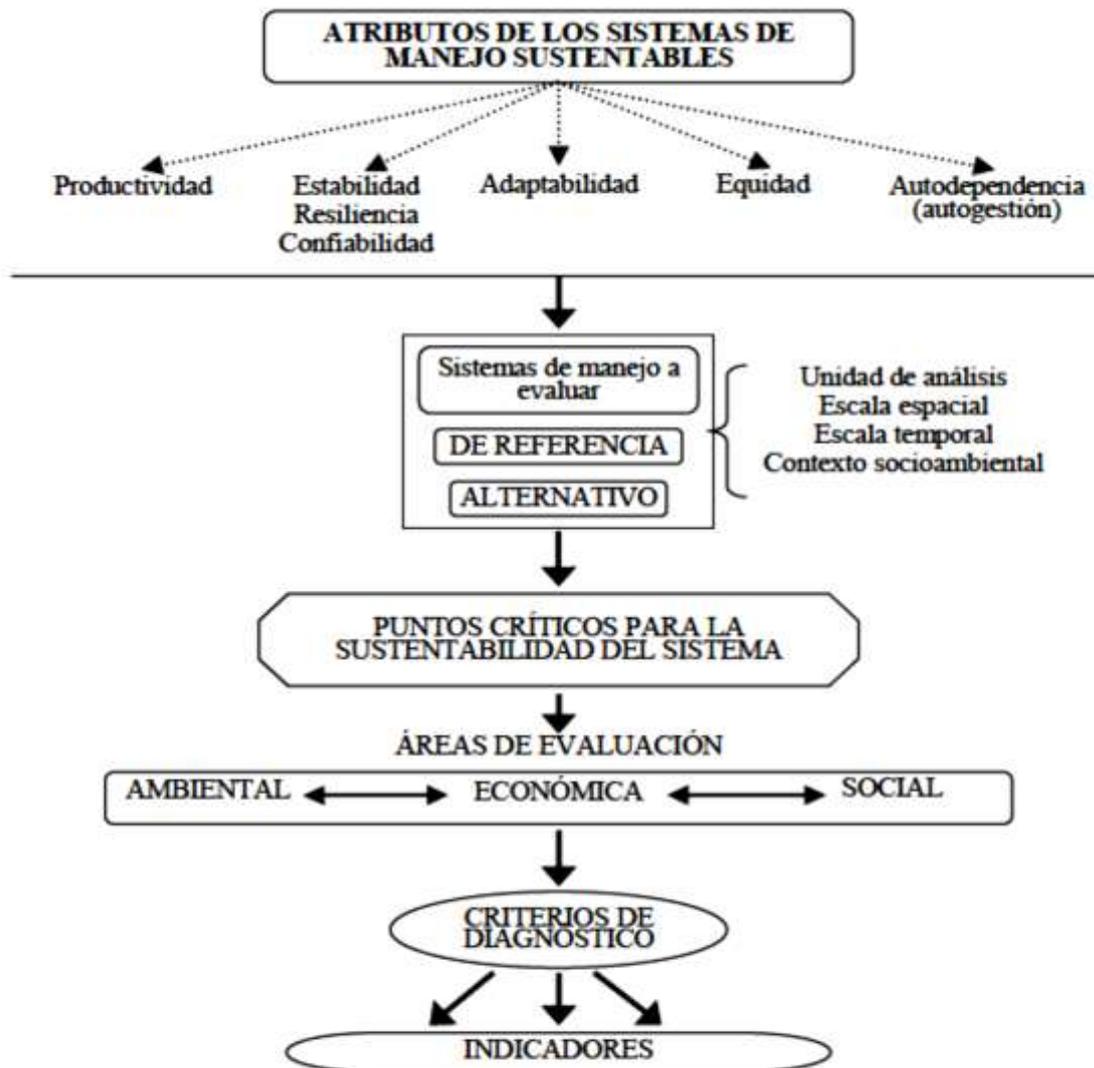
- Que mantengan o mejoren la productividad y reduzcan los riesgos.
- Que aumenten los servicios ecológicos y socioeconómicos.
- Que protejan la base de recursos y prevengan la degradación de suelos, agua y biodiversidad.
- Que sean viables económicamente.
- Que sean socialmente aceptables y culturalmente compatibles.

La evaluación de sustentabilidad es de carácter comparativo, es decir se basa en el análisis simultáneo del sistema de manejo de referencia o tradicional y de un sistema alternativo o mejorado o el análisis de un mismo sistema a lo largo del tiempo. Este procedimiento permite: a) examinar en qué medida los sistemas alternativos son efectivamente más sustentables, y b) identificar los puntos críticos para la sustentabilidad, con el fin de impulsar cambios. Este último, combinado con la estructura cíclica propuesta, convierte al proceso de evaluación en una valiosa herramienta de planeación, ya que sienta las bases para diseñar, implementar y evaluar de forma dinámica estrategias que tiendan a mejorar las características socioambientales de los sistemas de manejo, así como para afinar la metodología utilizada para la evaluación (Masera *et al.*, 1996).

La presente metodología, define el concepto de sustentabilidad a partir de cinco atributos generales de los agroecosistemas o sistemas de manejo, mismas que se describen a continuación:

- Productividad:** Se refiere a la capacidad del agroecosistema para brindar un cierto nivel de bienes y servicios
- Estabilidad, confiabilidad y resiliencia:** Esta propiedad tiene que ver con la capacidad del agroecosistema para recuperarse, mantenerse y/o llegar a un nuevo estado de equilibrio, luego de sufrir perturbaciones graves, ya sea de corte social, económico o ambiental.
- Adaptabilidad:** Con esta propiedad se hace referencia a la flexibilidad del agroecosistema para adaptarse a nuevos niveles de equilibrio ante cambios importantes en el entorno económico o en las condiciones ambientales.
- Equidad:** Hace referencia a la capacidad del agroecosistema para distribuir de manera justa los beneficios y los costos, tanto productivos como ambientales.
- Autodependencia (autogestión):** Se refiere a la capacidad del agroecosistema de controlar sus interacciones con el exterior.

**Figura 1.** Esquema general del MESMIS: Relación entre atributos e indicadores



Fuente: Masera et al. 1999

Para ello, la metodología considera algunos aspectos importantes, que a continuación se detallan:

1. La evaluación de sustentabilidad se lleva a cabo, y es válida solamente para: a) sistemas de manejo específicos en un determinado lugar geográfico y bajo un determinado contexto social y político b) una escala espacial (parcela, unidad de producción, comunidad o cuenca), previamente determinada, y c) una escala temporal también previamente determinada.

2. La sustentabilidad, no puede evaluarse per se, sino de manera comparativa o relativa. Para esto existen dos vías fundamentales: a) comparar la evolución de un mismo sistema a través del tiempo (comparación longitudinal), o b) comparar simultáneamente uno o más sistemas de manejo alternativo o innovador con un sistema de referencia (comparación transversal).
3. La evaluación de sustentabilidad es un proceso cíclico que tiene como objetivo central el fortalecimiento tanto de los sistemas de manejo como de la metodología utilizada.

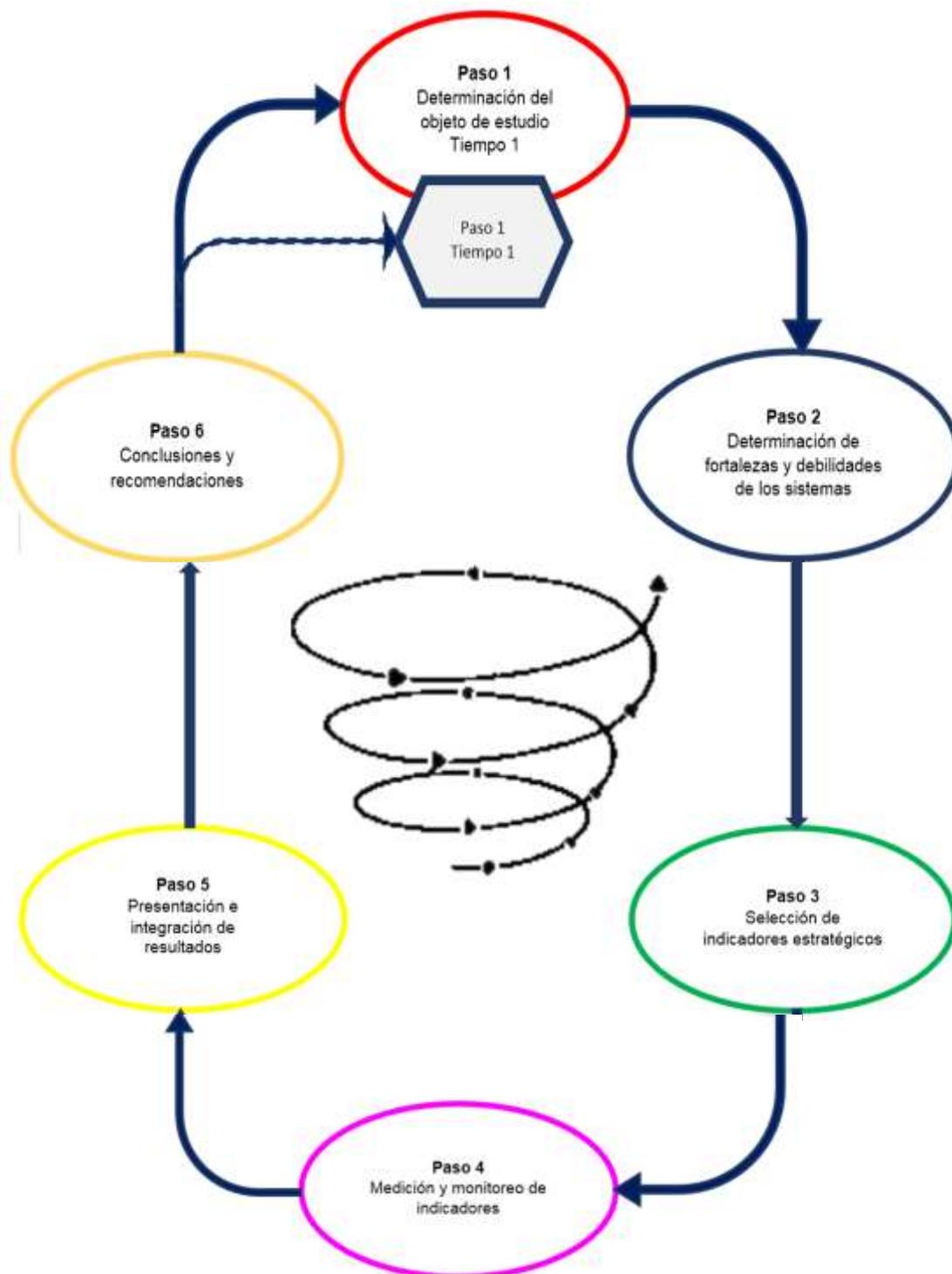
Operativamente para dar concreción a los atributos generales, se definen una serie de puntos críticos para la sustentabilidad del agroecosistema que se relacionan con tres áreas de evaluación (ambiental, económica y social). En cada área de evaluación se definen criterios de diagnóstico e indicadores. Este mecanismo asegura una relación clara entre los indicadores y los atributos de sustentabilidad del agroecosistema.

La información obtenida mediante los diferentes indicadores se integra finalmente utilizando técnicas de análisis de resultados, con el fin de emitir un juicio de valor sobre la evaluación del agroecosistema.

Para aplicar la metodología, se ha desarrollado un ciclo de evaluación, que comprende los siguientes elementos y pasos (Maserá *et al*, 1996):

- **Determinación del objeto de evaluación:** En este paso se definen los agroecosistemas que se evaluarán, sus características y el contexto socioambiental de la evaluación.
- **Determinación de los puntos críticos:** Se determinan los puntos críticos que pueden incidir en la sustentabilidad de los agroecosistemas que se van a evaluar.
- **Selección de indicadores:** Se determinan los criterios de diagnóstico y se derivan los indicadores estratégicos para llevar a cabo la evaluación.
- **Medición y monitoreo de los indicadores:** Este paso incluye el diseño de los instrumentos de análisis y la obtención de la información deseada.
- **Presentación e integración de resultados:** Se compara la sustentabilidad de los agroecosistemas analizados y se indican los principales obstáculos para la sustentabilidad, así como los aspectos que más la favorecen.
- **Conclusiones y recomendaciones.** Finalmente, en este paso se hace una síntesis del análisis y se proponen sugerencias para fortalecer la sustentabilidad de los agroecosistemas, así como para mejorar el proceso mismo de evaluación.

**Figura 2.** El ciclo de evaluación MESMIS: Diagnóstico y Caracterización de los Agroecosistemas



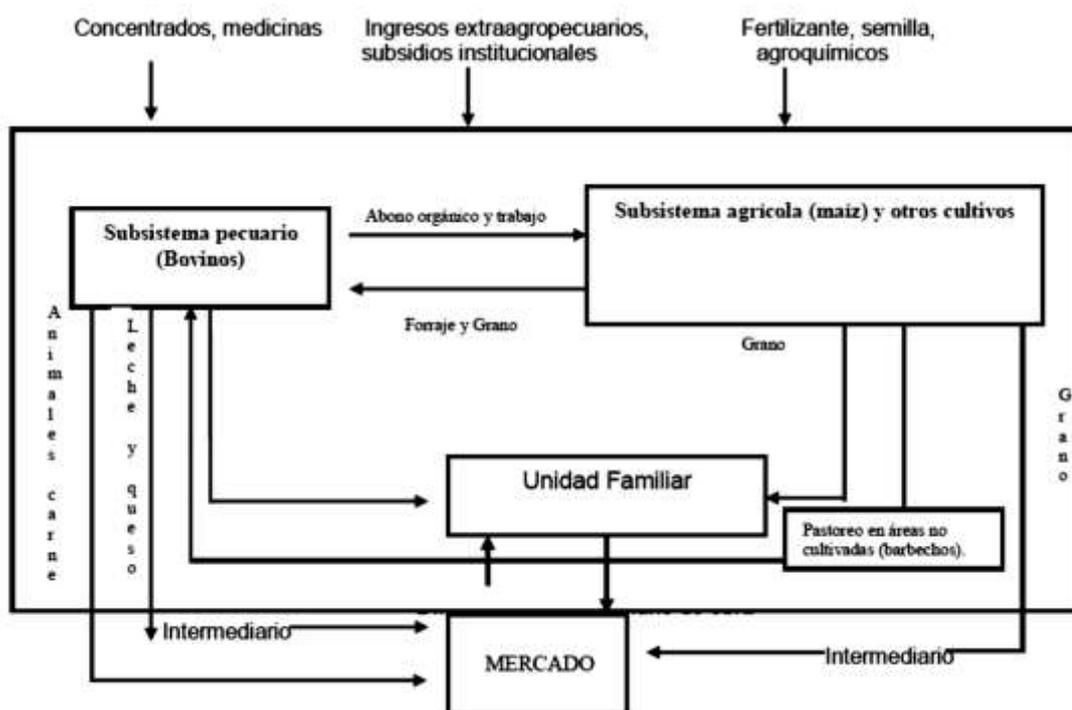
Fuente: Masera et al. 1999

Dicho proceso se llevó a cabo mediante un Diagnóstico Rural Participativo (DRP), el mismo que fue elaborado para el caso del cooperante Sr. Willman Galarza en la finca denominada Yaguacua

en el Municipio de Cuevo, por lo tanto, la descripción como tal de este agroecosistema, comprende la identificación de los componentes de los sistemas, los insumos que reciben, los flujos internos y los productos que generan, tanto en términos biofísicos como socioeconómicos.

El sistema tradicional presenta el esquema técnico y social más comúnmente practicado en la región. De acuerdo al levantamiento de información en la zona de estudio se pudo distinguir lo siguiente: El agroecosistema tradicional se identifica como maíz-grano-ganado por las interacciones entre los subsistemas agrícola y pecuario, y concuerda en términos generales con los sistemas identificados como ganadería campesina o de pequeña escala, propios de la región de estudio, las interrelaciones de dicho agroecosistema se muestran en la siguiente figura:

**Figura 3.** Diagrama de interacciones e interrelaciones del agroecosistema de referencia



Fuente: Elaboración propia en base a Brunett L, et al 2004.

Este agroecosistema opera con mano de obra familiar, la misma no recibe salario, aunque participa de los beneficios de la finca familiar. La comercialización de los productos es a través de intermediarios, mientras que la adquisición de insumos es de forma individual y lo hacen en la ciudad de Camiri distante a 45 km. desde Cuevo o la ciudad de Santa Cruz a 315 Km.

El sistema se caracteriza por pequeños establos ubicados a lado de la casa del productor, a fin de aprovechar paredes, servicio, y de facilitar la participación de los miembros de la familia en

las diferentes tareas. Las unidades de producción agrícola tienen una superficie de entre 2 a 5 hectáreas dedicadas principalmente al cultivo de maíz.

El tamaño del hato va de 1 a 80 animales en promedio, las madres llegan a alcanzar crías durante una edad promedio de 10 años, por lo que aportan en toda su vida la producción de 6 crías, la producción media de leche es de 2.5 litros/vaca/día y producción de carne de 160 Kgr. Por animal en 4 años, el periodo de ordeña es de 60 días solamente. El ganado bovino con el que cuentan es criollo en un 95%, el restante 5% son mestizos producto de cruces de la raza criolla con razas introducidas como Pardo Suizo, Gir lechero y Santa Gertrudis.

Así mismo, es común encontrar bueyes y equinos utilizados como animales de trabajo (actividades agrícolas, acarreo de insumos y rastrojo), además de cerdos, ovinos de pelo, chivas y aves de corral (gallinas, patos, pavos) como reservas alimenticias para las familias durante el año.

La alimentación de los bovinos es a base de rastrojos y maíz, en algunos casos molido complementado en su dieta con pastoreo en monte nativo o áreas de barbecho o terrenos cultivables que no se utilizan. El estiércol es utilizado no sólo como fertilizante en los predios sino también como fuente de energía combustible a través de la elaboración de "tortas" de estiércol, que son secadas y utilizadas en fogones para la cocción de alimentos, al igual que leña que se recolecta del monte nativo.

La ordeña es manual y se realiza por lo general dos veces al día. La producción es estacional ya que se reduce en épocas de estiaje, mientras que en época de lluvias se incrementa al contar el ganado con forraje verde y abundante.

El sistema es practicado en áreas rurales, la producción de leche generalmente se transforma en quesos frescos, los cuales se destinan al autoconsumo y a la venta. La paga que recibe el productor, es en su predio por el rescatista en forma periódica. El precio que recibe cada productor puede variar en función del volumen entregado.

Al interior de las unidades de producción se presentan relaciones de colaboración y solidaridad (ayudas) para la realización de actividades agropecuarias o de construcción. Es común la existencia de ingresos provenientes de trabajos no agropecuarios (taxista, trabajadora doméstica, albañil, etc.) realizados por miembros de la familia que trabajan fuera de la unidad de producción (Camiri y Santa Cruz).

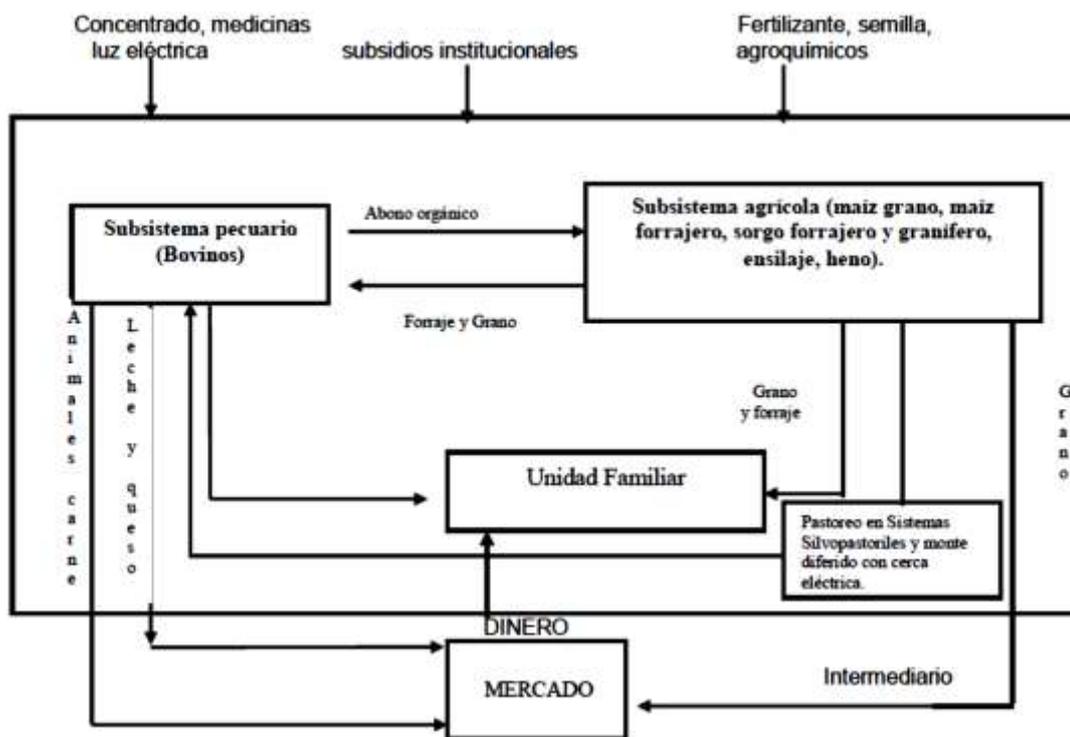
Sin embargo, es propio de estos agroecosistemas la escasa incorporación de tecnologías, ya que son pocas las diseñadas para ellos. Por lo tanto, quienes han estudiado a estos sistemas concluyen que puede mejorarse tecnológicamente. La actividad de producción de carne y leche a pequeña escala para la elaboración de queso, ha tomado una mayor importancia dentro de

las estrategias productivas de los campesinos, como consecuencia de la pérdida de la rentabilidad del cultivo del maíz.

**Agroecosistema mejorado**

El agroecosistema de manejo alternativo o mejorado, es aquel en el que se han incorporado innovaciones tecnológicas con respecto al sistema tradicional. El agroecosistema mejorado (AM) se deriva de una serie de innovaciones tecnológicas que se introdujeron al sistema tradicional, como un medio para mejorar la productividad ganadera (carne y leche) ante la problemática de baja rentabilidad ganadera debido principalmente a la falta de forraje en la época seca y la baja rentabilidad del maíz. Las modificaciones consisten en dos componentes importantes de interés de evaluación en el presente estudio: a) Producción de forraje: Implementación de sistemas silvopastoriles y diferimiento de monte nativo con divisiones a través de cercas eléctricas y b) Conservación de forrajes: henificación y ensilaje. Las interacciones e interrelaciones determinadas para este agroecosistema, se detallan a continuación:

**Figura 4.** Diagrama de interacciones e interrelaciones del agroecosistema mejorado



Fuente: Elaboración propia en base a Brunett L. et al 2004

A continuación, se detalla cada una de las innovaciones tecnológicas para la producción y conservación de forraje introducidas al agroecosistema tradicional, cuyas características se explican a continuación:

## PRODUCCIÓN DE FORRAJE

### a. Diferimiento de monte nativo con el uso de cercas eléctricas

El monte diferido consiste en hacer descansar un área determinada durante el período de lluvias. Este procedimiento permite que las plantas forrajeras lleguen a producir semillas. (Saravia, 1995).

El diferido se aplica a potreros de pastos cultivados y de monte nativo cuando se quiere incrementar la población de las especies forrajeras deseadas. Para aplicar la técnica, necesariamente se debe evitar el ingreso de animales, por lo que la superficie a recuperar debe cerrarse, significando un costo considerable para el productor al utilizar cerramientos convencionales. Sin embargo, los últimos avances de aplicación tecnológica a nivel del Chaco, demuestran que con el uso de "cercas eléctricas", es posible reducir alrededor del 70% los costos en relación a la alambrada tradicional. (Saravia, 1995).

**Figura 5.** Diferimiento de monte nativo con el uso de cerca eléctrica



**Fuente:** Elaboración propia.

### b. Sistemas silvopastoriles o monte mejorado

Los sistemas silvopastoriles se refieren a la combinación de especies leñosas perennes (árboles y arbustos) con hierbas en general, ya sean estas nativas o introducidas.

La metodología "tradicional" de implantación de pastos consiste en eliminar totalmente los árboles, ya sea con maquinaria o en forma manual, para después realizar la siembra de una especie forrajera seleccionada por el ganadero. Este sistema representa la permanente extracción de nutrientes a través de la cosecha del forraje, además de tener sometida a la pastura a altas temperaturas y un alto grado de evaporación de la poca humedad del suelo

proporcionada por las lluvias, también con altas probabilidades de ser afectada por las heladas por la no disponibilidad de humedad. (Saravia, 1995).

En forma general, podría decirse que los objetivos principales de la integración de animales (rumiantes) con los sistemas silvopastoriles son: producir carne y leche sin provocar cambios considerables a un ecosistema natural, se reducen los costos de limpieza de malezas por menor incidencia de plantas invasoras.

En los modelos de sistemas silvopastoriles propuestos para la zona chaqueña, el pasto cultivado, los árboles y arbustos, acumulan en sus flores y hojas, la materia orgánica que retornará al suelo según su ciclo vegetativo (floración y caída de hojas). A este material se suma el estiércol y orina de los animales durante el pastoreo.

Mediante el proceso de descomposición (mineralización), los elementos de origen orgánico vuelven a su estado mineral por el permanente proceso de descomposición de la materia orgánica (hojarasca, frutos, ramas, estiércol, orina). Adicionalmente, hay una mejora en la estructura del suelo a través del aporte que hacen las raíces de los árboles en cuanto a materia orgánica, aireación e infiltración del agua de lluvia (Saravia, 1995).

**Figura 6.** Sistemas silvopastoriles o monte mejorado



**Fuente:** Elaboración propia.

## CONSERVACIÓN DE FORRAJE

### a. Ensilaje

Es el proceso de picar el forraje en estado verde, acumularlo en un lugar determinado y apisonarlo para luego cubrirlo con un material impermeable. Para obtener un buen ensilado, primeramente, se debe ubicar el lugar donde se construirá el silo, el cual debe estar cerca a

los comederos donde se alimentará a los animales. Para definir qué tipo de silo se construirá, depende de la topografía del terreno y de los recursos con que cuenta el productor. El más económico es el silo tipo "montón", porque no requiere de infraestructura. (Gómez, 2005).

**Figura 7.** Proceso de elaboración del ensilaje



**Fuente:** Elaboración propia.

#### b. Henificación

Es el resultado de la deshidratación natural o artificial del forraje, esto hace que no tenga riesgo de deteriorarse. Se llama así al proceso de corte, secado y almacenamiento de diferentes especies forrajeras conservando sus cualidades nutritivas que tienen al momento del corte. La henificación es una alternativa para aprovechar durante la época de lluvias, uno o dos cortes de la planta forrajera.

Casi todas las especies de pastos son aptas para henificar, pero los más apropiados son los que tienen tallos delgados y contienen menos humedad, lo que facilita que el secado sea rápido.

La parte más nutritiva y útil de la planta para el heno son las hojas, tallos y granos en el caso del sorgo, por consiguiente, se debe evitar la pérdida de ellas a tiempo de henificar. Los pastos más comunes en la zona son el pasto Búfalo, *Panicum maximum*, cultivar Gatton, Tanzania y otros menos difundidos. (Gómez *et al.* 2005).

**Figura 8.** Proceso de henificación



**Fuente:** Elaboración propia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los siguientes resultados obtenidos en la presente investigación:

De acuerdo a la caracterización del sistema de referencia o tradicional, se pudo determinar que opera con mano de obra familiar y es una actividad desarrollada mediante conocimientos empíricos, transmitidos por las diferentes generaciones en la familia, lo que repercute en una baja productividad del sistema, como también la comercialización de los productos es a través de intermediarios.

El sistema de referencia presenta el esquema técnico y social más comúnmente practicado en la región. De acuerdo al levantamiento de información en la zona de estudio, se pudo distinguir que el agroecosistema de referencia se identifica como maíz-grano-ganado por las interacciones entre los subsistemas agrícola y pecuario y concuerda en términos generales con los sistemas identificados como ganadería campesina o de pequeña escala, propios de la región de estudio. La actividad de producción de carne y leche a pequeña escala para la elaboración de queso, ha tomado una mayor importancia dentro de las estrategias productivas de los campesinos, como consecuencia de la pérdida de la rentabilidad del cultivo del maíz.

Sin embargo, es propio de estos agroecosistemas la escasa incorporación de tecnologías, ya que son pocas las diseñadas para ellos. De acuerdo a lo indicado por Brunett (2004), quien ha estudiado a estos agroecosistemas concluye que pueden mejorarse tecnológicamente buscando la sustentabilidad.

En función a la definición de puntos críticos, criterios e indicadores de sustentabilidad se pudo determinar el grado de sustentabilidad de ambos agroecosistemas en las dimensiones social, económica y ambiental, cuyos resultados se detallan a continuación:

**Figura 9.** Evaluación de sustentabilidad para la dimensión social



**Fuente:** Elaboración propia.

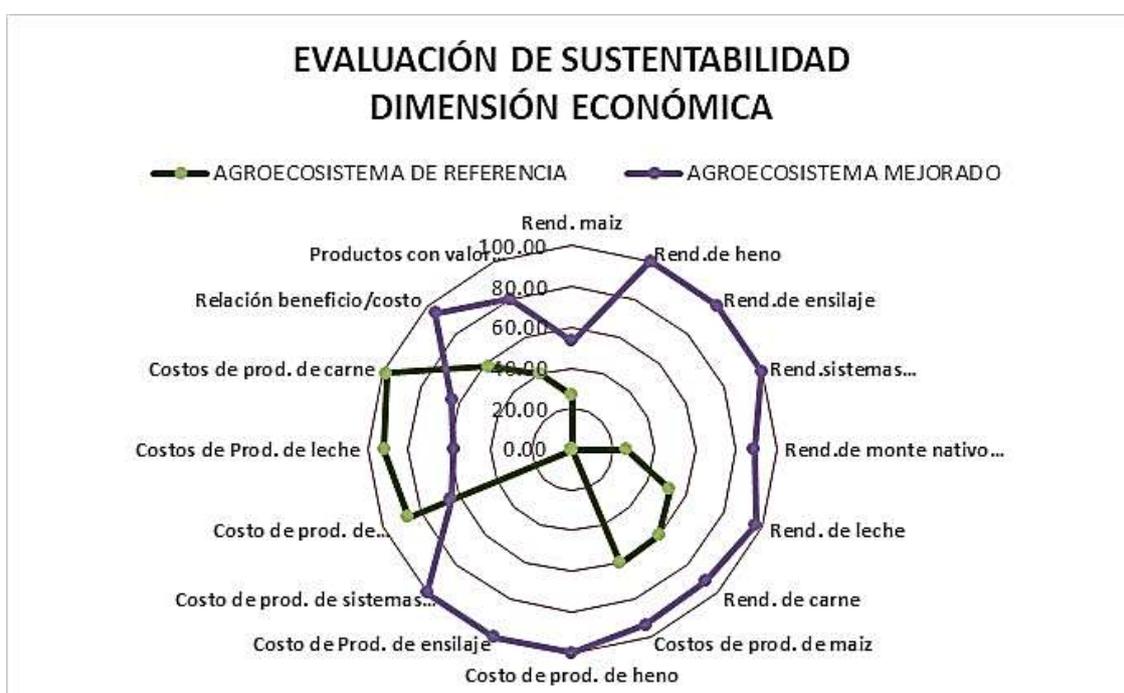
El diagnóstico rural participativo realizado reportó que los indicadores estratégicos de evaluación: Integración familiar y grado de participación de los integrantes en cada una de las actividades productivas, fortalecimiento organizacional e innovaciones tecnológicas adoptadas, pertenecientes a los atributos equidad, autogestión/autodependencia y adaptabilidad, tenían un bajo grado de sustentabilidad, ya que antes de iniciado el proyecto con la introducción de innovaciones tecnológicas al sistema, no estaban organizados, los bajos ingresos del sistema generó la desintegración familiar, el grado de participación de los miembros de la familia en las actividades productivas del sistema era bajo y la adopción de innovaciones tecnológicas era nula.

Al contrario, los resultados de evaluación del agroecosistema mejorado, nos señala que los indicadores que reportaron una alta sustentabilidad, fueron las *innovaciones tecnológicas adoptadas*, debido a que el 100% de los productores adoptaron las innovaciones tecnológicas introducidas por el proyecto, los beneficiarios indicaron que dicha adopción, la realizaron por ser de fácil aplicación, bajos costos y de mucho beneficio para solucionar el problema de falta de forraje en la época seca, en comparación con el sistema convencional que no disponían de

estas innovaciones para solucionar el problema anteriormente mencionado. Por otro lado, el fortalecimiento organizacional ha reportado también un alto grado de sustentabilidad, debido a que el proyecto contemplaba un componente de fortalecimiento organizacional, lo que permitió organizarlos como asociación de ganaderos de Cuevo mediante la elaboración y aprobación los reglamentos correspondientes.

Respecto al grado de participación de los miembros de la familia en actividades productivas del sistema, ha reportado un alto grado de sustentabilidad, debido a que se introdujeron innovaciones tecnológicas, se generaron nuevas actividades donde los miembros de la familia participaron, debido a que estas les generaría ingresos adicionales, por último el indicador referido a la integración familiar, reportó un grado de sustentabilidad media, tomando en cuenta que, el fortalecimiento del sistema ha promovido la integración familiar.

**Figura 10.** Evaluación de sustentabilidad para la dimensión económica



**Fuente:** Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados de evaluación en la dimensión económica, se pudo evidenciar que los indicadores de rendimiento de heno, ensilaje, sistemas silvopastoriles, monte nativo, leche y carne, presentaron alto grado de sustentabilidad, al ser todos estos indicadores parte del componente principal de incorporación de innovaciones tecnológicas de producción y conservación de forraje, que permitieron disponibilidad de forraje, por ende, mayor producción de leche y carne, a diferencia del agroecosistema de referencia, que no podría reportar indicios de sustentabilidad, al ser totalmente deficiente en este aspecto. Una característica particular es

el rendimiento del maíz, que no ha mejorado su productividad, ya que el proyecto no ha incidido en la mejora del manejo, pero ha contribuido mediante capacitaciones en el uso de semilla de calidad y manejo agronómico.

Respecto a los indicadores de costo de producción de maíz, heno, ensilaje, sistemas silvopastoriles y monte nativo, si bien son nuevos en el sistema, tienen su relevancia en la sustentabilidad del mismo, pero se justifica debido a que los costos reportados permiten el manejo e incorporación de tecnologías innovadoras de producción y conservación de forraje, que permiten el incremento de productividad, por ende, mayores ingresos al sistema. Por otro lado, los indicadores de costos de producción de leche y carne son bajos y reportan un alto grado de sustentabilidad, debido a que, al existir oferta de forraje para la producción de leche y carne, y no depender de insumos externos, los costos de producción se redujeron.

Referente a la relación beneficio/costo (B/C), los valores reportados nos indican que el sistema mejorado genera mayores beneficios que costos, lo que nos indica, que la incorporación de las innovaciones tecnológicas al sistema, hizo más eficiente al sistema, aprovechando los recursos locales y dejando de lado la dependencia de insumos externos que encarecían el sistema de referencia. Finalmente, el indicador productos con valor agregado, también tiene un alto grado de sustentabilidad, ya que, al existir disponibilidad de forraje para la producción de leche, sobre todo, permite darle valor agregado en queso, que tiene alta demanda y buen precio en el mercado local, regional y nacional.

Para la evaluación de sustentabilidad de ambos sistemas en función a la dimensión ambiental, se pudo evidenciar que durante los dos años de duración del proyecto la mayor parte de los indicadores evaluados reportaron alto nivel de sustentabilidad, estos indicadores son: Disponibilidad de forraje para la época seca, como el principal, debido a que la contribución de la disponibilidad de forraje repercute en la productividad del sistema ganadero y la cobertura del suelo, por otro lado el indicador de incorporación de tecnologías de producción y conservación de forraje para la época seca, altamente sustentable por su gran aporte de oferta segura de forraje al sistema, por su lado el indicador porcentaje de cobertura del monte nativo, también es sustentable debido al diferimiento (clausura) del monte nativo por un lapso de dos años ha permitido la regeneración de especies nativas que otorgaron un incremento en el porcentaje de cobertura, lo cual evita procesos erosivos de origen hídrico, haciendo al sistema cada vez más sustentable.

**Figura 11.** Evaluación de sustentabilidad para la dimensión ambiental



Fuente: Elaboración propia.

Los indicadores, porcentaje de cobertura en monte nativo y porcentaje de riesgo de erosión en monte diferido, reportaron alta sustentabilidad mediante las innovaciones tecnológicas introducidas, en conjunto promovieron la cobertura del suelo mediante la diversidad de especies que regeneraron, por ende, menos vulnerable a procesos erosivos.

Mientras que los indicadores: aplicación de prácticas sustentables de conservación de suelos y cantidad de especies forrajeras introducidas y establecidas en la finca, reportaron un grado medio de sustentabilidad, como resultado de las capacitaciones para la aplicación de prácticas de conservación de suelos en el proyecto, lo que permitió la aplicación de prácticas sustentables en el sistema, a la vez la cantidad de especies forrajeras introducidas y establecidas, ha contribuido a fortalecer el sistema, al tener nuevas especies que garanticen oferta forrajera y cobertura del suelo.

Por su lado, los indicadores: quemado de restos de desmonte y desmontes para la siembra de pasturas a campo abierto, reportaron una mejora sustancial por efecto de las capacitaciones en el manejo de las innovaciones tecnológicas introducidas, lo que repercutió en el cambio de actitud y costumbre de parte de los productores a no realizar el desmonte total para la siembra de pasturas, ni el quemado de restos del desmonte, ya que ambas prácticas tradicionales afecta de forma negativa al medio ambiente haciendo no sustentable al agroecosistema.

Finalmente, los resultados de la evaluación de sustentabilidad de la dimensión ambiental, indica que los indicadores que componen esta evaluación, reportaron alto y medio nivel de sustentabilidad, mientras el sistema de referencia no demuestra indicios de sustentabilidad.

## CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se arribó a las siguientes conclusiones:

- La evaluación de sustentabilidad en la dimensión social, nos indica que tres de los indicadores, reportaron alta sustentabilidad, mientras que uno de ellos reportó sustentabilidad media y todos los indicadores del agroecosistema de referencia son insustentables. La dimensión social es sustentable debido a que la adopción de las innovaciones tecnológicas, permitió mayor integración familiar, mayor grado de participación de los miembros de la familia en actividades productivas de la finca y el fortalecimiento organizacional.
- La evaluación de sustentabilidad en la dimensión económica, reportó que 10 indicadores son altamente sustentables, 6 medianamente sustentable, esto debido a que los costos de producción de carne y leche reportaron alto grado de sustentabilidad en función a las innovaciones tecnológicas que incorporaron costos de producción, pero son sustentables por generar mayores ingresos que costos, lo que hace más robusto al agroecosistema. Mientras que todos los indicadores evaluados en el agroecosistema de referencia son de menor nivel de sustentabilidad
- La evaluación de sustentabilidad en la dimensión ambiental, indica que 4 indicadores reportaron sustentabilidad alta y 5 de ellos sustentabilidad media, por su parte todos los indicadores evaluados para el sistema de referencia, demostraron ser insustentables, debido a que hacen un manejo inadecuado de los recursos en el agroecosistema desde el punto de vista productivo, contrariamente la incorporación de innovaciones tecnológicas al agroecosistema de referencia mejoraron considerablemente la sustentabilidad en función al manejo mejorado de las actividades productivas con la oferta segura de forraje producido para el ganado aprovechando los recursos naturales de manera eficiente.
- En función a la evaluación de ambos agroecosistemas desde el punto de vista de las dimensiones social, económica y ambiental, se concluye que el agroecosistema mejorado es altamente sustentable desde el punto de vista ambiental, pero medianamente sustentable en las dimensiones social y económica, estos resultados son producto de la incorporación de innovaciones tecnológicas que fortalecieron el manejo mejorado de los recursos naturales

dentro el agroecosistema, que permitió reducir riesgos y vulnerabilidad, haciendo más resiliente al agroecosistema.

- El estudio ha demostrado que la finca productiva ganadera o agroecosistema, incorpora alternativas productivas que mejoran en su conjunto, la sustentabilidad del sistema y la condición de las familias.
- Esta sustentabilidad se debe a que tienden a adecuar las actividades productivas a la capacidad de uso del suelo y de los recursos naturales en general, aprovechando su máximo potencial.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIERI, M. y NICHOLLS C. 2002 Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Serie textos básicos para la formación ambiental. PNUMA. Red de formación ambiental para América Latina y el Caribe. México. 235 p.
- ASTIER M. y MASERA O. 1996. Metodología para la evaluación de sistemas de manejo incorporando Indicadores de sustentabilidad. México. 29 p.
- BRUNETT, L, GARCIA, H, GONZALES C. 2004. Indicadores de sustentabilidad económica de la producción de leche en dos agroecosistemas campesinos del Valle de Toluca. En: La Ganadería de México: Globalización, políticas, regiones y transferencia de tecnología. UACH, CUESTAAM, CONACYT.
- GOMEZ, Mario, 2005. Técnicas de conservación de forraje.
- MASERA, O et. al. 1999. Sustentabilidad y sistemas campesinos: Cinco experiencias de evaluación en el México Rural. Grupo interdisciplinario de tecnología rural apropiada – GIRA. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- MASERA O; ASTIER M, LOPEZ RIDAURA S. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. GIRA-Mundiprensa, México. 109 p.
- SARANDON, SJ, 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En "AGROECOLOGIA: El camino hacia una agricultura sustentable", SJ Sarandón (Editor), Ediciones Científicas Americanas, La Plata. Cap 20: 393-414. ISBN: 987-9486-03-X.
- SARAIVIA TOLEDO, Carlos et. al. 1995. Manual de ganadería del Chaco Boliviano.175 p.