

**EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE UNIDADES PRODUCTIVAS
AGROPECUARIAS EN LOS MUNICIPIOS DE CHIVATÁ, SORACÁ Y TINJACÁ
DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

ELSY MIREYA QUIROZ MANCIPE

CÓDIGO. 1.051.568.307

ADRIANA ROCIO TIBATÁ MILLAN

CÓDIGO. 1.056.074.622

CLAUDIA MARCELA VILLAMIL VELOSA

CÓDIGO. 24.170.134

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
PROGRAMA DE AGRONOMÍA**

TUNJA

2014

**EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE UNIDADES PRODUCTIVAS
AGROPECUARIAS EN LOS MUNICIPIOS DE CHIVATÁ, SORACÁ Y TINJACÁ
DEPARTAMENTO DE BOYACA.**

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE AGRÓNOMO

ELSY MIREYA QUIROZ MANCIPE

CÓDIGO. 1.051.568.307

ADRIANA ROCIO TIBATÁ MILLAN

CÓDIGO. 1.056.074.622

CLAUDIA MARCELA VILLAMIL VELOSA

CODIGO. 24.170.134

DIRECTOR

I.A Esp. Msc. JORGE ARMANDO FONSECA C

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
PROGRAMA DE AGRONOMÍA**

TUNJA

2014

RESUMEN

En Boyacá se considera que cerca del 60% de la población depende en forma directa de la agricultura siendo esta la actividad fundamental de la economía, genera alta cantidad de empleo rural (Forero et al., 2003), servicios ecosistémicos como de provisión dentro de los cuales se encuentran los recursos naturales, servicios culturales y de regulación, como el control de inundaciones, la calidad del agua y del aire (Corredor, Fonseca, & Páez, 2012). A pesar de estas apreciaciones existe una problemática económica, social y ambiental en las unidades de producción agropecuaria especialmente de la zona centro del departamento Boyacá que ha generado desplazamientos hacia las grandes ciudades y cambios de actividad diferente a la agropecuaria. Teniendo presente estos argumentos se realizó la evaluación de la sostenibilidad de unidades productivas agropecuarias en los municipios de Chivatá, Soracá y Tinjacá del Departamento de Boyacá, utilizando como herramienta el “Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos Naturales incorporando Indicadores de Sostenibilidad MESMIS”, obteniendo como resultado los niveles de sostenibilidad de las unidades productivas evaluadas y un análisis comparativo del comportamiento de los indicadores dentro de las unidades, con el fin de encontrar aquellas posibles causas que hacen que una unidad tenga mejor desempeño de los niveles de sostenibilidad frente a las otras.

ABSTRACT

In Boyacá is considered that about 60 % of the population depends directly on agriculture is still the main activity of the economy, generates high amount of rural employment (Forero et al. , 2003), and ecosystem services provision within which is the natural, cultural and regulating services such as flood control, water quality and air (Corredor, Fonseca, & Paez, 2012). Despite these findings there is an economic, social and environmental problems in the agricultural production units especially in the downtown area Boyacá department that generated trips to the big cities and changes in different agricultural activities. Bearing in mind these arguments evaluating the sustainability of agricultural production units in the municipalities of Chivatá , Soracá and Boyacá Department Tinjacá was performed using as a tool the "Framework for the Evaluation of Systems Management of Natural Resource Sustainability Indicators incorporating MESMIS " resulting in sustainable levels of production units evaluated and a comparative analysis of the behavior of the indicators within the units , in order to find those possible causes that make a unit has better performance against sustainability levels to the other.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS	3
1. MARCO REFERENCIAL	4
1.1 MARCO TEÓRICO	4
1.1.1 Sostenibilidad Agropecuaria	4
1.1.2 Agroecología.....	5
1.1.3 Agricultura Campesina.....	7
1.1.4 Evaluación de la sostenibilidad por medio de Indicadores	9
1.1.5 Marcos de evaluación de sostenibilidad.....	12
1.2 ESTADO DEL ARTE.....	16
1.3 MARCO GEOGRÁFICO	19
2. METODOLOGIA.....	21
2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA UNIDADES DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA.....	21
2.1.1 Instrumentos diagnostico	21
2.1.2 Identificación de fortalezas y debilidades	22
2.2 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN LAS UNIDADES PRODUCTIVAS AGRÍCOLAS CAMPESINAS	22
2.2.1 Criterio de Retorno.....	23
2.2.2 Criterio de Eficiencia	24
2.2.3 Criterio de Conservación.....	25
2.3.4 Criterio Diversidad	35
2.3.5 Criterio Participación.....	37
2.4.6 Criterio de Capacidad de cambio e innovación	39
2.4.7 Criterio de Autosuficiencia	40

2.3 ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO DE LOS INDICADORES Y LOS NIVELES DE SOSTENIBILIDAD EN LAS TRES FINCAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA EVALUADAS.....	43
2.3.1 Análisis comparativo de las unidades de producción agropecuaria.....	44
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
3.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIAS, UBICADAS EN LOS MUNICIPIOS DE CHIVATÁ, SORACÁ Y TINJACÁ DEL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ.....	46
3.3.1 Caracterización Unidad de producción Campesina Chivatá.....	50
3.3.2 Caracterización Unidad de producción Campesina Soracá	53
3.1.3 Caracterización Unidad de producción Campesina Tinjacá	56
3.1.4 Identificación de Fortalezas y debilidades.....	59
3.2 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN LAS UNIDADES AGROPECUARIA CAMPESINAS	62
3.2.1 Criterio de retorno	62
3.2.2 Criterio de eficiencia	63
3.2.3 Criterio de Conservación.....	65
3.2.4 Criterio de Diversidad	76
3.2.5 Criterio de Participación	86
3.2.6 Criterio capacidad de cambio e innovación	88
3.2.7 Criterio de Autosuficiencia	91
3.3 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS INDICADORES Y LOS NIVELES DE SOSTENIBILIDAD EN LAS TRES FINCAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA EVALUADAS.....	96
3.3.1 Integración de Indicadores.....	96
3.3.2 Análisis comparativo de las unidades producción agropecuaria (UPA)	110
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
BIBLIOGRAFÍA	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características de los Municipios.....	20
Tabla 2. Escala Valorativa Indicador Valor Presente Neto	24
Tabla 3. Escala valorativa Indicador Beneficio - Costo	25
Tabla 4. Escala valorativa indicador porcentaje de cobertura	27
Tabla 5. Escala valorativa indicador presión de plagas y enfermedades	31
Tabla 6. Escala valorativa indicador cantidad de agua por unidad de superficie... 33	
Tabla 7. Escala valorativa calidad de suelo	34
Tabla 8. Escala valorativa índice uso de semillas	37
Tabla 9. Escala valorativa Indicador empleo generado o demanda de Trabajo	38
Tabla 10. Escala valorativa indicador porcentaje de participación en asociaciones Locales.....	39
Tabla 11. Escala valorativa indicador de innovación tecnológica	40
Tabla 12. Escala valorativa Indicador de capacitación y generación de conocimientos.....	40
Tabla 13. Escala valorativa índice de dependencia a insumos externos.....	41
Tabla 14 Escala Valorativa de Ahorro Interno.....	42
Tabla 15 Escala valorativa porcentaje de gasto de alimentos cubierto con la producción propia	43
Tabla 16. Caracterización de las UPA	47
Tabla 17. Fortalezas y debilidades por criterio de diagnostico	60
Tabla 18. Resultados indicador Valor Presente Neto.....	63
Tabla 19. Resultado Indicador beneficio - costo	64
Tabla 20. Resultados índice de cobertura.....	66
Tabla 21. Resultados incidencia de plagas y enfermedades Municipio de Tinjacá	67
Tabla 22. Incidencia de plagas y enfermedades UPA de Soracá.....	69
Tabla 23. Incidencia de plagas y enfermedades UPA de Chivatá	71
Tabla 24 Disponibilidad de agua y velocidad de recarga en la UPA	73
Tabla 25 Resultados indicador calidad del suelo	75
Tabla 26 Resultados finales Biodiversidad Chivatá.....	77
Tabla 27 Resultados de biodiversidad UPA Soracá.....	79
Tabla 28 Resultado Biodiversidad UPA Tinjacá.....	82
Tabla 29. Resultados indicador uso de semilla local.....	85
Tabla 30 Resultado empleo generado o demanda de trabajo.....	86
Tabla 31 Resultados porcentaje de participación en asociaciones locales	88
Tabla 32. Resultados Indicador capacidad de innovación	89
Tabla 33 Resultados indicador de capacitación y generación de conocimiento	90
Tabla 34 Resultados índice de dependencia a insumos externos.....	92

Tabla 35 Resultados indicador ahorro interno.....	93
Tabla 36 Resultados indicador Gastos en alimentos cubierto con la producción propia	95
Tabla 37 Gráfica comparativa indicador gasto en alimentos cubierto con la producción propia	95
Tabla 38. Matriz de integración de indicadores	97
Tabla 39. Desempeño por criterio e indicadores.	111

LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1 Indicadores de sostenibilidad	11
Figura No. 2. Mapa Ubicación de Municipios evaluados	20
Figura No. 3. Determinación de cobertura vegetal	26
Figura No. 4. Trampa con feromona para monitoreo de <i>Tecia Solonivora</i>	28
Figura No. 5. Trampa para monitoreo de <i>Premnotrypes vorax</i>	29
Figura No. 6. Trampa para monitoreo de insectos voladores	30
Figura No. 7. Diagrama de Flujo de UPA de Chivatá	52
Figura No. 8. Diagrama de flujo de energía Municipio de Soracá	55
Figura No. 9. Diagrama de flujo agroecosistema Tinjacá	58
Figura No. 10. Gráfica comparativa Valor presente Neto	63
Figura No. 11. Gráfica comparativa indicador beneficio - costo	65
Figura No. 12. Gráfica comparativa índice de cobertura.	66
Figura No. 13. Indicador incidencia de plagas Tinjacá	68
Figura No. 14. Gráfica comparativa del nivel de Incidencia de plagas UPA Soracá	70
Figura No. 15. Grafica comparativa del grado de infestación de plagas y enfermedades UPA de Chivatá.....	71
Figura No. 16. Gráfica comparativa disponibilidad de agua	73
Figura No. 17. Gráfica comparativa velocidad de recarga	74
Figura No. 18 Gráfica comparativa calidad de suelo.....	76
Figura No. 19 Gráfica comparativa de la biodiversidad de la tres Unidades de Producción Campesina.....	84
Figura No. 20 Gráfica uso de semillas locales	85
Figura No. 21 Gráfica comparativa uso de empleo familiar	87
Figura No. 22 Gráfica comparativa participación en asociaciones locales	88
Figura No. 23 Gráfica de comparación de capacidad tecnológica.....	89

Figura No. 24 Gráfica comparativa capacitación y generación de conocimiento...	91
Figura No. 25 Gráfica comparativa dependencia a insumos externos	92
Figura No. 26 Gráfica comparativa indicador ahorro interno	94
Figura No. 27. Mapa Multicriterio desempeño de Indicadores UPA Chivatá	101
Figura No. 28. Mapa multicriterio integración de Indicadores UPA Soracá	104
Figura No. 29. Mapa multicriterio integración de indicadores UPA Tinjacá	107
Figura No. 30. Mapa Multicriterio desempeño de indicadores para las tres UPA	109
Figura No. 31. Mapa multicriterio comparativo desempeño criterios de las tres UPA evaluadas	117

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad agropecuaria se considera como un reto para la agricultura moderna, porque satisface la demanda de alimentos a nivel mundial en equilibrio con el cuidado y conservación del medio ambiente y la calidad de vida de los productores agrícolas. En la medida que la agricultura avanza impacta negativamente el medio ambiente y la sociedad rural. La utilización de tecnologías como el mejoramiento genético, la mecanización y el desarrollo de agroquímicos para el control de plagas, enfermedades y malezas del suelo ha generado el agotamiento de reservas de nutrientes, salinización, alcalinización y contaminación de los sistemas de agua, pérdida de agro biodiversidad y recursos genéticos, eliminación de enemigos naturales, resistencia genética a los plaguicidas y destrucción de los mecanismos de control natural.(Altieri & Nicholls, 2000). De otra parte es evidente que existe una problemática económica, social y ambiental en las unidades de producción agropecuaria especialmente de la zona centro del departamento Boyacá, que se ve reflejada en los altos niveles de pobreza, desplazamiento y migración de la población rural hacia otras actividades distintas a las agropecuarias (Departamento Nacional de Planeación, 2010).

Estos y otros aspectos agroproductivos hacen necesario evaluar y comparar los niveles de sostenibilidad de unidades productivas agropecuarias mediante el uso de la herramienta “Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos Naturales incorporando Indicadores de Sostenibilidad MESMIS” en los Municipios de Chivatá, Soracá y Tinjacá del Departamento Boyacá, con el propósito de establecer los niveles de sostenibilidad de dichas unidades productivas y encontrar las posibles causas de estos niveles.

Como primer paso se desarrolló la caracterización de las unidades de producción agropecuaria (UPA) que permitió conocer el estado actual, pues evidencia los

subsistemas, componentes y sus interacciones, con el fin de encontrar las fortalezas y debilidades de cada UPA. Posteriormente procedió a desarrollar un conjunto de indicadores agroambientales que den cuenta de los atributos de la un UPA en términos de sostenibilidad. Estos se estandarizan en una escala de 1 (nivel bajo de desempeño) a 5 (mejor nivel de desempeño) con el fin de unificar criterios de evaluación entre cada una de las unidades. Como producto final se obtiene un análisis comparativo del comportamiento de los indicadores y los niveles de sostenibilidad de tres fincas de producción agropecuarias.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar y comparar los niveles de sostenibilidad de tres unidades productivas agropecuarias campesinas mediante el método MESMIS en los municipios de Chivata, Soracá y Tinjacá del Departamento Boyacá.

Objetivos específicos

- Caracterizar tres unidades agropecuarias, ubicadas en los municipios de Chivata, Soracá y Tinjacá del Departamento de Boyacá.

- Identificar y evaluar indicadores de sostenibilidad en las unidades productivas agrícolas campesinas.

- Analizar el comportamiento de los indicadores y los niveles de sostenibilidad en las tres fincas de producción campesina evaluadas.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 MARCO TEÓRICO

1.1.1 Sostenibilidad Agropecuaria

La agricultura es una actividad basada en recursos renovables y no renovables, esto se asocia a problemas de degradación ambiental como: la reducción de la fertilidad de los suelos, la erosión, la pérdida de recursos genéticos y la contaminación de las aguas (Altieri & Nicholls, 2000). A nivel mundial ha emergido un consenso sobre la necesidad de crear nuevas estrategias de desarrollo agrícola para asegurar una producción estable de alimentos y que sea acorde con la calidad ambiental. Con este objetivo nace el concepto de agricultura sostenible que busca la seguridad alimentaria, erradicar la pobreza, conservar y proteger el medio ambiente y los recursos naturales (Altieri & Nicholls, 2000; Corrales Roa, 2003).

Las recientes tendencias indican que la incorporación de principios científicos de manejo del ecosistema a las prácticas de manejo agrícola puede fortalecer la producción de cultivos especialmente los rendimientos. La producción sostenible de cultivos está dirigida a maximizar las opciones de intensificación de producción agrícola, por medio del manejo de los servicios de biodiversidad y de ecosistemas (FAO, 2012).

Dentro los objetivos que promueve la agricultura sostenible se encuentran: Producción estable y eficiente de recursos productivos, seguridad alimentaria, uso de prácticas agroecológicas o tradicionales de manejo, preservación de la cultura local y de la pequeña propiedad, asistencia a los más pobres a través de un proceso de autogestión, un alto nivel de participación de la comunidad en decidir la dirección de su propio desarrollo agrícola, conservación y regeneración de los recursos naturales (Altieri & Nicholls, 2000).

Según (Altieri & Nicholls, 2000) los elementos básicos de un agroecosistema sostenible son la conservación de los recursos renovables, la adaptación del cultivo al medio ambiente y el mantenimiento de niveles moderados pero sostenibles de productividad, para tal fin el sistema de producción debe reducir el uso de energía, recursos, así como las pérdidas de nutrientes, estimular la producción local de cultivos adaptados al conjunto natural y socioeconómico, aumentar la eficiencia y viabilidad económica de las fincas de pequeño y mediano tamaño, promoviendo así un sistema agrícola diverso y flexible además de sustentar una producción neta mediante la preservación de los recursos naturales.

Desde el punto de vista de manejo los componentes básicos de un agroecosistema sostenible incluye: cubierta vegetal como medida efectiva de conservación del suelo y el agua, suplementación regular de materia orgánica, mecanismos de reciclado de nutrientes, regulación de plagas mediante el control biológico mejorando la biodiversidad. Los procesos de transformación biológica, desarrollo tecnológico y cambio institucional tienen que realizarse en armonía, de manera que el desarrollo sostenible no empobrezca a un grupo mientras enriquece a otro y no destruya la base ecológica que sostiene la productividad y la biodiversidad (Altieri & Nicholls, 2000)

1.1.2 Agroecología

La agroecología es la disciplina científica que enfoca el estudio de la agricultura desde una perspectiva ecológica y se define como un marco teórico cuyo fin es analizar los procesos agrícolas de manera más amplia.

El enfoque agroecológico considera a los ecosistemas agrícolas como las unidades fundamentales de estudio, en estos sistema los ciclos minerales, las transformaciones de la energía, los procesos biológicos y las relaciones socioeconómicas son investigados y analizados como un todo (Altieri & Nicholls, 2000).

La agroecología le interesa no sólo la maximización de la producción de un componente particular, sino la optimización del agroecosistema total. Esto tiende a reenfocar el énfasis en la investigación agrícola más allá de las consideraciones disciplinarias hacia interacciones complejas entre personas, cultivos, suelo, animales, etc. La agroecología provee las bases ecológicas para la conservación de la biodiversidad en la agricultura, las interacciones a nivel del cultivo se dan porque los incrementos de rendimientos se derivan de ciertos cambios en los diseños de los sistemas de cultivo, como es el caso de los policultivos universalmente utilizados por los campesinos a nivel del predio. (Altieri & Nicholls, 2000)

Los principios básicos de la agroecología incluyen: el reciclaje de nutrientes y energía, la sustitución de insumos externos, el mejoramiento de la materia orgánica y la actividad biológica del suelo, la diversificación de las especies de plantas y los recursos genéticos de los agroecosistemas en tiempo y espacio, la integración de los cultivos con la ganadería y la optimización de las interacciones y la productividad del sistema agrícola en su totalidad, en lugar de los rendimientos aislados de las distintas especies (Altieri & Toledo, 2011).

La agroecología integra y optimiza la producción del agroecosistema en tres dimensiones sostenibles, la primera es social considerada como la necesidad de mantener niveles óptimos de bienestar (presentes y futuros), mediante la autosuficiencia alimentaria, satisfacción de necesidades locales (salud, vivienda, educación), independencia y autonomía, desarrollo endógeno y de pequeñas unidades, participación y toma de decisión. La segunda es la económica basada en el uso eficiente de bienes, servicios (producción) y distribución equitativa, sin dañar la renovación, reproducción y distribución del agroecosistema, respetando la capacidad de carga del límite biofísico (rendimiento sostenible), dependencia del agroecosistema local (uso de recursos) y consumo (generación de desechos), viabilidad económica y equidad. Por último la dimensión ambiental enmarca la extracción de materiales, energía y servicios del agroecosistema utilizando formas

ecológicas de apropiación sostenible, donde la tasa no sobrepase la capacidad de regeneración del ecosistema (estabilidad, funciones agroecosistémicas, biodiversidad) (Martinez, 2004).

1.1.3 Agricultura Campesina

La unidad familiar campesina es simultáneamente una unidad de producción y de consumo (Yoder 1994), en la cual el principal objetivo es la satisfacción de las necesidades de la familia. Además el proceso de producción está basado predominantemente en el trabajo familiar con una mínima demanda de recursos externos. En concordancia con esa posición la finca campesina está orientada principalmente a la producción de valores de uso para la satisfacción de las necesidades, aunque también se generan valores de cambio cuando los excedentes son comercializados; sin embargo estos últimos no buscan el lucro sino la reproducción simple de la unidad doméstica (Mora Delgado, 2007)

Las formas de producción campesina se caracterizan porque la unidad organizacional del trabajo está conformada por la familia y recurre básicamente a los factores naturales de la producción. Mantiene gran eficiencia en el uso de los recursos y se definen por una serie de rasgos ecológicos que lo hacen social, económica y ambientalmente deseables. (Sandoval & Ospina, 2011)

En general la producción campesina se puede definir con las siguientes características, sustentados en un conocimiento holístico, basados en hechos y creencias de los agricultores (Toledo, 2003):

- La producción campesina tiene un alto grado de autosuficiencia. Las familias campesinas consume una parte sustancial de su propia producción.
- Los campesinos están comprometidos en un proceso de producción predominantemente basado en el trabajo de la familia, con un mínimo uso de productos externos. La fuerza humana y animal, más que los

combustibles fósiles, son las principales fuerzas de energía. La familia funciona a la vez como una unidad de producción, consumo y reproducción.

- La producción combinada de valores de uso y mercancías no busca el lucro solamente, sino la reproducción simple de la unidad doméstica.
- Los campesinos generalmente son pequeños propietarios de tierra, debido a razones tecnológicas y frecuentemente también, a la escasez y/o desigual de distribución de ésta.
- Aunque la agricultura tiende a ser la actividad principal de la familia campesina, la subsistencia campesina está basada en una combinación de prácticas, que incluyen la recolección agrícola, cuidado de ganado doméstico, artesanía, pesca, caza y trabajos fuera de la explotación a tiempo parcial, estacionales o intermitentes.

Los sistemas campesinos cuentan con un alto grado de diversidad de especies vegetales presentes en sistemas de policultivos y/o modelos agroforestales, integran la obtención de diferentes productos, mientras los sistemas productivos a gran escala son basados en un solo cultivo. Esta estrategia estabiliza los rendimientos a largo plazo, promueve la diversidad de la dieta y maximiza la rentabilidad de la producción, incluso con bajos niveles de tecnología y recursos limitados (Altieri & Toledo, 2011; Astier & Masera, n.d.).

Además estos sistemas son más que una actividad productiva y económica, la agricultura constituye para estas familias parte integral de su cultura. El desplazamiento, la migración y el hecho que algunos miembros de la familia se dediquen de manera transitoria o permanente a actividades diferentes a las agrícolas están creando una ruptura generacional y un estancamiento en los procesos de socialización e investigación, aprendizajes propios de la agricultura campesina y responsables de la continua renovación de su conocimiento, necesarios para responder a los cambios económicos, ambientales y de consumo. (Londoño Vélez, 2008).

Tales razones hacen que la producción campesina llame la atención para ser estudiada, teniendo en cuenta que desde el momento en que los habitantes rurales son primariamente productores se enfrentan a fuerzas naturales y sociales, son actores económicos dentro de un contexto económico y ecológico. La producción campesina siempre implica la combinación de valores de uso y de cambio, es el resultado de procesos naturales y de fuerzas de mercado que actúan sobre el campesino como productor y consumidor. Para entender y explicar el proceso productivo de las sociedades rurales se debe describir la forma en la que los flujos de materias, energía, trabajo, mercancías e información tienen lugar y se integran en la realidad concreta donde ellos acontecen (Toledo, 2003).

1.1.4 Evaluación de la sostenibilidad por medio de Indicadores

Según Sarandón 2009, existen dos posibilidades para medir la sostenibilidad, la primera es la evaluación *Per Se* y la segunda la evaluación comparativa.

La evaluación *Per Se* Intenta evaluar la sostenibilidad por sí misma, generalmente busca contestar respuestas como: ¿es sostenible la producción bajo invernadero?, ¿es sostenible la producción orgánica?. No se hacen comparaciones de sistemas, exige una respuesta categórica sí o no y una definición absoluta de sostenibilidad.

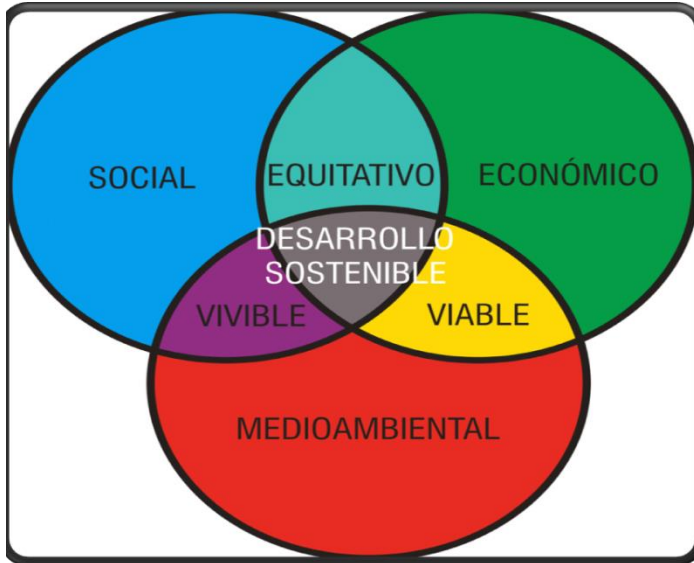
La Evaluación Comparativa es la más común, pregunta ¿Cuál de estos sistemas o tecnologías es más sostenible?, permite determinar cuál de los sistemas es mejor o más sostenible. Existen dos tipos de evaluación, la retrospectiva evalúa que pasó, que tipo de sistema ha sido mejor o que práctica ha sido la mejor. La evaluación prospectiva indaga qué pasará en caso de cambiar o sustituir un cultivo o una práctica agrícola.

El uso de indicadores permite comprender los puntos críticos de sostenibilidad en un agroecosistema, es una variable seleccionada y cuantificada que permite ver una tendencia. Debido a la complejidad de la sostenibilidad los indicadores

permiten una simplificación de la realidad. Algunas de las características que deben tener los indicadores son (Sarandón, 2009):

- Estar relacionados con la sostenibilidad: los indicadores deben ser derivados de los atributos de la sostenibilidad.
- Ser adecuados al objetivo perseguido: No existen un conjunto de indicadores aplicados a todos los casos, estos deben ser elegidos de acuerdo al objetivo.
- Tener sensibilidad a los cambios en el tiempo: Es importante que los indicadores sean sensibles a un amplio rango de situaciones y que puedan variar en el tiempo.
- Presentar poca variabilidad natural durante el periodo de muestreo.
- Tener habilidad predictiva: Esto permite encontrar en el indicador una tendencia hacia el futuro.
- Ser directos: a mayor valor más sostenibles
- Ser de fácil recolección
- Ser sencillos de interpretar: Es importante que los indicadores se evalúen en unidades equivalentes.
- Presentar posibilidad de valores o umbrales
- De característica universales, pero adaptadas a cada condición particular

Figura No. 1 Indicadores de sostenibilidad



Tomado de <http://georgiahernandez.wordpress.com/>

Es necesario desarrollar un conjunto de indicadores de comportamiento socioeconómico y agroecológico, con el fin de realizar un estudio que no solo se concentre en la productividad, sino en otros indicadores del comportamiento del agroecosistema como estabilidad, sostenibilidad, equidad y la relación de estos entre sí (Altieri & Nicholls, 2000):

- **Sostenibilidad:**

Es la medida de la habilidad de un agroecosistema para mantener la producción a través del tiempo en presencia de repetidas restricciones ecológicas y presiones socioeconómicas. Las características de este manejo balanceado varían con diferentes cultivos, áreas geográficas y entradas de energía y por lo tanto son altamente específicos del lugar (Castillo, 2002).

- **Equidad**

Se define como una buena distribución de productos en el agroecosistema entre los consumidores y productores locales, ingresos adecuados y buena nutrición. Para algunos la equidad se alcanza cuando un agroecosistema satisface demandas razonables de alimento sin imponer a la sociedad aumentos en los costos sociales de la producción. Para otros, la equidad se logra cuando la distribución de oportunidades o ingresos dentro de una comunidad mejora realmente (Altieri & Toledo, 2011; Castillo, 2002)

- **Estabilidad**

Es la constancia de la producción bajo un grupo de condiciones ambientales, económicas y de manejo. Algunas de las presiones ambientales constituyen serias restricciones, en el sentido de que el agricultor se encuentra impedido de modificarlas. En otros casos, el agricultor puede mejorar la estabilidad biológica del sistema, seleccionando cultivos más adaptados o desarrollando métodos de cultivos que permitan aumentar los rendimientos (Altieri & Toledo, 2011)

- **Productividad**

Es la medida de la cantidad de producción por unidad de superficie, labor o insumo utilizado. Un sistema agrícola comercial suele mostrar razones de egreso e ingreso calórico, mientras que los sistemas agrícolas tradicionales exhiben razones de servicios ecológicos, los objetivos económicos y los beneficios sociales, como resultado de un cambio o una combinación de cambios (Altieri & Nicholls, 2000; Castillo, 2002).

1.1.5 Marcos de evaluación de sostenibilidad

Los marcos de evaluación constituyen un avance importante en los esfuerzos para operatividad el concepto de sostenibilidad. Representa un vínculo entre el desarrollo teórico del concepto y su aplicación práctica. Comúnmente presentan una estructura jerárquica que va de lo general (principios o atributos) a lo particular (indicadores). Los principios están predefinidos y cada marco propone diferentes

aspectos básicos a considerar; mientras que los indicadores son específicos y se definen tanto en función de contextos particulares como de los principios o atributos (Astier & Masera, n.d.)

Se considera que aproximadamente existen trece marcos para la evaluación de la sostenibilidad que pueden ser utilizados en diferentes situaciones o contextos, por tal razón no son comparables. La elección del marco se centra en analizar un conjunto de características generales que contenga un marco robusto independiente de la orientación. (Astier & Masera, n.d.)

- El Marco desarrollado por Stockle tiene un sesgo agrícola- ambiental, considera aspectos de la producción, de calidad de vida y de calidad ambiental
- El Marco PICABUE se encuentra enfocado en un concepto de calidad de vida, que concluye aspectos de salud pública, estándares de vida, seguridad, desarrollo personal, calidad ambiental, entre otros.
- Marco LEWANDOSWIKI tiene una orientación ecológica dirigido a la evaluación de sistemas específicamente agrícolas y su impacto sobre el ecosistema.
- El Marco PER es un método para la derivación de indicadores sobre las presiones humanas ejercidas sobre el ambiente.
- La Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza y el International Development Research Centre crean el marco MARPS aplicado a estudios de caso con un conjunto de metodologías para la evaluación de sistemas, proyectos y la autoevaluación.
- El centro Internacional de Investigación Forestal (CIFOR) desarrolló el marco CIFOR el cual permite seleccionar criterios e indicadores de evaluación de sistemas forestales.
- El Marco FESLM este marco tiene un sesgo ambiental e incorpora débilmente los aspectos económicos y sociales.

- El marco DE CAMINO Y MULLER desarrollado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura (IICA), propone una metodología sistémica para la derivación de indicadores a partir de una extensa revisión bibliográfica sobre el concepto de sostenibilidad y sus diferentes acepciones.
- El Marco KESSLER permite derivar e integrar indicadores de sostenibilidad en la planificación ambiental y estratégica.
- Evaluación de Satisfactores desarrollado por Bossel, 1999, propone un marco sistémico para la derivación de indicadores de viabilidad y desempeño de sistema de manejo de recursos naturales.
- El marco AMESH es basado en principios ecosistémicos, teorías sobre complejidad y sistemas jerárquicos.
- Walker 2002, crea el marco denominado MANEJO DE RESILIENCIA el cual permite analizar manejar la resiliencia de sistemas sociológicos.

➤ **Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos Naturales incorporando Indicadores de Sostenibilidad MESMIS**

El marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales incorporando indicadores de Sostenibilidad (MESMIS), emergió para hacer operativo el concepto de sostenibilidad y ha permitido clarificar y reforzar el término. La primera propuesta del marco dio su origen en 1994, cuando la fundación Rockefeller requirió de un método para evaluar la sostenibilidad de los proyectos productivos que integraban la red “Manejo de Recursos Naturales”, para tal fin se conformó un grupo interdisciplinario de evaluación para aplicar la metodología a cinco estudios de caso, agrícolas, forestales y pecuarios de diferentes regiones de México (Astier & Masera, n.d.):

El objetivo principal del MESMIS es brindar un marco metodológico para evaluar la sostenibilidad de diferentes sistemas de manejo de recursos naturales a escala

local (parcela, unidad productiva, comunidad). Se parte de las siguientes premisas (MESMIS, n.d.):

- Ayuda a evaluar la sostenibilidad con énfasis en el contexto de los productores campesinos y en el ámbito local.
- Brinda una reflexión crítica destinada a mejorar las posibilidades de éxito en los sistemas, propone un proceso de análisis y retroalimentación.
- Busca entender de manera integral las limitantes y las posibilidades para la sostenibilidad de los sistemas de manejo.
- Permite comparar los sistemas de manejo en términos de sostenibilidad.
- Constituye una herramienta en desarrollo, la experiencia en su aplicación permite mejorar el marco como tal.

Operativamente, se definen una serie de puntos críticos o fortalezas y debilidades para la sostenibilidad del sistema de manejo que se relacionan con tres áreas de evaluación: ambiental, social y económica. En cada área de evaluación se definen criterios de diagnóstico e indicadores. Finalmente, la información obtenida mediante los diferentes indicadores se integra utilizando técnicas de análisis multicriterio, con el fin de emitir un juicio de valor sobre los sistemas de manejo y brindar sugerencias para mejorar su perfil socio ambiental (MESMIS, n.d.).

1.2 ESTADO DEL ARTE

Las investigaciones sobre sostenibilidad de sistemas agrícolas han centrada la atención sobre la capacidad del sistema global de alimentar el mundo. En materia de producción campesina han sido conducidas a establecer si el sistema agroecológico de producción de alimentos a pequeña escala da mejor respuesta a la demanda creciente y si este sistema reduce los riesgos al medio ambiente. No es suficiente producir alimentos en alta cantidad, lo elemental es como se producen y este es el reto en el que se fundamenta la investigación de los sistemas agrícolas campesinos basados en la agroecología y la soberanía alimentaria. (VÍA CAMPESINA, 2011)

Barra A. & Holmberg F 2000, analizaron dos casos de sistemas de producción, uno de tipo intensivo y otro campesino. Los resultados obtenidos demostraron que la producción campesina se basa en el autoconsumo y una baja contratación de mano de obra y servicios, con mayor diversidad de fuentes económicas que el tipo intensivo, las decisiones no son totalmente orientadas por el mercado, ya que parte importante se relaciona con los requerimientos alimentarios de la familia. El tipo intensivo, basa su estrategia productiva en un alto gasto en mano de obra, servicios y una alta proporción de la producción va dirigida hacia la venta. Concluye que la estrategia productiva campesina es un reflejo de una condición de dotación de factores dada, más que la consecuencia de una racionalidad económica específica de la familia.

En la meseta Purépecha de Michoacán (México) Ayala O. & García B., 2009 realizaron un estudio con el fin de identificar algunos de los componentes de la agricultura y contribuir con el desarrollo de una metodología para la valoración. Se concluyó que la agricultura campesina es multifuncional y presenta algunos atributos que la hace relevante como diversidad, sostenibilidad, autosuficiencia, autogestión, calidad de vida, competitividad y adaptabilidad. Se encontró que en la producción no importa el producto central, sino la forma en la que se desarrolla el

proceso productivo para su obtención. Así mismo se concluyó que a pesar del poco mercado que se tiene, las unidades de producción campesina juegan un papel importante en el sostén de las áreas rurales, en el mantenimiento del empleo, arraigo de la población al campo, la preservación de la agrobiodiversidad y recursos naturales y la viabilidad del medio rural.

Salminis, Demo, & Geymonat, 2006, realizaron un trabajo de investigación en Argentina en el que se evaluó la sostenibilidad agrícola en tres predios, con distintas técnicas de labranza relacionadas con el uso de fertilizantes. Esta evaluación se fundamentó en los graves problemas de degradación ambiental que presenta la zona como consecuencia de la forma de aprovechamiento de los recursos naturales. La evaluación fue realizada utilizando el método experimental MESMIS. Se demostró que la siembra directa utilizando fertilizantes y conservando el rastrojo muestra valores que indican mayor sostenibilidad en varios de los puntos críticos que se analizaron, la labranza reducida con la utilización de fertilizante sin conservar el rastrojo muestra un sostenibilidad parecida a la siembra directa, pero respondió a diferentes puntos críticos y finalmente la labranza convencional con fertilizantes sin pastoreo se muestra bastante insostenible.

En el 2010 la Universidad Nacional de Córdoba en Río seco Argentina Caceres, Soto, Ferrer, Silvem, & Bisio, 2010, se llevó a cabo un estudio de caso que buscaba evaluar el impacto que tiene la agricultura industrial sobre la producción campesina predominante en esta zona, dicho estudio demostró que existe una alta intensificación del uso del suelo afectando la biodiversidad, generando concentración de la economía, además de modificar y debilitar las estrategias campesinas y producir migración de las comunidades campesinas a las grandes ciudades. Se concluyó que se está consumiendo las mayores cantidades de capital humano para ser convertido en capital económico.

En Colombia Cárdenas, Gómez, Quintero, & Vasquez, 2005, realizaron la evaluación con indicadores de sostenibilidad de sistemas productivos campesinos, en esta investigación se hizo uso del método de MESMIS. Con esta evaluación se determinó la situación actual de los sistemas productivos y se comparó en el tiempo con el fin de observar objetivamente su evolución. Se evaluaron los diferentes indicadores determinando los puntos críticos y un análisis de los factores que están afectando la sostenibilidad de las unidades o fincas productivas de café orgánico. Se pudo concluir que el análisis a partir de indicadores de sostenibilidad, es una herramienta dinámica que le permite a cada familia campesina poder visualizar acciones de trabajo de forma organizada y coherente con metas precisas

Así mismo Quintero, Hurtado Moreno, & Aragon Franco, n.d. realizaron la evaluación de la sostenibilidad en pequeñas unidades de producción agrícola, en donde se evaluó los procesos en las unidades con prácticas tradicionales y con prácticas agroecológicas, para establecer el nivel de sostenibilidad mediante la valoración energética y la modelación en la dinámica de los sistemas. A partir de esta se creó un modelo con el objetivo de ser propuesto como instrumento de gestión a las corporaciones regionales y campesinos para que trabajen desde la agroecología y se proyecte como un sistema de producción sostenible para el futuro.

En el 2007 se realizó un estudio a diferentes sistemas de producción campesinos asociados a la Cooperativa Agrovida en el Municipio de Ocaña, la característica principal de estos sistemas fue la implementación de la agroecología. Se concluyó que la producción a pequeña escala diversificada y permanente, que se logra con el establecimiento de cultivos asociados, representa para los campesinos un menor riesgo ante las variaciones del mercado, así mismo se demostró que la viabilidad económica de los sistemas estudiados no sólo depende de los cultivos con importancia comercial, sino de los componentes pecuario y agroforestal, los

cuales contribuyen al sostenimiento del sistema, por su aporte en insumos productivos y en productos para el auto consumo (Leal Muñoz, 2007).

1.3 MARCO GEOGRÁFICO

➤ Departamento de Boyacá

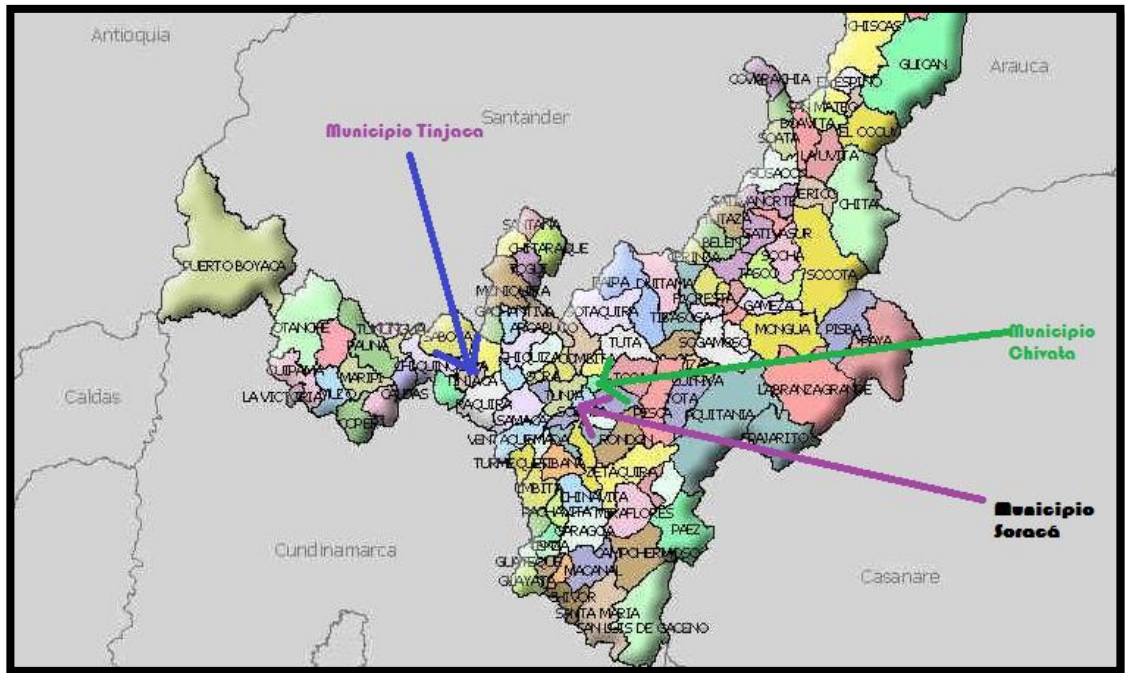
El Departamento de Boyacá está situado en el centro del país, en la cordillera oriental de los Andes. Cuenta con una superficie de 23.189 km², representa el 2.03 % del territorio nacional. Cuenta con 1.253.311 habitantes de los cuales el 49% se considera población rural, el porcentaje de población que se encuentra bajo la línea de pobreza es de 67.61%, el principal renglón de la economía es el sector agropecuario. (ACCIÓN SOCIAL, 2012)

La estructura de la propiedad rural se caracteriza por el minifundio, lo cual implica una economía de sobrevivencia y con pocos excedentes para la comercialización. Las viviendas en las que habita la población rural del departamento son dispersas y deficientes, con malas vías de acceso en las que se carece de sistemas de agua potable e infraestructura de saneamiento básico. La población más joven de las zonas rurales por lo general migra hacia las áreas urbanas más grandes de las provincias, luego hacia las ciudades del departamento, para posteriormente salir hacia otras regiones del país en busca de oportunidades educativas y laborales. Esto ha conllevado a que el campo esté cada vez más desocupado y que quienes ejercen las labores allí sean personas mayores (Herrera, Rucks, & Moro, 2012)

De acuerdo con las cifras del DANE, 2011, el sector que más contribuye a la generación del PIB en el departamento es el sector de la agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca. Boyacá contribuye con 7,2% al sector agropecuario colombiano y ocupa el cuarto puesto en el país (Herrera et al., 2012).

➤ **Municipios de ejecución del proyecto**

Figura No. 2. Mapa Ubicación de Municipios evaluados



Fuente: La investigación

Tabla 1. Características de los Municipios

Municipios	Altura (msnm)	Actividades económicas	Población rural	% Pobreza	% Área dedicada a la agricultura
Chivatá	2.850	Agropecuaria, Minería, Artesanías Comercio	66.29%	41.7%	45%
Soracá	2.800	Agropecuaria Comercio	90.5%	55.5%	80%
Tinjacá	2.700	Agropecuaria Artesanías	70%	39%	60%

Fuente: La investigación

2. METODOLOGIA

El tipo de investigación que se utilizó fue de tipo descriptiva cualitativa cuantitativa, la cual permitió analizar y comparar la sostenibilidad de las tres unidades productivas agropecuarias.

Una manera de diagnosticar el estado del sistema agrícola es la construcción de indicadores de sostenibilidad, estos indicadores permiten conocer de manera particularizada las necesidades de manejo de cada sistema. Para tal fin se hizo uso del Método MESMIS (Marco para a evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales mediante indicadores de sostenibilidad) ver marco teórico numeral 2.1.5.

2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA UNIDADES DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Se definieron los subsistemas de manejo a evaluar, flujos internos y externos de materia y energía, además se determinan los usos de suelo de cada unidad productiva a estudiar.

En cada una de las unidades productivas se aplicó el instrumento diagnostico en formato tipo encuesta descriptiva que se diseñó teniendo en cuenta los aspectos que el método MESMIS (ver marco teórico número 2.1.5) considera relevantes para la caracterización de las unidades de producción Agropecuaria (UPA).

2.1.1 Instrumentos diagnostico

El instrumento se dividió en cuatro subsistemas que a saber son: Pecuario, agrícola, forestal y familiar, cada uno se caracterizó de acuerdo a su objetivo y componente y se establecieron datos respecto a mano de obra, consumo de

alimentos, toma de decisiones, destino de la producción y prácticas de manejo del agroecosistema respecto al componente suelo, biodiversidad y agua.

Además del instrumento diagnóstico (encuesta) se obtuvieron algunos datos a partir de la observación directa y revisión de los esquemas de ordenamiento territorial de cada Municipio.

Se utilizó una matriz para sintetizar la información de acuerdo a las siguientes componentes: biofísico, biótico, tecnología y manejo y socioeconómico.

A partir de la información obtenida de la aplicación del instrumento diagnóstico a cada UPA y la matriz de síntesis de la información, se construyó el diagrama de flujos entre los subsistemas y componentes (flujos al interior) de las UPA y con el exterior que le confieren funcionalidad al sistema en su conjunto, lo anterior con el fin de articular los diferentes elementos que lo conforman. (Ver anexo No. 1).

2.1.2 Identificación de fortalezas y debilidades.

En esta etapa se busca encontrar las fortalezas y debilidades de las Unidades Producción Agropecuarias (UPA) determinando aquellos aspectos que afectan de manera positiva o negativa la sostenibilidad de los sistemas de manejo, para después identificar los indicadores relevantes a evaluar con respecto a cada UPA.

Para tal fin se organizaron las fortalezas y debilidades en cada criterio definido en el Marco para la Evaluación de Indicadores (MESMIS) en una matriz donde se sintetiza la información y se comparan las tres unidades productivas.

2.2 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN LAS UNIDADES PRODUCTIVAS AGRÍCOLAS CAMPESINAS

Se procede a derivar un conjunto de indicadores a partir de las debilidades y fortalezas encontradas en las UPA los cuales deben responder a los atributos de

sostenibilidad, para lo cual se usaron los criterios de diagnóstico establecidos por MESMIS.

Los indicadores pueden ser definidos como variables que deben conceder información sobre la condición y/o tendencia de un atributo considerado como relevante en el sistema, deben dar información para el proceso de toma de decisión. Los atributos evaluados son: Productividad, estabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad y autogestión, de los cuales se derivan los criterios de acuerdo al método de MESMIS y de ellos los indicadores.

➤ **Determinación del Nivel de desempeño de los sistemas de manejo para cada indicador.**

La determinación de nivel de desempeño permite que los indicadores se expresen en función de un juicio de valor sobre lo que se consideró adecuado. A partir de las medidas de desempeño se pudo derivar valores normativos que son útiles en la planeación y el diseño de sistemas de manejo sostenible. Una definición general de un índice de desempeño es la siguiente: Si X representa cualquier valor que puede tomar un indicador (I) en una escala X , ejemplo toneladas/hectáreas y para cada X se asigna un valor de desempeño d en escala arbitraria D (de 1 a 5) según cuanto satisface nuestras expectativas en un atributo u objetivo de sostenible, entonces para cada I se estableció una función $X \rightarrow D$, que describe el comportamiento de las preferencias sobre X , la función del índice de desempeño puede tomar cualquier forma (Astier & Masera, n.d.). El grado de la escala valorativa se estimó de uno a cinco, donde uno es el peor escenario y cinco el nivel máximo que se podría encontrar en cada indicador.

2.2.1 Criterio de Retorno

Son los beneficios en términos económicos sociales o ambientales que se obtienen por la inversión monetaria.

➤ **Indicador Valor Presente Neto**

Se calculó a partir de la sumatoria del Beneficio Total de todas las explotaciones agrícolas (ΣBT) menos el costo Total (ΣCT) necesarios para mantener la producción dividido en la tasa de descuento (r) en un año (t). Para establecer la escala valorativa se estimó el porcentaje del valor presente neto que cubre el total de los costos de producción de la siguiente manera, teniendo como base que lo óptimo para una UPA sería que obtuviera un 30%¹ de valor presente neto sobre la inversión hecha.

Ecuación 1. Formula Valor Presente Neto

$$VPN = \Sigma BT - \Sigma CT / (1 + r)^t \text{ (UNAD, 2009)}$$

Tabla 2. Escala Valorativa Indicador Valor Presente Neto

Nivel desempeño	Valor presente neto %
1	<5
2	5-10
3	10-20
4	20-30
5	>30

Fuente: La investigación

2.2.2 Criterio de Eficiencia

Indica la proporción entre un retorno y la inversión monetaria realizada para obtener la eficiencia del sistema.

¹ Se considera ideal porque un proyecto es viable cuando el VPN es superior a 0 en este caso un 30% significaría un valor aceptable para que se obtenga no solo la inversión sino que permita obtener utilidad para próximas inversiones en la UPA

➤ **Indicador Beneficio costo**

Muestra la proporción entre el beneficio total y los costos totales de producción en las UPA. Para esta proporción se utilizó una tasa de interés del 9,47%² (r) anual (t) aplicada a los costos de producción (CT) y al beneficio total (BT). Para obtener la escala valorativa se consideró como ideal el valor beneficio - costo de 1,3 ya que con este se obtiene la inversión y una utilidad³ adicional.

Ecuación 2. Formula indicador beneficio - costo

$$BC = \left(\frac{\sum BT / (1+r)^t}{\sum CT / (1+r)^t} \right)^1 \text{ (Astier \& Masera, n.d.)}$$

Tabla 3. Escala valorativa Indicador Beneficio - Costo

Nivel de desempeño	BT/CT
1	<1
2	1 - 1,1
3	1,1 - 1,25
4	1,25 - 1,33
5	>1,33

Fuente: La investigación

2.2.3 Criterio de Conservación

Indica el grado en que un sistema preserva su estructura, su función y la base de recursos que lo sostienen.

➤ **Indicador Índice de cobertura vegetal**

En las UPA se identificaron tres usos del suelo que son de interés para esta investigación, a saber: Agrícola, pecuaria y forestal. En cada uno de estos usos se identificó el índice de cobertura de la siguiente forma: se realizaron cuatro lecturas en diferentes fechas (con intervalos de 15 días), cada lectura (de tres repeticiones)

² Tasa de interés establecida por el banco agrario para préstamos a pequeños productores

³ Con cada 100 pesos que se invierten retornan 130 pesos al agroecosistema, es decir se obtiene una utilidad del 30%, considerándose el proyecto rentable.

consistió en un muestreo de la cobertura de 1 metro cuadrado (ver imagen, este valor se ponderó con el porcentaje de cada uno de los usos de suelo en la UPA. La escala valorativa del indicador se obtuvo partiendo de un supuesto ideal de cobertura total del suelo.

Figura No. 3. Determinación de cobertura vegetal



Fuente: La investigación

Ecuación 3. Fórmula para obtener el índice de cobertura vegetal

$$CVT = \dot{X}CTA + \dot{X}CTP + \dot{X}CTF$$

$$\dot{X}CTA = \sum CTA * \left(\frac{A1}{AT}\right) * 100$$

$$\dot{X}CTP = \sum CTP * \left(\frac{A2}{AT}\right) * 100$$

$$\dot{X}CTF = \sum CTF * \left(\frac{A3}{AT}\right) * 100$$

Dónde:

CVT = Cobertura vegetal total

$\dot{X}CTA$ = Promedio ponderado cobertura total uso de suelo agrícola

$\dot{X}CTP$ = Promedio ponderado cobertura total uso de suelo pecuario

$\dot{X}CTF$ = Promedio ponderado cobertura total uso de suelo forestal

A1= Área de dedicación agrícola, A2= Área de dedicación pecuaria, A3= Área de dedicación forestal

AT= Área total de la finca

Tabla 4. Escala valorativa indicador porcentaje de cobertura

Nivel de desempeño	% de Cobertura
1	<10
2	30-10
3	50-30
4	50-70
5	>70

Fuente: La investigación

➤ **Presión de plagas y enfermedades**

En los cultivos de cada UPA se identificaron las principales plagas y enfermedades, se diseñó el esquema para captura y monitoreo de las mismas como se muestra en la tabla siete, tomando lecturas con diferentes intervalos (cada ocho o quince días) dependiendo del agente biológico por un periodo de tres meses.

Los datos recolectados se organizaron por cada plaga o enfermedad, estos se promediaron de acuerdo a las lecturas hechas y se obtuvo un valor de afectación por cada una. La escala valorativa se determinó de acuerdo al umbral de daño económico (momento en el que se recomienda realizar un control químico), obteniendo un índice de uno (grado de infestación alto) a cinco (grado de infestación bajo) por cada plaga. Finalmente el índice conseguido se promedió para lograr encontrar el valor para el indicador de presión de plagas (ver formula 4).

Ecuación 4. Fórmula para determinar presión de plagas

$$PPE = \frac{Xp1 + Xp2 + Xp3 \dots \dots n}{n}$$

$$Xpn = \frac{Xm1 + Xm2 + Xm3 \dots \dots n}{n}$$

Dónde:

PPE= Presión de plagas y enfermedades

Xpn= Promedio de incidencia de plaga o enfermedad

Xmn= Promedio de incidencia de plagas por lectura de registro

n = Número de muestra o plaga

➤ Monitoreo de plagas

Se estableció una trampa de feromona de olor en la UPA de Chivatá y otra para la UPA de Soracá con el fin de atraer los adultos machos de *Tecia solanivora* (polilla Guatemanteca) y así establecer la densidad de la plaga en cada cultivo. La trampa está constituida por una goma que libera el olor suspendida en un recipiente plástico con dos aberturas laterales con una mezcla de agua y jabón colocada a una altura de un metro sobre el suelo. (Ver figura No. 4). Para determinar la escala valorativa se utilizó el umbral de daño de 50 adultos (ICA, 2011), el monitoreo se realizó con intervalos de quince días.

Figura No. 4. Trampa con feromona para monitoreo de *Tecia Solonivora*



Fuente: La investigación

Para gusano Blanco (*Premnotrypes vorax*) se realizó un monitoreo en los lotes próximos a establecer el cultivo). La trampa tuvo una dimensión de 40 x 40 cm, se utiliza como cebo ramas de plantas de papa a las cuales se les aplicó Acefato 75 SW en dosis de 2 gr/l de agua, cumplió la función de atraer y dar refugio a los adultos del gusano blanco durante el día y concentrar la población para eliminarla con el insecticida químico estas se cubrieron con paja con el fin de proveer oscuridad y mantener la humedad. En total se colocaron 10 trampas por UPA con cultivo de papa, las lecturas y el cambio de las trampas se hicieron con intervalos de quince días. Para determinar la escala valorativa se utilizó el umbral de daño económico de 200 adultos por trampa (International Potato Center, 2005)

Figura No. 5. Trampa para monitoreo de *Premnotrypes vorax*



Para el monitoreo Mosca de la zanahoria (*Psylla rosae*), Minador (*Liriomiza sp*), Mosca blanca (*Bemisia Tabaci*) se elaboraron trampas con papel atrayente amarillo de un área de 50 cm por 40 cm impregnadas con una sustancia pegajosa en este caso valvulina, se establecieron tres trampas por UPA. Los monitoreo se

realizaron con intervalos de ocho días. La escala valorativa se basó en los siguientes umbrales de daño: 300 adultos para Mosca de la zanahoria (*Psylla rosae*), 300 adultos para Minador (*Liriomiza sp*) y 140 adultos Mosca blanca (*Bemisia Tabaci*), valores referenciados (Lafuente, 2002) en los que se debe empezar a realizar control químico.

Figura No. 6. Trampa para monitoreo de insectos voladores



Para el caso del trozador del maíz (*Agrotis ipsilon*) y enfermedades fungosas, bacterianas y virus, fue necesario realizar visitas a los cultivos y conteos (intervalos de 15 días) de las plantas afectadas por cultivo (incidencia de la plaga) y el porcentaje de afectación por planta (grado de severidad). Como peor escenario se consideró una infestación mayor al 50%⁴.

En la tabla No. 5 se observa las principales plagas y enfermedades de los cultivos establecidos en la UPA y el nivel de desempeño del indicador de acuerdo a la escala valorativa determinada por el umbral de daño económico para cada una de ellas.

⁴ Considerado este el ataque más grave que causa una pérdida económica, que afectaría la rentabilidad del cultivo y del sistema en general.

Tabla 5. Escala valorativa indicador presión de plagas y enfermedades

Plaga / Enfermedad	Monitoreo	Base para Escala	Nivel de desempeño				
PAPA			1	2	3	4	5
Polilla Guatemateca (<i>Tecia Solonivara</i>)	Trampa feromonas	50 Adultos/ Trampa/8 días	>50	50-40	40-20	20-10	<10
Gusano Blanco (<i>Premnotrypes Vorax</i>)	Trampa en suelo	200 Adultos /trampa/ 15 días	>200	200-150	150-100	100-50	<50
Minador (<i>Liriomyza sp</i>)	Trampa amarillas	300 Adultos/ Trampa /8 días	>300	300 - 200	200 – 100	100 - 50	<50
Gota (<i>Phytophthora infestas</i>)	Observación directa	Porcentaje de severidad /15 días	>50%	50 - 35%	35 - 25%	25 - 15%	0 -15%
Alternaria	Observación directa	Porcentaje de severidad /15 días	>50%	50 - 35%	35 - 25%	25 - 15%	0 -15%
<i>Rhizoctonia solani</i>	Observación directa	Porcentaje Incidencia /15 días	>50%	50 - 35%	35 - 25%	25 - 15%	0 -15%
<i>Erwinia Caraotovora</i>	Observación directa	Porcentaje Incidencia /15 días	>50%	50 - 35%	35 - 25%	25 - 15%	0 -15%
Virus	Observación directa	Porcentaje Incidencia /15 días	>50%	50 - 35%	35 - 25%	25 - 15%	0 -15%
ZANAHORIA			1	2	3	4	5
Mosca (<i>Psylla rosae</i>)	Trampa amarillas	300 Adultos/ Trampa	>300	300 - 200	200 – 100	100 - 50	<50
<i>Alternaria sp</i>	Observación directa	Porcentaje de severidad /15 días	>50%	50 - 35%	35 - 25%	25 - 15%	0 -15%
MAÍZ			1	2	3	4	5
Trozador (<i>Agrotis ipsilon</i>)	Observación directa	Porcentaje Incidencia /15	> 50%	50 - 35%	35 - 25%	25 - 15%	0 -15%

		días					
Carbon maíz (<i>Ustilago Maydis</i>)	Observación directa	Porcentaje Incidencia /15 días	> 50%	50 - 35%	35 - 25%	25 - 15%	0 -15%
ARVEJA			1	2	3	4	5
Mancha amarilla (<i>Ascochyta sp</i>)	Observación directa	Porcentaje Incidencia /15 días	>50%	50 - 35%	35 - 25%	25 - 15%	0 -15%
TOMATE			1	2	3	4	5
Mosca Blanca (<i>Bemisia Tabaci</i>)	Trampa amarillas	140 Adultos/ Trampa /8 días	>140	100-140	60-100	60-30	<30
Afidos	Observación directa	Porcentaje Incidencia /15 días	> 50%	50 - 35%	35 - 25%	25 - 15%	0 -15%
Virus	Observación directa	Porcentaje Incidencia /15 días	>50%	50 - 35%	35 - 25%	25 - 15%	0 -15%
Bacteria	Observación directa	Porcentaje Incidencia /15 días	> 50%	50 - 35%	35 - 25%	25 - 15%	0 -15%
DURAZNO			1	2	3	4	5
Roya (<i>Tranzhelia discolor</i>)	Observación directa	Porcentaje Incidencia /15 días	> 50%	50 - 35%	35 - 25%	25 - 15%	0 -15%
Cresta gallo (<i>Taphrina deformans</i>)	Observación directa	Porcentaje Incidencia /15 días	>50%	50 - 35%	35 - 25%	25 - 15%	0 -15%

Fuente: La investigación

➤ **Cantidad de agua por unidad de superficie**

Se realizaron tres aforos en campo para determinar la disponibilidad de agua (m³) en cada fuente, posteriormente se dividió el volumen total de agua en el área de la finca, además se tomaron unos segundos aforos para determinar la velocidad de recarga de las fuentes. El índice se obtiene de promediar el indicador de la disponibilidad en litros por hectárea y la velocidad de recarga. Para tal fin se estableció la escala de 250m³⁵ por hectárea y una velocidad de recarga de 35 litros por segundo como lo ideal en base a las condiciones de las tres unidades productivas.

Ecuación 5. Indicador disponibilidad de agua

$$DA = \frac{XV1 + XV2 + XV3 \dots \dots XVn}{AT}$$

$$V = W * L * H$$

Dónde:

DA= Disponibilidad de agua

XVn= Promedio volumen de agua fuentes

V= Volumen

W= ancho de la fuente

L= Largo de la fuente

H= Profundidad

Tabla 6. Escala valorativa indicador cantidad de agua por unidad de superficie

Nivel de desempeño	Disponibilidad de agua	Capacidad de carga
1	0-62	0-8
2	62-125	8-17
3	125-187	17-25
4	187-250	25-35
5	>250	>35

Fuente: La investigación

⁵ Para mantener una producción anual estable aproximadamente se requieren 250 m3 /ha

➤ **Indicador Calidad del suelo**

Este indicador se estableció a partir del análisis físico- químico del suelo, busca determinar las mejores condiciones y características deseables para la producción. Para determinar el nivel de desempeño del indicador se tomó el rango óptimo para las características físico –químicas informadas en el análisis de suelo, en la medida que desciende el valor de este rango baja el nivel de desempeño del mismo (obsérvese la tabla No. 7)

Ecuación 6. Fórmula para obtener calidad de suelo

$$X = \frac{I1 + I2 + +I3 + \dots In}{n}$$

Dónde:

X= Promedio de Indicadores

In= Valor indicador por característica física o química

n= Número de datos obtenidos

Tabla 7. Escala valorativa calidad de suelo

Característica	Rango óptimo	Nivel de desempeño				
		1	2	3	4	5
TEXTURA	Franco	Arcilloso o Limoso o Arenoso	Franco Arenoso	Franco Limoso - Franco Arenoso	Franco Arcilloso	Franco
Ph	5,6 -7,3	2,6 -1	2,6 A 3,6	3,6 A 4,6	4,6 - 5,6 O 7,3 - 8,3	5,6 -7,3
MO (FRIO)	Frio: 5-10	< de 2	2-4	5-4	5-8	8 O >
	Medio 3-5	< de 2	2-3	3-4	4-5	5 O >
P (ppmm)	20 -40	<5	5-10	10-15	15-25	25-40
Al	1-2	>2	2 -1,7	1,7-1,5	1,5 - 1	<1
Ca	3-6	<3	2-3	3-4	4-5	>6
Mg	1,5 - 2,5	<0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5
K	0,2 -0,4	<0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,3	0,3 -0,4	>0,4
Na	0 -4	5-3	4-3	3-2	2-1	0-1
CICE	10 -20	0-5	5-10	10-20	20-25	>25

Fe	50-100	<20 o 140-150	20-40 o 130-140	40-50 110-120	50-60 o 100 - 110	60-100
Mn	20-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
Cu	2-4	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
Zn	3-6	0-2	2-3	3-4	4-5	5-6
CE	0-2	4-3	3-2	2-1	0-1	>0
Ca/Mg	3-5	<1 o >8	1-2 o 7-8	2-3 o 6-7	3-4 o 5-6	4-5
Ca/K	12-18	<4 o >30	4-6 o 26-30	6-8 o 22-26	8-12 o 18 - 22	12-18
Mg/k	6-8	<5 o >8	4-5 o 10-11	5-6 o 9-10	8-9 o 6-7	7-8
K/Mg	0,2 - 0,3	1,2 a 2	1,2 a 2 o 0,25 a 0	1-1,2	0,3 - 0,4 a 0,15 - 0,25	0,2 a 0,3
Ca+Mg/k	12-20	0-4 o 26-30	4-8 o 24-25	8-10 o 22-24	10-12 o 20-22	12-20

Fuente: La investigación

2.3.4 Criterio Diversidad

Indica la riqueza de elementos que posee un sistema en un momento determinada.

➤ Indicador diversidad de especies y variedades agrícolas

La biodiversidad se mide teniendo en cuenta dos aspectos, el primero tiene que ver con la riqueza específica que es el número de especies que tiene un ecosistema y la equitabilidad que mide la distribución de la abundancia de las especies. La medición de la biodiversidad en los diferentes ecosistemas se realizó mediante el índice de Shannon 1987, el cual se basa en la teoría de la información y por tanto en la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema, este índice asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere un valor de 0 cuando hay una sola especie y 5 cuando hay diversidad de especies en los ecosistemas (Golicher, 2005).

La medición se realizó con trabajo de campo mediante la observación, se tomaron las especies y la cantidad por cada uno de ellas. Para determinar el índice se hace uso de la siguiente fórmula:

Ecuación 7. Índice de Shannon

$$H = \sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i) \text{ (Golicher, 1987)}$$

Dónde:

S= Número de especies (riqueza de especies)

P_i= Proporción de individuos de la especie *i* respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie *i*), n_i/N

N_i= Número de individuos de la especie *i*

N= Número de todos los individuos de todas las especies

De esta forma el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies.

➤ **Indicador índice de uso de semillas locales**

Para determinar el uso de semillas locales (ISL) se realiza el cociente entre el total de uso de semillas locales (SL) sobre la compra de semilla comercial (SC) obteniendo un coeficiente. Para determinar este indicador se hizo uso de una encuesta. La escala valorativa se obtuvo colocando como base que lo ideal sería que la cantidad de semilla que se utilice sea de producción local con el fin de mantener la soberanía de producción.

Ecuación 8. Fórmula de Índice de semilla local

$$ISL = SL/SC \text{ (Astier \& Masera, n.d.)}$$

Colocando valores máximos y mínimos se obtiene la siguiente escala:

Tabla 8. Escala valorativa índice uso de semillas

Nivel de desempeño	Uso de semillas locales
1	<0,3
2	0,3 - 0,5
3	0,5 - 1
4	1 - 25
5	25 - 50

Fuente: La investigación

2.3.5 Criterio Participación

Se refiere al grado en que las personas o actores sociales se involucran y colaboran en el desarrollo de un proceso o un proyecto.

➤ Indicador empleo generado o demanda de trabajo

Este indicador permite determinar la cantidad de empleos familiares que genera la UPA por ciclo cultivo. La escala valorativa se determinó respecto al porcentaje de empleos familiares generados, colocando como base que lo ideal sería que el 60%⁶ corresponda a empleo familiar y el restante empleo externo en la UPA. La evaluación de este indicador se hizo con una encuesta efectuada a las UPA y la determinación de los costos de producción teniendo en cuenta la mano de obra utilizada por cada cultivo.

Ecuación 9. Empleo generado o demanda de trabajo

$$EE = \frac{TE(\%EE)}{100\%}$$

$$EFc = TE - EE$$

$$\%EF = \frac{\sum EFc * 100}{TE}$$

⁶ De forma arbitraria se tomó este valor teniendo en cuenta el tamaño de la UPA, la demanda de mano de obra y el número de miembros de la familia, ya que a partir de este se tendría una proporción en la que se genera empleo familiar y externo permitiendo dinamizar los procesos productivos agrícolas dentro de las UPA y en la región

Dónde:

EE= Empleo externo

TE= Total de empleos

EFc=Empleo familiar cultivo

%EF= Porcentaje de empleo familiar

Tabla 9. Escala valorativa Indicador empleo generado o demanda de Trabajo

Nivel de desempeño	Mano de obra Familiar %
1	90 - 100 y 0 - 20
2	80 - 90 y 20 - 30
3	70 - 80 y 30 - 40
4	60 - 70 y 40 - 50
5	50 - 60

Fuente: La investigación

➤ **Indicador porcentaje de participación en asociaciones locales**

Se evaluó la participación de los miembros de la unidad productiva en asociaciones locales. Mediante el uso de la encuesta se determinó la cantidad de asociaciones que existen en el municipio y el porcentaje de participación de los miembros de la UPA. En la escala valorativa se colocó como referente que lo ideal sería que se participara en la totalidad de las asociaciones.

Ecuación 10. Porcentaje de participación en asociaciones locales

$$\%PAL = \frac{ASP * 100}{ALE}$$

Dónde:

PAL= Porcentaje de participación en asociaciones locales

ASP= Asociaciones que participa

ALE= Asociaciones locales existentes

Tabla 10. Escala valorativa indicador porcentaje de participación en asociaciones Locales

Nivel de desempeño	Participación en Asociaciones Locales (%)
1	0 - 20
2	20 - 40
3	40 - 60
4	60 - 80
5	80 - 100

Fuente: La investigación

2.4.6 Criterio de Capacidad de cambio e innovación

Indica el grado en que los sistemas se modifican continuamente para buscar nuevas estrategias de manejo, tecnológicas y organizativas para la producción, conservación de los recursos y la reducción de los efectos negativos provenientes del exterior.

➤ **Indicador capacidad de innovación tecnológica en los últimos cinco años**

A partir de este indicador se establecieron las tecnologías y prácticas innovadoras de la UPA como preparación de suelos, semillas, cosecha, maquinaria, riego, poscosecha entre otras. Para determinar la escala valorativa se tuvo como base que a mayor cantidad de prácticas innovadoras mayor puntaje, se estableció la siguiente escala.

Ecuación 11. Capacidad de innovación tecnológica

$$CIT = \sum P$$

CIT= Capacidad de innovación tecnológica

P = Prácticas de innovación tecnológica

Tabla 11. Escala valorativa indicador de innovación tecnológica

Nivel de desempeño	Innovación Tecnológica
1	0-1
2	1-3
3	3-5
4	5
5	>6

Fuente: La investigación

➤ **Indicador capacitación y generación de conocimientos**

Se determinó la participación en procesos de capacitación y generación de conocimiento de los integrantes del agroecosistema a través de entrevistas y visitas a las unidades productivas. Se considera importante que una UPA se mantengan en continua capacitación, por lo tanto el nivel de desempeño del indicador se base en la participación de mínimo 10 capacitaciones en el año.

Tabla 12. Escala valorativa Indicador de capacitación y generación de conocimientos

Nivel de desempeño	Capacitación y generación de conocimientos
1	1-3
2	3-5
3	5-7
4	7-10
5	>10

Fuente: La investigación

2.4.7 Criterio de Autosuficiencia

Se refiere al grado en que un sistema es capaz de desarrollar sus procesos y funciones sin depender de fuentes externas.

➤ **Indicador Índice de dependencia a insumos externos**

Este indicador se estimó a partir del costo total de insumos por cultivo y del porcentaje de los costos que provienen del exterior del sistema, se parte de la base de que el peor escenario sería que se dependa en un 100% de insumos externos pues la autosuficiencia se vería afectada. La escala valorativa se obtiene del cociente entre costos totales de insumos (CTi) y el costo de insumos externos por ciclo de cultivo (CTie) obteniendo la siguiente escala valorativa:

Ecuación 12. Dependencia a insumos externos

$$DIE = CTie/CTi$$

$$CTie = \%CTie * CT$$

Tabla 13. Escala valorativa índice de dependencia a insumos externos

Nivel de desempeño	Índice de dependencia a insumos externos
1	1 a 0,68
2	0,68 A 0,46
3	0,46 A 0,23
4	0,23 A 0,01
5	<0,01

Fuente: La investigación

➤ **Indicador ahorro Interno (AI)**

Este indicador evaluó la cantidad de los costos totales de producción que son cubiertos con préstamos (fuentes externas), para tal fin se realizó el cociente entre el costo total (CT) de producción y el costo total cubierto con préstamo (CTP). La escala valorativa para el nivel de desempeño del indicador se obtuvo colocando valores máximos y mínimos partiendo de que solo un 20% del total de los costos totales de producción se cubra con préstamos, teniendo en cuenta que el préstamo se concibe como una herramienta que permite innovar en la finca.

Ecuación 13. Ahorro Interno

$$AI = CT/CTP$$

$$CTP = \%CTP * CT$$

Tabla 14 Escala Valorativa de Ahorro Interno

Nivel de desempeño	Ahorro interno
1	1,57 - 1,96
2	1,96 - 2,61
3	2,61 - 3,13
4	3,13 - 5,22
5	>5,22

Fuente: La investigación

➤ Indicador porcentaje del gasto en alimentos cubierto con la producción propia (%GPP)

Este indicador se evaluó mediante una encuesta para determinar el costo total de los alimentos consumidos por la familia en un mes y de este se determinó el costo total de alimentos provenientes de la UPA de acuerdo al porcentaje de consumo de los mismos. La escala valorativa se obtuvo colocando valores mínimos y máximos al sacar el coeficiente entre el costo total de alimentos (CTAi) y el costo total cubierto con la producción de la finca (CTAf).

Ecuación 14 Gasto en alimentos cubierto con la producción propia

$$\%GPP = CTAi/CTAf$$

$$CTAf = \%CTAf * CTAi$$

Tabla 15 Escala valorativa porcentaje de gasto de alimentos cubierto con la producción propia

Índice de desempeño	Índice del gasto de alimentos cubierto con la producción propia
1	1-1,11 o 10-5
2	1,11 - 1,25 o 5 - 10
3	1,25 - 1,43 o 3,33 - 5
4	1,43 - 1,67 o 3,33 - 1
5	1 - 1,67

Fuente: La investigación

2.3 ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO DE LOS INDICADORES Y LOS NIVELES DE SOSTENIBILIDAD EN LAS TRES FINCAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA EVALUADAS

2.3.1 Integración de indicadores

En esta etapa se evalúa la interacción entre indicadores evaluados en la UPA ya que según (Astier & Masera, n.d.) comúnmente se asume que los indicadores de sostenibilidad se pueden maximizar de manera simultánea es decir que es posible diseñar un sistema que al mismo tiempo sea el más productivo, estable, equitativo y adaptable, sin embargo en la realidad es muy difícil o imposible lograr esto, pues cuando se trata de mejorar un atributo se provoca cambios en otros aspectos del sistema.

A partir del análisis de los indicadores se buscó establecer si existe algún nivel de correspondencia entre los mismos, tanto a nivel interno como externo entre cada una de las UPA estudiadas y finalmente analizar las posibles causas que inciden en el mayor o menor valor de los indicadores.

El marco MESMIS recomienda realizar una estandarización de los indicadores en este paso, pero en el desarrollo de este trabajo de investigación el proceso de estandarización se realizó con la determinación de los indicadores y el método de evaluación para cada uno de ellos en una escala de 1 (Nivel más bajo de desempeño) a 5 (desempeño óptimo del indicador). Esto con el fin de tener claridad del nivel desempeño frente al valor óptimo para cada indicador.

➤ **Representación gráfica**

La representación gráfica se hace mediante la construcción de un mapa multicriterio, el cual consiste en plasmar de manera conjunta los indicadores de evaluación manteniendo claridad y transparencia en el análisis (Astier & Masera, n.d.) En este caso se hace uso de la AMOEBA para la representación de los resultados de la evaluación de La sostenibilidad de las tres UPA la cual permite mostrar fácilmente las ventajas relativas de cada sistema de manejo. En la gráfica cada indicador se encuentra en una escala de 0 a 5 donde cero (0) representa el peor escenario y 5 el mejor escenario que se encuentra la UPA.

2.3.1 Análisis comparativo de las unidades de producción agropecuaria

En esta etapa de ciclo de evaluación se pasa de una fase de diferenciación a una de síntesis. El análisis de los criterios permitió tener una visión del conjunto de las ventajas comparativas de las unidades productivas en cada uno de los indicadores y ayudó a emitir un juicio de valor sobre la sostenibilidad.

El primer paso que se hizo para analizar los criterios fue ordenar y sintetizar la información disponible en una matriz y graficar el desempeño de los criterios en un mapa multicriterio que contiene el conjunto de criterios de sostenibilidad evaluados y el promedio del valor de desempeño obtenido por los indicadores contenidos en

cada uno. Posteriormente se hace un análisis comparativo del comportamiento de los criterios en cada unidad para finalmente emitir un posible juicio del grado de sostenibilidad de las unidades productivas con la escala valorativa determinada por el grupo de investigación.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIAS, UBICADAS EN LOS MUNICIPIOS DE CHIVATÁ, SORACÁ Y TINJACÁ DEL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ.

La primera etapa para hacer el análisis de la sostenibilidad de las unidades producción agropecuaria fue la caracterización que permitió conocer el estado actual de cada una de la UPA pues evidencia los subsistemas, componentes y sus interacciones. El instrumento diagnostico utilizado fue la encuesta (ver anexo 1).

En la tabla No. 16, se observa un comparativo de la caracterización de las unidades de producción agropecuaria estudiadas, respecto a las características biofísicas, componentes bióticos, tecnología y manejo, localización y socioeconómicas para cada UPA estudiada.

Tabla 16. Caracterización de las UPA

CARACTERÍSTICAS		AGROECOSISTEMA SORACÁ	AGROECOSISTEMA CHIVATÁ	AGROECOSISTEMA TINJACÁ
Localización		Vereda Chaine	Vereda Ricayá Sur	Vereda Peñas
BIOFÍSICAS	Clima	Frio muy húmedo	Frio	Medio
	Altura sobre el nivel del mar	2950 msnm	2850 msnm	2140 msnm
	Temperatura	11,4 °C - 14,7°C	12 °C - 14 °C	17 °C - 24 °C
	Precipitación	694,6 mm/año	600 mm/año	750 mm/año
	Cambio climático	Alta afectación al agroecosistema	Afectación del agroecosistema	Afectación del agroecosistema
	Pendiente del terreno Agrícola	40-50%	0-20%	20-30%
	Pendiente del terreno Pecuaria	>60	20-30%	40-50%
COMPONENTES BIÓTICOS	Tipo de explotación	Agrícola, pecuaria y forestal	Agrícola, pecuaria y forestal	Agrícola, pecuario, forestal y silvopastoril
	Especies de explotación económica (vegetales)	4	4	2
	Número de especies forestales	11	2	5
	Especies de explotación económica (animales)	4	3	3
	Áreas de bosque	Nativo, reforestación, forestal	Reforestación	Nativo, Reforestación

TECNOLOGÍA Y MANEJO	Arreglos productivos	Intercalados, Franjas, Relevo, Barreras vivas	Intercalados, relevo	Relevo
	Frecuencia de rotación de cultivos	Seis meses	Seis meses	Nunca
	Preparación del suelo	Uso de herramientas conservacionistas	Uso de herramientas conservacionistas	Uso de herramientas conservacionistas
	Tipos de tracción	Mayor uso de tracción humana	Mayor uso de tracción mecánica	Mayor uso de tracción humana
	Análisis de suelos	Hace tres años	hace cinco años o más	En el último año
	Fertilización	Mixta	Mixta	Mixta
	Uso de preparados	Compost y biopreparados	Abonos verdes	Compost y Bocashi
	Control de plagas	Químico y cultural	Químico y cultural	Químico
	Porcentaje de cobertura de suelos	Parcialmente cubierto	Parcialmente cubierto	Parcialmente cubierto
	Control de arvenses	Mixto	Mixto	Mixto
	Disponibilidad de riego	si	No	Si
	Reservas de agua para actividades de finca	Reservorios, Aljibes, agua lluvia y acueducto	Agua lluvia y acueducto	Reservorios, Aljibes, Rio quebrada y Agua lluvia
SOCIOECONÓMICOS	Área	6,37 Ha	4,84 Ha	5,5 Ha
	Mano de obra agrícola	40% familiar	20% familiar	40% familiar
	Mano de obra pecuaria	100% familiar	100% familiar	100% familiar
	Destino de la producción agrícola	26% Consumo y 74% Venta	20% Consumo y 80% Venta	22% Consumo y 78% Venta
	Destino de la producción pecuaria	64% consumo y 26% venta	69% Consumo y 31% Venta	52% Consumo y 48% Venta
	Canales de comercialización agrícola	100% Plazas de mercado	96% plazas de mercado y 4% intermediario	90% Plazas de mercado y 10% intermediario

	Canales de comercialización Pecuaria	54% plazas de mercado y 44% intermediario	68% plazas de mercado, 8% almacenes de cadena y 24% intermediario	85% Plazas de mercado y 15% Intermediario
	Toma de decisiones sobre la producción	Familia	Familia	Familia
	% de Participación de los integrantes de la familia en la producción	86% Totalmente	33% Totalmente	60% Totalmente
	Canasta básica	90% producción interna	40% producción interna	40% Producción interna
	Asistencia técnica	Casas comerciales	Ninguna	Particular
	Créditos bancarios	Si, dificultad frecuente para cumplimiento de obligaciones	Si, dificultad frecuente para cumplimiento de obligaciones	Si, dificultad ocasionalmente para el cumplimiento de obligaciones

Fuente: La investigación

3.3.1 Caracterización Unidad de producción Campesina Chivatá

La unidad de producción agropecuaria del Municipio Chivatá se encuentra ubicada en la vereda Ricayá Sur, el área total es de 4.8 Hectáreas (Ha), las cuales se destinan principalmente a actividades agrícolas, forestales y pecuarias cuyo objetivo es brindar bienes para el autoconsumo familiar y la venta. La familia es la responsable de la toma de decisiones y brinda el 60% de la mano de obra que demanda la producción de la finca.

Para el análisis del sistema de producción se definieron cuatro subsistemas a saber: el subsistema agrícola tiene un área de 3 Hectáreas (Ha), tiene como objetivo la producción de alimentos para la venta y el autoconsumo como papa, maíz y arveja. La producción se desarrolla en un terreno con pendientes del 20% aproximadamente, con rotación semestral de cultivos, arreglos productivos de tipo intercalado y de relevo, se utilizan preparados como abonos verdes, la fertilización es mixta. Para la preparación del suelo se utiliza instrumentos como arado de disco, cincel, rastrillo y herramientas manuales. El agua utilizada en el agroecosistema proviene principalmente del agua lluvia y de nacimientos.

El subsistema pecuario tiene un área de 1,8 Ha, tiene como objetivo principal la producción de alimentos para la venta y el autoconsumo (lácteos, huevos, carne). El subsistema pecuario maneja 6 cabezas de bovino, 5 Ovinos y 15 Aves de corral, la mano obra utilizada en este subsistema es 100% familiar.

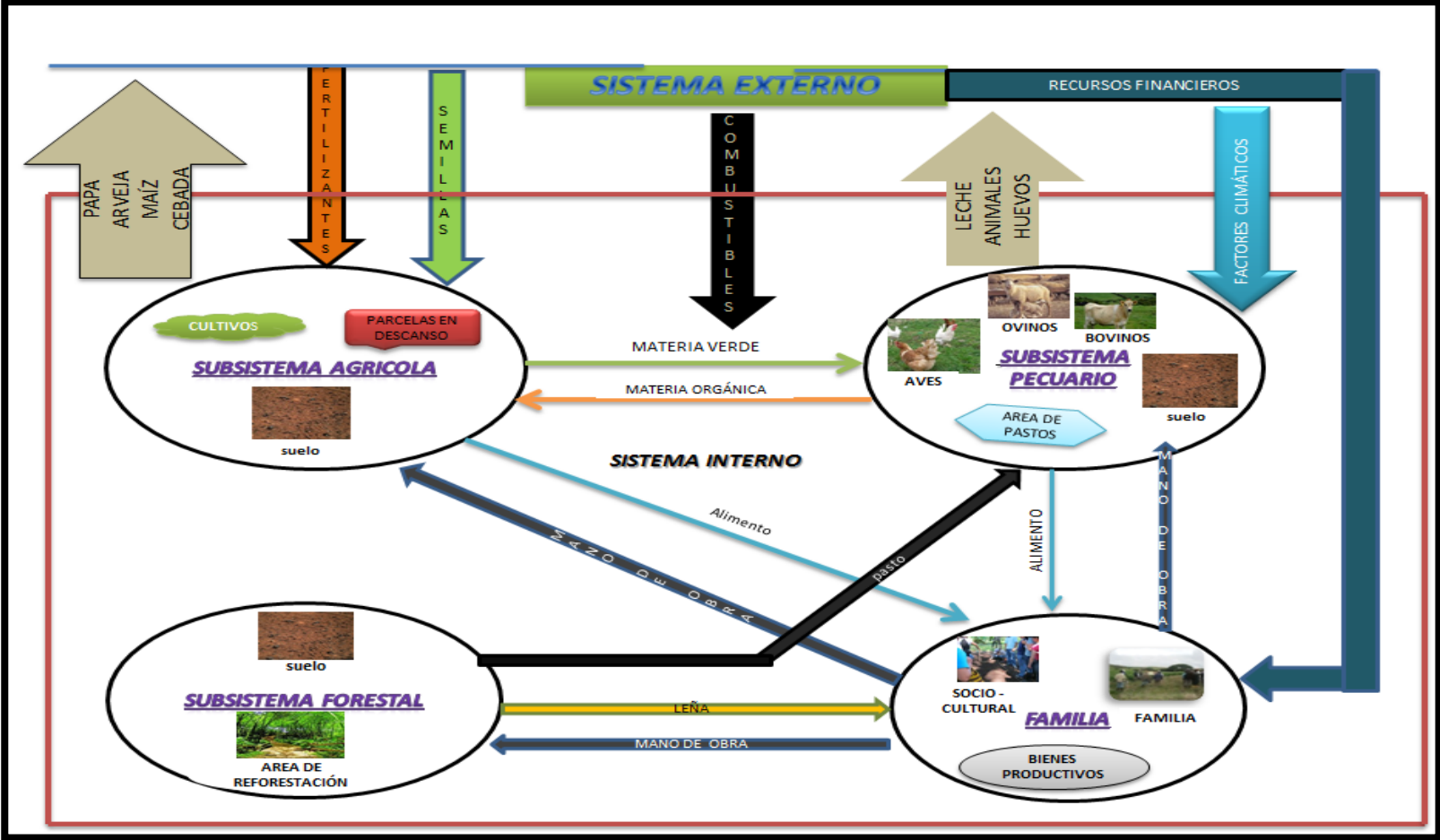
El subsistema forestal se compone de un área en reforestación, el principal objetivo es la obtención de leña para el autoconsumo, las principales especies son acacia (*Acacia decurrens*) y eucalipto (*Eucalyptus globulos*).

El subsistema familiar se encuentra integrado por seis personas, de las cuales solo dos personas se dedican totalmente a la producción en la finca.

De la canasta básica aproximadamente el 40% proviene de los productos que se obtienen en la finca. En los últimos años la familia ha tenido dificultades para cubrir las obligaciones crediticias.

En la figura No. 6 se muestra el diagrama de flujo del agroecosistema de ubicado en el Municipio de Chivatá

Figura No. 7. Diagrama de Flujo de UPA de Chivatá



Fuente: La investigación a partir de datos obtenidos

3.3.2 Caracterización Unidad de producción Campesina Soracá

La unidad de producción agropecuaria del Municipio Soracá se encuentra ubicada en la Vereda Chaine, el área total es de 6,37 Ha, las cuales se destinan principalmente a actividades agrícolas, forestales y pecuarias cuyo objetivo es brindar bienes para el autoconsumo familiar y la venta. La familia es la responsable de la toma de decisiones y brinda el 70% de la mano de obra que demanda la producción de la finca. Para caracterizar la unidad productiva se determinaron los subsistemas, los componentes y los flujos que permiten establecer relaciones al interior o al exterior de la unidad productiva.

En la unidad productiva se establecieron cuatro subsistemas. El subsistema agrícola tiene un área de 3,85 Ha, tiene como objetivo la producción de alimentos para la venta y el autoconsumo como papa, maíz, arveja, zanahoria. La producción se establece en pendientes entre el 40% y 50% con rotación semestral de cultivos, arreglos productivos de tipo intercalado, franjas y relevo, se utilizan preparados como abonos verdes, compost y biopreparados, la fertilización es mixta. Para la preparación del suelo se utiliza instrumentos como arado de disco, cincel, rastrillo, rotavito, surcadora y herramientas manuales. El agua utilizada en el agroecosistema proviene de reservorios, aljibes y agua lluvia.

El subsistema pecuario tiene un área de 2,02 Ha, tiene como objetivo principal la producción de alimentos para la venta y el autoconsumo (lácteos, huevos, carne). El subsistema pecuario maneja 7 cabezas de bovino, 3 Ovinos, 20 Aves de corral y un caballo utilizado como tracción para las actividades agrícolas.

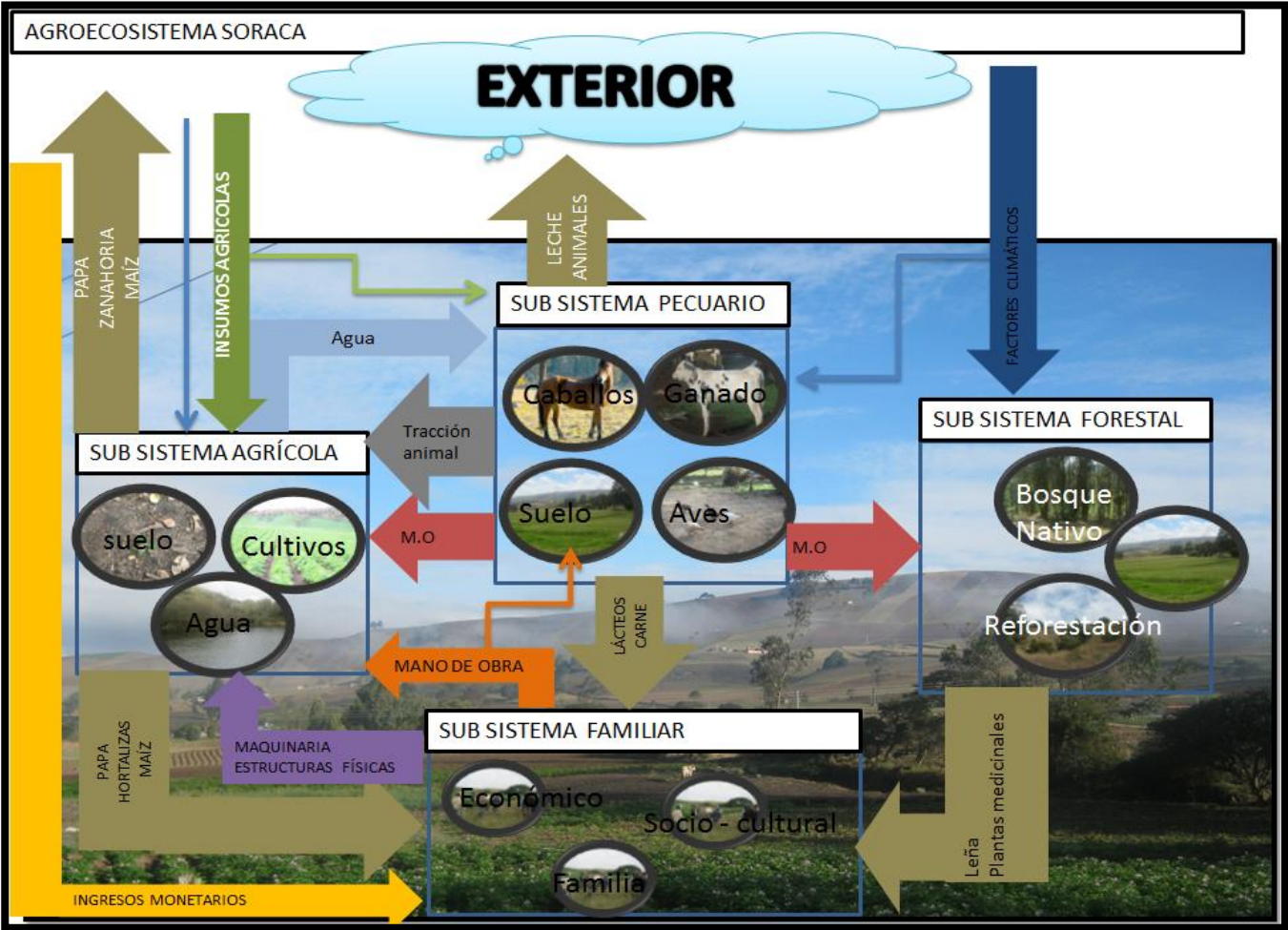
El subsistema forestal se compone de un área de bosque nativo y de reforestación, el principal objetivo es la obtención de leña para el autoconsumo, las principales especies son aliso (*Alnus acuminata*), acacia (*Acacia decurrens*),

eucalipto (*Eucalyptus globulos*), roble (*Quercus robur*), Tilo (*Sambucus nigra*), arrayan (*Luma apiculata*), urapan (*Fraxinus chinensis*).

El subsistema familiar se encuentra integrado por siete personas, de las cuales cinco personas se dedican totalmente a la producción en la finca. Del consumo de la canasta básica 90% proviene de los productos que se obtienen en la finca. En los últimos años la familia ha tenido dificultades para cubrir las obligaciones crediticias.

En la figura No. 8 se muestra el diagrama de flujo del agroecosistema de Soracá.

Figura No. 8. Diagrama de flujo de energía Municipio de Soracá



Fuente: La investigación a partir de los datos obtenidos

3.1.3 Caracterización Unidad de producción Campesina Tinjacá

La unidad de producción campesina Agropecuaria del Municipio de Tinjacá se encuentra ubicada en la vereda Peñas, el área total es de 5,5 Ha las cuales se destinan principalmente a actividades agrícolas, forestales y pecuarias cuyo objetivo es brindar bienes para el autoconsumo familiar y la venta. La familia es la responsable de la toma de decisiones y brinda el 70% de la mano de obra que demanda la producción de la finca.

En la unidad productiva se establecieron cuatro subsistemas. El subsistema agrícola tiene un área de 1,1 Ha, tiene como objetivo la producción de alimentos para la venta y el autoconsumo como tomate y durazno. Se utilizan preparados como compost y bocashi y la fertilización es mixta. Existe una alta dependencia de productos químicos para el control de plagas y enfermedades, para la preparación del suelo se utiliza instrumentos como arado de disco, cincel, rastrillo y herramientas manuales. El agua utilizada en el agroecosistema proviene de reservorios, aljibes, río y agua lluvia.

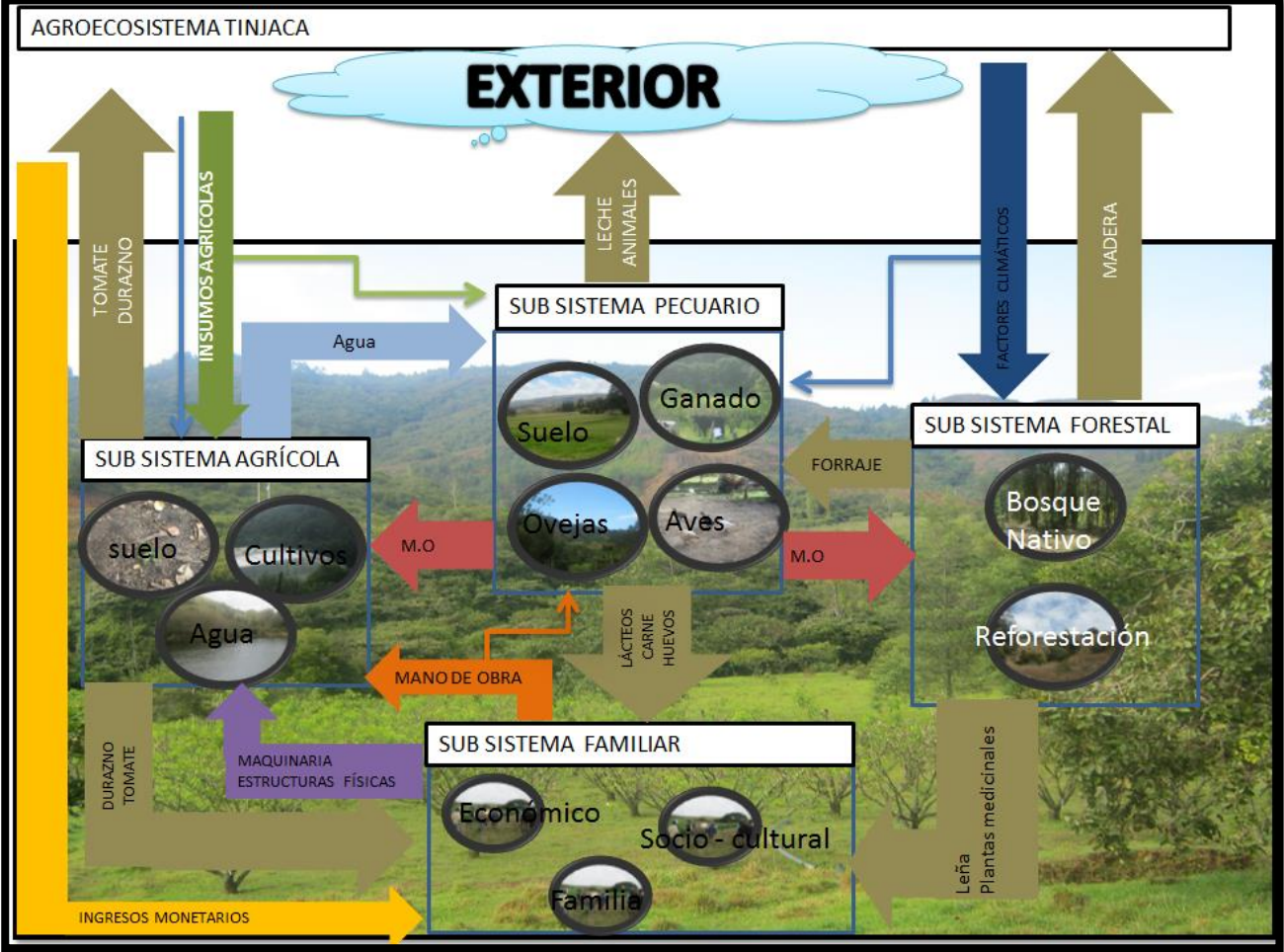
El subsistema pecuario tiene un área de 2.1 Ha, tiene como objetivo principal la producción de alimentos para la venta y el autoconsumo (lácteos, huevos, carne). El subsistema pecuario maneja 10 cabezas de bovino, 12 Ovinos, 26 Aves de corral.

El subsistema forestal se compone de un área de bosque nativo y de reforestación, el principal objetivo es la obtención de leña para el autoconsumo, las principales especies son aliso (*Alnus acuminata*), sauce (*Salix sp*), acacia (*Acacia decurrens*), eucalipto (*Eucalyptus globulos*), agraz (*Vaccinium corymbosum*) y roble (*Quercus robur*).

El subsistema familiar se encuentra integrado por cinco personas de las cuales tres se dedican totalmente a la producción en la finca, el 40% de la canasta básica proviene de los productos que se obtienen en la finca.

En la figura No. 9 se muestra el diagrama de flujo del agroecosistema de ubicado en el Municipio de Tinjacá.

Figura No. 9. Diagrama de flujo agroecosistema Tinjacá



Fuente: La investigación a partir de los datos

3.1.4 Identificación de Fortalezas y debilidades

La identificación de fortalezas corresponde al segundo paso sugerido por MESMIS para realizar la evaluación de la sostenibilidad, en base a la caracterización realizada en este paso se sintetiza la información en una matriz de las debilidades y fortalezas de las UPA teniendo presente los atributos de un agroecosistema sostenible y los criterios de diagnóstico que nacen a partir de estos.

En la tabla No. 18 se observan los atributos que corresponde a productividad, estabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad y autogestión (ver definición marco teórico numeral 2.1.4) de los cuales se derivan los criterios de retorno, eficiencia, conservación, diversidad, distribución de costos y beneficios, participación, capacidad de innovación y cambio, autosuficiencia y control. En cada uno de estos criterios se enmarcaron las fortalezas o debilidades según corresponda.

Es importante mencionar que de acuerdo a las debilidades y fortalezas encontradas en cada agroecosistema se derivan los indicadores a evaluar. Obsérvese que existen fortalezas y debilidades diferentes para cada UPA como el caso de la productividad en la que la UPA de Chivata tiene una baja producción respecto a las demás estudiadas, esto permitirá más adelante hacer comparaciones entre las UPA y generar recomendaciones de acuerdo al estudio realizado para cada indicador.

Tabla 17. Fortalezas y debilidades por criterio de diagnostico

Atributo de sostenibilidad	Criterio de diagnostico	Fortaleza o debilidad agroecosistema Chivatá	Fortaleza o debilidad agroecosistema Soracá	Fortaleza o debilidad agroecosistema Tinjacá
Productividad, estabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad, autogestión	Retornos	Baja productividad agrícola	Productividad media	Productividad media
		Bajos ingresos	Bajos ingresos	Medianos ingresos
	Eficiencia	Baja rentabilidad	Baja rentabilidad	Rentable
	Conservación	Bajo uso de agroquímicos	Bajo uso de agroquímicos	Alto uso de agroquímicos
		Baja cobertura vegetal	Baja cobertura vegetal	Baja cobertura vegetal
		Alta incidencia de plagas	Alta incidencia de plagas	Alta incidencia de plagas
		Baja disponibilidad de fuentes de agua	Buena disponibilidad de fuentes de agua	Alta disponibilidad de fuentes de agua
		Disminución de la fertilidad del suelo	Disminución de la fertilidad del suelo	Disminución de la fertilidad del suelo
		Diversidad	Rotación de cultivos	Rotación de cultivos
	No existe bosque nativo		Presencia de bosque nativo	Presencia de bosque nativo
	Uso de semillas locales y de comercial		Uso de semillas locales y comercial	Compra de semillas y material vegetativo
	Baja diversidad de especies		Buena diversidad de especies	Alta diversidad de especies
	Tendencia al policultivo		Tendencia al policultivo	Tendencia al monocultivo
	Canales de comercialización con predominio de intermediarios y plazas de mercado		Canales de comercialización con predominio de intermediarios y plazas de mercado	Canales de comercialización con predominio de intermediarios y plazas de mercado

	Distribución de costos y beneficios	Baja posibilidad de relevo generacional	Aceptable posibilidad de relevo generacional	Existe relevo generacional
		Bajo nivel de empleo familiar	Buen nivel de empleo familiar	Alto nivel de empleo familiar
	Participación	No hay participación en asociaciones locales	Participación en cooperativa productora de papa	Participación en cooperativa productora de leche
	Capacidad de cambio e innovación	No existe sistema de riego	Existe sistema de riego por aspersión	Existe sistema de riego aspersión y goteo
		Bajo nivel tecnológico	Alto nivel tecnológico	Alto nivel tecnológico
		Baja disponibilidad de infraestructura	Baja disponibilidad de infraestructura	Buena disponibilidad de infraestructura
		Capacitación continua	Capacitación continua	Capacitación continua
	Autosuficiencia	Alta dependencia de insumos externos	Alta dependencia de insumos externos	Alta dependencia de insumos externos
		La canasta familiar es externa en su mayoría	La canasta familiar es de la producción interna en su mayoría	La canasta familiar es de la producción interna en su mayoría
	Organización /control	No se lleva registros	No se lleva registros	Se llevan registros

Fuente: La investigación

3.2 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN LAS UNIDADES AGROPECUARIA CAMPESINAS

Los resultados de cada indicador se llevaron a una gráfica con el fin de mostrar y analizar su comportamiento frente a los valores óptimos de cada uno, en el eje vertical se observa los valores obtenidos para el indicador y en el horizontal cada una de las UPAS y el valor máximo y mínimo para cada indicador.

3.2.1 Criterio de retorno

➤ Valor presente neto

Para obtener el valor presente neto (VPN) se aplica la ecuación (ver ecuación No. 1), estimado en porcentaje respecto a los costos totales para cada unidad, en la tabla No. 18 se identifica el valor máximo y mínimo utilizado para la construcción del desempeño del indicador, el valor presente neto determinado a partir de los Costos totales utilizando una tasa de interés del 9,47% anual y el beneficio total (Ver anexo 2).

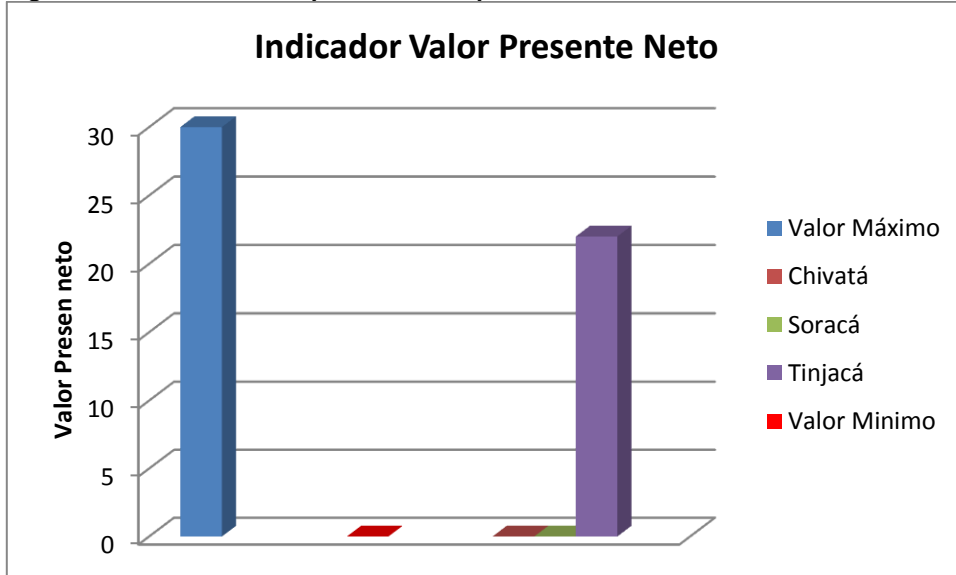
Para identificar el desempeño del indicador se observa la Figura No. 10 donde se muestra un grafica comparativa del porcentaje del valor presente neto de cada UPA respecto al ideal (30%) y el mínimo (0%), se observa que la UPA de Tinjacá se acerca más al valor ideal, comparada con la UPAS de Soracá y Chivata las cuales se encuentra en el valor mínimo. Esto evidencia que la UPA de Tinjacá tendrá la capacidad de hacer nuevas inversiones o mejoras en su unidad en el próximo ciclo, demostrando que existe un retorno de la inversión, mientras que la UPA de Soracá y Chivatá requiere de estrategias para minimizar los costos de producción.

Tabla 18. Resultados indicador Valor Presente Neto

UPA-Max- Min	Costos totales de producción (CT/(1+0,0947))	Beneficio Total	Valor presente Neto BT- (CT/(1+0,0947))	Valor de Referencia	VPN (%)
Valor Máximo				30	
Valor Mínimo				0	
Chivatá	\$ 13.429.478	\$ 13.065.750	-363.727,63		0
Soracá	\$ 35.997.640	\$ 34.457.249	-1.540.391,09		0
Tinjacá	\$ 40.985.990	\$ 49.834.600	8.848.609,52		22

Fuente: La investigación

Figura No. 10. Gráfica comparativa Valor presente Neto



Fuente: La Investigación

3.2.2 Criterio de eficiencia

➤ Beneficio costo

Muestra la proporción entre el beneficio total y los costos totales con una tasa de interés anual de 9,47%, en la tabla No. 19 se observa la relación beneficio costo por cada UPA y los valores de referencia para determinar el desempeño del indicador mínimo (0) y máximo (1,3), se observa que la UPA de Chivatá

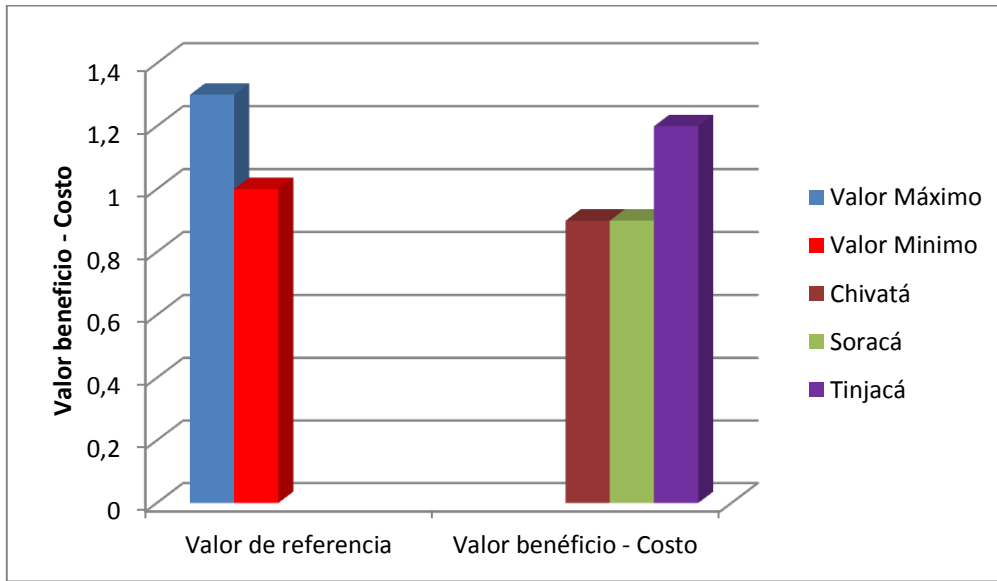
obtienen un Costo total por el ciclo evaluado de \$13.429.478 y un beneficio total de \$ 13.065.750 obteniendo una relación de beneficio – costo de 0,9 indicando que el beneficio total se encuentra por debajo de valor mínimo como se observa en la Figura No. 11, en iguales condiciones se encuentra la UPA de Soracá, donde la inversión no es retornada, en cambio se presenta pérdidas porque no alcanza al valor mínimo (1)⁷. En diferentes condiciones se encuentra la UPA de Tinjacá la cual por cada peso que invierte está obteniendo 1,2 indicando una buena eficiencia en el uso de los recursos económicos que se manejan al interior de ella.

Tabla 19. Resultado Indicador beneficio - costo

UPA-Max- Min	Costos totales de producción (CT/(1+0,0947))	Benéfico Total (BT/(1+0,0947))	Valor de referencia	Valor beneficio – Costo (BT/CT)
Valor Máximo			1,3	
Valor Mínimo			1	
Chivatá	\$ 13.429.478	\$ 13.065.750		0,9
Soracá	\$ 35.997.640	\$ 34.457.249		0,9
Tinjacá	\$ 40.985.990	\$ 49.834.600		1,2

⁷ Nivel en el que no se pierde pero tampoco se obtienen ganancias

Figura No. 11. Gráfica comparativa indicador beneficio - costo



3.2.3 Criterio de Conservación

➤ Indicador índice de cobertura vegetal

La evaluación de cobertura vegetal se realizó para cada uso de suelo, se obtuvieron tres datos de promedios ponderados de acuerdo al área de dedicación en cada UPA: agrícola, pecuario y forestal.

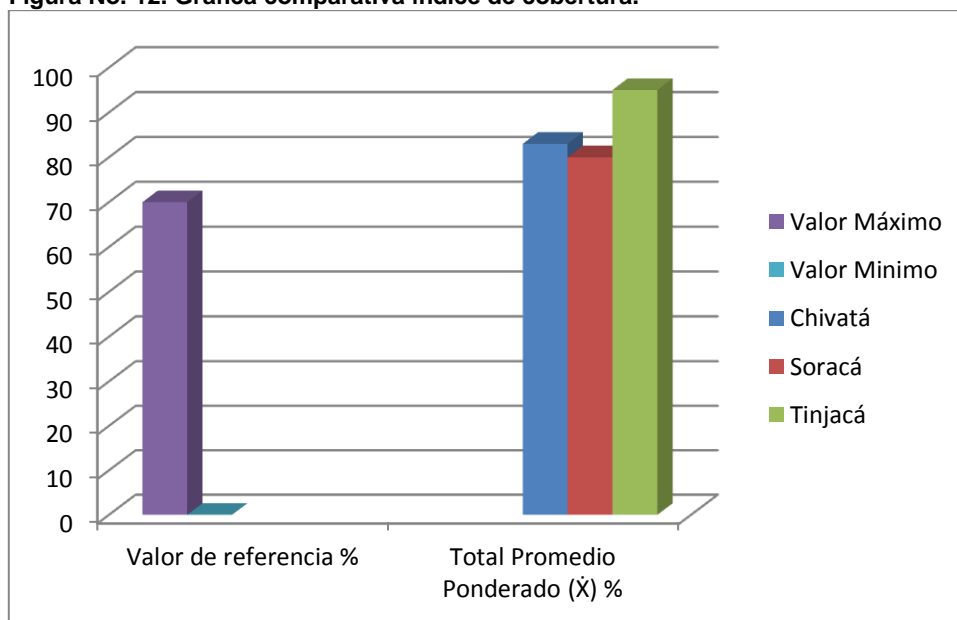
Como se observa en la tabla No. 20 el porcentaje de cobertura para las UPAS, estudiada se encuentra por encima del valor de referencia máximo, indicando un adecuado nivel de cobertura. En la gráfica No. 12 se observa el desempeño de los niveles de cobertura respecto al valor máximo de referencia.

Tabla 20. Resultados índice de cobertura

UPA-Max-Min	Agrícola Promedio Ponderado (%)	Pecuario Promedio Ponderado (%)	Forestal Promedio Ponderado (%)	Valor de referencia	Total Promedio Ponderado (\bar{X}) %
Valor Máximo				100	
Valor Mínimo				0	
Chivatá	45,0	37,0	0,8		83,0
Soracá	41,0	31,0	8,0		80,0
Tinjacá	14,0	27,0	53,0		95,0

Fuente: La investigación

Figura No. 12. Gráfica comparativa índice de cobertura.



Fuente: La investigación

➤ Presión de plagas y enfermedades

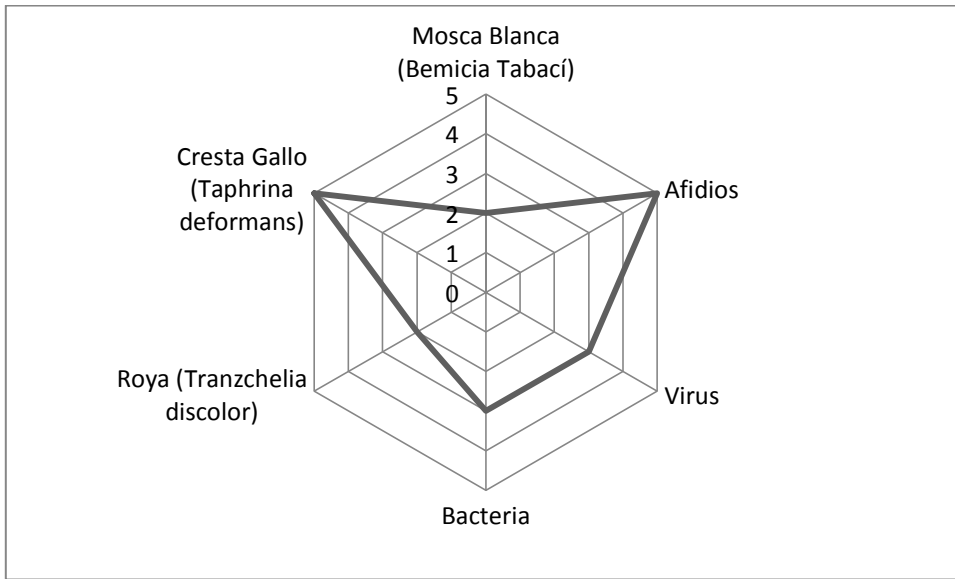
Como se mencionó en la metodología se elaboró una escala valorativa por cada enfermedad o plaga monitoreada y se promediaron los datos de las lecturas tomadas en cada monitoreo (ver anexo 3), para obtener el valor del indicador “incidencia de plagas y enfermedades” en cada unidad productiva.

Como se observa en la tabla No 21 en la UPA de Tinjacá existe una alta presión Roya (*Tranzchelia discolor*) en durazno y Mosca Blanca (*Bemicia Tabaci*) en este caso el monitoreo se hizo con trampa amarilla, en promedio se recogieron 122 adultos por trampa semanalmente, obteniendo un desempeño de 2 en la escala valorativa dispuesta. El valor para el indicador “incidencia de plagas” para la UPA es de 3. En la figura No. 13 se observa el desempeño de cada uno de indicadores con el valor de referencia respecto al umbra de daño establecido, obsérvese que la plaga que menor afectación presenta son los áfidos por que se acerca al nivel más óptimo que es 5.

Tabla 21. Resultados incidencia de plagas y enfermedades Municipio de Tinjacá

Cultivo	Plaga	Unidad	Valor de Referencia Umbral de daño	Promedio (captura/infestación)	Resultado indicador
Papa					
Plaga	Mosca Blanca (<i>Bemicia Tabaci</i>)	Número de adultos/trampa/semanal	140	122	2
	Afidios	% de daño	50	15,0	5
	Virus	% de daño	50	15,9	3
	Bacteria	% de daño	50	18,0	3
Durazno					
Enfermedad	Roya (<i>Tranzchelia discolor</i>)	% de daño	50	38,0	2
	Cresta Gallo (<i>Taphrina deformans</i>)	% de daño	50	2,0	5
Valor Indicador					3

Figura No. 13. Indicador incidencia de plagas Tinjacá



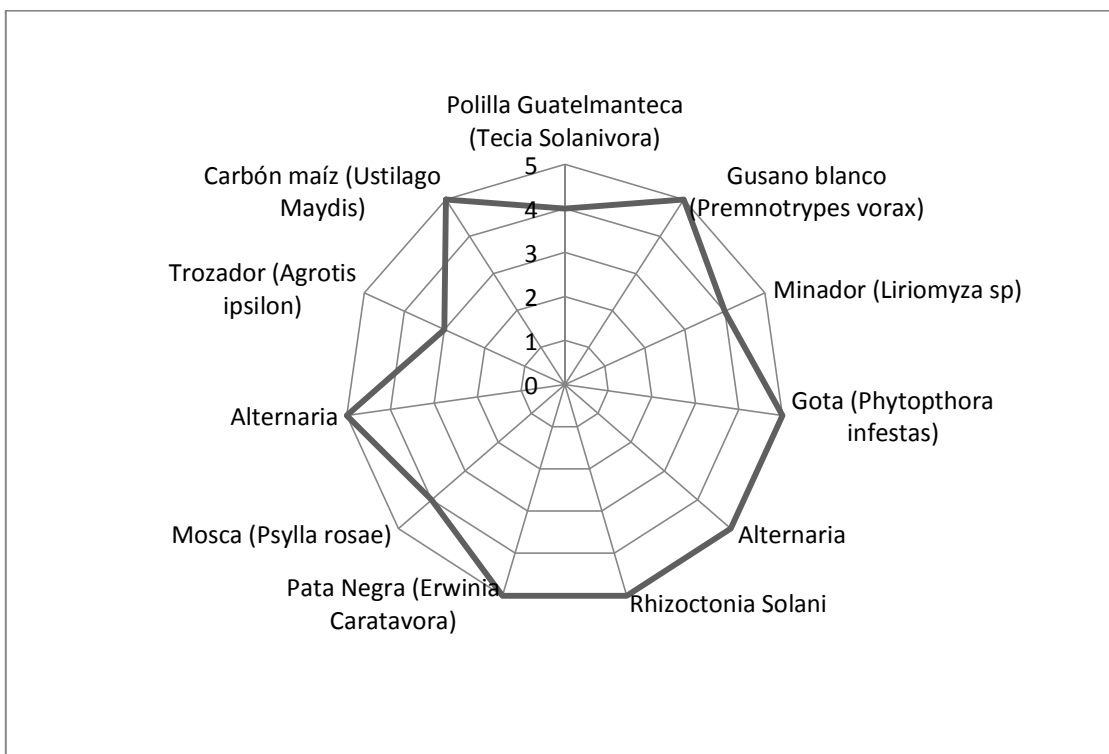
En la UPA de Soracá existe una alta incidencia de Trozador (*Agrotis Ipsilon*) en el cultivo de maíz, las demás plagas y enfermedades se encuentran dentro niveles que no causan daño económico en los cultivos como el caso de Gusano Blanco (*Premnotrypes Vorax*) los cuales en promedio se recogieron quincenalmente 31 adultos, presentando un nivel de desempeño para esta plaga de 5 (nivel óptimo) de acuerdo al umbral de daño establecido (ver tabla 5). En la gráfica No. 14 se observa el desempeño del indicador para cada una de las plagas y enfermedades se observa que en la mayoría de los casos estas se acercan a 5 evidenciando una baja incidencia.

Tabla 22. Incidencia de plagas y enfermedades UPA de Soracá

Cultivo	Plaga	Unidad	Valor de referencia Umbral de daño	Promedio (captura / infestación)	Resultado Indicador
PAPA					
Plaga	Polilla Guatemanteca (<i>Tecia Solanivora</i>)	Adultos/trampa/semanal	50	16,0	4
	Gusano blanco (<i>Premnotrypes vorax</i>)	Adultos/trampa/quincenal	200	30,6	5
	Minador (<i>Liriomyza sp</i>)	Adultos/trampa/semanal	300	57,8	4
Enfermedad	Gota (<i>Phytophthora infestas</i>)	% de daño	50	5,0	5
	Alternaria	% de daño	50	2,0	5
	<i>Rhizoctonia Solani</i>	% de daño	50	2,0	5
	Pata Negra (<i>Erwinia Caratavora</i>)	% de daño	50	2,0	5
Virus	Virus	% de daño	50	3,0	5
Zanahoria					
Plaga	Mosca rosae (Psylla)	Número de adultos/trampa/semanal	300	91,3	4
Enfermedad	Alternaria	% de Daño	50	54,0	5
Maíz					
Plaga	Trozador (<i>Agrotis ipsilon</i>)	% de Daño	50	31,0	3
Enfermedad	Carbón maíz (<i>Ustilago Maydis</i>)	% de Daño	50	3,0	5
Promedio Indicador					4

Fuente: La investigación

Figura No. 14. Gráfica comparativa del nivel de Incidencia de plagas UPA Soracá

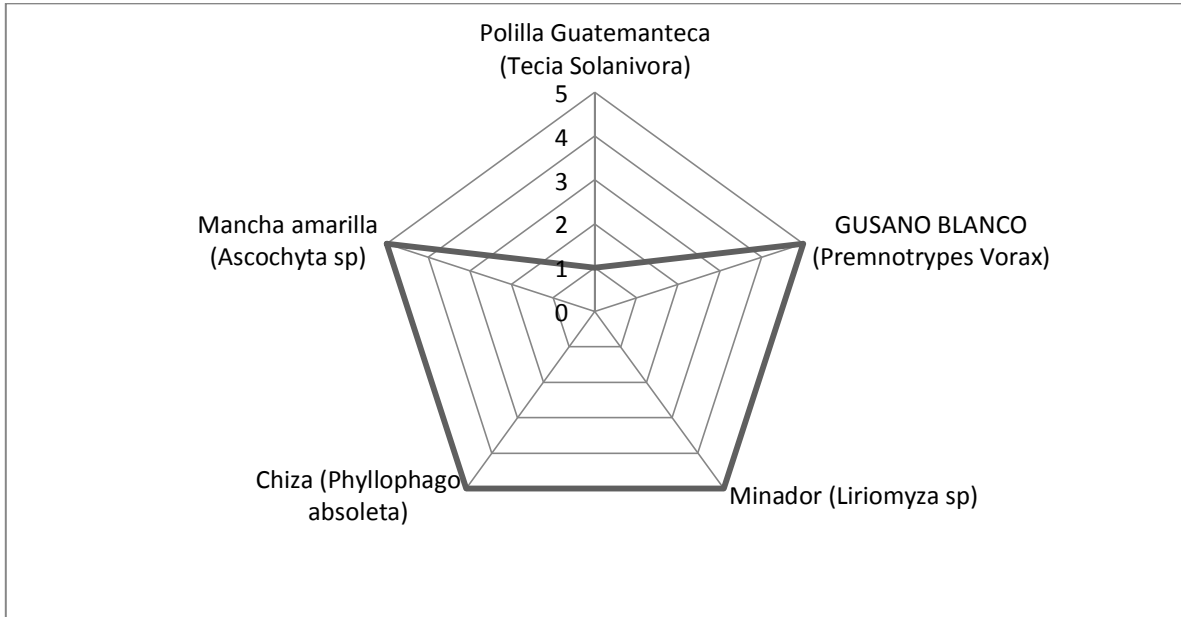


En la UPA de Chivatá la plaga que más capturas tuvo fue la Polilla Guatemalteca (*Tecia Solonivora*), semanalmente se capturaron en promedio 46 adultos por trampa, causando un bajo nivel de desempeño del indicador porque se acerca al umbral de daño dispuesto. En la figura No. 15 se observa el desempeño todos los indicadores de cada plaga y enfermedad en la escala valorativa dispuesta, nótese que la mayor parte de estas presentan un desempeño alto, infiriéndose que existe una baja incidencia de plagas y enfermedades, pero una alta presión de polilla guatemalteca que podría representar un problema en el cultivo de papa que maneja la unidad.

Tabla 23. Incidencia de plagas y enfermedades UPA de Chivatá

Cultivo	Plaga	Unidad	Valor de referencia / Umbral de daño	Promedio	Resultado indicador
PAPA					
Plaga	Polilla Guatemanteca (<i>Tecia Solanivora</i>)	Adultos /trampa semana	>50	46	1
	GUSANO BLANCO (<i>Premnotrypes Vorax</i>)	Adultos /trampa quincenal	200	4,3	5
	Minador (<i>Liriomyza sp</i>)	Adultos/trampa semana	300	20,6	5
	Chiza (<i>Phyllophago absoleta</i>)	Adultos /trampa quincena	50	3,5	5
ARVEJA					
Enfermedad	Mancha amarilla (<i>Ascochyta sp</i>)	% Daño		0,1	5
Promedio de Indicadores					4

Figura No. 15. Grafica comparativa del grado de infestación de plagas y enfermedades UPA de Chivatá



➤ **Cantidad de agua por unidad de superficie**

Este indicador se evaluó con tres registros tomados durante el periodo de evaluación en cada UPA (ver anexo 4). Para el caso de la UPA de Soracá el indicador se determinó con registros de datos de un pluviómetro ubicado dentro de la finca y en la velocidad de captación de agua en las fuentes consideradas como nacimientos. Para la UPA de Chivatá se hicieron aforos para determinar la velocidad de recarga de los nacimientos presentes en la finca, finalmente para la UPA de Tinjacá se determinó la velocidad de captación de agua en segundo. Para todas las UPA se determinó el volumen de cada una de las fuentes de almacenamiento de agua obteniendo los siguientes valores.

En la tabla No. 14 se observa los datos obtenidos para la evaluación del indicador “cantidad de agua por superficie”, la UPA que presenta mayor disponibilidad de agua es la UPA de Tinjacá con $231,58 \text{ m}^3$ y la mayor velocidad de recarga, se puede decir que esta unidad tarda 12 minutos para recargar la cantidad de agua almacenada en los reservorios de la UPA, a diferencia de la UPA de Chivatá que se tarda en promedio un día para recuperar el agua almacenada en los reservorios. Además se observa el nivel de desempeño de cada indicador (1 bajo – 5 valor óptimo) de acuerdo al valor de referencia máximo (250m^3)⁸ para la disponibilidad de agua y (35 Lt/seg) para capacidad de recarga y el promedio de los dos para obtener el valor final del indicador.

En la figura No. 16 se observa la gráfica comparativa de agua disponible por hectárea mostrándose la cercanía al valor ideal de las UPA de Tinjacá y Soracá, en donde existe una buena disponibilidad de agua para las actividades agropecuarias, permitiendo un mayor grado de adaptabilidad para enfrentar periodos de verano, así mismo se observa en la figura No. 17 la capacidad de

⁸ Valor aproximado de consumo para una hectárea

recarga de cada una de las UPA se muestra la ventaja que tiene la UPA de Tinjacá en la velocidad de recarga la cual además de mantener una buena disponibilidad de agua tiene mayor capacidad de carga en menor tiempo.

Tabla 24 Disponibilidad de agua y velocidad de recarga en la UPA

UPA	Disponibilidad de agua (m ³ /ha)	Capacidad de recarga Lt/seg	Nivel de desempeño disponibilidad de agua	Nivel de desempeño capacidad de recarga	Promedio Valor total indicador
Tinjacá	231,58	31,75	4	4	4
Soracá	210,44	0,6	4	1	3
Chivatá	0,531	0,01	1	1	1

Fuente: la investigación

Figura No. 16. Gráfica comparativa disponibilidad de agua

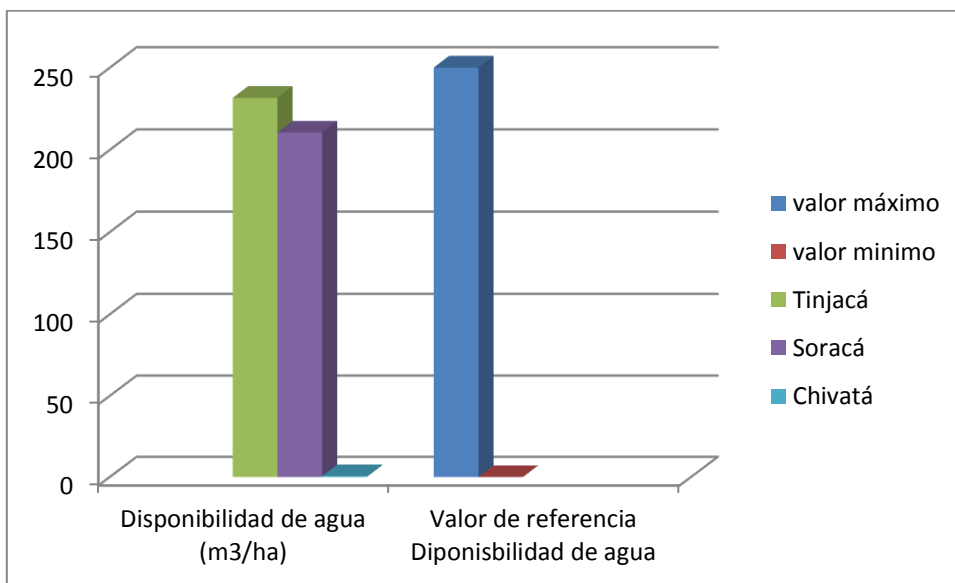
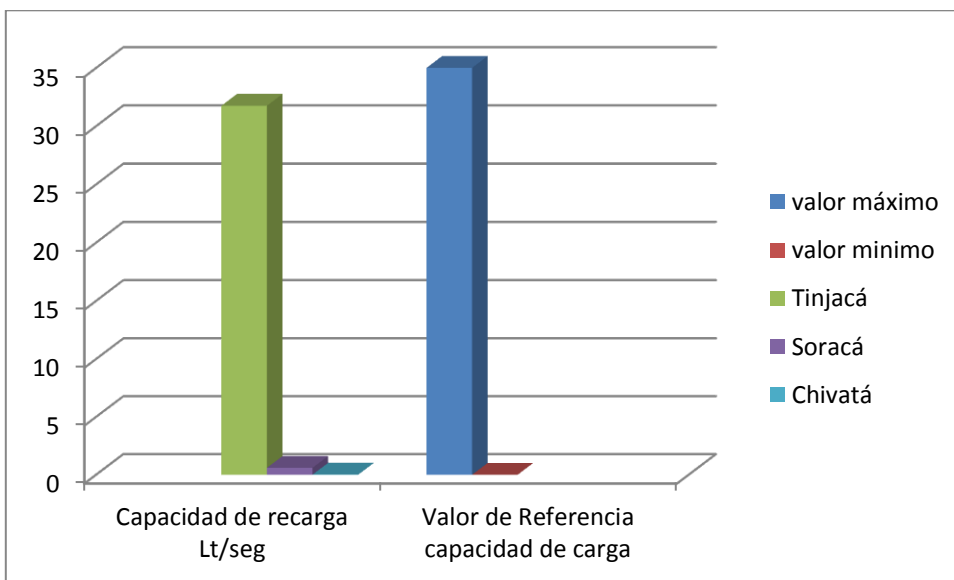


Figura No. 17. Gráfica comparativa velocidad de recarga



➤ **Calidad de suelo**

A partir de los resultados del análisis de suelo de las UPA se evalúa el nivel de desempeño de los principales criterios de fertilidad en la escala valorativa de 1 a 5. En la tabla No. 25 se resume el nivel de desempeño para cada característica en la escala antes mencionada, se puede apreciar que en la UPA Chivatá y Tinjacá el porcentaje de materia orgánica está en un nivel bajo, comparada con la UPA de Soracá que se encuentra en mejor condición con un valor de (5). Así mismo se analiza el caso de cobre (Cu) el cual presenta el nivel más bajo de desempeño representando una deficiencia del elemento en las tres UPA.

Tabla 25 Resultados indicador calidad del suelo

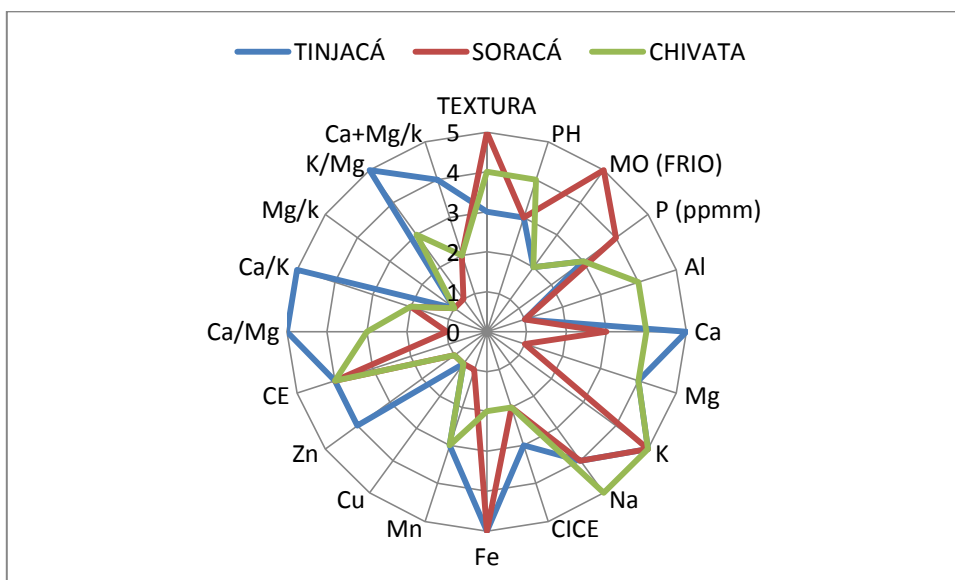
CARACTERÍSTICAS	TINJACÁ	SORACÁ	CHIVATÁ
TEXTURA	3	5	4
PH	3	3	4
MO	2	5	2
P (ppmm)	3	4	3
Al	1	1	4
Ca	5	3	4
Mg	4	1	4
K	5	5	5
Na	4	4	5
CICE	3	2	2
Fe	5	5	2
Mn	3	1	3
Cu	1	1	1
Zn	4	1	1
CE	4	4	4
Ca/Mg	5	1	3
Ca/K	5	2	2
Mg/k	1	1	1
K/Mg	5	1	3
Ca+Mg/k	4	2	2
PROMEDIO INDICADOR	4	3	3

Fuente: La investigación

En la figura No. 18 se observa la gráfica comparativa para cada una de las características físico-químicas evaluadas para la calidad del suelo, se observa las características que se acerca al valor ideal de cinco (nivel óptimo) como el caso de

las bases intercambiables en la UPA de Tinjacá, así mismo se presenta aquellas en las que existe una deficiencia como el caso de elementos menores para la UPA de Soracá. Se puede identificar que la UPA Tinjacá presenta mejor desempeño frente a este indicador pues la mayor parte de las características evaluadas se acerca al valor ideal (5) mientras que las demás UPA se encuentra con un desempeño similar (3), significando que requieren emprender mayores acciones para mejorar la calidad del suelo para que los cultivos sean más productivos.

Figura No. 18 Gráfica comparativa calidad de suelo



3.2.4 Criterio de Diversidad

➤ Indicador de especies y variedades agrícolas

Como se menciona en la metodología para evaluar este indicador se hace uso índice de Shannon (1985), en la tabla No. 26,27 y 28 se observa la evaluación del indicador para las UPA de Chivata, Soracá y Tinjacá respectivamente. Se enuncia las especies encontradas y la cantidad en cada UPA con el fin de evaluar la abundancia relativa y la riqueza específica. (ver ecuación 7). Para el caso de la

UPA de Chivata se obtiene un coeficiente de uno (1) representando en una baja diversidad de especies para el agroecosistema con poca riqueza de especies y poca equidad entre las mismas.

Tabla 26 Resultados finales Biodiversidad Chivatá

Especie	Cant	Abundancia Relativa (Pi)	Log Pi		Biodiversidad
Formula		Cantidad de especies/ \sum Especies	Log abundancia Relativa	Log Abundancia Relativa/ 2	Abundancia Relativa*Log Pi
Acacia	164	0,0010	-2,9967	-9,9548	-0,0100
Rabano (Raphanus sativus)	500	0,0031	-2,5126	-8,3466	-0,0256
Pino (Pinus Sylvestris)	23	0,0001	-3,8498	-12,7888	-0,0018
Margarita (Chrysanthemum leucanthemum)	5	0,0000	-4,5126	-14,9904	-0,0005
laurel (Laurus nobilis L)	2	0,0000	-4,9105	-16,3123	-0,0002
Mortiño (Hesperomeles goudotiana)	2	0,0000	-4,9105	-16,3123	-0,0002
Lavanda (Lavandula officinalis)	1	0,0000	-5,2115	-17,3123	-0,0001
erica de invierno (Erica carnea)	1	0,0000	-5,2115	-17,3123	-0,0001
Sábila (Aloe vera)	3	0,0000	-4,7344	-15,7274	-0,0003
Paja (Brachiaria mutica)	1	0,0000	-5,2115	-17,3123	-0,0001
Caciques (Mimosa púdica)	21	0,0001	-3,8893	-12,9200	-0,0017
Cinta (Chlorophytum comosum)	2	0,0000	-4,9105	-16,3123	-0,0002
Gurrubo (Lycianthes lycioides)	2	0,0000	-4,9105	-16,3123	-0,0002
Ciruela (Prunus domestica)	1	0,0000	-5,2115	-17,3123	-0,0001
Mulato (Bursera simaruba)	1	0,0000	-5,2115	-17,3123	-0,0001
Chisgua (Canna edulis)	2	0,0000	-4,9105	-16,3123	-0,0002
Tilo (Tilia	5	0,0000	-4,5126	-14,9904	-0,0005

platyphyllos)					
Curuba (Passiflora tarminiana)	1	0,0000	-5,2115	-17,3123	-0,0001
Zarcillejo (Fucsia)	2	0,0000	-4,9105	-16,3123	-0,0002
Novio (Pelargonium graveolens)	3	0,0000	-4,7344	-15,7274	-0,0003
Menta (Mentha spicata)	2	0,0000	-4,9105	-16,3123	-0,0002
Yerbabuena (Mentha piperita L.)	4	0,0000	-4,6095	-15,3123	-0,0004
Centavo (Plectranthus verticillatus)	3	0,0000	-4,7344	-15,7274	-0,0003
Canelo (Drimys winterii)	2	0,0000	-4,9105	-16,3123	-0,0002
Rosa (Rosa damascena)	2	0,0000	-4,9105	-16,3123	-0,0002
Kikuyo (Pennisetum clandestinum)	100000	0,6144	-0,2115	-0,7027	-0,4318
Arveja (Pisum sativum L)	62000	0,3809	-0,4191	-1,3924	-0,5304
ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES					1

En la tabla No. 27 se observa el desarrollo del índice de Shannon par la UPA de Soracá resultando un coeficiente de tres que representa una mayor diversidad de especies comparada con la UPA de Chivatá esta se encuentra en mejores condiciones pero es necesario que se implemente prácticas con el fin de conservar y aumentar la cantidad de especies.

Tabla 27 Resultados de biodiversidad UPA Soracá

Espece	Cantidad	Abundancia Relativa (Pi)	Log Pi		Biodiversidad
Formula		Cantidad de especies/ \sum Especies	Log Abundancia relativa	Log Abundancia relativa /Log 2	Abundancia relativa*Log
Mora (Rubus froribundus)	64	0,0002	-3,6401	-12,0923	-0,0028
Mulato (Bursera simaruba L)	36	0,0001	-3,8900	-12,9224	-0,0017
Lavanda (Lavandula officinalis)	17	0,0001	-4,2159	-14,0048	-0,0009
Aliso (Alnus glutinosa L.)	247	0,0009	-3,0536	-10,1439	-0,0090
Cinta (Chlorophytum comosum)	10	0,0000	-4,4463	-14,7704	-0,0005
Raigrass (Lolium multiflorum)	60000	0,2147	-0,6682	-2,2196	-0,4765
Limpia tubo (Callistemon citrinus)	13	0,0000	-4,3324	-14,3918	-0,0007
Malva (Geranium spp)	5	0,0000	-4,7473	-15,7704	-0,0003
Rabano (Raphanus sativus)	9	0,0000	-4,4921	-14,9224	-0,0005
Diente de leon (Taraxacum officinale)	66000	0,2362	-0,6268	-2,0821	-0,4917
Carrizo (Phragmites australis)	2	0,0000	-5,1453	-17,0923	-0,0001
Upacon (Polymnia pyramidalis Triana)	8	0,0000	-4,5432	-15,0923	-0,0004
Pegamosco (Pentacalie Bogotensis)	3	0,0000	-4,9692	-16,5073	-0,0002
Zanahoria (Daucus carota L.)	7600	0,0272	-1,5655	-5,2005	-0,1414
Pino (Pinus Sylvestris)	6	0,0000	-4,6682	-15,5073	-0,0003
Helecho (Cyrtomium falcatum)	51	0,0002	-3,7387	-12,4199	-0,0023

Tilo (<i>Tilia platyphyllos</i>)	20	0,0001	-4,1453	-13,7704	-0,0010
Roble (<i>Quercus humboldtii bonpland</i>)	21	0,0001	-4,1241	-13,7000	-0,0010
Fique (<i>Furcraea bedinghausii</i>)	7	0,0000	-4,6012	-15,2849	-0,0004
Curuba (<i>Passiflora tarminiana</i>)	4	0,0000	-4,8443	-16,0923	-0,0002
Alcaparra (<i>Capparis spinosa</i>)	11	0,0000	-4,4049	-14,6329	-0,0006
Arveja (<i>Pisum sativum L</i>)	110	0,0004	-3,4049	-11,3109	-0,0045
Papa (<i>Solanum Tuberosum L</i>)	70000	0,2505	-0,6012	-1,9972	-0,5003
Guarán amarillo (<i>Tecoma stans</i>)	2	0,0000	-5,1453	-17,0923	-0,0001
Arrayan (<i>Myrtus communis L</i>)	38	0,0001	-3,8665	-12,8444	-0,0017
Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>)	17	0,0001	-4,2159	-14,0048	-0,0009
Avena (<i>Avena sativa L</i>)	5600	0,0200	-1,6981	-5,6411	-0,1130
Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)	50000	0,1789	-0,7473	-2,4826	-0,4442
Maiz (<i>Zea mays L.</i>)	13000	0,0465	-1,3324	-4,4261	-0,2059
Churrusco o claistemo rojo (<i>Callistemon speciosus</i>)	1	0,0000	-5,4463	-18,0923	-0,0001
Bledo (<i>Amaranthus retroflexus</i>)	1	0,0000	-5,4463	-18,0923	-0,0001
Urapan (<i>Fraxinus chinensis Roxb.</i>)	5	0,0000	-4,7473	-15,7704	-0,0003
Borraja Silvestre (<i>Borago officinalis</i>)	1	0,0000	-5,4463	-18,0923	-0,0001
Chisgua (<i>Canna edulis</i>)	1	0,0000	-5,4463	-18,0923	-0,0001
Enrredadera (<i>Philodendron scandens</i>)	5	0,0000	-4,7473	-15,7704	-0,0003
Zarcillejo (<i>Fucsia</i>)	5	0,0000	-4,7473	-15,7704	-0,0003
chilca (<i>Baccharis salicifolia</i>)	2	0,0000	-5,1453	-17,0923	-0,0001
Trebol (<i>Trifolium repens L.</i>)	5000	0,0179	-1,7473	-5,8046	-0,1039

Arveja (Pisum sativum L)	1500	0,0054	-2,2702	-7,5415	-0,0405
Escobo (Cytisus purgans)	1	0,0000	-5,4463	-18,0923	-0,0001
erica de invierno (Erica carnea)	1	0,0000	-5,4463	-18,0923	-0,0001
Fresa (Fragaria Vesca l.)	7	0,0000	-4,6012	-15,2849	-0,0004
Cartucho (Zantedeschia aethiopica)	3	0,0000	-4,9692	-16,5073	-0,0002
Acelga (Beta vulgaris var.)	10	0,0000	-4,4463	-14,7704	-0,0005
Yerbabuena (Mentha piperita L.)	1	0,0000	-5,4463	-18,0923	-0,0001
Ortiga (Urtica Dioica L)	1	0,0000	-5,4463	-18,0923	-0,0001
Margarita (Chrysanthemum leucanthemum)	6	0,0000	-4,6682	-15,5073	-0,0003
Coliflor (Brassica oleracea var.)	3	0,0000	-4,9692	-16,5073	-0,0002
Cebolla (Allium fistulosum)	5	0,0000	-4,7473	-15,7704	-0,0003
SUMATORIA	279460				3

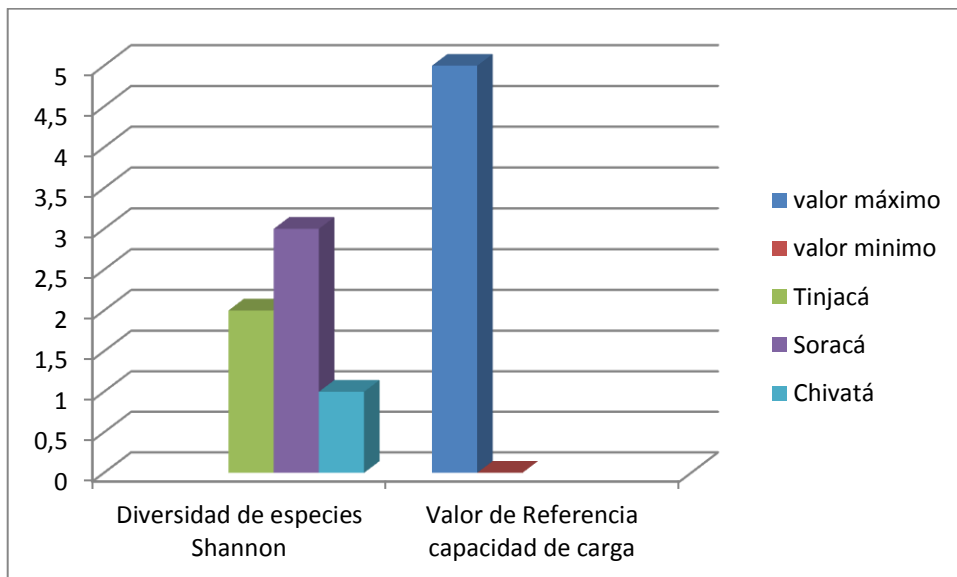
Como se observa en la tabla 28 la biodiversidad en la UPA de Tinjacá de dos, presentando un nivel de desempeño bajo respecto a las demás unidades evaluadas, existe riqueza específica pero la abundancia relativa es muy baja, se podría pensar que existe una alta tendencia hacia el monocultivo.

Tabla 28 Resultado Biodiversidad UPA Tinjacá

Especie	Cantidad	Abundancia Relativa (Pi)	Log Pi		Biodiversidad
			Log Abundancia relativa	Log Abundancia relativa /Log 2	
Formula		Cantidad de especies/ \sum Especies			Abundancia relativa*Log
Roble (Quercus Robur L).	20	9,821E-05	-4,008E+00	-1,331E+01	1,308E-03
Acacia (Leucaena Leucocephala)	200	9,821E-04	-3,008E+00	-9,992E+00	9,813E-03
Pino (Pinus Patula)	25	1,228E-04	-3,911E+00	-1,299E+01	1,595E-03
Guamo (Inga Heteróptera Willd)	17	8,348E-05	-4,078E+00	-1,355E+01	1,131E-03
Gaque (Clusia Multiflora Kunth)	32	1,571E-04	-3,804E+00	-1,264E+01	1,985E-03
Chirca (Thevetia Peruviana)	10	4,910E-05	-4,309E+00	-1,431E+01	7,029E-04
Corono (Xylosma Spiculifera)	1	4,910E-06	-5,309E+00	-1,764E+01	8,660E-05
Eucalipto (Eucalyptus Globulus Labill)	16	7,857E-05	-4,105E+00	-1,364E+01	1,071E-03
Muelle (Schinus Molle)	20	9,821E-05	-4,008E+00	-1,331E+01	-1,308E-03
Sauce (Salix Alba)	20	9,821E-05	-4,008E+00	-1,331E+01	-1,308E-03
Guayabo (Psidium Guajaba)	20	9,821E-05	-4,008E+00	-1,331E+01	1,308E-03
Arrayan (Delostoma Integrifolia)	8	3,928E-05	-4,406E+00	-1,464E+01	5,749E-04
Agraz (Vaccinium Meridionale Sw)	30	1,473E-04	-3,832E+00	-1,273E+01	1,875E-03
Ruque (Vallea Stipularis)	200	9,821E-04	-3,008E+00	-9,992E+00	9,813E-03
Hayuelo (Dodonaea Viscosa)	50	2,455E-04	-3,610E+00	-1,199E+01	2,944E-03
Cucharó (Myrsine Guianensis)	50	2,455E-04	-3,610E+00	-1,199E+01	2,944E-03
Mortiño (Hesperomeles Goudotiana)	20	9,821E-05	-4,008E+00	-1,331E+01	1,308E-03
Escobo (Alchornea Triplinervia)	20	9,821E-05	-4,008E+00	-1,331E+01	1,308E-03
Liquen (Liquen)	100	4,910E-04	-3,309E+00	-1,099E+01	-5,397E-03
Tinto (Callisthene Fasciculata)	20	9,821E-05	-4,008E+00	-1,331E+01	1,308E-03

Aliso (<i>Alnus glutinosa</i> L.)	50	2,455E-04	-3,610E+00	-1,199E+01	2,944E-03
Cinta (<i>Chlorophytum comosum</i>)	50	2,455E-04	-3,610E+00	-1,199E+01	2,944E-03
Raigrass (<i>Lolium multiflorum</i>)	18	8,839E-05	-4,054E+00	-1,347E+01	1,190E-03
Limpia tubo (<i>Callistemon citrinus</i>)	25	1,228E-04	-3,911E+00	-1,299E+01	1,595E-03
Malva (<i>Geranium spp</i>)	30	1,473E-04	-3,832E+00	-1,273E+01	1,875E-03
Rabano (<i>Raphanus sativus</i>)	16	7,857E-05	-4,105E+00	-1,364E+01	1,071E-03
Diente de leon (<i>Taraxacum officinale</i>)	30	1,473E-04	-3,832E+00	-1,273E+01	1,875E-03
Carrizo (<i>Phragmites australis</i>)	100	4,910E-04	-3,309E+00	-1,099E+01	-5,397E-03
Upacon (<i>Polymnia pyramidalis</i> Triana)	110	5,401E-04	-3,267E+00	-1,085E+01	5,863E-03
Pegamosco (<i>Pentacalie Bogotensis</i>)	12.000	5,892E-02	-1,230E+00	-4,085E+00	2,407E-01
erica de invierno (<i>Erica carnea</i>)	5	2,455E-05	-4,610E+00	-1,531E+01	3,760E-04
Pino (<i>Pinus Sylvestris</i>)	50000	2,455E-01	-6,099E-01	-2,026E+00	4,974E-01
Helecho (<i>Cyrtomium falcatum</i>)	2	9,821E-06	-5,008E+00	-1,664E+01	1,634E-04
Tilo (<i>Tilia platyphyllos</i>)	100000	4,910E-01	-3,089E-01	-1,026E+00	-5,038E-01
Roble (<i>Quercus humboldtii</i> bonpland)	16	7,857E-05	-4,105E+00	-1,364E+01	1,071E-03
Cartucho (<i>Zantedeschia aethiopica</i>)	300	1,473E-03	-2,832E+00	-9,407E+00	1,386E-02
Acelga (<i>Beta vulgaris</i> var.)	5	2,455E-05	-4,610E+00	-1,531E+01	3,760E-04
Yerbabuena (<i>Mentha piperita</i> L.)	2	9,821E-06	-5,008E+00	-1,664E+01	1,634E-04
Ortiga (<i>Urtica Dioica</i> L)	40000	1,964E-01	-7,068E-01	-2,348E+00	4,612E-01
Margarita (<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>)	5	2,455E-05	-4,610E+00	-1,531E+01	3,760E-04
Escobo (<i>Cytisus purgans</i>)	6	2,946E-05	-4,531E+00	-1,505E+01	4,434E-04
INDICADOR					2,0

Figura No. 19 Gráfica comparativa de la biodiversidad de la tres Unidades de Producción Campesina



Fuente: La investigación

Se observa en la figura No. 19 que a nivel general las tres unidades presentan un bajo nivel de biodiversidad por lo tanto es necesario que se implemente prácticas para mejorar las condiciones de diversidad en las UPA, se observa que la UPA que presenta mejores condiciones es la UPA de Soracá y en con peor desempeño se encuentra la UPA de Chivata de acuerdo a la escala valorativa dispuesta (de 0 peor escenario a 5 mejor escenario).

➤ **Uso de semillas locales**

La pérdida de soberanía sobre las semillas es una problemática latente, con el uso de una encuesta (ver anexo 5) se evaluó en las tres unidades de producción Campesina (UPA) el porcentaje de uso de semillas locales versus la compra de semilla externa por cada uno de los cultivos establecidos. En la tabla No. 29 se observa el porcentaje de uso de semillas locales y comerciales por cada UPA y el

cociente de estos valores para ubicar al indicador en la escala valorativa de acuerdo al nivel de desempeño de 1 a 5 (de 0,1 valor mínimo a 50 valor máximo).

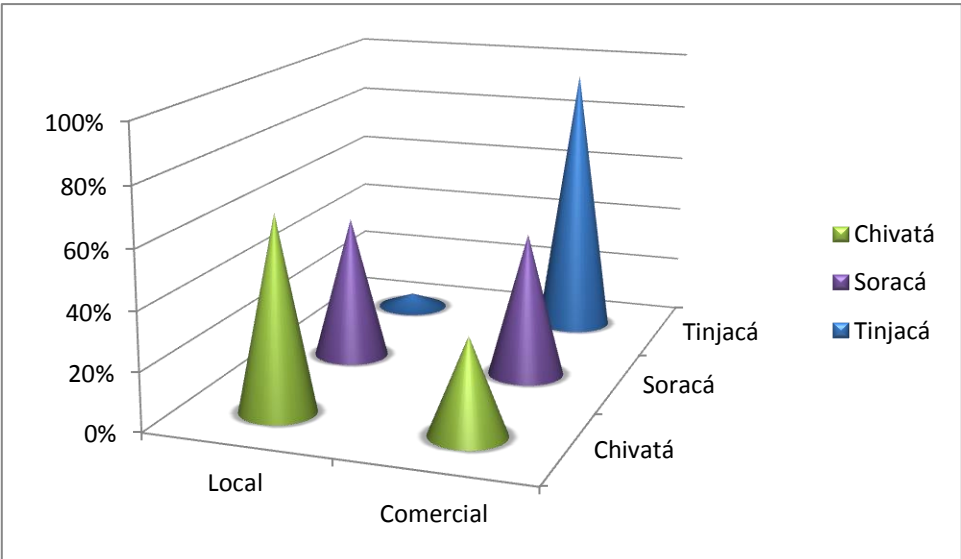
Tabla 29. Resultados indicador uso de semilla local

Municipio	Local	Comercial	Índice uso de semillas locales	Valor de referencia
Valor máximo				50
Valor Mínimo				0,1
Chivatá	67%	33%	2	
Soracá	50%	50%	1	
Tinjacá	5%	95%	0,05	

Fuente: La investigación

Con el fin de mostrar el comparativo entre el uso de la semilla local y la comercial se construye la gráfica No. 21, obsérvese que la UPA de Tinjacá hace más uso de las semillas comerciales y en un mínimo valor de las semillas local, manteniendo una grave dependencia a insumos externo en este caso las semillas.

Figura No. 20 Gráfica uso de semillas locales



Fuente: La investigación

3.2.5 Criterio de Participación

➤ Indicador empleo generado o demanda de trabajo

Este indicador permitió determinar la cantidad de empleos generados por Unidad de Producción campesina por medio de una encuesta (ver anexo 5) de acuerdo a los costos de producción (ver anexo 2), se evaluó en base a la cantidad de empleos familiares generados. Como se observa en la tabla No. 30 el empleo generado es alto en la UPA de Soracá y Tinjacá en promedio se está generando un empleo diario característica importante para aportar al desarrollo de cada municipio. En cuanto al empleo familiar las unidades superan el mejor escenario teniendo en cuenta que la escala se basó en que el mejor escenario sería que el 60% del total de mano⁹ de obra provenga de la familia pues no se puede disponer en la totalidad de está, porque no generaría empleo y no cubriría el total de la demanda de mano de obra en cada UPA, como se observa en la figura No. 22 la UPA que se acerca al mejor escenario es la de Chivatá respecto a la de Tinjacá que utiliza una mayor cantidad de mano de obra familiar .

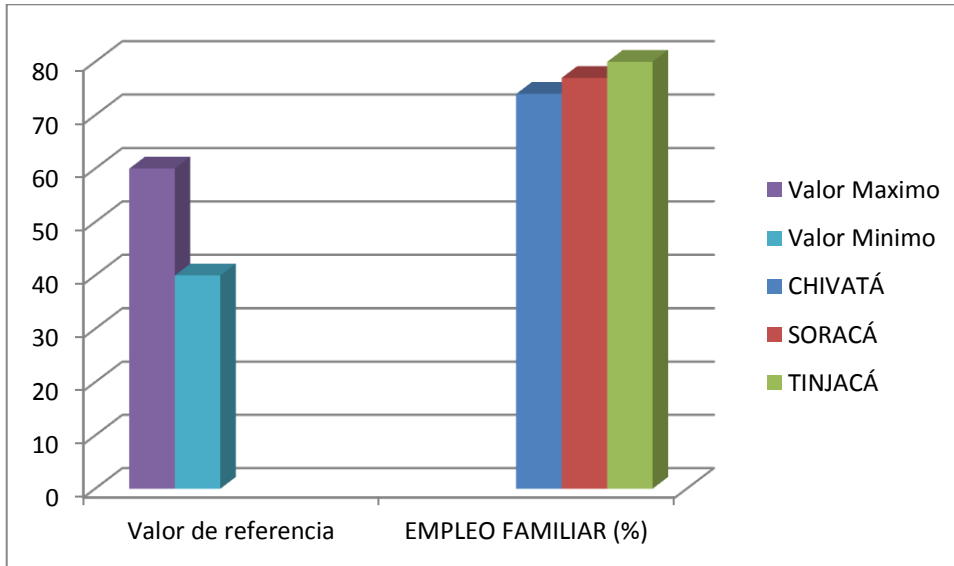
Tabla 30 Resultado empleo generado o demanda de trabajo

Municipio	Empleo Familiar	Empleo externo	Total empleos genera en la UPA	Valor de referencia	Empleo Familiar (%)
Valor Máximo				60	
Valor Mínimo				40	
Chivatá	152	55	207		74
Soracá	618	185	803		77
Tinjacá	683	174	857		80

Fuente: La investigación

⁹ Se consideró arbitrariamente el valor ideal de 60% de mano obra familiar respecto a un 40% de mano de obra externa, de acuerdo al área de las UPA y de la cantidad de mano de obra que no podría ser cubierta en su totalidad con los integrantes de la familia, además de esta forma aportaría al desarrollo de la región generando empleo.

Figura No. 21 Gráfica comparativa uso de empleo familiar



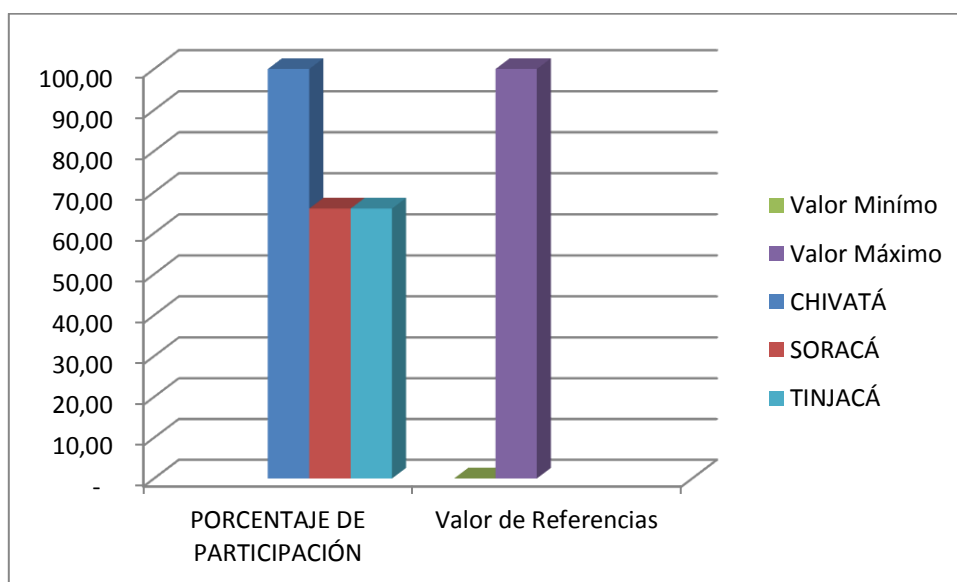
➤ **Indicador porcentaje de participación en asociaciones locales**

Se evaluó el porcentaje de asociaciones a las que hace parte cada Unidad de producción campesina de acuerdo a la cantidad creada en cada municipio. En la tabla No. 31 se observa el número de asociaciones que existen en el municipio, la cantidad de asociaciones a que hace parte la UPA, y el porcentaje de participación determinado a partir de estos datos. Se observa que la Unidad de Producción Agropecuaria (UPA) de Chivata mantiene más participación dentro de las asociaciones constituidas en sus Municipios, las demás UPA mantienen una participación parcial de acuerdo a las asociaciones constituidas en cada Municipio. Nótese que en la gráfica 23 que la UPA de Chivatá se encuentra en el mismo punto del valor ideal y la UPA de Soracá y Tinjacá se encuentran cerca de está. Se puede considerar que todas la UPA mantiene participación en asociaciones siendo una ventaja para estas pues demuestra el interés de estas por innovar y adquirir conocimientos.

Tabla 31 Resultados porcentaje de participación en asociaciones locales

Municipio	Número de asociaciones / Municipio	Números de asociaciones que participa	Porcentaje de participación	Valor de referencia
Valor mínimo				0
Valor máximo				100
Chivatá	2	2	100%	
Soracá	6	4	66%	
Tinjacá	3	2	66%	

Figura No. 22 Gráfica comparativa participación en asociaciones locales



3.2.6 Criterio capacidad de cambio e innovación

➤ **Capacidad de innovación tecnológica en los últimos cinco años**

La innovación es la introducción de nuevos productos o servicios, nuevos procesos nuevas fuentes de abastecimiento y cambios en la organización de la UPA de manera continua. La evaluación se realizó para determinar la capacidad de innovación tecnológica en los últimos cinco años en cada UPA, teniendo en

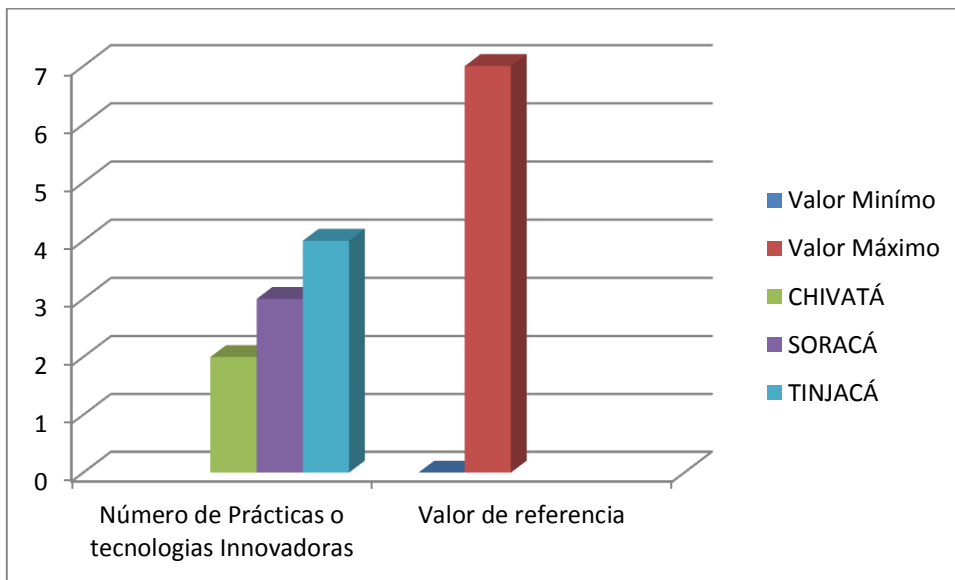
cuentas aspectos como preparación de suelos, semillas, cosecha, maquinaria, riegos y poscosecha. En la gráfica No. 24 se muestra la comparación de las UPA en cuanto a la innovación tecnológica, en la se muestra que la UPA de Tinjacá presenta un nivel de desempeño cercano al escenario ideal, las UPA de Soracá se encuentra en un valor medio y la UPA de Chivatá presenta el peor escenario de innovación tecnológica.

Tabla 32. Resultados Indicador capacidad de innovación

Municipio	Número de Prácticas o tecnologías Innovadoras	Valor de referencia
Valor Mínimo		0
Valor Máximo		7
Chivatá	2	
Soracá	3	
Tinjacá	4	

Fuente: La investigación

Figura No. 23 Gráfica de comparación de capacidad tecnológica



➤ **Indicador capacitación y generación de conocimiento**

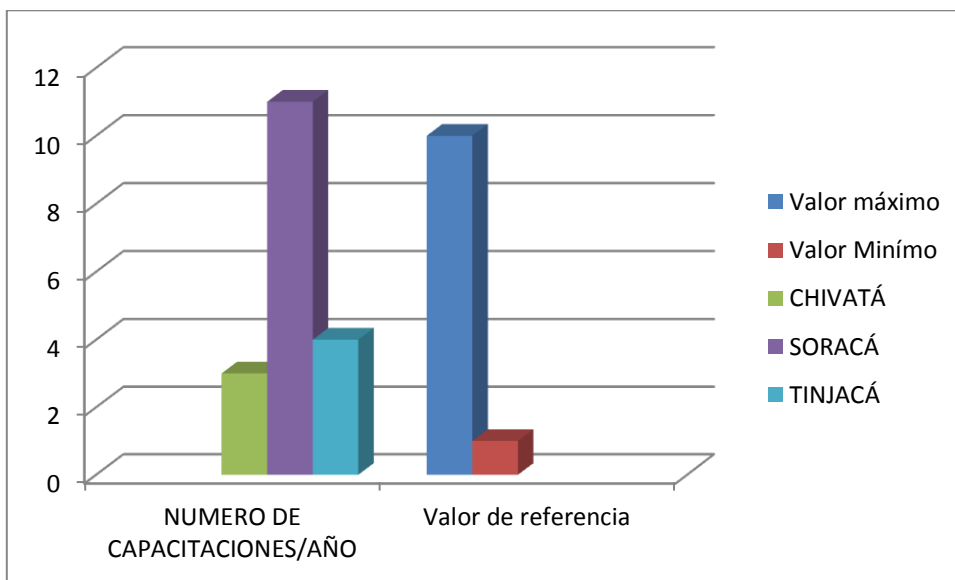
En la evaluación del indicador capacitación y generación de conocimiento se determinó el número de capacitaciones a los que han asistido los miembros de cada UPA en el año anterior. En la tabla No. 33 se presenta la cantidad de capacitaciones que se asistieron en al año anterior los integrantes de la UPA. Como se observa en la figura No 25 la unidad productiva de Soracá se encuentra en el valor ideal¹⁰, respecto a las unidades productivas de Chivatá y Tinjacá que presenta un mínimo número de asistencia a capacitaciones y por ende comparten muy poco conocimiento del que manejan.

Tabla 33 Resultados indicador de capacitación y generación de conocimiento

Unidad productiva	Numero de capacitaciones/año	Valor de referencia
Valor máximo		10
Valor mínimo		1
Chivatá	3	
Soracá	11	
Tinjacá	4	

¹⁰ Se estableció como valor ideal (5) aquel en el que se asistió al menos una capacitación en el mes es decir cerca 10 o más capacitaciones en el año y menor desempeño (1) aquel en el que no se asita a capacitación

Figura No. 24 Gráfica comparativa capacitación y generación de conocimiento



3.2.7 Criterio de Autosuficiencia

➤ Indicador índice de dependencia a insumos externos

Este indicador se determinó a partir de los costos de producción y el total de insumos utilizados por ciclo de cultivo en cada UPA, con ayuda de una encuesta se determinó el porcentaje de estos que provienen del exterior del sistema y el valor en pesos que corresponde a este porcentaje. Para determinar el índice de dependencia a insumos externos (IDIE) se realizó el cociente entre el costo de inversión de insumos externos (CIE) y el costo de inversión de insumos totales (CIT).

$$IDIE = (CIE/CIT)*100$$

Se puede observar en la figura No 26 que en las tres unidades productivas la dependencia a insumos externos es alta, la UPA de Soracá depende en menos porcentaje a diferencia de las otras, pero el costo de insumos externos no es lo suficientemente alto en comparación con el costo total para que se acerque al

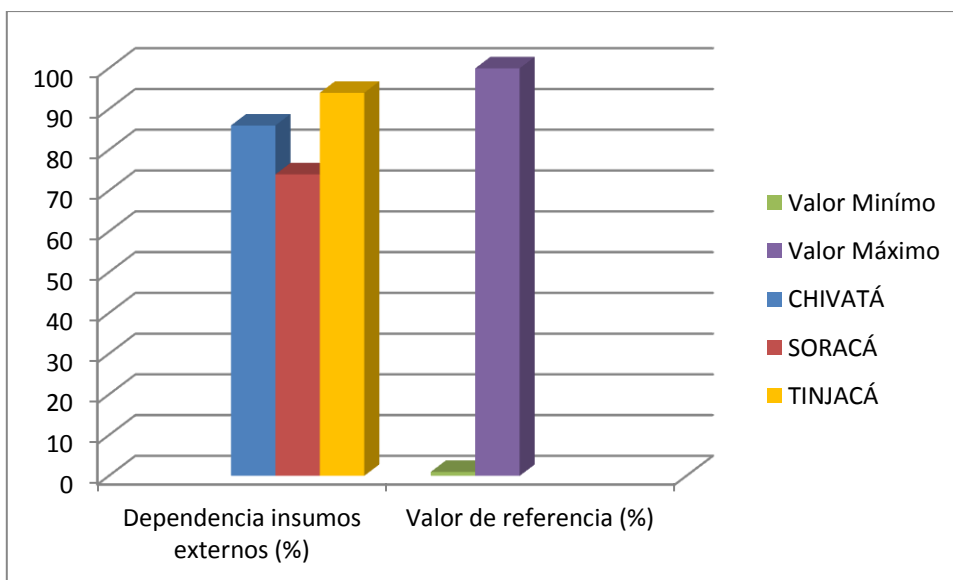
escenario ideal. Esto permite inferir que la autosuficiencia se ve limitada por la gran dependencia a insumos externos, pudiendo convertirse en un problema para mantener la producción en el tiempo y enfrentar cambios en los agroecosistemas y mercados

Tabla 34 Resultados índice de dependencia a insumos externos

UPA	Costo total insumos (\$)	Costo insumos externos (\$)	Dependencia insumos externos (%)	Valor de referencia (%)
Valor mínimo				1
Valor máximo				100
Chivatá	\$ 3.298.559	\$ 2.820.756	86	
Soracá	\$ 11.744.236,00	\$ 8.748.438,80	74	
Tinjacá	\$ 18.396.100,00	\$ 17.351.690,00	94	

Fuente: La investigación

Figura No. 25 Gráfica comparativa dependencia a insumos externos



➤ **Ahorro interno**

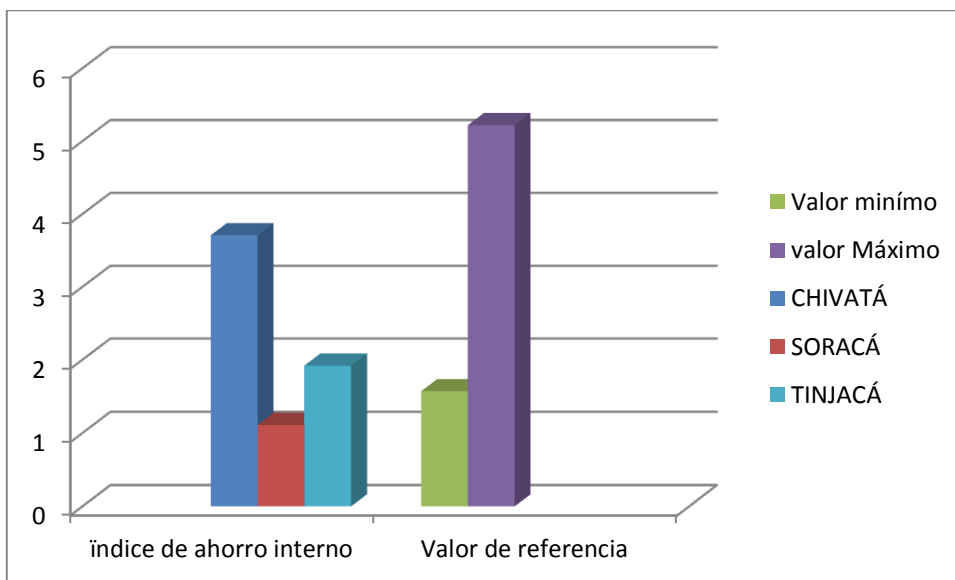
Se determinaron los costos totales de producción en cada UPA (ver anexo 2) y con el uso de una encuesta se determinó el porcentaje que es cubierto con préstamos por ciclo de producción de cada cultivo, con el fin de determinar el valor en pesos cubierto con préstamos. El índice ahorro internó (Ai) se determina con el cociente entre costos totales (CT) y costo cubiertos con préstamos (CP).

$$Ai = \left(\frac{CT}{CP}\right)$$

Tabla 35 Resultados indicador ahorro interno

MUNICIPIO	Costo Total de producción (CT)	Costo total cubierto con préstamos (CP)	índice de ahorro interno	Valor de referencia
Valor mínimo				1,57
valor Máximo				5,22
Chivatá	10.997.153,00	2.962.164,00	3,71	
Soracá	25.972.860,00	23.397.666,00	1,11	
Tinjacá	34.042.634,25	17.729.569,45	1,92	

Figura No. 26 Gráfica comparativa indicador ahorro interno



➤ **Indicador porcentaje del gastos en alimentos cubierto con la producción propia (GAP)**

Para obtener el porcentaje de gastos en alimentos cubiertos con la producción propia se determinó el costo total de alimentos (CTA) consumidos por la familia de la UPA en un mes y de este el porcentaje que proviene de la producción de la finca (CAF) realizando el cociente entre estos dos valores.

$$GAP = \left(\frac{CTA}{CAF} \right) * 100$$

Como se observa en la gráfica las UPA de Soracá y Tinjacá presentan el mejor desempeño de consumo de los productos de la finca y la UPA de Chivata presenta un nivel más bajo de desempeño¹¹. Esto permite concluir que las UPA

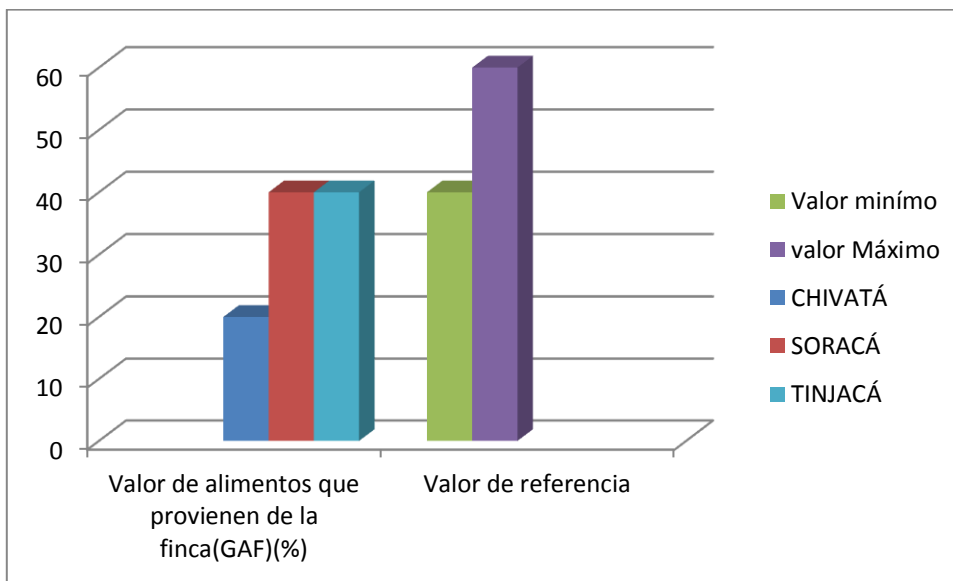
¹¹ El nivel de desempeño se determinó en la escala valorativa de 1 (nivel más bajo) a 5 (Desempeño ideal) colocando en este nivel aquel donde el consumo de alimentos que provengan de la finca sea igual al 60%, pues no se puede esperar que todo sea producción interna pues siempre existirán productos que la UPA no se pueden tener.

que tienen mejor desempeño en el indicador tienen una mayor soberanía alimentaria y una mayor autosuficiencia respecto a este indicador.

Tabla 36 Resultados indicador Gastos en alimentos cubierto con la producción propia

UPA	Valor de alimentos que consume la familia / mes (CTA)	valor de alimentos que provienen de la finca (CAF)	Valor de alimentos que provienen de la finca (GAF)(%)	Valor de referencia
Valor mínimo				40
valor Máximo				60
Chivatá	\$ 500.000	\$ 100.000	20,00	
Soracá	\$ 600.000	\$ 240.000	40,00	
Tinjacá	\$ 550.000	\$ 220.000	40,00	

Tabla 37 Gráfica comparativa indicador gasto en alimentos cubierto con la producción propia



3.3 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS INDICADORES Y LOS NIVELES DE SOSTENIBILIDAD EN LAS TRES FINCAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA EVALUADAS

3.3.1 Integración de Indicadores

En esta fase se hará una síntesis de los resultado obtenidos de cada indicador para cada UPA, en la tabla No. 38 se observa la integración de indicadores de acuerdo al criterio de evaluación, valor de desempeño obtenido para cada UPA, y el método utilizado para medir cada indicador. Posteriormente se identifica las posibles relaciones entre los indicadores y las causas de su comportamiento en la escala valorativa establecida, finalmente se hace la representación gráfica en un mapa multicriterio para cada UPA.

Tabla 38. Matriz de integración de indicadores

Atributo de sustentabilidad	Criterio	Indicador	Forma de medición	Desempeño del indicador UPA Chivata	Desempeño del indicador UPA Soracá	Desempeño del indicador UPA Tinjacá
Productividad, estabilidad, Resiliencia, Adaptabilidad, Equidad, Autogestión	Retornos	Valor presente neto	Encuesta	1	1	4
	Eficiencia	Relación beneficio - costo	Encuesta	1	1	3
	Conservación	Índice de cobertura vegetal	Mediciones en campo	5	5	5
		Presión de plagas y enfermedades	Muestreo de campo	4	4	3
		Cantidad de agua por unidad de superficie	Mediciones en campo, aforos	1	3	4
		Calidad del suelo	Muestreo de campo y análisis de laboratorio	3	3	4
	Diversidad	Diversidad de especies y variedades agrícolas	Muestreo en campo y observación directa	1	3	2
		Índice uso semillas locales	Encuesta	4	3	1
	Participación	Empleo generado o demanda de trabajo	Encuesta	3	3	2
		Porcentaje de participación en asociaciones locales	Encuesta	5	4	4
	Capacidad de cambio e innovación	Capacidad de innovación tecnológica en los últimos cinco años	Encuesta	2	2	3

		Capacitación y generación de conocimientos	Entrevistas y visitas a las unidades de producción	1	5	2
	Autosuficiencia	Índice de dependencia a insumos externos	Encuesta	1	1	1
		Ahorro interno	Encuesta	3	1	1
		Porcentaje del gasto en alimentos cubierto con la producción propia	Encuesta	2	5	5

Fuente: La investigación

➤ **Unidad de producción Agropecuaria Chivatá**

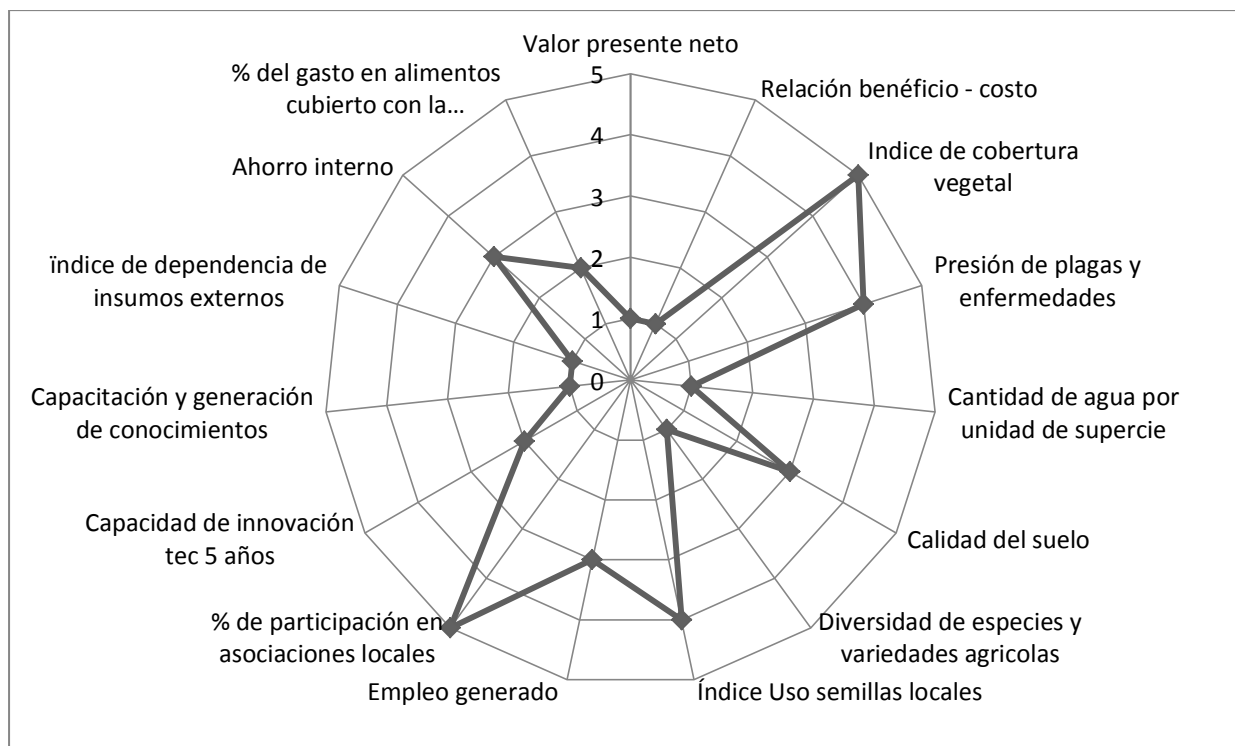
Al evaluar en forma integrada los indicadores de esta UPA se evidencia un bajo nivel de desempeño en los indicadores relacionados con seguridad alimentaria y capacidad de capitalización lo que implica una alta vulnerabilidad a condiciones adversas de tipo económico y de mercado, igualmente es sensible la baja capacidad de la UPA con respecto a indicadores que son soporte de la unidad productiva como la disponibilidad de agua y diversidad de especies.

Lo anterior permite inferir que puede existir una directa relación entre la baja diversidad con la disponibilidad de agua en la UPA, lo cual se representa en el bajo desempeño de los indicadores calidad del suelo, generación de empleo y la alta dependencia de insumos externos. Así mismo los indicadores relación beneficio costo y valor presente neto presentan un bajo desempeño, esto relacionado con la alta dependencia de insumos externos, el porcentaje de gasto en alimento cubierto con producción propia y capacidad de innovación tecnológica.

De la misma forma se identificó un adecuado nivel de desempeño en los indicadores, índice de cobertura vegetal, presión de plagas y enfermedades, porcentaje de participación en asociaciones locales y uso de semillas locales. El indicador alto porcentaje de cobertura vegetal está directamente influenciado por la mayor cantidad dedicada a pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) con relación al porcentaje de área dedicado a la agricultura, igualmente el indicador dependencia de insumos externos tiene un comportamiento alto en la escala de estandarización; los dos anteriores indicadores posiblemente afectan al indicador presión de plagas y enfermedades el cual presenta un comportamiento adecuado, lo anterior se puede explicar a partir de alta aplicación de insumos químicos durante todo el ciclo de cultivo lo cual eleva los costos de producción afectando la capacidad de ahorro interno de la UPA. En la figura No. 27 se observa el

desempeño de los indicadores en la escala valorativa propuesta para la UPA de Chivatá.

Figura No. 27. Mapa Multicriterio desempeño de Indicadores UPA Chivatá



Fuente: La investigación

➤ **Unidad de producción Agropecuaria Soracá**

En esta unidad existe un bajo nivel de desempeño de los indicadores relacionados con el término económico lo que implica que se encuentra expuesta a condiciones adversas de tipo financiero, de mercado y problemas para sostenerse en el tiempo observándose en el bajo desempeño del indicador de ahorro interno. Estos desempeños pueden ser causa de la alta dependencia a insumos externos y la poca mano de obra familiar que se utiliza dentro de la UPA.

De otra parte el indicador de diversidad de especies y variedades agrícolas presenta un nivel de desempeño intermedio posiblemente al uso de semillas locales y la buena disponibilidad de agua dentro de la UPA que permite mantener la vida de las especies dentro del agroecosistema.

El indicador de cobertura vegetal influencia el nivel de desempeño intermedio del indicador calidad del suelo, contribuye al nivel óptimo de desempeño del indicador disponibilidad de agua ayudando a evitar la evapotranspiración y mejorando la infiltración del agua en el suelo (Ver figura No. 28).

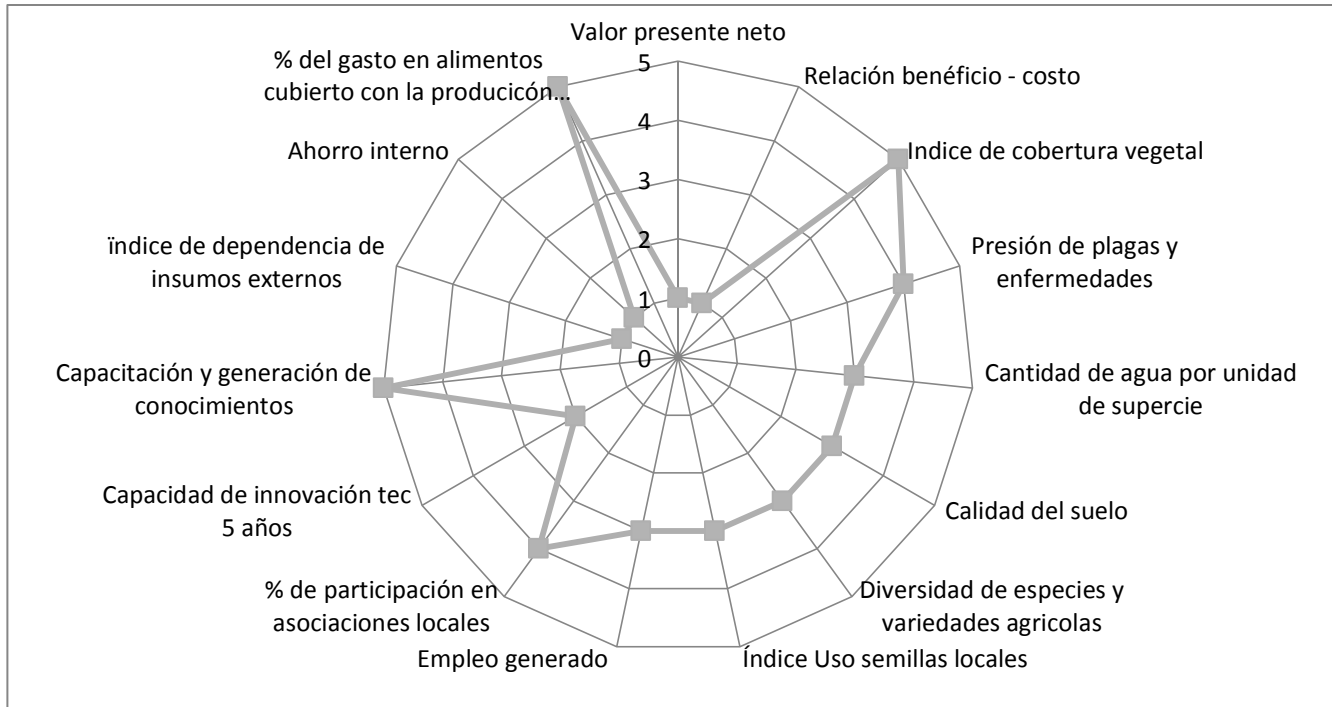
El desempeño óptimo del indicador presión de plagas y enfermedades representa un manejo fitosanitario adecuado dentro del cultivo pero puede estar relacionado inversamente con el alto índice de dependencia de insumos externos por la alta aplicación de químicos para el control de las mismas.

Los integrantes de la UPA presentan una adecuada participación en asociaciones locales y capacitaciones para generación de conocimiento demostrando inquietud por aprender y llevar nuevas prácticas para la unidad pero esto no se refleja en el indicador capacidad de innovación, posiblemente a los bajos ingresos económicos de la UPA.

Se puede decir que uno de los indicadores que ha permitido que la UPA se mantenga es el porcentaje de consumo de alimentos cubierto con la producción interna ayudando a mantener la autosuficiencia del agroecosistema.

Finalmente se puede afirmar que en esta UPA la mayor parte de los indicadores presentan niveles intermedios de desempeño que evidencian que es necesario buscar alternativas que permitan encontrar los niveles ideales para mantener la sostenibilidad de la misma.

Figura No. 28. Mapa multicriterio integración de Indicadores UPA Soracá



➤ **Unidad de producción Agropecuaria Tinjacá**

Esta unidad de producción agropecuaria presenta un nivel desempeño óptimo en los indicadores valor presente neto y relación beneficio – costo demostrando una buena autosuficiencia económica y capacidad de mantenerse en el tiempo, posiblemente estos indicadores presentan este desempeño gracias a la oferta ambiental que presenta la unidad principalmente la disponibilidad de agua y la calidad del suelo. Se presentan una alta dependencia a insumos y a mano de obra externa pero estos indicadores no han afectado la eficiencia económica de la unidad.

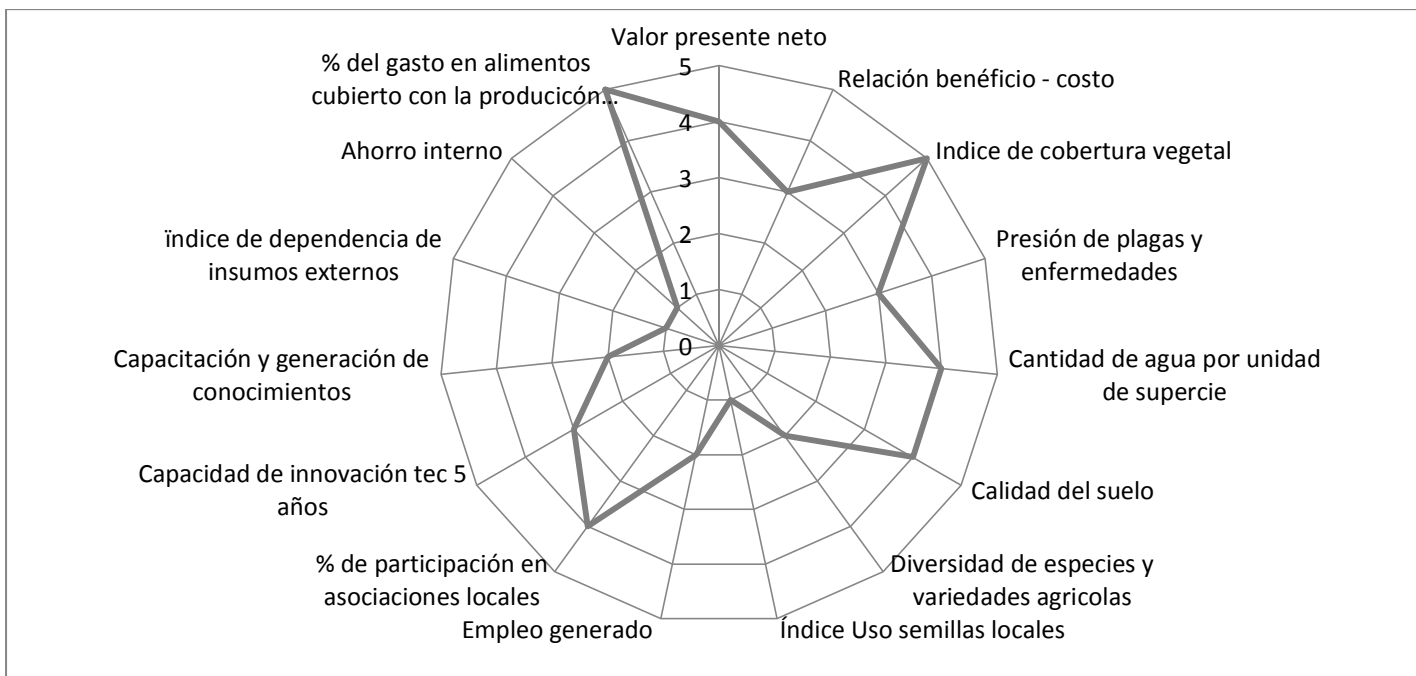
El indicador de incidencia de plagas y enfermedades presenta un nivel intermedio de desempeño, evidencia que se hace un manejo de integrado de plagas y enfermedades antes que se llegue al umbral daño económico para que no se afecte la producción.

Se presenta un alto índice de cobertura vegetal relacionada con la buena disponibilidad de agua y calidad del suelo pues está ayuda a mejorar la infiltración y a evitar la evapotranspiración. Contrario a esto se presenta un bajo desempeño en los indicadores diversidad de especies y uso de semillas locales lo que permite inferir que está unidad tiene tendencia hacia el monocultivo y más tarde afectará la calidad del suelo y aumentará la cantidad de plagas y enfermedades siendo más difícil su control.

Los integrantes de esta UPA hacen una adecuada participación asociaciones locales y dentro de los últimos cinco años han realizado innovaciones tecnológicas dentro de la unidad, se observa poca capacitación por lo que no están compartiendo y generando conocimientos para su localidad y su unidad propia para mejorar el nivel de desempeño de los demás indicadores.

El indicador ahorro interno presenta nivel bajo de desempeño, lo que puede inferir que en esta UPA un alto porcentaje del costo total de producción se cubre con préstamos bancarios que posteriormente es cubierto con los ingresos devengados, lo que permite analizar que la UPA maneja un buen nivel de rentabilidad para cubrir la totalidad de los gastos y así mismo obtener una utilidad neta óptima para el agroecosistema (Ver figura 29).

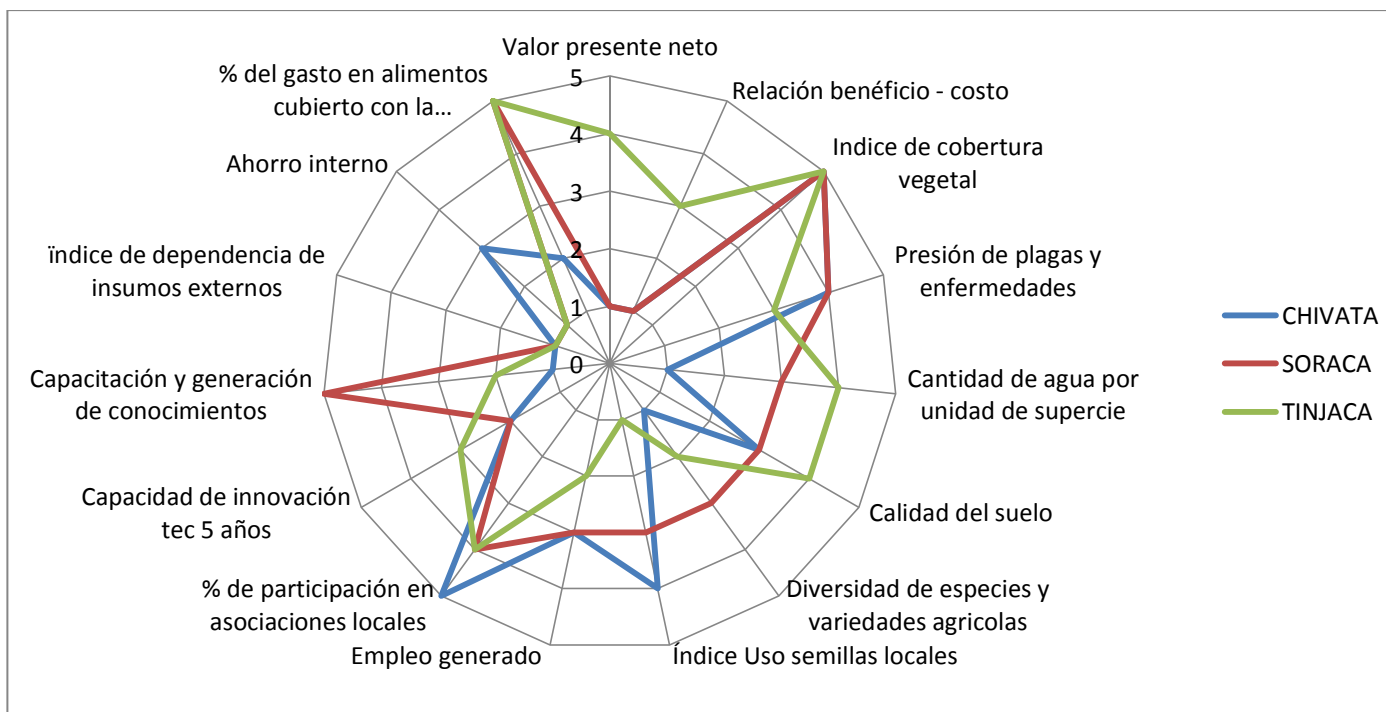
Figura No. 29. Mapa multicriterio integración de indicadores UPA Tinjacá



Fuente: La investigación

Finalmente en la figura se observa el nivel de desempeño de cada uno de los indicadores evaluados se observa que la La UPA de Chivatá es la que cuenta con el nivel más bajo de sostenibilidad, esto se debe principalmente a la mínima disponibilidad de agua el cual incide en todo el proceso productivo y de manejo de la unidad, además no es lo suficientemente autosuficiente para cubrir el gasto de alimentos y maneja un alto porcentaje de insumos químicos impidiendo que pueda ser altamente sostenible. La UPA de Soracá se encuentra en un nivel intermedio de sostenibilidad pues aunque presenta problemas de retornos y eficiencia la mayor parte de sus indicadores tiene un buen nivel de desempeño, así mismo la UPA de Tinjacá presenta similar nivel de desempeño a la UPA de Soracá porque la cantidad de recursos tanto hídricos y biodiversidad son altos, es rentable a nivel económico, tiene un buen nivel de tecnología e innovación y mantiene un proceso de capacitación y participación constante dentro de las asociaciones del municipio. A partir de esto se puede analizar que es necesario que las dos UPA menos sostenibles manejen estrategias para aumentar la conservación, biodiversidad y calidad del suelo, establezcan tecnologías innovadoras y que los productores estén más capacitados y puedan aportar en la mejora de sus propias unidades.

Figura No. 30. Mapa Multicriterio desempeño de indicadores para las tres UPA



Fuente: La Investigación

3.3.2 Análisis comparativo de las unidades producción agropecuaria (UPA)

Para determinar el nivel de sostenibilidad de las unidades productivas es necesario hacer un promedio de los resultados obtenidos para cada criterio a saber: Retorno, eficiencia, conservación, diversidad, autosuficiencia, participación, capacidad de innovación y generación de conocimientos conformados a su vez por un número variable de indicadores, los cuales se evaluaron con la escala mencionada anteriormente. Para tal efecto y dando cumplimiento a los criterios de estandarización que plantea el sistema MESMIS, en el proceso de evaluación de los diferentes indicadores, las lecturas directas fueron estandarizadas en una escala entre 1 y 5 donde 1 representa el peor escenario y cinco el escenario más óptimo.

En la integración de indicadores para las tres unidades de producción se puede identificar amplias diferencias en los niveles o valores de los indicadores analizados lo que supone diferentes niveles de sostenibilidad para cada criterio. A continuación se presenta el análisis de desempeño de cada uno de los niveles de acuerdo MESMIS y se compara con el desempeño de las tres unidades, pretendiendo identificar el posible origen que explica el desempeño de los indicadores que conformar el criterio y se existe semejanza de dichas causas entre cada UPA (ver tabla No. 39).

Tabla 39. Desempeño por criterio e indicadores.

CRITERIO	INDICADOR	UNIDADES	DESEMPEÑO INDICADOR CHIVATA	PROMEDIO CRITERIO	DESEMPEÑO INDICADOR SORACA	PROMEDIO CRITERIO	DESEMPEÑO INDICADOR TINJACÁ	PROMEDIO CRITERIO
RETORNOS	Valor presente neto	\$/ha/año	1	1	1	1	4	4
EFICIENCIA	Relación beneficio - costo	\$/ha/año	1	1	1	1	3	3
CONSERVACIÓN	Índice de cobertura vegetal	%	5	3	5	4	5	4
	Presión de plagas y enfermedades	Coeficiente	4		4		3	
	Cantidad de agua por unidad de superficie	M3/Hac/Año	1		3		4	
	Calidad del suelo	Coeficiente	3		3		4	
DIVERSIDAD	Diversidad de especies y variedades agrícolas	Coeficiente	1	3	3	3	2	2
	Índice Uso semillas locales	Coeficiente	4		3		1	

PARTICIPACIÓN	Empleo generado	Empleos/unidad de producción empresa	2	4	2	3	3	4
	Porcentaje de participación en asociaciones locales	Coeficiente	5		4		4	
CAPACIDAD DE CAMBIO E INNOVACIÓN	Capacidad de innovación tecnológica en los últimos cinco años	Coeficiente	2	2	2	4	3	3
	Capacitación y generación de conocimientos	Número de capacitación /año	1		5		2	
AUTOSUFICIENCIA	índice de dependencia a insumos externos	Coeficiente	1	2	1	2	1	2
	Ahorro interno	Coeficiente	3		1		1	
	Porcentaje del gasto en alimentos cubierto con la producción propia	Coeficiente	2		5		5	
PROMEDIO DESEMPEÑO UPA				2		3		3

➤ Criterio de Retorno

El rango de desempeño para este criterio en las tres unidades de producción agropecuaria (UPA) se ubicó en un rango entre 1 y 4, (ver figura No. 31), ninguna unidad alcanzó el nivel óptimo resaltando el mejor desempeño la UPA de Tinjacá

donde existe un retorno de la inversión, se deduce que una posible causa del desempeño de este indicador es que exista una buena oferta ambiental reflejada principalmente en la disponibilidad de agua permitiendo hacer una programación de cultivos y además mantener una producción constante durante todo el año. Para el caso de la UPA de Chivatá el criterio de retorno presenta un mínimo nivel desempeño se puede deducir que este se debe a una baja oferta ambiental reflejada principalmente en la disponibilidad de agua causando que solo se cultive en épocas de invierno, posiblemente una consecuencia del bajo desempeño de este indicador es la migración de los integrantes de la familia a ciudades alternas o desplazamiento de mano de obra agricultura industrial en busca alternativas de ingreso Extra predial.

La UPA Soracá no existe un retorno de la inversión, aunque esta unidad tiene una buena disponibilidad de agua tiene una baja capacidad de recarga convirtiéndose en una limitante para mantener la producción de la finca restringiéndose a la época de lluvias principalmente, además la unidad tiene una baja eficiencia en el manejo de los recursos y una alta dependencia de insumos externos causando un aumento de los costos. Todo esto hace que la producción se lleve al mercado en la época de mayor oferta de los productos por consiguiente se obtengan precios bajos de venta, está unidad requiere emprender acciones en busca de aumentar el desempeño de este indicador porque bajo las condiciones actuales posiblemente en algunos años esta desaparezca.

➤ **Criterio de eficiencia**

El rango de desempeño para este criterio se ubicó entre 1 y 3(ver figura No. 31) ninguna UPA alcanzo el nivel máximo de desempeño, lo que implica que se deben buscar alternativas de manejo para lograr que sean sostenibles económicamente.

En este criterio se puede resaltar el mejor desempeño en la UPA de Tinjacá, se observa una eficiencia en la distribución de recursos y los componentes del agroecosistema así como una adecuada planeación de la producción en la unidad y mercados de acuerdo a la oferta de la zona y el país, junto con esto existe una disminución de intermediarios para la comercialización pues la mayor parte del producto es llevada a la centrales mayoristas. Esto es posible gracias a la disponibilidad de agua, calidad de suelo y condiciones agroecológicas de la zona adecuadas para la producción agropecuaria, además cuenta con un nivel óptimo de innovación y tecnología que aporta en la producción, rendimiento y desempeño del sistema.

Contrario a esto se encuentran las UPA de Chivatá y Soracá que tienen un mínimo nivel de eficiencia, observándose en poca planeación, distribución de los recursos y cultivos dentro del agroecosistema, posiblemente esto se deba a que las unidades no tienen suficientes herramientas para manejar de manera efectiva todo el proceso productivo. En la UPA de Chivatá una de las causas que influye en la baja eficiencia del sistema es la falta de agua y oferta ambiental impidiendo que se tenga una producción estable y con rendimiento, en condiciones similares esta la UPA de Soracá la cual no está logrando ser eficiente a pesar que tiene una buena disponibilidad de agua la capacidad de recarga es mínima para cubrir la necesidad durante todo el año. Es necesario implementar estrategias de conservación y manejo del recurso hídrico en la UPA de Chivatá y Soracá de tal forma que en estas puedan manejar una programación de los cultivos y un precio adecuado del producto, además de esto se deben establecer opciones de mercado y comercialización a través de asociaciones.

➤ **Criterio de Conservación**

Para este criterio la UPA de Tinjacá presenta un nivel de desempeño de 4, evidenciado principalmente porque en este sistema se presenta un buen manejo

de cobertura vegetal que ha permitido mantener la calidad del suelo, así mismo la UPA posee como afluente un río que provee de agua al sistema durante todo el año, cuenta con sistema de riego y los equipos necesarios para mantener de manera eficiente la producción. Igualmente se tiene un manejo adecuado del control de plagas y enfermedades, evitando altos costos, ataques severos y pérdidas de producción que afecten la sostenibilidad del sistema. Todo esto ha hecho que en esta unidad el criterio de conservación se mantenga y que su nivel de desempeño sea el óptimo. Así mismo la UPA de Soracá presenta similar desempeño maneja un porcentaje de cobertura adecuada en cada uno de los usos de suelo y la disponibilidad de agua se mantiene. Además dentro del sistema de producción se tiene un control continuo y adecuado de plagas y enfermedades manteniendo la calidad de los productos y los costos de producción. Esto evidencia que las dos unidades han buscado conservar el agroecosistema a pesar de que la explotación agropecuaria que se ha manejado a lo largo de los años.

Contrario a esto la UPA de Chivata se observa un menor nivel de desempeño en el criterio de conservación, presenta un alto porcentaje de cobertura vegetal posiblemente porque la mayor parte del área de esta unidad es de pradera y está ha desplazado la actividad agrícola dentro del agroecosistema, se observan praderas extensas con pocos animales de explotación. Así mismo la disponibilidad de agua es mínima lo que representa una de las mayores problemáticas de esta unidad productiva debido a que este recurso es elemental en todo el manejo y sistema de producción. De otra parte el bajo nivel de desempeño de este criterio es el bajo porcentaje de biodiversidad que existe, porque si se tiene una buena riqueza de recursos naturales la disponibilidad de agua y de conservación se mantiene y el sistema no se ve afectado.

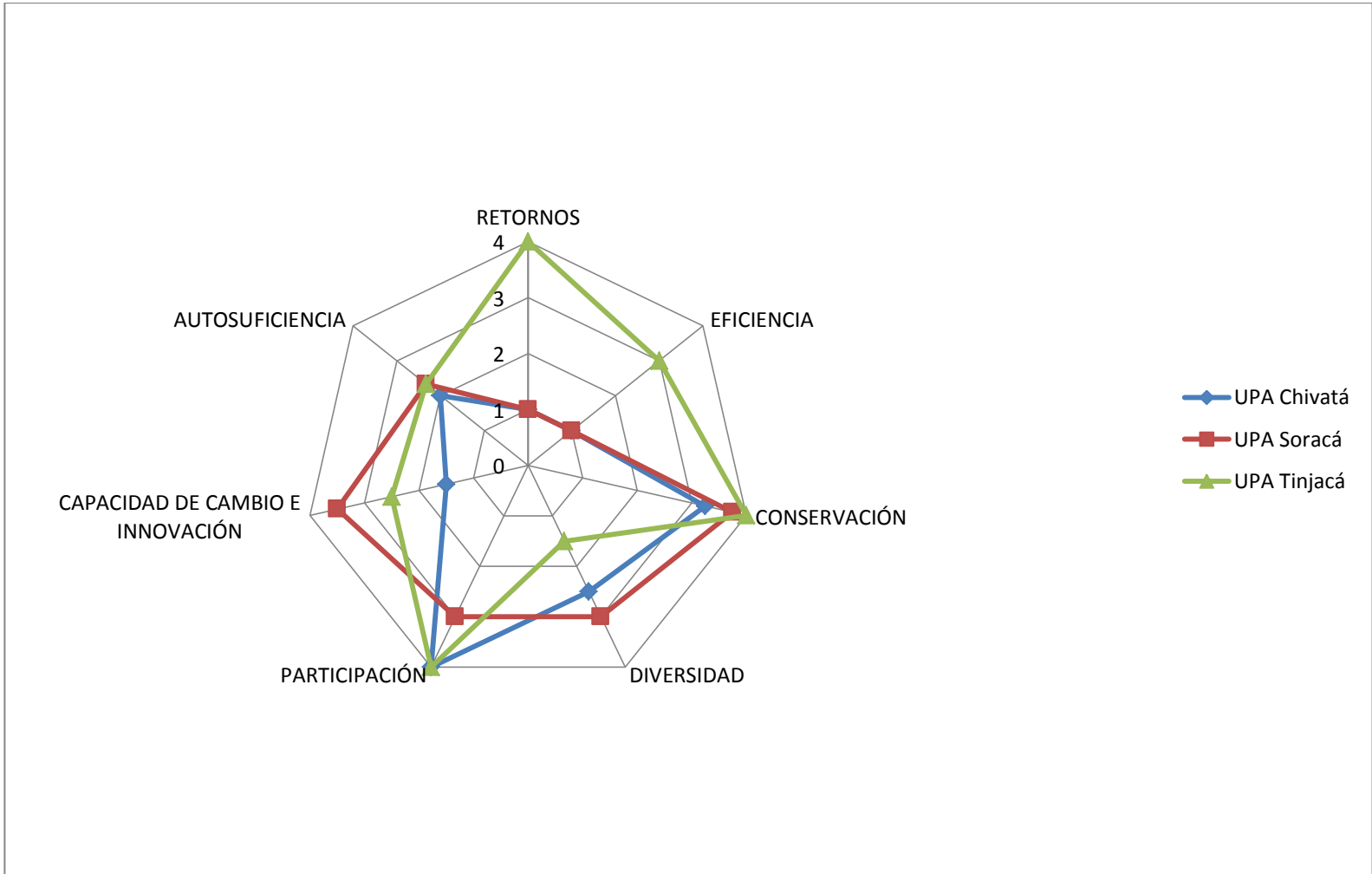
Es necesario que la UPA de Chivatá implemente estrategias de reforestación, que se establezcan reservorios para almacenar agua en la época de lluvia y se maneje una diversidad de cultivos que aporte en la calidad del suelo y la conservación de esta unidad como lo está manejando las otras dos unidades evaluadas.

➤ **Criterio de diversidad**

Los rango desempeño para este criterio se encuentran entre 1 y 4 (ver figura No. 31) ninguna de la tres unidades alcanza el valor óptimo, en el mejor escenario se encuentra las UPA de Soracá y Chivatá, la UPA de Chivatá se encuentra en el valor más bajo de la escala valorativa (1) en cuanto a diversidad de especies pero está haciendo uso de semillas locales que evidencia una preocupación por devolver las especies endémicas al agroecosistema. La UPA de Soracá tiene un desempeño intermedio, se mantienen diversidad de especies y se hace uso de las semillas locales, se utilizan prácticas conservacionistas como rotación de cultivos, arreglos productivos entre otros, permitiendo que existan interacciones entre especies y un ambiente propicio para los organismos vivos presentes en él, además esta diversidad contribuye a conformar tejidos que protege las capas de suelo que por acción mecánica, viento, agua, la intervención del hombre se han perdido.

La UPA de Tinjacá se encuentra en el nivel más bajo de desempeño porque es muy escasa la presencia de bosques y no permite que haya una diversidad biológica que es indispensable para mantener un buen equilibrio o funcionamiento de los agro ecosistemas, la causas de la frecuente perdida de la diversidad es generada por la incidencia de uso de plaguicidas y fertilizantes químicos, incidencia del monocultivo y la mínima utilización de semillas locales. Es necesario que la UPA tome conciencia en el uso de semillas locales y en la importancia de implantar especies principalmente endémicas.

Figura No. 31. Mapa multicriterio comparativo desempeño criterios de las tres UPA evaluadas



Fuente: La investigación

➤ **Criterio de Participación**

Los rangos de desempeño de este criterio se encuentran entre 3 y 4 (ver figura No. 31), en el mejor escenario se encuentra las UPA de Tinjacá y Chivatá pues hacen mayor uso de la mano de obra familiar y tiene mayor participación en asociaciones locales esto representa una mayor participación de la UPA en su comunidad. El uso de mano de obra familiar hace que se dependa en menor cantidad de insumos externos haciendo a la unidad más eficiente. Cerca de este nivel se encuentra la UPA de Soracá que hace menor uso de empleo familiar pero se debe tener en cuenta que la mano de obra familiar no cubre la totalidad demandada, contrario a la UPA de Chivatá que el área de producción agrícola es mínima por lo tanto la mano de obra familiar es suficiente.

➤ **Criterio capacidad de cambio e innovación**

Este criterio se ubicó dentro de los rangos 1 y 4, la UPA que se encuentra en el mejor escenario es la UPA de Soracá pues hace mayor participación en capacitaciones aunque como se menciona anteriormente presenta mínimos procesos de innovación posiblemente a la baja rentabilidad de sus cultivos. Cerca de este valor se encuentra la UPA de Tinjacá la cual mantiene en un nivel intermedio la innovación tecnológica y capacitaciones. Esto evidencia que estas UPA mantienen una preocupación constante por mejorar las condiciones de vida de los integrantes.

La UPA de Chivatá presenta el nivel más bajo de desempeño denotando poco interés por la aprensión de conocimientos y por ende se presenta una baja innovación tecnológica. Es necesario que los miembros de esta UPA se capaciten con el fin de generar nuevos conocimientos y procesos de innovación en la unidad.

➤ **Criterio de autosuficiencia**

El nivel de desempeño para este criterio de evaluación se ubicó en 2 (ver figura No. 31) para las tres unidades de producción evidenciando un mínimo nivel de desempeño. Se puede resaltar de la UPA de Tinjacá y Soracá que dentro de su sistema de producción se logra mantener un porcentaje adecuado de alimentos para los miembros de la unidad lo que genera una mayor capacidad de cohesión entre la familia. Contrario a esto en la UPA de Chivatá la producción interna de la finca para el consumo es mínima comparada con las otras unidades analizadas lo que ha generado que los nivel de desempeño en los criterios de eficiencia y retorno se vean afectados, esto hace necesario que se fomenten planes si se quiere mantener la autosuficiencia y que se fortalezca la producción interna para el consumo como lo están manejando las dos unidades.

Dentro de las tres unidades la dependencia a insumos externos es alta, la mayor parte de insumos que se manejan en el sistema de producción son adquiridos del exterior del sistema lo que ha causado un aumento de costos, así mismo las unidades de producción dependen en gran medida de préstamos bancarios para cubrir los costos que genera todo el manejo del sistema permitiendo analizar que las unidades no son autosuficientes en su totalidad y que dependan de préstamos externos para lograr mantenerse.

Es necesario para lograr una mayor autosuficiencia en las tres unidades de producción se haga uso de recursos internos a través de la preparación de abonos orgánicos, biopreparados, alelopatía, control biológico y se establezca diversidad de especies para el consumo familiar.

De acuerdo a los criterios evaluados y a la escala propuesta se identifica que las UPA de Tinjacá y Soracá presentan similares condiciones de sostenibilidad se encuentran en el valor intermedio (3) en la escala propuesta (ver tabla No. 38)

cumpliendo con un 60% de los criterios evaluados dispuestos, la UPA de Chivatá se acerca al nivel más bajo dos (2) cumpliendo tan solo con el 40% de los indicadores dispuesto.

CONCLUSIONES

La evaluación de la sostenibilidad de unidades de producción agropecuaria es un trabajo complejo porque requiere que se conciba como un todo, es decir se tenga en cuenta todos los atributos que forman parte de la sostenibilidad, el Marco para la Evaluación de sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sostenibilidad (MESMIS) fue una herramienta que permitió hacer la evaluación en tres unidades productivas agropecuarias de los Municipios de Chivatá, Soracá y Tinjacá del Departamento de Boyacá. Se hizo uso de este método porque permite hacer un análisis de la sostenibilidad de diferentes unidades de producción agropecuaria a partir de un conjunto de indicadores adecuados.

Las unidades productivas agropecuarias (UPA) incluidas en esta evaluación presentaron resultados diferentes para cada indicador, acercándose a valores máximos o mínimos de acuerdo a la escala valorativa, lo que evidencia que en las tres UPA es necesario mejorar aspectos. Ninguna unidad se encuentra en el valor óptimo de sostenibilidad (5), las unidades que más se acercan al valor ideal son la de Soracá y Tinjacá, Chivatá es la que menos cumple con los criterios de sostenibilidad establecidos.

Al hacer la caracterización de las unidades se encontró que corresponden a productores pequeños y que manejan diferentes explotaciones con flujos entre sus componentes similares y que principalmente las fortalezas y debilidades se basan en la baja rentabilidad y problemas ambientales. Esta problemática permitió elaborar un conjunto de indicadores para la evaluación de los atributos de la sostenibilidad teniendo en cuenta los criterios establecidos por MESMIS,

estandarizando la evaluación en una escala valorativa de uno (1) nivel más bajo y cinco (5) nivel más alto de desempeño de los indicadores.

La evaluación permitió determinar que las UPA de Soracá y Chivatá presenta problemas de estabilidad económica y que la UPA de Tinjacá es más sostenible respecto a este aspecto. La UPA de Chivatá ya presenta consecuencias notorias como la migración de los integrantes de la familia a ciudades o a actividades diferentes a las agropecuarias, la UPA Soracá aún se mantiene pero tiende a desaparecer, se puede decir que un aspecto que ha permitido que se mantenga es que el consumo de la canasta familiar provenga en su mayoría de la producción interna de la UPA.

Se recomienda diversificar los sistemas de producción con el fin de mantener la seguridad alimentaria de los integrantes de la familia y variedad de productos ofertados para adaptarse a las fluctuaciones de precios. Además se recomienda emprender acciones para conservar y rehabilitar los agroecosistemas, proteger las fuentes de agua, hacer almacenamiento de agua para tener disponibilidad constante, mantener la cobertura con el fin de evitar la evapotranspiración y así poder hacer una adecuada planeación de la producción en la unidad en base a la demanda de los mercados.

Una ventaja que tiene la UPA de Tinjacá respecto a las demás es la disponibilidad constante de agua para poder programar los cultivos, diferente a las demás que no cuentan con disponibilidad constante de agua durante todo el año. Las tres unidades presentan alta dependencia a insumos externos, la UPA de Tinjacá no se ve afectada por la adecuada planeación de la producción que realiza, pero si se disminuye el costo de producción aumenta el retorno de la inversión, la eficiencia en la distribución de recursos, inocuidad de los productos y ayuda a mantener el equilibrio en el agroecosistema, para tal fin se recomienda hacer uso de los

recursos disponibles en la unidad, como estiércol, plantas, semillas, animales entre otros.

Estas recomendaciones se pueden aproximar a las demás unidades de producción agropecuaria de la zona centro del Departamento de Boyacá, pues la problemática es similar y si no se actúa en el corto plazo se tenderá a que la mayor parte de estas unidades desaparezcan y se produzca migración hacia las grandes ciudades o a otras actividades como lo sucedido en la UPA de Chivatá, perdiendo toda el conocimiento empírico obtenido durante varios años y la seguridad alimentaria no solo del país si no del mundo entero.

RECOMENDACIONES

Una vez concluida la tesis se recomienda:

- Extender el estudio realizado a otras unidades de producción agropecuaria de más Municipios y Departamentos del país con el uso de la Herramienta MESMIS.

- Continuar con las fases de implementación y evaluación de las recomendaciones hechas para cada unidad productiva con el fin de mejorar los niveles de sostenibilidad.

- Buscar nuevas herramientas de medición o determinación de indicadores para otros sistemas de producción agropecuaria.

BIBLIOGRAFÍA

- ACCIÓN SOCIAL. (2012). Prioridades para cooperación internacional 1.
- Altieri, M., & Nicholls, C. I. (2000). *Teoría y práctica para una agricultura sustentable* (1st ed., Vol. 1 edición). Retrieved from <http://www.agro.unc.edu.ar/~biblio/AGROECOLOGIA2%5B1%5D.pdf>
- Altieri, M., & Toledo, V. M. (2011). La Revolución Agroecológica de América Latina.
- Astier, M., & Masera, O. R. (n.d.). *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*.
- Ayala O., D. A., & García B., R. (2009). Contribuciones metodológicas para valorar la multifuncionalidad de la agricultura campesina en la Meseta.
- Barra A., R., & Holmberg F, G. (2000). COMPORTAMIENTO ECONÓMICO Y PRODUCTIVO DE SISTEMAS CAMPESINOS EN CONDICIÓN DE EXCEDENTARIEDAD Y SUBSISTENCIA.: ESTUDIO DE CASO. *Agricultura Técnica*, 60(1), 52–61. doi:10.4067/S0365-28072000000100005
- Caceres, D. M., Soto, G., Ferrer, G., Silvem, F., & Bisio, C. (2010). La expansión de la agricultura industrial en Argentina Central . Su impacto en las estrategias campesinas " ^, 7, 91–119.
- Cárdenas, G. I., Gómez, H. G., Quintero, Á., & Vasquez, L. N. (2005). Desarrollo y validación de metodología para evaluar con indicadores la Sustentabilidad de sistemas Productivos campesinos de la Asociación de caficultores Orgánicos de Colombia, 1–17.
- Castillo, R. M. (2002). AGROECOLOGÍA: ATRIBUTOS DE SUSTENTABILIDAD, III, 25–45.
- Corrales Roa, E. (2003). *Sostenibilidad agropecuaria y sistemas de producción campesinos* (CU., pp. 1–49). Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. (2010). *Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014*.

- FAO. (2012). Plant Production and Protection Division: Intensificación sostenible de la producción agrícola. Retrieved July 04, 2013, from <http://www.fao.org/agriculture/crops/core-themes/theme/spi/es/>
- Golicher, D. (1987). Una introducción a la diversidad de especies : El calculo de los índices de Shannon y Simpson, 1–18.
- Herrera, F., Rucks, S., & Moro, B. (2012). Boyacá, Informe Sobre el estado de avance de los objetivos de desarrollo del Milenio. Retrieved from http://www.pnud.org.co/2012/odm2012/odm_boyaca.pdf
- ICA. (2011). umbral de daño polilla gua.pdf.
- International Potato Center. (2005). Manejo de gusano blanco —. Retrieved from <http://cipotato.org/region-quito/informacion/inventario-de-tecnologias/manejo-de-gusano-blanco-de-la-papa>
- Lafuente, R. I. C. (2002). *CONTROL BIOLÓGICO DE MOSCA MINADORA*. INIAP Archivo Historico. Retrieved from <http://books.google.com/books?id=hJgzAQAAMAAJ&pgis=1>
- Leal Muñoz, N. (2007). *CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CAMPESINOS DEL MUNICIPIO DE OCAÑA: EL CASO DE LA COOPERATIVA MULTIACTIVA AGROECOLÓGICA AGROVIDA LIMITADA*.
- Londoño Vélez, L. A. (2008). *AGRICULTURA CAMPESINA Y DESARROLLO RURAL*.
- Martinez, R. (2004). Fundamentos culturales, sociales y económicos de la agroecología, 2004, 93–102. Retrieved from <http://revistacienciasociales.ucr.ac.cr/wp-content/revistas/103-104/07-MARTINEZ-93-102.pdf>
- MESMIS. (n.d.). Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad. Retrieved July 24, 2013, from http://mesmis.gira.org.mx/es/static/mesmis_framework
- Mora Delgado, J. (2007). *SOCIEDADES CAMPESINAS , AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL*, (24), 52–58.

- Quintero, L. A., Hurtado Moreno, L., & Aragon Franco, S. (n.d.). Evaluación de sostenibilidad en pequeñas unidades de producción agrícola mediante dinámica de sistemas.
- Salminis, J., Demo, C., & Geymonat, M. (2006). EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD SOCIECONÓMICA Y AMBIENTAL DE DIFERENTES TÉCNICAS AGRICOLAS: APLICACIÓN EXPERIMENTAL DEL MARCO DE LA EVALUACIÓN MESMIS, (5800).
- Sandoval, A., & Ospina, C. E. (2011). Sustentabilidad ambiental en el manejo del agua y del suelo en la producción de berries . Los casos de México y Colombia * Environmental sustainability of water and soil management in berry production : The cases of Mexico and Colombia Durabilité environn, (28).
- Sarandón, S. J. (2009). El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas, 393–414.
- Toledo, V. M. (2003). La Racionalidad Ecológica de la Producción Campesina. *Centro Latino de desarrollo sustentable*. Retrieved July 24, 2013, from <http://www.clades.cl/revistas/5/rev5art3.htm>
- UNAD. (2009). Modulo Evaluación de Proyectos.
- VÍA CAMPESINA. (2011). La agricultura campesina sostenible puede alimentar al mundo - EcoPortal.net. Retrieved August 03, 2013, from http://www.ecoportal.net/Temas_Especiales/Desarrollo_Sustentable/La_agricultura_campesina_sostenible_puede_alimentar_al_mundo