



# **METODOLOGIA PARA MEDIR LA SUSTENTABILIDAD**

**EN AGROECOSISTEMAS  
FAMILIARES CAMPESINOS**

Nelson Enrique Fonseca Carreño

**Fonseca Carreño, N. E.**

Metodología para medir la sustentabilidad en agroecosistemas familiares campesinos.

Editorial de la Universidad de Cundinamarca. 2021.

Fusagasugá.

122 p.

ISBN: 978-958-5195-02-8



**UDECA**  
UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA

**Dr. Adriano Muñoz Barrera**

Rector

**Dra. María Eulalia Buenahora Ochoa**

Vicerrectora Académica

**Dr. Jaime Augusto Porras Jiménez**

Director de Investigación Universitaria

**Dr. Felix Gregorio Rojas Bohorquez**

Decano de la Facultad de Ciencias Administrativas,  
Económicas y Contables



© Universidad de Cundinamarca, 2021

Primera Edición, 2021

Facultad de Ciencias Administrativas, Económicas y Contables  
Programa de Administración de Empresas

**Autor:**

Nelson Enrique Fonseca Carreño

**Editorial**

Dirección editorial: Jaime Augusto Porras Jiménez

Editor: Rosemberg López del Carpio Juárez

Corrección de estilo: Yesid Castiblanco Barreto

Diseño editorial: Zulma Milena Useche Vargas

Registro digital: Ana Milena Bejarano Torres

**Dirección de Investigación**

Universidad de Cundinamarca

[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co)

[editorial@ucundinamarca.edu.co](mailto:editorial@ucundinamarca.edu.co)

[investigación@ucundinamarca.edu.co](mailto:investigación@ucundinamarca.edu.co)

Diagonal 18 No. 20 - 29

Fusagasugá - Cundinamarca

ISBN: 978-958-5195-02-8

DERECHOS RESERVADOS:

Prohibida la reproducción total o parcial de este libro, sin permiso previo y por escrito de los titulares del copyright.

Los conceptos aquí expresados son responsabilidad exclusiva de sus autores y no necesariamente representan la posición oficial de la Universidad de Cundinamarca.

No comercial: no puede utilizar esta obra con fines comerciales de ningún tipo. Tampoco puede vender esta obra bajo ningún concepto ni publicar estos contenidos en sitios web que incluyan publicidad de cualquier tipo.

El presente libro es producto derivado de la labor investigativa del autor como docente TCO de la Universidad de Cundinamarca y miembro del grupo de Investigación ARADO y del semillero *Gestión Empresarial y Sostenibilidad*.

En cuanto a la información consignada en el presente documento, fue revisada y evaluada por pares evaluadores externos doble ciego con el fin de garantizar una valoración crítica e imparcial sobre la calidad de los manuscritos; por lo cual los autores fueron informados sobre las recomendaciones dadas por los pares para realizar los respectivos cambios y/o ajustes del caso, para finalmente ser aprobados por el Comité Editorial de la Universidad de Cundinamarca.

Nelson Enrique Fonseca Carreño  
nefonseca@ucundinamarca.edu.co  
Administrador de Empresas Agropecuarias  
Esp. Sistema de Gestión de la Calidad  
Magíster en Desarrollo Rural

Docente TCO Universidad de Cundinamarca  
Grupo de Investigación: ARADO

Semillero de investigación:  
Gestión Empresarial y Sostenibilidad

CVLAC



Google Scholar



## RESUMEN

Los agroecosistemas son entendidos como aquellos ecosistemas naturales que han sido alterados por el hombre en función de diferentes prácticas pecuarias y/o agrícolas, dichos ecosistemas abarcan aspectos ambientales, presiones bióticas, condiciones económicas, sociales y culturales, igualmente, requieren del consumo de ciertos recursos que agrupan los bienes y servicios producidos, comprados o prestados para facilitar el aprovechamiento del capital natural. El objetivo de la propuesta es proponer indicadores para medir la sustentabilidad en agroecosistemas campesinos, a través del "Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS)". La metodología MESMIS está compuesta por los atributos productividad, equidad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, adaptabilidad, autodependencia, además, de puntos críticos, áreas a evaluar, criterios de diagnóstico e indicadores, que indagan el grado de cumplimiento de las prácticas agropecuarias en la producción primaria y permite proponer recomendaciones y aportes para la mejora de las prácticas productivas a nivel de territorio. Como resultado, se propone el diseño de una estructura de diagnóstico participativo donde se caracterice los aspectos socioeconómicos y biofísicos de un agroecosistema y se mida la sustentabilidad a través de 28

indicadores, dichos indicadores se evalúan mediante fórmulas matemáticas y criterios de evaluación, que permiten establecer el grado de confiabilidad de la práctica estimada y así proponer estrategias y alternativas para la seguridad y soberanía alimentaria, desigualdad y equidad de género, conservación de prácticas culturales adaptadas al territorio, diversidad de flora y fauna, dependencia de agroquímicos, modos de vida tradicional, influencia externa de tecnología, conocimientos y políticas públicas.

*Palabras-clave:*  
*Desarrollo rural,*  
*Sustentabilidad,*  
*Ecosistema, Biodiversidad,*  
*MESMIS.*

## Tabla de Contenido

### CAPITULO I.

#### **CARACTERIZACIÓN DE AGROECOSISTEMAS BAJO**

#### **CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD ..... 15**

1.1. Los agroecosistemas como unidad de medida.....	16
1.2. Estructura de la encuesta, como instrumento de diagnóstico para caracterizar agroecosistemas.....	18
1.3. Variables socioeconómicas para caracterizar agroecosistemas. ....	21
1.4. Variables biofísicas (componente agrícola) para caracterizar agroecosistemas.....	23
1.5. Variables biofísicas (componente forestal) para caracterizar agroecosistemas.....	26
1.6. Variables biofísicas (componente hídrico) para caracterizar agroecosistemas.....	27
1.7. Variables biofísicas (componente pecuario) para caracterizar agroecosistemas.....	29

### CAPITULO II.

#### **EL MARCO MESMIS PARA LA EVALUACIÓN DE LA**

#### **SUSTENTABILIDAD ..... 33**

2.1. Evaluación de sustentabilidad mediante atributos MESMIS.....	34
2.2. PASO 1. determinación del objeto de estudio.....	36
2.2.1. Ubicación geográfica.....	36
2.2.2. Selección de la muestra.....	36
2.2.3. Técnicas y herramientas para captura de información.....	37

2.3. PASO 2. determinación de las fortalezas y las debilidades de los sistemas de manejo.....	37
2.4. PASO 3. Selección de los criterios de diagnóstico e indicadores estratégicos.....	39
2.5. PASO 4. Medición y monitoreo de los indicadores.....	41
2.6. PASO 5. Presentación e integración de resultados.....	44
2.7. Paso 6. Conclusiones y recomendaciones sobre los sistemas de manejo.....	45

## CAPITULO III

### PROPUESTA DE INDICADORES PARA MEDICIÓN DE SUSTENTABILIDAD .....

**47**

3.1. Atributo productividad.....	48
3.1.1. Criterio de Retorno.....	48
3.1.1.1. Indicador Valor Presente Neto (VPN).....	49
3.1.1.2. Indicador Tasa interna de retorno (TIR).....	51
3.1.1.3. Punto de equilibrio (PE).....	53
3.1.2. Criterio eficiencia.....	55
3.1.2.1. Relación Beneficio/ Coste (R.B/C).....	55
3.1.2.2. Utilidad (U).....	57
3.1.2.3. Rentabilidad (R).....	58
3.1.2.4. Indicador producción por periodo de tiempo(Ppt).....	61
3.1.3. Criterio gestión de la producción.....	63
3.1.3.1. Indicador especialización de la producción (Espn).....	63
3.2. Atributos estabilidad, resiliencia, confiabilidad.....	65
3.2.1. Criterio conservación.....	66
3.2.1.1. Indicador Cobertura vegetal (CVT).....	66
3.2.1.2. Indicador Disponibilidad de agua (DA).....	68
3.2.1.3. Indicador contenido de materia orgánica para aportar al suelo(CMO).....	71
3.2.1.4. Indicador manejo de plaga y enfermedades (MIP).....	74
3.2.1.5. Indicador riesgo de contaminación con productos químicos (Rcpq).....	79
3.2.1.6. Indicador condiciones del suelo (CS).....	82
3.2.2. Criterio biodiversidad o diversidad biológica.....	84
3.2.2.1. Indicador Biodiversidad (B).....	84
3.2.2.2. Indicador beneficio de semillas locales (BSL).....	85

3.2.2.3. Indicador disponibilidad y uso de materia orgánica (DUMO).....	87
3.3. Atributo adaptabilidad.....	88
3.3.1. Criterio capacidad de cambio.....	88
3.3.1.1. Indicador Adaptación de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI).....	89
3.3.1.2. Indicador Formación y actualización de conocimientos (FAC).....	91
3.4. Atributo equidad.....	92
3.4.1. Criterio necesidades básicas.....	92
3.4.1.1. Indicador distancia vida rural (DVR).....	92
3.4.1.2. Indicador servicios públicos domiciliarios (SPD).....	93
3.4.1.3. Indicador equidad de género (EG).....	94
3.5. Atributo autogestión.....	95
3.5.1. Criterio participación comunitaria.....	95
3.5.1.1. Indicador democracia participativa (DP).....	96
3.5.1.2. Requerimiento mano de obra (RMO).....	96
3.5.1.3. Participación en asociaciones locales (PAL).....	98
3.5.2. Criterio de suficiencia.....	99
3.5.2.1. Indicador Dependencia a Insumos Externos (DIE).....	99
3.5.2.2. Indicador Ahorro Interno (AI).....	101
3.5.2.3. Indicador Seguridad Alimentaria (SA).....	103

## CAPITULO IV

### ESTUDIO DE CASO PARA MEDICIÓN

#### DE SUSTENTABILIDAD, AGROECOSISTEMA ASOCRECER..... 107

4.1. Paso 1. Descripción del sistema de producción.....	108
4.2. Paso 2. Determinación de los puntos críticos.....	109
4.3. Paso 3. Selección de indicadores.....	110
4.4. Paso 4. Medición y monitoreo de indicadores.....	110
4.5. Paso 5. Presentación e integración de resultados.....	112
4.6. Paso 6. Conclusiones y recomendaciones.....	113



## Índice de tablas

Tabla 1. Criterios de calificación coeficiente alfa de cronbach .....	19
Tabla 2. Ejemplo cálculo coeficiente alfa de cronbach .....	20
Tabla 3. Variables socioeconómicas para caracterizar agroecosistemas .....	22
Tabla 4. Variables biofísicas (componente agrícola) para caracterizar agroecosistemas.....	24
Tabla 5. Variables biofísicas (componente forestal) para caracterizar agroecosistemas.....	26
Tabla 6. Variables biofísicas (componente hídrico) para caracterizar agroecosistemas.....	27
Tabla 7. Variables biofísicas (componente pecuario) para caracterizar agroecosistemas.....	30
Tabla 8. Atributos e indicadores de sustentabilidad .....	40
Tabla 9. Escala Likert para ponderación de indicadores se sustentabilidad.....	42
Tabla 10. Interpretación resultados de medición, indicador VPN.....	49
Tabla 11. Interpretación resultados de medición, indicador TIR.....	52
Tabla 12. Interpretación resultados de medición, indicador PE.....	54
Tabla 13. Interpretación resultados de medición, indicador R.B/C .....	56
Tabla 14. Interpretación resultados de medición, indicador Utilidad .....	58
Tabla 15. Interpretación resultados de medición, indicador Rentabilidad .....	59
Tabla 16. Resumen de algunos indicadores financieros .....	60
Tabla 17. Interpretación resultados de medición, indicador Producción anual.....	62
Tabla 18. Producción cultivos transitorios en 2019 .....	62
Tabla 19. Interpretación resultados de medición, indicador Especialización de la producción .....	64
Tabla 20. Interpretación resultados de medición, indicador cobertura vegetal.....	68
Tabla 21. Interpretación resultados de medición, indicador disponibilidad de agua .....	70
Tabla 22. Interpretación resultados de medición, indicador contenido de materia orgánica.....	72
Tabla 23. Profundidad de la raíz de algunas plantas.....	73

Tabla 24. Índice de humificación y materia seca .....	74
Tabla 25. Interpretación resultados de medición, indicador manejo de plagas y enfermedades .....	78
Tabla 26. Interpretación resultados de medición, indicador contaminación con productos químicos .....	80
Tabla 27. Clasificación toxicológica de agroquímicos en función de DL50m.....	81
Tabla 28. Interpretación resultados de medición, indicador condiciones del suelo .....	83
Tabla 29. Interpretación resultados de medición, indicador Biodiversidad .....	85
Tabla 30. Interpretación resultados de medición, indicador beneficio de semillas locales .....	86
Tabla 31. Interpretación de resultados de medición, indicador disponibilidad y uso de materia orgánica .....	88
Tabla 32. Interpretación de resultados de medición, indicador Ciencia, Tecnología e Innovación .....	90
Tabla 33. Interpretación de resultados de medición, indicador formación y actualización de conocimientos .....	91
Tabla 34. Interpretación de resultados de medición, indicador Distancia de vida rural .....	93
Tabla 35. Interpretación resultados de medición, indicador servicios públicos domiciliarios .....	94
Tabla 36. Interpretación resultados de medición, indicador Equidad de género...	95
Tabla 37. Interpretación resultados de medición, indicador Democracia participativa .....	96
Tabla 38. Interpretación resultados de medición, indicador Requerimiento mano de obra .....	97
Tabla 39. Interpretación resultados de medición, indicador Participación en asociaciones locales.....	99
Tabla 40. Interpretación resultados de medición, indicador Dependencia a insumos externos .....	100
Tabla 41. Costo de materia prima e insumos externos .....	101
Tabla 42. Interpretación resultados de medición, indicador Ahorro interno .....	102
Tabla 43. Interpretación resultados de medición, indicador Seguridad alimentaria .....	104
Tabla 44. Caracterización agroecosistema Asocrecer en la provincia del Sumapaz .....	109
Tabla 45. Indicadores de sustentabilidad .....	110
Tabla 46. Resultados, criterios de medición agroecosistema Asocrecer .....	112

## Índice de figuras

Figura 1. Modelo estructural para el análisis de un agroecosistema .....	17
Figura 2. Esquema general de evaluación MESMIS .....	34
Figura 3. Pasos evaluación MESMIS.....	35
Figura 4. Ejemplo modelo sistémico de finca .....	38
Figura 5. El radar como herramienta de análisis. ....	44
Figura 6. Formulación para medir el área total de una fuente hídrica.....	70
Figura 7. Triángulo de la enfermedad .....	75
Figura 8. Diagrama tipo radar con resultados indicadores de sustentabilidad, estudio de caso Asocrecer.....	113

## Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Fórmula para determinar el coeficiente alfa de cronbach .....	19
Ecuación 2. Fórmula para determinar el puntaje obtenido por pregunta .....	21
Ecuación 3. Fórmula para determinar la medición y monitoreo de indicadores ...	41
Ecuación 4. Fórmula para determinar corrección de los valores alcanzados a partir de la importancia relativa .....	43
Ecuación 5. Fórmula para determinar el índice de sustentabilidad como promedio ponderado.....	43
Ecuación 6. Fórmula para determinar el VPN .....	49
Ecuación 7. Fórmula para determinar la TIR.....	51
Ecuación 8. Fórmula para determinar el PE en valor (\$).....	53
Ecuación 9. Fórmula para determinar el PE en volumen.....	53
Ecuación 10. Fórmula para determinar la R.B/C .....	56
Ecuación 11. Fórmula para determinar la Utilidad.....	57

Ecuación 12. Fórmula para determinar la Rentabilidad .....	59
Ecuación 13. Fórmula para determinar la PA.....	61
Ecuación 14. Fórmula para determinar el Acc.....	64
Ecuación 15. Fórmula para determinar la Espn.....	64
Ecuación 16. Fórmula para determinar la CVT.....	67
Ecuación 17. Fórmula para determinar la CV.....	67
Ecuación 18. Fórmula para determinar el volumen de la fuente hídrica.....	69
Ecuación 19. Fórmula para determinar la DA.....	69
Ecuación 20. Fórmula para determinar la CMO.....	72
Ecuación 21. Fórmula para determinar el MIP.....	77
Ecuación 22. Fórmula para medir el Rcpq.....	79
Ecuación 23. Fórmula para determinar el puntaje obtenido por pregunta.....	80
Ecuación 24. Fórmula para obtener las CS.....	82
Ecuación 25. Fórmula para determinar el indicador de Biodiversidad.....	85
Ecuación 26. Fórmula para determinar de índice de BSL.....	86
Ecuación 27. Fórmula para medir la DUMO.....	87
Ecuación 28. Fórmula para determinar CTI.....	89
Ecuación 29. Fórmula para determinar los SPD.....	93
Ecuación 30. Fórmula para determinar RMO.....	97
Ecuación 31. Fórmula para determinar la PAL.....	98
Ecuación 32. Fórmula para determinar indicador DIE.....	100
Ecuación 33. Fórmula para determinar AI.....	101
Ecuación 34. Fórmula para determinar SA.....	103

## INTRODUCCIÓN

El panorama actual de los sistemas agropecuarios no es favorable, la falta de financiación, una incorrecta gestión en el manejo de recursos económicos, ausencia de capacitaciones, transferencia tecnológica y de conocimientos, ha generado una adaptación de la población rural en técnicas para la transición de prácticas convencionales a prácticas agroecológicas y así atenuar las externalidades a través de la autogestión, planeación de la producción, organización en la compra, venta, disposición de excedentes de producción y la protección, salud e integridad de los agricultores. De ahí que, la práctica de la agricultura está enmarcada en el concepto de "insostenible" desde el punto de vista económico, ya que, los costes de insumos y materia prima son cuantiosos y las ganancias mínimas. Es probable, que el desconocimiento de una estructura económica en los procesos de producción agropecuaria, no favorezca la rentabilidad de los sistemas productivos.

En respuesta al concepto de agricultura sostenible Sarandón & Flores (2014), afirman que para cumplir con la sustentabilidad satisfaciendo las necesidades de las actuales y futuras generaciones, se debe cumplir con una agricultura altamente productiva, debe ser económicamente viable, conservar los recursos naturales, preservando la integridad

del ambiente, cultural y socialmente aceptable. No obstante, en la actualidad la agricultura enfrenta un modelo de desarrollo y consumismo mundial, receptor y transformador de recursos en bienes y servicios (Pengue, 2005).

Por tanto, una de las mayores consecuencias de la práctica de una agricultura no sostenible (agricultura tradicional) es el impacto negativo al ambiente y a la sociedad rural, debido a la intensificación de la producción y la disminución de oferta ambiental que se evidencia en una menor reserva de nutrientes del suelo, calidad y disponibilidad de agua, alteración de la biodiversidad, uso inapropiado del capital natural, resistencia a plaguicidas derivados de cumarina, urea, arsenicales, carbamatos, dinitrocompuestos, organoclorados, organofosforados, organometálicos, los cuales destruyen la población biótica y abiótica y minimiza los mecanismos de control natural (Fonseca, Cleves & Leon-Sicart, 2016).

Por otra parte, en contexto con la sustentabilidad es necesario establecer en primer lugar la conceptualización de los agroecosistemas, es decir, definir su finalidad, límites, componentes, interacciones, insumos, recursos, productos y subproductos, a partir de esto se estructura el agroecosistema de acuerdo a las posibilidades, necesidades, condiciones y recursos disponibles. Por lo anterior, se propone instrumentos metodológicos que permiten una evaluación de sustentabilidad en agroecosistemas campesinos, a través del "Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS)", en el cual, se debe contextualizar un territorio determinando los cambios significativos que se han tenido en el tiempo frente a aspectos socioeconómicos y biofísicos, para así proponer una serie de indicadores que representan los atributos de un sistema (Fonseca-Carreño, Vega-Baquero & Rodríguez-Padilla, 2019).

# CAPITULO I.

## **CARACTERIZACIÓN DE AGROECOSISTEMAS BAJO CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD**

## 1.1. Los agroecosistemas como unidad de medida.

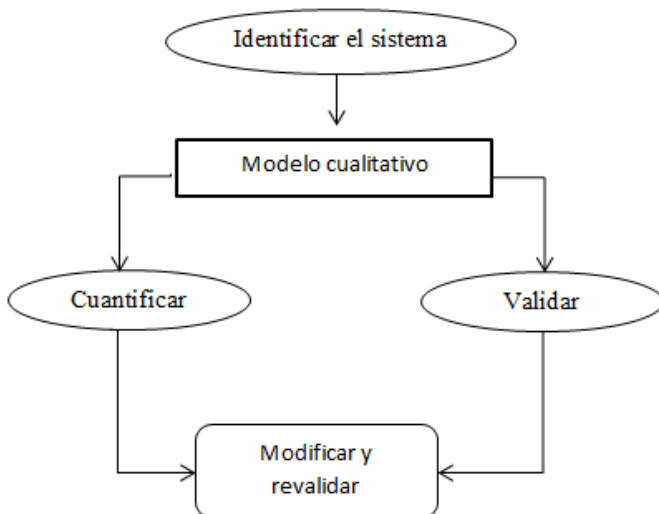
Los agroecosistemas son estructuras antropogénicas, su procedencia y sustento se asocian con actividades del ser humano, que transforman los ecosistemas para obtener alimentos (Sans *et al.*, 2013). Por otro lado, Soriano & Aguiar (1998), consideran que un agroecosistema son ecosistemas manipulados y sometidos por el ser humano a reiteradas alteraciones de componentes bióticos y abióticos, para fines productivos y económicos. Por su parte, Platas *et al.* (2017), consideran a los agroecosistemas como un concepto para identificar una unidad de estudio en diferentes niveles jerárquicos de los sistemas de producción primaria, en los que se establece la administración del hombre para su aprovechamiento mediante la adaptación, modificación e interacción con los recursos naturales (Carreño & Benavidez, 2021).

De la misma manera, Sarandón (2002), lo considerara como un tipo especial de ecosistema intermedio entre los ecosistemas naturales y los ecosistemas urbanos, totalmente contruidos por el hombre. Igualmente, Altieri & Nicholls (2007), lo definen como un espacio creado por el ser humano caracterizado por su inestabilidad y fragilidad estructural, donde se mantienen ciclos abiertos a fin de mantener una producción dinámica de productos cotizados en el mercado. Al revisar los conceptos mencionados los autores coinciden evidentemente que un agroecosistema está intervenido por el hombre para beneficio propio, en función de la población y contribución a la preservación de la biodiversidad.



Considerando que los agroecosistemas parten de la composición de la palabra "sistemas" es necesario ahondar en este concepto, para Molina *et al* (2017), un sistema es un conjunto de variables que interactúan entre sí para alcanzar un objetivo en común, igualmente, hace énfasis en un componente fundamental de un concepto generalizado y señala que dicha funcionalidad gira entorno a razonamientos entre los cuales se encuentran variabilidad, productividad y eficiencia. Para la evaluación de un agroecosistema se deben establecer indicadores de sustentabilidad para medir los posibles efectos de la actividad antrópica sobre los procesos del ecosistema, según García *et al* (2012), se deben evaluar los ecosistemas ya que representan el funcionamiento desde el punto de vista sistémico, al incluir tanto la condición biofísica como la dimensión utilitaria de los agroecosistemas.

De ahí que, para el análisis eficiente de un agroecosistema, se plantea una estructura secuencial evidenciada en la figura 1, donde es indispensable en primera instancia, identificar el sistema de interés para proceder a elaborar un modelo cualitativo que facilite las actividades para cuantificarlo y validarlo; para ello es necesario compararlo con la realidad y reflejar los puntos que se tienen que mejorar, modificar y revalidar al modelo nuevamente con el entorno (Hart, 1985).



**Figura 1.** Modelo estructural para el análisis de un agroecosistema

Fuente: Hart (1985).

En cuanto a los elementos que conforman la estructura de un agroecosistema, dependen en gran medida de la factibilidad que tienen respecto a un ecosistema natural, todo depende de la cantidad de insumos artificiales externos que se aportan al proceso de producción, asimismo, para mantener una sustentabilidad en un agroecosistema se debe reducir el consumo de energía, costes de producción para incrementar la eficiencia, aprovechar el reciclaje de nutrientes y materia prima, producir alimentos que se encuentren demandados en un entorno natural y socioeconómico, entre otros (Pérez, 2013).

## 1.2. Estructura de la encuesta, como instrumento de diagnóstico para caracterizar agroecosistemas.

El formulario tipo encuesta valorativa – descriptiva, es un instrumento el cual hace posible obtener la información de los subsistemas presentes y así diagnosticar las dimensiones económicas, sociales y ambientales, permitiendo posteriormente la formulación de estrategias que orienten las acciones para la adaptación de los agroecosistemas de manera eficaz y eficiente en la dinámica de de cada territorio. La encuesta se debe construir y validar con expertos en temas agropecuarios, para establecer parametros, temas, subtemas, indicadores, variables y rangos de valoración (Carreño & Benavidez, 2021).

Por consiguiente el coeficiente alfa de cronbach como indice de consistencia interna toma valores entre 0 y 1, los cuales comprueban si los instrumentos por evaluar contienen datos o información invalida, que afecte los resultados, o por el contrario, los instrumentos son confiables y las mediciones son consistentes, por tanto, Alfa ( es un coeficiente de correlación que mide la uniformidad de preguntas, cuanto más aproxime a 1, mayor confiabilidad tendra. Se considera que valores por encima de 0.80 son confiables (Barrezueta, 2017).

### Ecuación 1. Fórmula para determinar el coeficiente alfa de cronbach

$$\alpha = \left[ \frac{K}{K-1} \right] \left[ 1 - \frac{\sum Si^2}{St^2} \right]$$

Dónde:

K= número de ítems

$\alpha$  = Coeficiente Alfa de Cronbach

$St^2$  = Varianza de la suma de los ítems

$Si^2$  = Sumatoria de varianzas de los ítems

De ahí que, se evalúa el coeficiente alfa de cronbach mediante los valores de la tabla 1.

**Tabla 1.** Criterios de calificación coeficiente alfa de cronbach

Criterios de calificación	interpretación	Puntuación
< 0.5	inaceptable	0
>0.5 - <0.6	pobre	1
>0.6 - <0.7	cuestionable	2
>0.7 - <0.8	aceptable	3
>0.8 - <0.9	bueno	4
>0.9	excelente	5

- Ejemplo cálculo coeficiente alfa de cronbach: Para efectuar el cálculo se emplearán cifras, tomando datos de la escala de likert de 3 variables en estudio, como lo ilustra la tabla 2.

**Tabla 2.** Ejemplo cálculo coeficiente alfa de cronbach

Ítems	A	B	C	Suma de ítems
rojo	3	5	5	13
amarillo	5	4	5	14
verde	4	4	5	13
blanco	4	5	3	12
negro	1	2	2	5
gris	4	3	3	10
VAR	1.58	1.14	1.47	= 9.14
Varianza de colores	<b><math>\Sigma Si^2 = 4.19</math></b>			

Despejando:

$$\alpha = \left[ \frac{3}{3-1} \right] \left[ 1 - \frac{4.19}{9.14} \right] = 0.80$$

$\alpha$ : Coeficiente de Alfa de Cronbach = 0.80. lo que significa que a mayor cercanía 1, con  $\alpha$ , más alto es el grado de confiabilidad.

Portanto, se propone el diseño de una encuesta donde se pueden recoger todas aquellas variables de tipo socioeconómico y biofísico de un agroecosistema, la cual está compuesta por:

- Criterio: reglas o normas que establecen juicios, toma de decisiones o determinaciones,
- Indicador: dato informativo que se utiliza para identificar y valorar ciertas particularidades y el progreso futuro y
- Variable: características diversas que calculan el grado de probabilidades de un indicador.

Los indicadores a seleccionar pueden tener varias unidades de medida (valores cualitativos o cualitativos), que no permiten una comparación, de ahí que, se

construya una escala de valor que representa el peso de cada indicador en proporción a la realidad anhelada. La suma del total de los indicadores es equivalente al 100%. Por tanto, cada indicador estará conformado por un conjunto de variables con situaciones propias según el tema, tipo y modelo de encuesta, los cuales se pueden indagar a través de:

- Preguntas de frecuencia: la pregunta determina la duración o periodo de un indicador, con categóricos procesos productivos. La escala de calificación será de cero (0) a cinco (5), según el objetivo de las preguntas, siendo 5 (cinco) la mejor situación.
- Preguntas marca – puntaje: para las preguntas con múltiples opciones de respuesta, donde el mejor escenario estará determinado por el mayor número de respuestas elegidas, (si marca el total de las opciones propuestas para la pregunta, obtendrá el máximo puntaje que es (5) cinco). La ponderación está dada por la ecuación 2.

### **Ecuación 2. Fórmula para determinar el puntaje obtenido por pregunta**

$$P_{preg} = \left[ \frac{Fv}{n} \right] * 5$$

Donde:

$P_{preg}$  = Puntaje obtenido de una pregunta determinada

$F_v$  = Número de variables consideradas por un indicador

$n$  = Número total de variables que hacen parte de un indicador

\*5= escala de calificación

## **1.3. Variables socioeconómicas para caracterizar agroecosistemas.**

Dentro de los indicadores y variables propuestas se tuvo en cuenta los rasgos sociales y económicos de los agroecosistemas, en el cual se indaga la participación organizacional, el mercadeo y la comercialización; se debe

evaluar de forma eficaz y eficiente los atributos de las comunidades rurales en términos de sustentabilidad, competitividad y equidad, bajo un contexto participativo. Igualmente, se debe plantear la difusión de una “cultura de la calidad” que forme parte del pensamiento y del accionar de todos los integrantes de la cadena de valor, con el apoyo de herramientas y estadísticas de producción-comercialización-consumo. Se propone en la tabla 3, las variables para caracterizar agroecosistemas.

**Tabla 3. Variables socioeconómicas para caracterizar agroecosistemas.**

criterio	indicador	variables	
RASGOS SOCIALES Y ECONÓMICOS	participación organizacional	Fuente de ingreso	Trabajo agropecuario en la finca
			Trabajo Agropecuario fuera de finca
			Actividad NO Agropecuaria
		Destino de ingresos	Seguridad alimentaria
			Educación, salud, vivienda
			Mantenimiento finca
		Trabajo Organizacional	Asociación /Cooperativa
			Junta de Acción Comunal
			Red de trabajo
		Fuentes de financiación	Ahorro programado (familiar / social)
			Capital semilla (SENA - Aliados)
			Crédito (Entidades financieras -bancos)
			Subsidio
		Requerimientos mano de obra	Asociación /Cooperativa
			Mano de obra familiar
			Mano de obra por Jornal
			MINGA (cooperación y solidaridad reciproca)
		Formación complementaria	Realizan Tecnificación de la finca
			Generan Procesos productivo nuevos
			Diversificación de la producción

criterio	indicador	variables	
		Temas Capacitaciones	Agropecuarios
			Agroindustriales
			Tecnológicos
		Asistencia Técnica	Reciben asistencia del SENA o Universidad
			UMATA
			CORPOICA - ICA
			Asohofrucol - Comité de cafeteros
		mercadeo y comercialización	Destino de la producción
	Seguridad alimentaria (autoconsumo)		
	Transformación (frutas, hortalizas, lácteos)		
	Estructura Cadena de valor		Distribuye al Cliente final
			Asociación /Cooperativa
			Intermediarios
	Compra materia prima e insumos	Almacén agropecuario	
Plaza de mercado			

## 1.4. Variables biofísicas (componente agrícola) para caracterizar agroecosistemas.

Para la caracterización del componente agrícola se propone la evaluación de los indicadores de manejo agrícola, prácticas culturales, manejo y disposición de residuos. Se pretende validar la interrelación de los subsistemas de producción, comercialización, transformación y consumo, en donde los actores agropecuarios participantes de la cadena de valor logren mayor racionalidad, productos de calidad, minimizando pérdidas poscosecha. De ahí que, se debe precisar tipo de cultivo, requerimientos, áreas de siembra, época de siembra, necesariamente deben estar ligadas al conocimiento del comportamiento de los precios.

**Tabla 4. Variables biofísicas (componente agrícola) para caracterizar agroecosistemas.**

criterio	indicador	variables	
COMPONENTE AGRÍCOLA	Manejo agrícola del agroecosistema	Inventario agrícola	Cultivos transitorios
			Cultivos permanentes
			Pastos o forrajes
			Bosques plantados
		Tipo de Labranza	Utiliza Labranza con tracción animal (buey, caballo, mula, asno)
			Utiliza Labranza con herramientas agrícolas (rastrillo, pica, azadón)
			Utiliza Tracción mecánica (tractor, arado, rotovator)
		Condición del cultivo	Cultivo asociado (dos plantas)
			Cultivos mixtos (varias plantas)
			Huerta casera
			Cultivo de relevo (nivel desarrollo - cultivos alternos)
			Cultivo en franjas (líneas de diferentes cultivo)
			Monocultivo
		Manejo del suelo	Realiza análisis de suelo
			Realiza encalado (aplicación de cal)
			Incorpora contenido de materia orgánica
			Realiza Labranza mínima (siembra directa)
			Utiliza Mulch o acolchado (residuos de cosecha, abonos verdes)
			Utiliza Cultivos de cobertura (plantas de crecimiento denso, leguminosas= arveja, frijol, lentejas, garbanzo, haba)
			Estimula la actividad biológica del suelo a través de microorganismos
			Realiza Construcción de canales de drenaje
Ciclaje de nutrientes	Realiza Rotación de cultivos		
	Utiliza Sistemas de mezcla cultivos - ganado (Sistema silvopastoril)		
	Incorpora abono verde (coberturas, orgánicos)		



critério	indicador	variables	
COMPONENTE AGRÍCOLA	prácticas culturales *(Cultivo principal)	Fertilidad y nutrición vegetal	Utiliza Abonos orgánicos
			Utiliza Biofertilizantes (microorganismos benéficos)
			Fertilización química
		Control de malezas	Control manual (mano, rastrillo, pica, azadón)
			Control biológico (alelopatía) plantas repelentes
			Control cultural (rotación, solarización, acolchados)
			Manejo químico
		Manejo de plagas y enfermedades	Realiza Rotación de cultivos
			Establece policultivos y variedades resistentes
			Usa extractos (purines)
			Utiliza Enemigos naturales
			Manejo químico
	manejo y disposición de residuos	Disposición de residuos	Dispone de canecas de almacenamiento, como depósito temporal
			Cuenta con un área de barbecho para disposición de residuos líquidos
			Cuenta con la señalización respectiva (pictogramas)
		Manejo de residuos	Identifica, clasifica y cuantifica los residuos
			Realiza compostaje (elementos orgánicos)
Realiza reciclado de elementos plásticos y/o vidrio			

Las formulaciones de variables deben estar articuladas con políticas y programas de desarrollo sectorial, con base en información estadística del sector agropecuario. En este sentido, deben ser claves para las comunidades rurales, ya que, son parte fundamental para la contribución de necesidades básicas para los agroecosistemas. En la tabla 4, se ilustra las variables del componente agrícola.

## 1.5. Variables biofísicas (componente forestal) para caracterizar agroecosistemas.

Para la formulación de variables de manejo forestal, se conciben 4 criterios claves “denominados las cuatro ies” que debe efectuar los agroecosistemas, las cuales son: a) intencionalidad: integración de los subsistemas agrícolas, ganaderos y forestal conformando variadas de productos y servicios; b) intensividad: el subsistema agroforestal debe establecerse a través de prácticas de manejo agrícola, como aspectos técnicos de cultivos, fertilización, riego, podas y prácticas culturales, que mantiene la productividad y eficiencia; c) integralidad: los subsistemas del agroecosistemaa deben estructurarse como una unidad productiva, en función de manejo y beneficios colectivos para la familia rural y d) interactividad: los ecosistemas deben mantener un equilibrio entre la producción, conservación y los servicios ecosistémicos que allí se generen (Murgueitio *et al.*, 2019). En la tabla 5, se ilustran las variables del componente forestal.

**Tabla 5. Variables biofísicas (componente forestal) para caracterizar agroecosistemas.**

critério	indicador	variables		
COMPONENTE FORESTAL	Inventario forestal	Existen Árboles dispersos en potreros		
		Cuenta con Cercas vivas		
		Existen Bosques nativos /endémicos		
	Beneficios forestales	Hay captación, almacenamiento y regulación de las corrientes de agua (nacaderos y/o fuentes de agua)		
		Uso medicinal (tratamiento de alguna afección o enfermedad)		
		Control de erosión, deslizamientos y arrastre de tierra		
		Condiciones favorables de microclima para animales		
		Hábitat y alimento para animales diseminadores y polinizadores (aves, insectos, etc.).		
		No se perciben beneficios / son indiferentes		

critero	indicador	variables	
COMPONENTE FORESTAL	Manejo agroforestal	Usos y disposición de arboles	Cómo Paisaje
			Cómo Cercas vivas
			Cortina rompevientos
			Leña, madera construcción, postes para cerca, madera para la venta
		Reforestación / Forestación	Uso cómo protección de fuentes hídricas
			Restauración de paisaje natural
			Plantaciones Agroforestales, con uso industrial
			No realiza reforestación / Forestación

## 1.6. Variables biofísicas (componente hídrico) para caracterizar agroecosistemas.

Para la construcción de variables se debe identificar los afluentes hídricos de cada territorio, las alternativas de consumo y establecer la oferta y demanda hídrica, con el fin de minimizar los impactos que resultan de la actividad productiva y garantizar el desarrollo de procesos de conservación de agua, recurso fundamental para el uso humano y producción agropecuaria. En la tabla 6, se proponen algunas variables para su medición.

**Tabla 6.** Variables biofísicas (componente hídrico) para caracterizar agroecosistemas.

critero	indicador	variables	
COMPONENTE HIDRICO	Manejo hídrico	Disponibilidad del agua	Realiza captación de agua por bocatoma / Acueducto
			Realiza Almacenamiento de agua lluvia
			Cuenta con Quebrada/ Rio/ Lago/Laguna en su finca
			Tiene un Aljibe en su finca
			Cuenta con Pozo de almacenamiento de agua

criterio	indicador	variables	
COMPONENTE HIDRICO	Manejo hídrico	Uso del agua	Consumo doméstico
			Consumo animal
			Riego cultivos
			Paisaje
		Tipo de riego en cultivos	Por goteo
			Por aspersión
			Por gravedad
			No tiene riego / agua lluvia
		Conservación de agua	Cuenta con diques en la finca
			Tiene algún Sombrio (plantas protectoras del agua)
			Zanjas de desagüe, absorción, desviación y gradientes
			No realiza prácticas de conservación de agua
		Protección de agua	Realiza reforestación con plantas protectoras en zonas de nacimiento y cauces
			Conserva y protege la vegetación en los nacimientos
			Deja un mínimo de 5 metros de vegetación para separar los cultivos de los cuerpos de agua
			Realiza jornadas de ornato y/o limpieza de nacimientos y fuentes de agua.
			No realiza prácticas de protección de agua
		Tratamientos aguas servidas	Cuenta con un biodigestor en la finca
			Existen lagunas de oxidación
			Tiene un Pozo séptico en la finca
Realiza recirculación de agua			
Ningún tratamiento			

## 1.7. Variables biofísicas (componente pecuario) para caracterizar agroecosistemas.

A pesar de la gama de estudios que giran en torno a los sistemas pecuarios y su papel dentro de los agroecosistemas, muchas de estas investigaciones solo reflejan la interacción de los productos animales obtenidos con las necesidades de los productores, profundizando en poca medida en la identificación de las tendencias, los choques y las temporalidades de las variables que afectan de forma destacable las poblaciones y los impactos ambientales que algunas de las prácticas convencionales producen, afectando de alguna manera la tenencia y productividad.

Por lo cual, se propone evaluar el componente pecuario bajo la composición productiva, reproductiva, de bioseguridad e instalaciones pecuarias, ya que del manejo de los animales dependen los recursos económicos, alimenticios, energéticos, entre otros, por tanto, se debe indagar el contexto de cada territorio los medios de subsistencia, costumbres, factores que intervienen de forma negativa o positiva en la evolución del sistema pecuario, obstáculos y oportunidades que tienen las familias campesinas para aumentar la producción y, sobre todo, cuales son los recursos naturales que se utilizan para sostener las producciones y su respectivo manejo. En la tabla 7, se ilustra las variables para caracterizar el componente pecuario.

**Tabla 7. Variables biofísicas (componente pecuario) para caracterizar agroecosistemas.**

critério	indicador	variables	
COMPONENTE PECUARIO	Composición productiva y reproductiva ganadera	Orientación de la ganadería	Cuenta con ganado de leche
			Con ganado doble propósito (carne y leche)
			Con ganado de Ceba
			Con ganado para cría y levante
		Registro de producción	Para producción de leche
			Para reproducción
			Salud y bienestar animal
			Venta - Comercialización
		Tipo de ordeño	A mano con ternero al pie
			A mano sin ternero
			Ordeño mecánico
		Sistema reproductivo	Sistema con monta natural
	A través de inseminación		
	Transferencia de embriones		
	bioseguridad de la ganadería	Sanidad animal	Cuenta con programas de prevención, control y erradicación de plagas y enfermedades
			Identifica animales enfermos y realiza su respectivo tratamiento con medicamentos veterinarios.
			De acuerdo con la reglamentación, establece un sistema de trazabilidad con propósitos sanitarios y de inocuidad.
			Ingresa animales al predio, con guía sanitaria de movilización expedida por el ICA.
		Suplementos ganaderos	Suministra Forraje de árboles y/o arbustos (sistema silvopastoril)
			Suministra Pastos corte / Ensilaje
Suministra Subproductos cosecha			
Bloques multinutricionales / alimento concentrado			
Sal mineralizada / común			
Melaza / miel			

critério	indicador	variables	
COMPONENTE PECUARIO	instalaciones pecuarias	Inventario instalaciones	Cuenta con Establo
			Cuenta con Corral de ordeño
			Brete, Palpadero o manga
			Bodega de almacenamiento
		Material construcción	Material Plástico
			Caña de Bambú
			Lámina zinc
			Hierro y aluminio
			Acero galvanizado
			hormigón (concreto)
		Infraestructura	Madera
			Tuvo en cuenta la ubicación del predio para diseño de instalaciones pecuarias
			Las instalaciones cuentan con suministro de agua y desagüe
			Lava y desinfecta corrales e instalaciones
		Tiene en cuenta los requisitos para el almacenamiento de insumos agropecuarios	

El diseño de encuesta para caracterizar agroecosistemas debe construirse y/o complementarse con las definiciones de las propias comunidades rurales, sus obstáculos y oportunidades, lo que sugiere un estudio participativo donde las personas de cada territorio involucradas ayuden a promover el logro de sus propios indicadores y variables, se realicen análisis participativos de los factores, estrategias que influyen los sistemas productivos y el impacto para el logro de los objetivos comunes.





## CAPITULO II.

# **EL MARCO MESMIS PARA LA EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD**

## 2.1. Evaluación de sustentabilidad mediante atributos MESMIS.

Se llevó a cabo el uso de herramientas investigativas adaptadas al MESMIS "Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad" (Romero, 2019), para indagar el grado de cumplimiento de las prácticas agropecuarias en la producción primaria, el cual permite proponer recomendaciones y aportes para la mejora de las prácticas productivas a nivel de territorio. Para realizar la evaluación de sustentabilidad se identificaron criterios de diagnóstico, entendidos como el conjunto de condiciones ambientales, tecnológicas y socioeconómicas que permiten una estabilidad y funcionamiento del sistema (Camargo, Barón & Carreño, 2020).



**Figura 2.** Esquema general de evaluación MESMIS

Fuente: Masera, Astier, & López-Ridaura (2000).

El MESMIS está compuesto por atributos, sistema de referencia, puntos críticos, áreas a evaluar, criterios de diagnóstico e indicadores. Cada agroecosistema manifiesta características propias identificadas, según la figura 2, las cuales son: productividad, equidad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, adaptabilidad, autodependencia (Fonseca, Cleves & Leon-Sicart, 2016). Dichas cualidades, se mencionan en la tabla 8, la cual está integrada por: atributos, criterios de diagnóstico, e indicadores.

El procedimiento del MESMIS se desarrolla en 6 pasos secuenciales, como lo demuestra la figura 3, en primer lugar, se determina el sistema objeto de estudio, posterior se realiza y analiza las fortalezas y oportunidades, de ahí se identifican los indicadores estratégicos, para luego evaluar y monitorear los indicadores, asimismo, se integran los resultados dentro de las dimensiones económica, social y ambiental y finalmente, se generan conclusiones y recomendaciones.

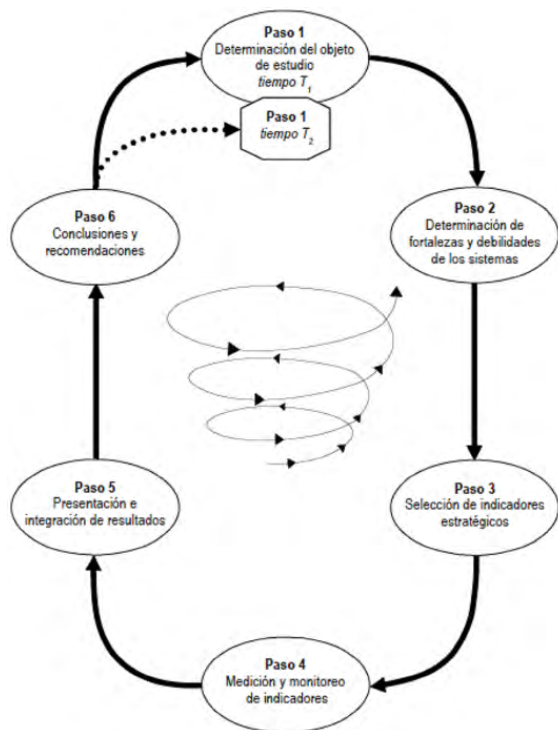


Figura 3. Pasos evaluación MESMIS

Fuente: Masera, Astier & López-Ridaura (2000)

## 2.2. PASO 1. determinación del objeto de estudio.

Identifica y caracteriza los sistemas productivos, así como los rasgos socioeconómicos y ambientales según el contexto de cada territorio. Para el estudio, se tuvo en cuenta la ubicación geográfica, técnicas y herramientas de captura de información.

### 2.2.1. Ubicación geográfica.

Sitio, lugar, entorno geográfico o parte de un territorio donde se desarrolle la investigación. En el cual se debe realizar un diagnóstico participativo y caracterización de aspectos económicos, sociales y ambientales.

### 2.2.2. Selección de la muestra.

Para la clasificación de un agroecosistema se identifican aquellos que cumplan con los requisitos básicos planteados por Edwards *et al* (1990), bajo acción participación de tipo descriptivo, los cuales contemplan la reducción de la energía y recursos, métodos de producción que generen estabilidad a la comunidad, optimización de métodos de reciclaje de materia orgánica, fomento a la producción local de productos agropecuarios que se adapten al entorno socioeconómico y ecológico del territorio, reducción de costes, aumento de la eficiencia productiva, viabilidad económica a nivel de finca y fomento de un sistema agrícola resistente y diverso (Fonseca-Carreño, González-Moreno & Naváez-Benavides, 2020).

Por otro lado, se identifican los procesos productivos dentro de los agroecosistemas con el propósito de determinar los costes en los que incurrir para luego relacionarlos con el flujo de entrada de dinero, con el propósito de comparar procesos convencionales con agroecológicos. De igual forma, se determina el valor económico generado a corto y largo plazo que permita medir la dependencia de insumos externos, generación de empleo y aporte al progreso del territorio. Los criterios propuestos son: tamaño de las fincas (1-10 ha); inventario de ganado bovino y especies menores; producción agrícola

permanente; accesibilidad y vías de comunicación (Albarracín-Zaidiza, Fonseca-Carreño & López-Vargas, 2019).

### 2.2.3. Técnicas y herramientas para captura de información.

Se debe efectuar un trabajo de extensión con la comunidad agropecuaria rural, aplicar métodos de observación, entrevistas, encuestas semiestructuradas, diálogo de saberes y cartografía social (Geilfus, 2002). El proceso de investigación se desarrolla en dos fases: una estática y otra dinámica, según la metodología de Motta & Ocaña (2018), durante la fase estática se evalúan las características biofísicas de los agroecosistemas a partir de las variables: disponibilidad y equilibrio del flujo de nutrientes (suministro de materia orgánica, promoción de la actividad biológica del suelo), preservación de la capa arable del suelo, conservación y eficiencia de las fuentes hídricas, aseguramiento de la biomasa y fitomasa, adaptación de cultivos y prácticas agronómicas y protección de la biodiversidad. Igualmente, la fase dinámica evalúa el desempeño y comportamiento de área de siembra, volumen de producción e ingresos agropecuarios (Albarracín-Zaidiza, Fonseca-Carreño & López-Vargas, 2019).

## 2.3. PASO 2. determinación de las fortalezas y las debilidades de los sistemas de manejo.

Son las alteraciones positivas y negativas que afectan el equilibrio de un agroecosistema e influyen en los atributos mencionados del MESMIS. Con respecto a los sistemas de producción, se plantea una estructura secuencial para identificar fortalezas y debilidades de manera cualitativa y cuantitativa en variables de entrada y de salida, por lo tanto, se debe analizar las Fortalezas y Debilidades para establecer alternativas y estrategias y así generar una planeación oportuna y direccionada con el entorno geográfico, demográfico, socioeconómico y biofísico del agroecosistema.

El modelo sistémico de finca (figura 4), según lo expresa Geilfus (2002), muestra de manera gráfica el diagrama de un Agroecosistema, indicando los elementos (productos agropecuarios) que salen para el mercado y autoconsumo, indicado por medio de flujos (flechas), de dónde salen y hacia dónde van; hacia la familia para el autoconsumo, hacia el exterior para el mercado. El propósito es caracterizarlo por entradas, prácticas y salidas y así determinar la interrelación de los subsistemas y la labor energética que desempeña cada integrante de la familia.

Posterior a la distribución por subsistemas, se indican las entradas externas (ambientales, económicas y sociales), salidas o residuos de cada subsistema y la labor energética que desempeña cada integrante. A estos recursos naturales básicos se pueden añadir el componente ambiental (lluvia, energía solar, viento), componentes económicos (ingresos monetarios, insumos agropecuarios) y el capital social (capacitaciones, energía humana) (Carreño & Baquero, 2018).

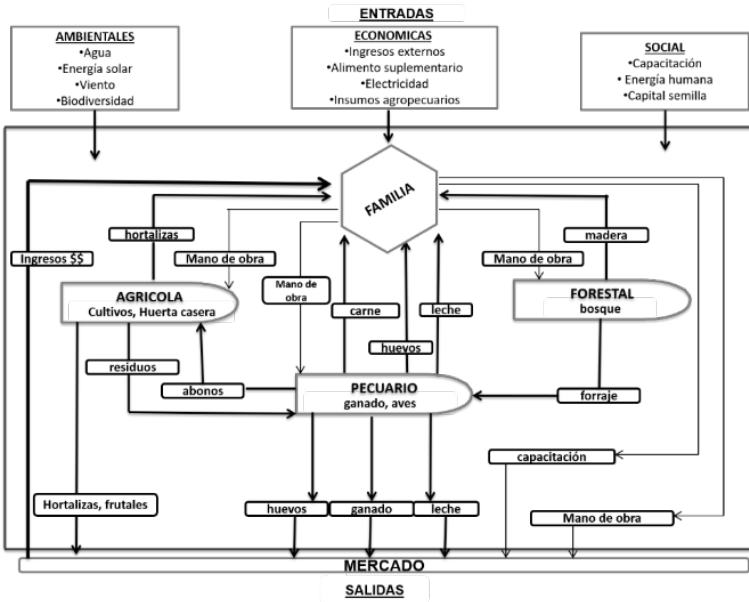


Figura 4. Ejemplo modelo sistémico de finca

De la misma manera, la figura 4, resalta la importancia del análisis y estudio de agroecosistemas, por lo tanto, se hace énfasis en Altieri (2018), quien señala que contar con un modelo de análisis de agroecosistemas contribuye a la identificación de principios ecológicos que facilitan la sustentabilidad, permitiendo analizar las principales falencias que actualmente afectan negativamente la agricultura. En ese orden de ideas, una vez se ha tenido en cuenta las fortalezas y debilidades de las actividades agrícolas, pecuarias, forestales y familiares, se identifican los criterios a diagnosticar y los indicadores según los atributos del MESMIS.

## 2.4.PASO 3. Selección de los criterios de diagnóstico e indicadores estratégicos.

La sustentabilidad de agroecosistemas propone técnicas y herramientas para captura de información, de ahí que, Pérez, González & García (2005), plantean para la evaluación:

- Definir al sistema identificando sus componentes, insumos, flujos internos y productos que generan tanto de manera biofísica como socioeconómica,
- Identificar los puntos críticos reconociendo los aspectos positivos o negativos que fortalecen o debilitan al sistema con el pasar del tiempo,
- Seleccionar los criterios e indicadores que permitan diagnosticar el sistema en relación a las propiedades o atributos de los agroecosistemas,
- Medir y valorar los indicadores por medio de datos de campo, documentos y
- Planteamiento de conclusiones y recomendaciones.

**Tabla 8.** Atributos e indicadores de sustentabilidad

Atributos	Criterios	Indicadores
Productividad	Retorno	Valor presente neto (VPN)
		Tasa interna de retorno (TIR)
		Punto de equilibrio (PE)
	Eficiencia	Relación Beneficio/Costo (R.B/C)
		Utilidad (U)
		Rentabilidad (R)
		Producción por periodo de tiempo (Ppt)
Gestión de la producción	Especialización de la producción (Espn)	
Estabilidad Resiliencia Confiabilidad	Conservación	Cobertura vegetal (CV)
		Disponibilidad de agua (DA)
		Disponibilidad Materia orgánica (MO)
		Manejo de plaga y enfermedades (MIP)
		Contaminación con productos químicos (Rcpq)
		Condiciones del suelo (CS)
	Biodiversidad o diversidad biológica	Biodiversidad (B)
		Beneficio de semillas locales (BSL)
		Disponibilidad y uso de materia orgánica (DUMO)
Adaptabilidad	Capacidad de cambio	Adaptación Ciencia, tecnología e Innovación (CTI)
		Formación y actualización de conocimientos (FAC)
Equidad	Necesidades básicas	Distancia vida rural (DVR)
		Servicios públicos domiciliarios (SPD)
		Equidad de género (EG)
Autogestión	Participación	Democracia participativa (DP)
		Requerimiento mano de obra (RMO)
		Participación en asociaciones locales (PAL)
	Suficiencia	Dependencia a Insumos Externos (DIE)
		Ahorro Interno (AI)
		Seguridad Alimentaria (SA)



La evaluación de sustentabilidad se determina con los atributos mencionados en la figura 2, de ahí se derivan los criterios de diagnóstico. Para el presente estudio se proponen los siguientes: retorno, eficiencia, gestión de la producción, conservación, biodiversidad, capacidad de cambio, necesidades básicas, participación y suficiencia. Cada criterio lo componen indicadores de medición (tabla 8), estos a su vez son: valor presente neto, tasa interna de retorno, punto de equilibrio, relación beneficio/coste, utilidad, rentabilidad, producción por periodo de tiempo, especialización de la producción, cobertura vegetal, disponibilidad de agua, disponibilidad materia orgánica, manejo de plaga y enfermedades, contaminación con productos químicos, condiciones del suelo, biodiversidad, beneficio de semillas locales, disponibilidad y uso de materia orgánica, adaptación ciencia, tecnología e innovación, formación y actualización de conocimientos, distancia vida rural, servicios públicos domiciliarios, equidad de género, democracia participativa, requerimiento mano de obra, participación en asociaciones locales, dependencia a insumos externos, ahorro interno y seguridad alimentaria.

## 2.5. PASO 4. Medición y monitoreo de los indicadores.

Para la medición y monitoreo de los indicadores propuestos, se debe realizar una revisión de fuentes primarias y secundarias, estudios de caso, simulación, experimentación y análisis del territorio. Se debe realizar mediante métodos estadísticos que permitan instaurar valores, para luego estandarizarlos mediante la ecuación 3.

### **Ecuación 3.** Fórmula para determinar la medición y monitoreo de indicadores

$$ND = \left( \frac{V - V_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}} \right) * 100$$

Donde:

ND = Nivel de desempeño del indicador

V = Valor moderado del indicador

V<sub>max</sub> = Valor máximo del indicador

V<sub>min</sub> = Valor mínimo del indicador.

Los resultados se agruparon a través de los indicadores propuestos, dentro de los atributos mencionados, mediante una escala de valorización. Las mediciones se establecen con rangos de uno (1) valor mínimo y cinco (5) valor máximo de la evaluación (Albarracín-Zaidiza, Fonseca-Carreño & López-Vargas, 2019). Haciendo uso de la escala tipo likert, se pretende evaluar el cumplimiento de indicadores que apunten a percibir el grado de sustentabilidad, la ponderación de indicadores se muestra en la tabla 9.

**Tabla 9.** Escala Likert para ponderación de indicadores se sustentabilidad

Porcentaje de Cumplimiento	Grado	Eficiencia del sistema	Definición
Valores de 81 a 100%	5	Estable	Sustentable
Valores de 61 a 80%	4	Pertinente	Moderadamente sustentable
Valores de 41 a 60%	3	Sensible	Medianamente sustentable
Valores de 21 a 40%	2	Débil	Escasamente sustentable
Valores de 0 a 20%	1	En peligro	No sustentable

*\*Las mediciones de sustentabilidad se representan de 1 a 5 donde: 5 > 4 > 3 > 2 > 1*

Posteriormente, los actores involucrados deben analizar e interpretar los datos para validar la información derivada, y proponer alternativas de mejora referente a los puntos críticos y funcionamiento del sistema productivo (Albarracín-Zaidiza, Fonseca-Carreño & López-Vargas, 2019). Por tanto, los niveles se encuentran identificados de manera que los ubicados entre 0 y 20 % son "no sustentables"; 21 a 40 % "escasamente sustentables"; 41 a 60 % "medianamente sustentables"; 61 a 80 % "moderadamente sustentables" y por último aquellos que estén entre 81 y 100 % "sustentables" (Fonseca-Carreño, González Moreno & Narvéez Benavides, 2020).

Para la evaluación de los resultados se recomienda promediar la ponderación de valores para alcanzar el grado óptimo de sustentabilidad, es decir, las cifras

no corregidas, sin embargo, las cifras se pueden sesgar por la inadecuada interpretación del encuestador o las adversidades en campo que dificultan la captura de información. Los indicadores tienen diferente peso relativo, de ahí que, se debe realizar una rectificación de valores alcanzados a partir del peso relativo como lo establece la ecuación 4 (Acevedo & Angarita, 2013).

**Ecuación 4. Fórmula para determinar corrección de los valores alcanzados a partir de la importancia relativa.**

$$\frac{(\text{valor obtenido}) * (\text{Número de puntos otorgados al indicador})}{\text{valor de referencia}}$$

Para realizar la corrección o ponderación se recomienda usar un coeficiente que multiplique la cifra alcanzada por cada uno de los indicadores, a partir del valor obtenido por el peso propuesto y dividido por el valor de referencia. Por lo tanto, el valor obtenido se incrementa o reduce según la importancia relativa (Carreño, Barón & Camargo, 2018). El algoritmo para alcanzar el índice del promedio ponderado, se representa en la ecuación 5.

**Ecuación 5. Fórmula para determinar el índice de sustentabilidad como promedio ponderado.**

$$IS = (I_1 * Coef_1 + \dots + I_n * Coef_n) / \sum Coef$$

Donde:

IS= Índice de sustentabilidad

I: Indicador

Coef.: Coeficiente del Indicador

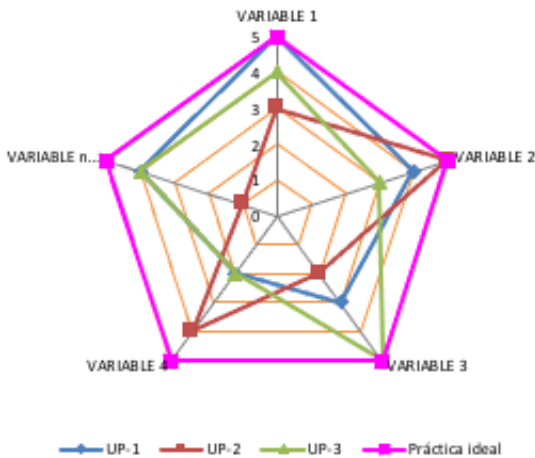
El índice de Sustentabilidad es tan versátil que se puede generar tanto a nivel de finca o agroecosistema, como el ponderado del índice de sustentabilidad de cada finca evaluada. Igualmente, se puede instaurar cada una de las dimensiones de la sustentabilidad, lo que permite comparar cual sistema,

subsistema que componen una finca o agroecosistema requiere un seguimiento oportuno.

## 2.6.PASO 5. Presentación e integración de resultados.

Se efectúa estableciendo un umbral para cada indicador, su construcción se genera con el número de variables que conforman cada indicador, las cuales agregan información de cada dimensión, para posteriormente diagramar los resultados. Por tanto, se propone utilizar los gráficos radar, como instrumento que permite representar y al mismo tiempo analizar el comportamiento de cada uno de los indicadores o ejes definidos en él y se obtiene un punto de vista general y de manera cuantitativa permite determinar y contrastar el nivel de cada indicador.

En la figura 5, se expone a manera de ejemplo cómo a través del radar es posible visualizar el estado de los Agroecosistemas a partir de las variables establecidas, donde se asume las prácticas propuestas con una puntuación máxima de cinco (5), a partir de la cual, se contrastará con las prácticas presentes por los agroecosistemas.



**Figura 5.** El radar como herramienta de análisis.

La presentación e integración de resultados, se concibe bajo las dimensiones de la sustentabilidad:

- Económica: analiza el grado de eficiencia a través de las prácticas productivas,
- Social: a través del grado de importancia con base en los objetivos comunes generados por los actores de la cadena de valor y
- Ambiental: análisis de la capacidad resiliente de las prácticas agroecológicas (Carreño & Baquero, 2019).

De ahí que, la dimensión económica comprende el desarrollo económico y énfasis en la producción por parte de los sistemas agropecuarios a través del uso de la tecnología y el manejo adecuado de los recursos naturales. En ese sentido, para hablar de sustentabilidad económica se hace mención a Félix & Pedrazzi (2019), quienes la definen como la cantidad promedio de consumo de un ser humano en un periodo presente sin afectar el consumo en un periodo futuro.

La dimensión social abarca factores como la religión y la cultura, además, se tienen en cuenta las fuerzas externas que actúan en el comportamiento de los seres humanos dentro de una sociedad (Campo & Rivera, 2019) y la dimensión ambiental, comprende los factores que tienen que ver con la producción agropecuaria y la preservación de los mismo, entre estas se destacan los recursos del agua, el suelo, la vegetación, los bosques (Cáceres, 2015). Igualmente, los atributos de esta dimensión pueden ser naturales como la energía del sol, la lluvia y el viento o bien, pueden ser de carácter renovables, como el suelo, las plantas, el agua y los animales (Toro *et al.*, 2011).

## 2.7. Paso 6. Conclusiones y recomendaciones sobre los sistemas de manejo.

Con base en los resultados cuantitativos o cualitativos generados por cada unidad de producción evaluada, se realizan cotejos y comparaciones de los indicadores de medición utilizados y ponderación de los mismos, de ahí y de

manera participativa se establecen estrategias para minimizar las debilidades, optimizar las oportunidades, fortalecer el sistema y atenuar las amenazas de los sistemas de producción. Dentro de las posibles estrategias se plantea establecer:

- Autosuficiencia: hace referencia a la capacidad que tiene el campesino para hacer frente a las fluctuaciones del mercado, en cuanto refleja la autonomía que el individuo tiene para mantener estables los niveles de producción a pesar de factores externos e internos,
- Autonomía e independencia: comprende un factor elemental dentro del progreso económico del agroecosistema, puesto que respalda la comercialización de los productos agropecuarios bajo términos de independencia y justicia propiciando la autonomía del productor para establecer relaciones comerciales con diferentes organizaciones (Toro et al., 2011) y
- Desarrollo endógeno y local: este concepto comprende el fortalecimiento cultural mediante el desarrollo de mercados locales que permitan la estabilidad de los sistemas productivos y eliminen eslabones de la cadena de valor.

## CAPITULO III

### **PROPUESTA DE INDICADORES PARA MEDICIÓN DE SUSTENTABILIDAD**

La propuesta de indicadores se realiza con base en los atributos del MESMIS a través de las condiciones socioeconómicas y biofísicas de los agroecosistemas. Cada atributo está compuesto por una serie de indicadores que soportan su comprobación.

### 3.1. Atributo productividad.

Capacidad del agroecosistema para mantener un equilibrio entre el medio natural, la producción y la familia, mediante el abastecimiento de bienes y servicios necesarios. Está compuesto por los criterios de retorno, eficiencia y gestión de la producción.

#### 3.1.1. Criterio de Retorno.

Son los beneficios financieros que se obtienen por la inversión en un sistema productivo, generando una retribución monetaria o la proporción entre los beneficios recibidos y percibidos de la familia rural y la inversión monetaria (Carreño, Barón & Camargo, 2018). Está integrado por los indicadores:

- Valor presente neto (VPN)
- Tasa interna de retorno (TIR)
- Punto de equilibrio (PE)



### 3.1.1.1. Indicador Valor Presente Neto (VPN).

El VPN de un sistema productivo es su valor, medido en pesos de hoy, se expresa en COP vigente. Dicho valor se obtiene del resultado entre el VPN de los ingresos y el VPN de los egresos calculado a partir del flujo de fondos de la inversión, se debe tener en cuenta la tasa de interés de oportunidad (TIO), tasa mínima que determina el VPN de los flujos esperados, asimismo, es la rentabilidad mínima que se debe establecer en un sistema productivo para decidir la inversión. Para el cálculo del VPN se tiene el flujo de efectivo (FE), dividido por la tasa de intereses o coste de oportunidad en un periodo determinado (t). Para el ejercicio agropecuario, según el Ministerio de Agricultura y el banco agrario a través de FINAGRO en el año 2020 se establece una tasa interna de oportunidad (TIO) del 16,77 % efectivo mensual. La ecuación 6, formula el VPN.

**Ecuación 6.** Fórmula para determinar el VPN

$$\text{VPN} = \frac{FE_1}{(1 + i)^t}$$

Donde:

VPN= Valor Presente Neto

FE= Flujo de efectivo en el periodo t

i= Tasa de interés o costo de oportunidad

t= periodo

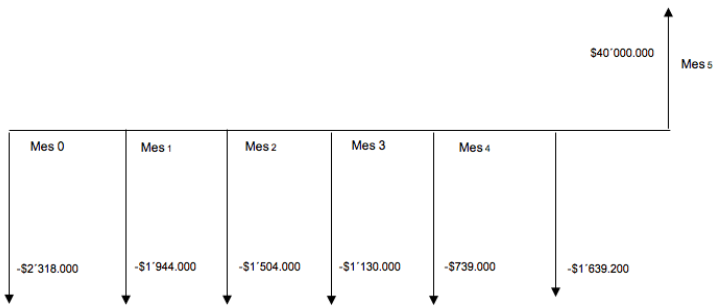
En la tabla 10, se interpretan los resultados del VPN, donde se toman calificación que van desde <5 hasta >30.

**Tabla 10.** Interpretación resultados de medición, indicador VPN

Criterios de calificación (%)	Puntuación
<5	1
5-10	2

Criterios de calificación (%)	Puntuación
10-20	3
20-30	4
>30	5

- Ejemplo para calcular el VPN: Se toma como ejemplo un cultivo de cebolla puerro, teniendo en cuenta la tasa de interés de oportunidad (TIO) del 20 % EA. La TIO fue tomada con referencia del DTF = 8 % EA + un rendimiento mínimo esperado por parte del inversionista del 8 % y se estima un riesgo para esta actividad agrícola del 4 %, equivalente una tasa del 20 % E.A. El ciclo productivo del cultivo es de 5 meses, de ahí que, se divide la tasa en los 12 periodos del año ( $20/12 = 1,67$ ). Aplicando el flujo financiero neto del proyecto sin financiamiento tenemos:



$$\text{VPN (ingresos)} = \frac{4000000}{(1 + 0,0167)^5} = 36216214$$

$$\begin{aligned} \text{VPN (egresos)} &= \frac{2318000}{(1 + 0,0167)^0} + \frac{1944000}{(1 + 0,0167)^1} + \frac{1504000}{(1 + 0,0167)^2} + \frac{1130000}{(1 + 0,0167)^3} \\ &+ \frac{739000}{(1 + 0,0167)^4} + \frac{1639200}{(1 + 0,0167)^5} = 8813659 \end{aligned}$$

$$\text{VPN} = \sum \text{VPN (ingresos)} - \sum \text{VPN (egresos)}$$

$$\text{VPN} = 36\,216\,214 - 8\,813\,659 = 27\,402\,555$$

La oportunidad que se tiene con un proyecto así es significativa, ya que el VPN es igual a \$27402555, ganancia adicional después de haber recuperado los costes de producción, lo cual indica que bajo las actuales condiciones y con el modelo de producción propuesto, este es altamente rentable y se convierte en una posibilidad o renglón de explotación para invertir, ya que el capital invertido rinde a una tasa superior al 1,67 % mensual por tanto el proyecto es financieramente atractivo. Calculando el porcentaje del VPN, se multiplica el VPN por 100 y se divide sobre el VPN de los ingresos, lo que genera un criterio de calificación  $>30$ , representado por una calificación de 5, como lo demuestra la tabla 10.

### 3.1.1.2. Indicador Tasa interna de retorno (TIR).

La TIR equivale a la tasa de interés en la actividad productiva a partir de los egresos e ingresos que se producen en el ciclo productivo, además, indica la rentabilidad que genera la inversión y representa la tasa de interés adquirida sobre el saldo no recuperado de una inversión. Si la TIR es  $\geq$  que la TIO se debe aceptar la inversión, si la TIR es  $\leq$  no se acepta, ya que, no se recupera la inversión. (Carreño, Barón & Camargo, 2018). En la ecuación 7, se encuentra la fórmula para determinar la TIR.

#### Ecuación 7. Fórmula para determinar la TIR

$$TIR = tasa\ i_0 + i_f * \frac{VPN_0}{VPN_0 + VPN_f}$$

Donde:

$i_0$  = Tasa de interés que hace el VPN positivo

$i_f$  = Tasa de interés que hace el VPN negativo

VPN = El denominador de la ecuación es el valor absoluto de los VPN

En la tabla 11, se representan los criterios de calificación para medir la TIR.

**Tabla 11.** Interpretación resultados de medición, indicador TIR

Criterios de calificación (%)	Puntuación
<1	1
2-10	2
11-20	3
21-30	4
>30	5

- Ejemplo para calcular la TIR: se continua con el ejemplo del cultivo de cebolla puerro, el cual tiene un . Al calcular la TIR por combinación, se sustituye la tasa de interés por una tasa superior, si el resultado es menor que cero (0) se vuelve a calcular con una tasa inferior, si el resultado es mayor que cero (0) se reemplaza la tasa de interés con una tasa superior. Se tuvo en cuenta los valores de interés en el mercado para cultivos agrícolas y la tasa de FINAGRO para el año 2020.

tasa  $i_{-0}$  = 1.67 (20 % EA)

tasa  $i_{-f}$  = 1.40 (16,77 % -finagro)

Despejando queda:

$$TIR = 1.67 + 1.40 * \frac{27402555}{27402555 + 30478552}$$

TIR= 2.33 mensual

TIR= 27,99 EA

La tasa interna de retorno TIR puede definirse como el porcentaje (%) de ganancia que obtienen los productores por cada unidad monetaria puesta en el cultivo (se tiene como ejemplo la cebolla puerro), para este caso la TIR = 27,99 % lo que quiere decir que por cada 100 pesos invertidos se tendrá una utilidad de 27,99 pesos. En la tabla 11, según los criterios de calificación

obtendrá un puntaje =4. Esta es la tasa real que genera la inversión en 5 meses y al ser mayor a la tasa de oportunidad tomada como referencia (20 % anual o 1,67 % mensual) se justifica hacer la inversión, entonces la TIR simboliza la rentabilidad promedio que se genera el cultivo durante el proceso productivo, es decir la remuneración al capital invertido.

### 3.1.1.3. Punto de equilibrio (PE).

Es el volumen mínimo de ventas o unidades vendidas que la unidad productiva debe realizar para no incurrir en pérdidas ni obtener ganancias, es decir, el punto productivo donde los costes de producción sean iguales a los ingresos por ventas. El punto de equilibrio se puede determinar de acuerdo al valor (pesos COP) o volumen (unidad de medidas: kg, lt, mm, etc). En las ecuaciones 8 y 9 se presentan las formulas.

**Ecuación 8.** Fórmula para determinar el PE en valor (\$)

$$PE\$ = \frac{CF}{1 - \frac{CVu}{PV}}$$

**Ecuación 9.** Fórmula para determinar el PE en volumen

$$PEv = \frac{CF}{PV - Cvu}$$

Donde:

CF= Costes fijos

CVu= Costes variables por unidad

PV= Precio de venta

CVT= Costes directos totales

En la tabla 12, se representan los criterios de calificación para medir el PE.

**Tabla 12.** Interpretación resultados de medición, indicador PE

Criterios de calificación (%)	Puntuación
<1	1
2-10	2
11-20	3
21-30	4
>30	5

- Ejemplo para calcular el PE: Continuando con el ejemplo del cultivo de cebolla puerro, se tiene los siguientes valores:

$$\text{Ingresos} = 12600000$$

$$\text{CF} = 2195000$$

$$\text{CVu} = 354$$

$$\text{PV} = 2.000$$

$$\text{CVT} = 7079200$$

Despejando se obtiene:

$$\text{Cvu} = \frac{7079200}{20000} = 354$$

$$\text{PE} = \frac{2195000}{2000 - 354} = 1334$$

Reemplazando los costes variables por unidad (Cvu), obtenidos de la división de las ventas totales (VT) sobre precio de venta (PV), se obtuvo un valor de 354 (valor por unidad de medida). De igual manera, el punto de equilibrio en volumen (PEv), se obtuvo de la división de los costes fijos sobre la diferencia entre el precio de venta (PV) y los costes variables por unidad (Cvu), como resultado se obtuvo un valor de 1334. Lo que significa que el sistema productivo debe producir para no perder, ni ganar 1334 kg/ha.

Continuando con el ejemplo, se procede a hallar el PE\$, despejando se obtiene:

$$PE\$ = \frac{2195000}{1 - \frac{354}{2000}} = 2667071$$

Los que significa que se debe obtener un valor de \$ 2667071 en el sistema productivo, para no incurrir en pérdidas económicas, pero tampoco obtener ganancias. Para convertir en términos porcentuales el PE\$ se restan los ingresos de los costes variables y costes fijos, se dividen por los ingresos y se multiplica por 100. Lo que representa el % del criterio de calificación según la tabla 12. Para el presente ejercicio se obtuvo un valor del 26,4 %, sustituyendo se obtiene un valor de 4.

### 3.1.2. Criterio eficiencia.

Mide la capacidad que tiene el agroecosistema para hacer frente a las condiciones en las que se encuentra y la manera en la que su sistema de producción apropia los recursos requeridos. Además, indica la proporción entre el retorno y la inversión monetaria que ha incurrido para el funcionamiento del agroecosistema, con este criterio se busca medir la eficiencia del sistema mediante los siguientes indicadores:

- Relación Beneficio/Coste (R.B/C)
- Utilidad (U)
- Rentabilidad (R)
- Producción por periodo de tiempo (Ppt)

#### 3.1.2.1. Relación Beneficio/ Coste (R.B/C)

Es una técnica de evaluación que se emplea para determinar la conveniencia y oportunidad de una inversión, comparando el valor real con inversiones similares. Este indicador establece cuantos pesos se obtienen de beneficios

en VPN, por cada peso de los costes también en valor presente, descontando en ambos casos, a la tasa interna de oportunidad (TIO) inicial del productor. Al calcular la relación B/C se pueden obtener:

- Si  $> 1$ , significa que el valor presente de los ingresos es mayor que el valor presente de los egresos y, en consecuencia, el VPN del proyecto es positivo, resultando factible a la tasa de oportunidad evaluada.
- Si  $= 1$ , el valor presente de los ingresos es igual que el valor presente de los egresos; esto implica que la TIR es igual a la tasa de oportunidad y el proyecto debe ser indiferente al inversionista.
- Si  $< 1$ , el valor presente de los ingresos es menor que el valor presente de los costes entonces es negativo, y hace evidente que el proyecto no tiene significado para el inversionista.

En la ecuación 10, se encuentra la fórmula para determinar la R.B/C

**Ecuación 10. Fórmula para determinar la R.B/C**

$$R.\frac{B}{C} = \Sigma VPN(\text{ingresos}) / \Sigma VPN(\text{egresos})$$

En la tabla 13, se representan los criterios de calificación para medir la R.B/C.

**Tabla 13. Interpretación resultados de medición, indicador R.B/C**

Criterios de calificación	Puntuación
<1	1
1 – 1.9	2
2 – 2,4	3
2.4 – 2.9	4
>3	5



- Ejemplo para calcular la R.B/C: se continua con el ejemplo del cultivo de cebolla puerro y aplicando la fórmula se tiene:

$$R.B/C = \frac{36216214}{8813658} = 4.11$$

El valor presente de los ingresos es mayor que el valor presente de los egresos y, en consecuencia, el VPN del proyecto es positivo, resultando factible a la tasa de oportunidad evaluada. Para el cultivo de cebolla puerro se obtiene una R.B/C de 4,11, en pocas palabras por cada peso invertido en el proyecto se tendrá un beneficio de 4,11 pesos. Ubicando el valor en la tabla 13, se obtiene una puntuación =5. Este indicador es alto para el sector agrícola tanto nacional como regional, lo anterior obedece posiblemente a los bajos costes de producción, presión de plagas y enfermedades por ende los bajos costes de insumos agroquímicos equivalen al 18,16 % del total de los costes de producción, en comparación al 31,42 % de los costes de insumos agroquímicos del cultivo de cebolla bulbo (Fonseca *et al.*, 2010).

### 3.1.2.2. Utilidad (U).

Es la medida de satisfacción de las personas donde se valora los beneficios o atributos de un bien o servicio. En términos financieros, se asocia a la ganancia que se consigue a partir de una venta o inversión. Para calcular la utilidad se procedió de la siguiente manera, se tomó las ventas y se restó por el total de los costes, su valor se expresa en pesos COP (\$). La ecuación 11, se utiliza para calcular la utilidad.

#### **Ecuación 11.** Fórmula para determinar la Utilidad

$$U = \text{Ventas} - \text{Costes totales}$$

Donde:

U=Utilidad

V=Ventas

CT=Costes totales

En la tabla 14, se representan los criterios de calificación para medir la Utilidad.

**Tabla 14.** Interpretación resultados de medición, indicador Utilidad

Criterios de calificación (%)	Puntuación
<1	1
2-10	2
11-20	3
21-30	4
>30	5

- Ejemplo para calcular la Utilidad: Con los valores del ejercicio de cebolla puerro, se despeja la ecuación.

$$U = 40000000 - 9274200 = 30725800$$

El ejercicio genera una utilidad = \$30 725 800, en términos porcentuales se multiplica la utilidad (U) por 100 y se divide sobre los ingresos, lo que genera un criterio de calificación >30, representado por una calificación de 5, como lo demuestra la tabla 14.

### 3.1.2.3. Rentabilidad (R)

Es el estado rentable y la capacidad de concebir renta (beneficios, ganancias, provechos, utilidades). De ahí que, la rentabilidad, se asocia a la obtención de ganancia a partir de una venta o inversión y se mide como la ratio de ganancias o pérdidas derivadas. Para calcular la rentabilidad se deriva de la división de la utilidad con las ventas o ingresos, su valor se expresa en porcentaje. Si el

porcentaje es positivo es la ganancia que obtiene el productor en la actividad productiva. La ecuación 12, permite calcular la rentabilidad.

### Ecuación 12. Fórmula para determinar la Rentabilidad

$$R = \frac{U}{CT} * 100$$

Donde:

R=Rentabilidad

U=Utilidad

CT=Costes totales

En la tabla 15, se representan los criterios de calificación para medir la Rentabilidad.

**Tabla 15.** Interpretación resultados de medición, indicador Rentabilidad

Criterios de calificación (%)	Puntuación
< 4	1
5 - 9	2
10 - 19	3
20 - 29	4
> 30	5

- Ejemplo para calcular la Rentabilidad: Con los valores del ejercicio de cebolla puerro, se despeja la ecuación.

$$R = \left( \frac{30725800}{9274200} \right) * 100 = 331$$

El ejercicio genera una rentabilidad = 331, en términos porcentuales se multiplica la rentabilidad (R) por 100 y se divide sobre los costes totales (CT), lo que genera un criterio de calificación  $>30$ , representado por una calificación de 5, como lo demuestra la tabla 15.

Resumiendo, los indicadores utilidad, rentabilidad del criterio eficiencia y punto de equilibrio (unidades y pesos COP) del criterio retorno, se presenta en la tabla 16, alternativas para su fácil interpretación y diligenciamiento.

**Tabla 16. Resumen de algunos indicadores financieros**

a. Balance de la unidad productiva (mensual/periodo/proceso)	
Concepto	Valor
TOTAL INGRESOS = V1	
TOTAL GASTOS = V2	
TOTAL COSTOS MATERIA PRIMA/ INSUMOS = V3	
UTILIDAD NETA (Ventas - Costos y Gastos) = V4	
b. Rentabilidad de la unidad productiva (mensual/periodo/proceso)	
UTILIDAD NETA = V4	
TOTAL INGRESOS = V1	
RENTABILIDAD (%) Utilidad/Ventas*100 (V4/V1)*100 = V5	
c. Punto de equilibrio (mensual/periodo/proceso)	
TOTAL GASTOS (\$) = V2	
TOTAL COSTOS MATERIA PRIMA/ INSUMOS (\$) = V3	
COSTOS VARIABLES TOTALES (\$) = (V2+V3)= V6	
UNIDADES PRODUCIDAS = V7	
COSTO VARIABLES UNITARIOS (\$) = (V6/V7)= V8	
PRECIO DE VENTA UNITARIO (\$) = V9	
MARGEN DE GANANCIA x unidad (\$) (V9-V8)= V10	
PUNTO DE EQUILIBRIO UNIDADES (V6/V9) = V11	
PUNTO DE EQUILIBRIO EN PESOS (\$) (V11*V9)= V12	

La utilidad neta de las operaciones contables se deriva del total de ingresos (V1) menos el total de costes, gastos y materia prima e insumos (V3), generando una utilidad (V4). La rentabilidad concebida por la transacción comercial del producto o servicio se deriva de la división de la utilidad (V4) con las ventas o ingresos (V1) por 100, generando una rentabilidad (V5).

De igual manera, el punto de equilibrio de las operaciones se establece de acuerdo a unidades y pesos COP, equivalentes a total gastos (V2) + total costes de materia prima e insumos (V3), generando unos costes variables totales (V6). A su vez, se tiene en cuenta las unidades producidas (V7), en la unidad de medida que se establezcan (kg, lb, lt, etc). De ahí que, se retomen los costes variables unitarios (V6) se dividan por las unidades producidas (V7), lo que representa los costes variables unitarias (V8). Por último, se establece el margen de ganancia por unidad (V10), que surge de la resta del precio de venta unitario (V9) y los costes variables unitarios (V8).

Finalmente, se halla el punto de equilibrio, equivalente a costes variables unitarios (V6) dividido en el precio de venta unitario (V9). Como resultado el punto de equilibrio en unidades (V11) y la multiplicación del punto de equilibrio en unidades (V11) con el precio de venta unitario (V9), da como resultado, el punto de equilibrio en pesos (V12).

### ***3.1.2.4. Indicador producción por periodo de tiempo(Ppt)***

En economía agrícola, el rendimiento de la tierra o rendimiento agrario es la producción fraccionada en el área cultivada. La unidad de medida es la tonelada (t) por hectárea (ha). Como lo expresa la ecuación 13.

#### **Ecuación 13. Fórmula para determinar la PA**

$$\mathbf{Ppt = Ac * Rd}$$

Dónde:

Ppt= Producción (t/ha-1 año)

Ac: área cosechada (ha)

Rd: Rendimiento (t/ha)

En la tabla 17, se representan los criterios de calificación para medir la producción anual.

**Tabla 17.** Interpretación resultados de medición, indicador Producción anual

Criterios de calificación	Puntuación
<1	1
2-10	2
11-20	3
21-30	4
>30	5

- Ejemplo para calcular el PA: se toma como ejemplo los cultivos transitorios según las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) en el año 2019 del MinAgricultura en el municipio de Fusagasugá en Cundinamarca. En la tabla 18, se muestra el tipo de cultivo, variedad, área sembrada, área cosechada, rendimiento y aplicando la ecuación 13, se obtiene la producción.

**Tabla 18.** Producción cultivos transitorios en 2019

cultivo	variedad	área sembrada (ha)	área cosecha	rendimiento (t/ha)	producción (t)
frijol	cargamanto	220	200	7,0	1 400
arveja	siete granos	35	33	5,0	165
maíz	Ica Medellín	10	10	7,0	70
tomate	chonto	130	127	25,0	3 175
cebolla bulbo	hibrido	80	78	15,0	1 170
pepino cohombro	hibrido	17	16	14,9	224
habichuela	blue lake	160	158	8,0	1 264
tomate invernadero	hibrido	8	8	90,0	720

**Fuente:** MinAgricultura (2020). \*El cálculo se realizó en estado del cultivo en fresco

El cálculo se realizó despejando la ecuación 13, en los cultivos más representativos del municipio. Con los datos del cultivo del frijol se ejemplifica el ejercicio:

$$\text{Ppt} = 200 * 7 = 1400$$

Lo que representa una producción (Ppt) equivalente a 1400 t por las 220 ha, realizando la conversión se producen 6,36 t/ha. Para convertir el resultado en términos porcentuales se compara con un testigo de producción regional/ departamental/nacional. Es así que FENALCE en el 2011, estableció en Cundinamarca que 1 kg de frijol con aproximadamente 4500 semillas, se convierten en 6,9 t/ha. Realizando la operación se multiplica la producción (Ppt) de la zona de estudio por 100 y se divide sobre la producción (Ppt), del testigo, lo que genera un criterio de calificación  $>30$ , representado por una calificación de 5, como lo demuestra la tabla 17.

### 3.1.3. Criterio gestión de la producción.

La gestión de producción establece las actividades de planeación, elaboración, adecuación, transformación y comercialización de productos agropecuarios. El criterio está compuesto por el indicador especialización de la producción.

#### 3.1.3.1. *Indicador especialización de la producción (Espn).*

Mide la pérdida de biodiversidad en proporción a la siembra y establecimiento de cultivos agrícolas y otras especies vegetales asociadas. De ahí que, a mayor proporción de área sembrada con monocultivos, menor será el grado de biodiversidad y a menor proporción de cultivos o mayor número de especies vegetales (policultivos, asociados), mayor será el grado de biodiversidad, entendida como "diversidad de especies vegetales y animales que viven en un espacio determinado" (Fonseca-Carreño, Salamanca-Merchan & Vega-Baquero, 2019). El área cosechada del cultivo (Acc), se calcula con la ecuación 14 y la especialización de la producción (Espn), se calcula con la ecuación 15.

**Ecuación 14.** Fórmula para determinar el Acc

$$Acc = \frac{100 * Acc}{Asc} / 100$$

**Ecuación 15.** Fórmula para determinar la Espn

$$Espn = \frac{Dua}{Acc}$$

Dónde:

Espn= Especialización de la producción (t/ha<sup>1</sup> año)

Dua= Disponibilidad y uso de hojarasca y residuos de cosecha como abono (t)

Asc= área sembrada del cultivo (ha)

Acc= área cosechada del cultivo (ha)

En la tabla 19, se representan los criterios de calificación para medir especialización de la producción.

**Tabla 19.** Interpretación resultados de medición, indicador Especialización de la producción

Criterios de calificación	Puntuación
< 4	1
1 - 2	2
3 - 4	3
5 - 6	4
> 7	5

- Ejemplo para calcular la Espn: continuando con el ejemplo de los cultivos transitorios según las Evaluaciones Agropecuarias Municipales



(EVA) en el año 2019 del MinAgricultura, se tuvo en cuenta la producción de cebolla de bulbo, con los siguientes datos:

$D_{ua}$  = 4,5 t (se puede llegar a generar pérdidas hasta del 30 % del cultivo, por enfermedades y actividades poscosecha)

$A_{sc}$  = 80 ha

$A_{cc}$  = 78 ha

Rendimiento = 15 t/ha

Reemplazando se obtiene:

$$Acc = \frac{100 * 78}{80} / 100 = 0.98$$

$$Espn = \frac{4,5}{0,98} = 4.59$$

La pérdida de biodiversidad en proporción a la siembra y cosecha del cultivo de cebolla lo que equivale según la tabla 19 a 3 puntos.

### 3.2. Atributos estabilidad, resiliencia, confiabilidad.

Se describen los atributos según el MESMIS:

- Estabilidad: Capacidad del agroecosistema para continuar en funcionamiento durante un largo tiempo al someterse a factores externos, como las condiciones climáticas, económicas, de mercado, tecnológicas y de mano de obra,
- Resiliencia: Capacidad de origen ecosistémicos que permiten un equilibrio después de estar expuesto a perturbaciones y alteraciones causadas por aspectos como el clima, cambio en el mercado, entre otros, también es aplicable a los integrantes de manera que se adapten a estos cambios y
- Confiabilidad: se entiende como la capacidad de autorregulación del agroecosistema, es decir, que la probabilidad que se modifique

ante perturbaciones del ambiente aumenta cuando la presencia de perturbaciones es baja,

Los atributos estabilidad, resiliencia y confiabilidad están compuestos por los criterios: conservación y biodiversidad.

### 3.2.1. Criterio conservación.

Señala el grado de preservación, estructura y función que cumple un ecosistema mediante las acciones antrópicas generadas por el ser humano para sostener un sistema de producción, dicho criterio lo conforman los indicadores:

- Cobertura vegetal (CVT)
- Disponibilidad de agua (DA)
- Contenido de Materia orgánica (CMO)
- Manejo de plagas y enfermedades (MIP)
- Riesgo de contaminación con productos químicos (Rcpq)
- Calidad del suelo (CS)

#### 3.2.1.1. *Indicador Cobertura vegetal (CVT)*

Es una práctica que permite al campesino preservar y proteger el suelo mediante técnicas de labranza mínima (siembra directa) y de cobertura, utilizando Mulch o acolchado (residuos de cosecha, abonos verdes), plantas de crecimiento denso (leguminosas: arveja, frijol, lentejas, garbanzo, haba) e incorporando contenido de materia orgánica para estimular la actividad biológica del suelo a través de microorganismos.

Para la selección de las plantas de cobertura vegetal se considera los criterios de: sistema radicular, contribución de materia orgánica, porte (altura máxima), morfología, cobertura aérea (diámetro de copa), requerimientos climáticos, edáficos e hídricos, sistema de reproducción, restauración del suelo, ciclos

de mantenimiento, agresividad y dominancia, usos antrópicos (alimentos, medicina, artesanía, industrialización) y palatinidad a la ganadería (Carreño, 2019). En la ecuación 16, se expresa la fórmula para hallar la cobertura vegetal total de un predio y en la ecuación 17, se obtiene la cobertura individual (Cp), (Ct), (Cpf), (Cf) o (Cb).

#### **Ecuación 16.** Fórmula para determinar la CVT

$$CVT = \frac{\sum(Ccp + Cct + Cp + Cf + Cb)}{AT} * 100$$

#### **Ecuación 17.** Fórmula para determinar la CV

$$CV = \left( \frac{A}{AT} \right) * 100$$

Donde:

CVT= cobertura vegetal total

CV= cobertura vegetal individual

**X**Ccp= Promedio ponderado cobertura cultivos permanentes

**X**Cct= Promedio ponderado cobertura cultivos transitorios

**X**Cpf= Promedio ponderado cobertura pastos y forrajes

**X**Cf= Promedio ponderado cobertura forestal

**X**Cb= Promedio ponderado cobertura barbecho

A= Área de dedicación cobertura individual

AT= Área total de la finca o predio

La cobertura vegetal (CVT), se obtiene mediante la suma de coberturas de: cultivos permanentes (Cp), transitorios (Ct), pastos y forrajes (Cpf), uso forestal (Cf) y barbechos (Cb), el promedio ponderado se divide por el área total de la finca o predio.

En la tabla 20, se presentan los criterios de calificación para medir la cobertura vegetal.

**Tabla 20.** Interpretación resultados de medición, indicador cobertura vegetal

Criterios de calificación (%)	Puntuación
<10	1
30-10	2
50-30	3
50-70	4
>70	5

- Ejemplo para calcular la CVT: se tiene como estudio de caso un agroecosistema de 20 ha, con las siguientes coberturas: mora (1,5 ha), tomate de árbol (1 ha), hortalizas (1,2 ha), huerta casera (0,2 ha), además, el predio cuenta con pastos de corte y praderas (2,5 y 6,2 ha) respectivamente, cuenta con una plantación forestal de eucalipto (*Eucalyptus*) de 3,8 ha y finalmente tiene un barbecho de 0,9 ha de cultivos pasados. Despejando se tiene:

$$CV = \frac{\Sigma(2,5 + 1,4 + 8,7 + 3,8 + 0,9)}{20} * 100 = 86.5$$

Como resultado se obtuvo un 86,5 %, de cobertura vegetal, interpretando la cifra en la tabla 20, obtiene una puntuación igual a 5.

### 3.2.1.2. Indicador Disponibilidad de agua (DA).

Para establecer la disponibilidad de agua se debe evaluar la capacidad e infraestructura de almacenamiento del recurso hídrico, las fuentes de acceso (cuenca, río, quebrada, nacimiento, estanque, pozo) y su distribución

(bocatoma, acueducto). Además, se debe realizar una evaluación de oferta hídrica y demanda por unidad de superficie (lt/ha).

Inicialmente se calcula el volumen de agua de la fuente, el cual multiplica la superficie en metros cuadrados ( $m^2$ ) por la profundidad media del agua en metros (m) para obtener el volumen de la fuente en metros cúbicos ( $m^3$ ), como se indica en la ecuación 18.

### **Ecuación 18.** Fórmula para determinar el volumen de la fuente hídrica

$$V = AT * Pm$$

Donde:

V= volumen

AT= área de la superficie

Pm= profundidad media

Para valorar la disponibilidad de agua se estima un suministro de 250  $m^3$  (ha/año) y una capacidad de recarga de 30 de lt/s, en condiciones normales para el altiplano Cundiboyacense (Carreño, Barón & Camargo, 2018). Para establecer los valores se utiliza la ecuación 19.

### **Ecuación 19.** Fórmula para determinar la DA

$$DA = \frac{\sum(XV1 + XV2 + XV3 \dots + XVn)/n}{AT}$$

Dónde:

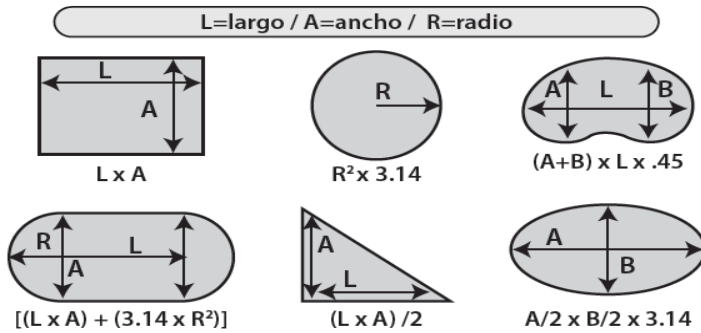
DA= Disponibilidad de agua

XVn= volumen promedio de las diversas fuentes de agua

AT= área de la superficie

Para medir el área total de la fuente de acceso de agua, se calcula multiplicando el valor de la superficie o espejo de agua en metros cuadrados ( $m^2$ ), por el valor

de la profundidad en metros (m), como lo indica la figura 6. La profundidad se realiza tomando 3 mediciones en distintas partes de la fuente hídrica (parte profunda, media y baja), el valor ponderando es el resultado de la suma y división por el número de medidas.



**Figura 6.** Formulación para medir el área total de una fuente hídrica.

\*L= largo; A=ancho; R=radio

En la tabla 21, se presentan los criterios de calificación para medir la disponibilidad de agua.

**Tabla 21.** Interpretación resultados de medición, indicador disponibilidad de agua

Disponibilidad de agua (m3)	Capacidad de recarga (l/s)	Puntuación
0-62	0-7	1
63-125	8-15	2
126 - 187	16-21	3
188 - 250	22-29	4
> 250	> 30	5

- Ejemplo para calcular la DA: Se requiere medir el área de 3 estanques con las siguientes medidas:
  - 90 m largo (L); 50 m ancho (A) y profundidad media de 1,5 m
  - 50 m largo (L) y 50 m ancho (A) y profundidad media de 1,2 m
  - 30 m largo (L) y 20 m ancho (A) y profundidad media de 2,5 m,

Despejando se obtiene:

<b>área de la superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>volumen de agua (m<sup>3</sup>)</b>
$AT_1 = 90 * 50 = 4500$	$V_1 = 4500 * 1,5 = 6750$
$AT_2 = 50 * 50 = 2500$	$V_2 = 2500 * 1,2 = 3500$
$AT_3 = 30 * 20 = 600$	$V_3 = 600 * 2,5 = 1500$

Reemplazando los valores en la ecuación 19, se obtiene:

$$DA = \frac{\Sigma(6750 + 3500 + 1500)/3}{\Sigma(4500 + 2500 + 600)/3} = \frac{3917}{2533} = 1.55 \text{ m}^3$$

Como resultado se obtuvo una disponibilidad de agua (DA) de , interpretando la tabla 21, se obtiene una puntuación igual a 1.

Nota: 1 metro cubico (m<sup>3</sup>) = 1 000 litros (lt). Para expresar el volumen de m<sup>3</sup> a lt se multiplica por 1 000 y para expresar el volumen de agua de lt a m<sup>3</sup> se divide por 1 000.

### *3.2.1.3. Indicador contenido de materia orgánica para aportar al suelo(CMO).*

El contenido de materia orgánica (CMO) presente en el suelo se forma por un proceso de descomposición y mineralización de elementos orgánicos de origen vegetal y animal. Está compuesta por diversidad de micro organismos, azúcares, aminoácidos, ácidos húmicos y fúlvicos (Carreño,

2019). La ecuación 20, representa la formulación para determinar el contenido de materia orgánica.

**Ecuación 20.** Fórmula para determinar la CMO

$$CMO = \frac{(S * p * Da * Mo)}{(ms * K_1)}$$

Donde:

CMO= aporte de materia orgánica (t/ha)

S= superficie (ha)

P= profundidad de raíces del cultivo (m)

Da= Densidad aparente del suelo (t/ha)

Mo= materia orgánica a agregar al suelo (%)

ms= materia seca del material orgánico (%)

K1= coeficiente isohúmico

En la tabla 22, se presentan los criterios de calificación para medir el contenido de materia orgánica.

**Tabla 22.** Interpretación resultados de medición, indicador contenido de materia orgánica

Criterios de calificación (t/ha)	Puntuación
<3	1
4-5	2
6-7	3
8-10	4
>10	5



- Ejemplo para calcular el CMO: se requiere aumentar los niveles de contenido de materia orgánica (CMO), hasta el 1,2 %, un nivel admisible para la mayoría de cultivos. Se pretende llegar al 1,2 % y se parte del 0,7 % (se agrega el 0,5 %). Con los siguientes datos se reemplaza:

$$S = 1 \text{ ha} (1 \text{ ha} = 10\,000)$$

$$P = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m} (1 \text{ m} = 100 \text{ cm}) \text{ (tabla 23),}$$

$$D_a = 1.35 \text{ (la mayoría de los suelos tienen un valor promedio) (Acevedo-Alcalá et al., 2020)}$$

$$M_o = 0.5\% (0.5/100 = 0.005) \text{ (% de materia orgánica a agregar)}$$

$$m_s = 25\% (25/100 = 0.25) \text{ (tabla 24)}$$

$$K_1 = 0.45 \text{ (tabla 24)}$$

$$\text{CMO} = \frac{(10000 * 0.2 * 1.35 * 0.005)}{(0.25 * 0.45)} = 120$$

La cantidad de estiércoles necesarios para restitución del porcentaje de materia orgánica que amplió el rendimiento de la cosecha, es de 120 t/ha, interpretando la tabla 22, se obtiene una puntuación igual a 1.

**Tabla 23.** Profundidad de la raíz de algunas plantas

cultivo	profundidad efectiva (cm)
cítricos	120 - 150
cebolla, papa	30 - 75
tomate híbrido	40 - 100
leguminosas	50 - 125
maíz	75 - 160
aguacate	80 - 120
lechuga	20 - 50
arveja	80 - 110

Fuente: Acevedo-Alcalá et al (2020)

**Tabla 24.** Índice de humificación y materia seca

abono orgánico	coeficiente isohúmico	% materia seca
gallinaza	0.1 – 0.2	8
abono verde	0.1 – 0.15	17.5
estiércol fresco	0.2 – 0.45	0.57
composta	0.35 – 0.40	35
estiércol maduro	0.4 – 0.5	25

Fuente: Acevedo-Alcalá et al (2020)

### 3.2.1.4. Indicador manejo de plaga y enfermedades (MIP).

El manejo y control de plagas y enfermedades (MIP) en las plantas, evita pérdidas y un umbral de daño económico, además, impide la contaminación por trazas químicas en los alimentos con la aplicación no controlada de productos de síntesis química. Se requieren 3 factores que sucedan al tiempo para que la presencia de plagas y enfermedades proliferen y no se obtenga buenos rendimientos (figura 7), estos son: patógenos, condiciones ambientales y plantas susceptibles, lo que se conoce como el triángulo de la enfermedad (Fonseca et al., 2010).

Las alteraciones fisiológicas que sufren las plantas susceptibles cuando son atacadas por agentes abióticos u organismos patógenos en un medio favorable, causa modificaciones, trastornos en la estructura y su capacidad fisiológica disminuya. Los patógenos se pueden transportar de una planta enferma a una planta sana por medio del viento, el agua, las herramientas o instrumentos agrícolas, las personas, los animales, la maquinaria y los empaques (Fonseca et al., 2010).



**Figura 7.** Triángulo de la enfermedad

Fuente: Fonseca et al (2010)

Algunas prácticas culturales recomendadas para el MIP:

- Rotación de lotes para siembra: alternar los lotes por especies o variedades diferentes.
- Recolección de residuos de cosecha: después de finalizado el ciclo productivo, despejar el lote y compostar los residuos de cosecha.
- Preparación del suelo: un adecuado laboreo del lote para siembra expone larvas y pupas de insectos y estructuras de los agentes bióticos, lo cual se consigue con una arada profunda, en el caso de arar con cincel, o con la práctica de picar y repicar el sitio de siembra con un instrumento de labranza convencional como el azadón.
- Encalamiento: cambia el pH del suelo y limita el crecimiento de ciertos hongos o patógenos que habitan en el suelo al modificar el ambiente del sustrato.
- Trasplante de plántulas de buena calidad: determina la selección y crecimiento con menor tiempo de manifestación al ataque de plagas y enfermedades.

- Densidad de siembra: se recomienda utilizar las distancias recomendadas por el técnico, entre planta y planta para que no afecten de manera positiva la aireación del cultivo y contribuyen a una baja incidencia de plagas y enfermedades.
- Desyerbas: mantener el cultivo libre de arvenses para prevenir posible causa de plagas y enfermedades.
- Riego: la aplicación óptima de agua en el terreno, por medio de un sistema de riego calculado según las necesidades hídricas del cultivo, reduce el daño de plagas y enfermedades.
- Coberturas o mulching: pueden ser naturales (plantas arvenses de porte bajo, como el trébol), o cascarilla de arroz ayudan al control de malas hierbas, hospederas de insectos plaga y hongos, que regulan la competencia por agua, luz y nutrientes.
- Cultivo trampa: establecimiento de pequeñas áreas sembradas con leguminosas para atraer insectos plaga y controlarlos con insecticidas.
- Barreras vivas: siembra perimetral de plantas de porte alto (el maíz es el más indicado). Se debe realizar un monitoreo de problemas fitosanitarios para llevar un control periódico de estas barreras.
- Control manual de focos: retiro de plantas o estructura vegetal que muestre signos y síntomas de enfermedades y presencia de estados inmaduros de plagas.
- Control de plantas hospederas: mediante la utilización de prácticas mecánicas o de herbicidas selectivos a plantas arvenses que no sean reconocidas como nobles.
- Cosecha oportuna: para ello se deberá tener en cuenta el ciclo vegetativo de la planta o según los requerimientos del mercado.
- Monitoreo de plagas y enfermedades: implementación del umbral de daño mediante análisis predictivo, para optar con posterioridad por el control preventivo, curativo y la erradicación.

Por lo cual, se debe evaluar la incidencia de plagas y enfermedades que causen daño económico en el cultivo, se recomienda establecer en el lote sistemas trampa determinadas por cada plaga, donde se realice conteos de cada individuo capturado con intervalo homogéneo y/o evaluaciones de daños según las recomendaciones técnicas de un agrónomo. Las evaluaciones de plagas y enfermedades se obtienen mediante la ecuación 21.

### Ecuación 21. Fórmula para determinar el MIP

$$\text{MIP} = \frac{\sum(\text{XP1} + \text{XP2} + \text{XP3} \dots + \text{XPn})}{n} / 100$$

Dónde:

MIP= Presión de plagas y enfermedades

XPn= Promedio de incidencia de plaga o enfermedad

n= Número de muestra o plaga

- Ejemplo para calcular el MIP: Se quiere calcular la presión de plagas en un lote, se utilizó plástico de color, como pegamento aceite vegetal, de motor o melaza, en áreas establecidas cada 5 m<sup>2</sup>, cada monitoreo se realizó con intervalos de 8 días. De ahí que, se colocaron trampas para las plagas de un color específico:
  - color amarillo: pulgón, mosca blanca, mosca minadora, mosca de la fruta, palomilla
  - color azul: trips
  - olor blanco: ácaros

Los resultados evidenciaron los siguientes umbrales de daño de la palomilla (*Phthorimaea operculella*): muestra 1 (150 adultos), muestra 2 (220 adultos), muestra 3 (180 adultos). La presión de plagas y enfermedades (MIP) se consigue del promedio de la suma de la incidencia por individuo (XPn), sobre la lectura o muestra (n). Reemplazando la ecuación 21 se obtiene:

$$\text{MIP} = \frac{\sum(150 + 220 + 180)}{3} = 1.83$$

En la tabla 25, se presentan los criterios de calificación para medir el MIP y según el resultado de daño de la palomilla (*Phthorimaea operculella*), adquiere como puntaje un 5.

**Tabla 25.** Interpretación resultados de medición, indicador manejo de plagas y enfermedades

Plaga / Enfermedad	Monitoreo	muestra/No. días	Puntuación				
			1	2	3	4	5
Polilla Guatemateca (Tecia Solonivara)	Trampa	Adultos - 8 días	>100	100-60	60-40	40-20	<20
Gusano Blanco (Premnotrypes Vorax)	Trampa	Adultos / 15 días	>200	200-150	150-100	100-50	<50
Minador (Liriomyza sp)	Trampa	Adultos/ 8 días	>300	300-200	200-100	100-50	<50
Gota (Phytophthora infestas)	Observación	% / 15 días	>50%	50-35%	35-25%	25-15%	0-15%
Alternaria (Alternaria alternata)	Observación	% / 15 días	>50%	50-35%	35-25%	25-15%	0-15%
Rhizoctonia (Rhizoctonia solani)	Observación	% / 15 días	>50%	50-35%	35-25%	25-15%	0-15%
Erwinia Caratovora (Pectobacterium carotovorum)	Observación	% / 15 días	>50%	50-35%	35-25%	25-15%	0-15%
Mosca de la fruta (Drosophila melanogaster).	Trampa	Adultos/ 8 días	>300	300-200	200-100	100-50	<50
Trozador (Agrotis ipsilon)	Observación	% / 15 días	>20%	15-20%	15-10%	10-5	<5
Carbon maíz (Ustilago Maydis)	Observación	% / 15 días	>50%	50-35%	35-25%	25-15%	0-15%
Fusarium (Fusarium oxysporum)	Observación	% / 15 días	>50%	50-35%	35-25%	25-15%	0-15%
Mosca Blanca (Aleyrodidae)	Trampa	Adultos/ 8 días	>140	100-140	60-100	60-30	<30
Afidos (Aphididae)	Observación	% / 15 días	>50%	50-35%	35-25%	25-15%	0-15%

Plaga / Enfermedad	Monitoreo	muestra/No. días	Puntuación				
			1	2	3	4	5
Palomilla (Phthorimaea operculella)	Observación	% / 15 días	>50%	50 - 35%	35 - 25%	25 - 15%	0 - 15%
Roya (Puccinia graminis)	Observación	% / 15 días	> 50%	50 - 35%	35 - 25%	25 - 15%	0 - 15%

Fuente: adaptado de Tibatá et al (2014).

\*Los datos se recolectan a través de un monitoreo continuo (No. Días) y se reemplazan los resultados según la escala de calificación, la cual va de 1 (mayor grado de infestación) a 5 (menor grado de infestación).

### 3.2.1.5. Indicador riesgo de contaminación con productos químicos (Rcpq).

Los productos químicos tienen varias categorizaciones en función del ingrediente activo y sus características, como la toxicidad aguda, la vida media, la estructura química y el uso. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció una categorización que se basa en lo peligroso o tóxico que puede afectar la salud e integridad de las personas (Asela, Tamayo & Estrada, 2014). De ahí que, se propone una escala de alternativas para medir el riesgo de contaminación por el uso, almacenamiento y disposición de productos químicos y se establece en la ecuación 22.

#### Ecuación 22. Fórmula para medir el Rcpq

$$Rcpq = \frac{\sum(Mrq + Dev + Dqe)}{Ct}$$

Donde:

Rcpq= Riesgo de contaminación de producto químicos

$\sum$ Mrq= Promedio ponderado Manejo de residuos químicos

$\sum$ Dev= Promedio ponderado Disposición de envases vacíos

$\sum$ Dqe= Promedio ponderado Distribución de productos químicos y equipos

Ct= Clase toxicológica (tabla 27)

El agroecosistema debe poseer los medios para el manejo, disposición y distribución de productos agroquímicos, materiales y equipos, ya que permite preservar su calidad, facilita su manipulación y puede minimizar el riesgo de contaminación del personal y medio ambiente. En la tabla 26, se presentan algunos requisitos básicos y se califican según pregunta marca – puntaje, donde se indaga una pregunta con múltiples opciones de respuesta, el mejor escenario estará determinado por el mayor número de alternativas elegidas, (si marca el total de las opciones propuestas para la pregunta, obtendrá el máximo puntaje que es 5). La ponderación está dada por la ecuación 23.

### Ecuación 23. Fórmula para determinar el puntaje obtenido por pregunta

$$P_{preg} = \left[ \frac{Fv}{n} \right] * 5$$

Donde:

$P_{preg}$  = Puntaje obtenido de una pregunta determinada

$Fv$  = Número de variables consideradas por un indicador

$n$  = Número total de variables que hacen parte de un indicador

\*5 = escala de calificación (puntuación)

**Tabla 26.** Interpretación resultados de medición, indicador contaminación con productos químicos

Manejo de residuos químicos (Mrq)	Disposición de envases vacíos (Dev)	Distribución de productos químicos y equipos (Dqe)	Puntuación
Ubicación: separada de la vivienda, lotes de producción y centro de acopio	Enjuague de envase vacío.	Separa físicamente el área de fertilizantes y plaguicidas, sean estos líquidos o sólidos	1
Acceso restringido a personal no autorizado, seguro, ventilado, iluminado y térmico	Devolución del agua de enjuague al tanque de aplicación.	Separa físicamente el área de enseres, maquinaria y equipos de fumigación, protección y contención	2
Identifica, clasifica y cuantifica los residuos	Inutilización del envase (perforación, aplastamiento).	Dispone de los productos líquidos y sólidos en envases originales, por separado, rotulado de los mismos.	3



Manejo de residuos químicos (Mrq)	Disposición de envases vacíos (Dev)	Distribución de productos químicos y equipos (Dqe)	Puntuación
Realiza reciclado de elementos plásticos y/o vidrio	Registro y etiquetado.	Cuenta con un inventario de productos, equipo de medición y mezcla (balanza, pipeta, bureta, mesón en cerámica).	4
Utiliza elementos de retención de vertidos: caneca con aserrín, recogedor, escoba y bolsas de plástico	No reutilización de envases y entrega a los distribuidores y/o casas comerciales, para su destrucción técnica y legal	Material de construcción: estructura sólida, resistente al fuego; pared en ladrillo; piso impermeable, fácil de limpiar; techo en estructura metálica, tejas de asbesto; acondicionamiento para retener vertidos	5

*\*El número de elecciones: 5 > 4 > 3 > 2 > 1, es proporcional a la puntuación.*

**Tabla 27.** Clasificación toxicológica de agroquímicos en función de DL50m

clase toxicológica	descripción	franja indicativa de color	Puntuación
Ia	extremadamente peligroso	rojo	1
Ib	altamente peligroso	rojo	2
II	moderadamente peligroso	amarillo	3
III	ligeramente peligroso	azul	4
IV	normalmente, no ofrece peligro	verde	5

**Fuente:** *Asela, Tamayo & Estrada (2014)*

*\*La clase toxicológica (Ct), es proporcional a la puntuación*

- Ejemplo para calcular el Rcpq: en un sistema de producción se está implementando las BPA (Buenas Prácticas Agrícolas) las cuales son un "conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas aplicables a la producción, procesamiento y transporte de alimentos, orientadas a cuidar la salud humana, proteger al medio ambiente y mejorar las condiciones de los trabajadores y su familia" (Fonseca et al., 2010).

Se evidencia en finca 3 alternativas para manejo de residuos químicos (Mrq), 4 alternativas para disposición de envases vacíos (Dev) y 5 alternativas para distribución de productos químicos y equipos (Dqe), el promedio ponderado se divide por clase toxicológica (Ct), en este caso se utilizó un producto químico con nombre comercial "Amistar 50 WG" con ingrediente activo "Azoxytobin" categoría toxicológica IV (tabla 27), para tratar antracnosis de fruto. Para calcular el riesgo de contaminación con productos químicos (Rcpq) se despeja la ecuación 23.

$$P_{preg} (Mrq) = \left[ \frac{3}{5} \right] \cdot 5 = 3 \quad P_{preg} (Dev) = \left[ \frac{4}{5} \right] \cdot 5 = 4 \quad P_{preg} (Dqe) = \left[ \frac{5}{5} \right] \cdot 5 = 5$$

Con los resultados iniciales Mrq=3; Dev= 4 y Dqe= 5, y la categoría toxicológica utilizada, se despeja la ecuación 22.

$$R_{cpq} = \frac{\sum(3 + 4 + 5)}{4} = 3$$

Como resultado del riesgo de contaminación con productos químicos (Rcpq), se obtuvo un 3, lo que significa que se deben mejorar todas aquellas condiciones necesarias que dispone la normatividad de las BPA.

### 3.2.1.6. Indicador condiciones del suelo (CS).

El indicador de condiciones del suelo, se concibe como un instrumento de medición que manifiesta datos de las propiedades, procesos y sus características. Su medición se realiza para medir la trazabilidad, efecto y manejos sobre la actividad biológica del suelo en un periodo determinado (Astier & González, 2008). Para la construcción del indicador, se tiene en cuenta el resultado físico-químico de los suelos, el cual determina el desempeño y condición productiva con base en referencias y/o situaciones óptimas de la región. Para el cálculo se utiliza la ecuación 24.

#### **Ecuación 24.** Fórmula para obtener las CS

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

Donde:

CS= Indicador condiciones de los suelos

In= Valor característica físico-química del suelo

n= Parámetros evaluados.

En la tabla 28, se presentan los criterios de calificación para medir las condiciones del suelo.

**Tabla 28.** Interpretación resultados de medición, indicador condiciones del suelo

Característica	Rango óptimo	Puntuación				
		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	2.6-1.0	2.6 -3.6	3.6 -4.6	4.6 -5.6 7.3 -8.3	5.6-7.3
MO (materia orgánica)	Frio: 5-10	< 2	2.0 -4.0	5.0 -4.0	5.0-8.0	>8
	Medio 3-5	< 2	2.0-3.0	3.0-4.0	4.0-5.0	>5
P (ppmm)	20 -40	<5	5.0-10.0	10.0-15.0	15.0-25.0	25.0-40.0
Al	1.0-2.0	>2.0	2.0-1.7	1.69-1.50	1.49 -1.0	<1
Ca	3.0 -6.0	<3.0	2.0-3.0	3.0-4.0	4.0-5.0	>6
Mg	1.5 -2.5	<0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5
K	0.2-0.4	<0.1	0.1 -0.2	0.2 -0.3	0.3-0.4	>0.4
Na	0 -4.0	5.0-3.0	4.0-3.0	3.0-2.0	2.0-1.0	0-1.0
CICE	10.0-20.0	0-5.0	5.0-10.0	10.0-20.0	20.0-25.0	>25.0
Fe	50.0-100.0	<20 / 140-150	20-40 / 130 -140	40-50/110-120	50-60/100 -110	60-100
Mn	20.0-50.0	0-10.0	10.0-20.0	20.0-30.0	30.0-40.0	40.0-50.0
Cu	2.0-4.0	0-1.0	1.0-2.0	2.0-3.0	3.0-4.0	4.0-5.0
Zn	3.0-6.0	0-2.0	2.0-3.0	3.0-4.0	4.0-5.0	5.0-6.0
CE	0-2.0	4.0-3.0	3.0-2.0	2.0-1.0	0-1.0	>0
Ca/Mg	3.0/5.0	<1.0 / >8.0	1.0-2.0 / 7.0-8.0	2.0-3.0 / 6.0-7.0	3.0-4.0 / 5.0-6.0	4.0 / 5.0

Característica	Rango óptimo	Puntuación				
		1	2	3	4	5
Ca/K	12.0/18.0	<4.0 / >30	4.0-6.0 / 26-30	6.0-8.0 / 22-26	8.0-12 / 18-22	12-18
Mg/k	6 / 8	<5 / >8	4.0-5.0 / 10-11	5.0-6.0 / 9.0-10	8.0-9.0 / 6.0-7.0	7.0 / -8.0
K/Mg	0.2 / 0.3	1.2 / 2.0	1.2-2.0 / 0.25-0	1.0 / 1.2	0.3-0.4 / 0.15-0.25	0.2 / 0.3
Ca+Mg/k	12-20	0-4.0 / 26-30	4.0-8.0 / 24-25	8-10 / 22-24	10-12 / 20-22	12-20

Fuente: Tibatá *et al* (2014).

Para calcular las condiciones del suelo (CS) se debe promediar el valor obtenido de las características físico- químicas del suelo (In), sobre el número de parámetros evaluados (n).

### 3.2.2. Criterio biodiversidad o diversidad biológica.

La biodiversidad o diversidad biológica es la pluralidad de formas de vida en el territorio, el cual incluye ecosistemas terrestres y acuáticos (Fonseca-Carreño, Salamanca-Merchan & Vega-Baquero, 2019). Está constituido por los indicadores:

- Biodiversidad (B)
- Beneficio de semillas locales (BSL)
- Disponibilidad y uso de materia orgánica (DUMO)

#### 3.2.2.1. Indicador Biodiversidad (B).

Evalúa la cantidad, equidad, distribución de especies en un ecosistema. Para el cálculo se utiliza el índice de Shannon, que mide las especies seleccionadas mediante una muestra estadística. Los valores se representan de 1 a 5, donde 1 significa que solo se observa una especie y 5, cuando la diversidad es representativa. La medición se realiza mediante trabajo de campo a través de técnicas de observación, se evalúa el inventario de especies y la cantidad de

individuos (Carreño, Barón & Camargo, 2018). Para comprobar el índice de biodiversidad (B) se utiliza la ecuación 25.

### Ecuación 25. Fórmula para determinar el indicador de Biodiversidad

$$H = \sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)$$

Dónde:

S= Número de especies (variedad de especies)

$p_i$ = Proporción de individuos de las especies (i) con relación al total de individuos (cantidad 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 ahí que, el índice de de Shannon evalúa la cantidad de especies e individuos que se encuentran en un agroecosistema, y se valora según los criterios de la tabla 29.

**Tabla 29.** Interpretación resultados de medición, indicador Biodiversidad

Criterios de calificación	Puntuación
<3	1
4-5	2
6-7	3
8-10	4
>10	5

### 3.2.2.2. Indicador beneficio de semillas locales (BSL).

Determina el grado de seguridad alimentaria de la familia rural a través del inventario, uso, beneficios y disposición de las semillas presentes en

cada territorio, las cuales son el soporte alimentario para cumplir con las necesidades mínimas alimenticias (cantidad de nutrientes y energía que cada ser humano necesita para que su cuerpo se conserve saludable), así como la probabilidad de almacenaje, multiplicación e intercambio (Carreño, Barón & Camargo, 2018). Para demostrar el índice de beneficio de semillas locales (BSL) se utiliza la ecuación 26.

### **Ecuación 26.** Fórmula para determinar de índice de BSL

$$\text{BSL} = \text{SL}/\text{SC}$$

Donde:

BSL= beneficio de semillas locales

SL= semillas locales

SC= semillas comerciales

De ahí que, el beneficio de semillas locales (BSL) es el resultado de las semillas locales (SL) sobre las semillas corrientes (SC). Los valores se representan en la tabla 30, donde 1, significa que las semillas provienen de sitios comerciales y gradualmente hasta llegar a 5, las semillas son de procedencia familiar, ancestral o de finca, lo cual mejora las condiciones de la familia rural.

**Tabla 30.** Interpretación resultados de medición, indicador beneficio de semillas locales

Criterios de calificación (%)	Puntuación
< 5	1
5-19	2
20-49	3
50-79	4
> 80	5

### 3.2.2.3. Indicador disponibilidad y uso de materia orgánica (DUMO).

El compostaje es un mantillo orgánico el cual se elabora a través de la degradación de residuos de varias clases, permite la absorción de nutrientes por las raíces de las plantas, una vez se incorporen en la tierra. El indicador disponibilidad y uso de materia orgánica (DUMO), evalúa la materia prima e insumos presentes a nivel de finca (estiércol animal, hojarasca, praderas, residuos de cosecha, poda de árboles, paja, aserrín, papel, cartón, etc), que se requieren para la elaboración de compost común en montón, compost común en cajas o compostadores, bokashi, vermicompost o humus de lombriz y el uso en plantaciones agrícolas. Se calcula con la ecuación 27.

#### Ecuación 27. Fórmula para medir la DUMO

$$DUMO = \frac{V1 + V2 + V3 + \dots + Vn}{At} * 100$$

Dónde:

DUMO= disponibilidad y uso de materia orgánica

Vn= volumen de materia orgánica (kg-t)

At= área total destinada de/para la siembra (m<sup>2</sup> - ha)

La disponibilidad y uso de materia orgánica (DUMO) es el resultado de la suma de materia orgánica (se puede medir en kg o t), sobre el área total destinada de/para la siembra (se puede medir en m<sup>2</sup> o ha). Los valores se representan en la tabla 31, donde 1, representa la escasa o mínima cantidad de materia orgánica y 5, óptima disponibilidad.

**Tabla 31.** Interpretación de resultados de medición, indicador disponibilidad y uso de materia orgánica

Criterios de calificación (t/ha)	Puntuación
<3	1
4-5	2
6-7	3
8-10	4
>10	5

- Ejemplo para calcular la DUMO: En una finca de 0,5 ha (5000 m<sup>2</sup>), se encuentra una disponibilidad de materia orgánica para incorporar al suelo, se tiene: V1= 50 kg (estiércol animal), V2= 100 kg (hojarasca), V3= 180 kg (residuos de cosecha) y V4= 70 (follaje poda de árboles). Despejando se obtiene:

$$DUMO = \frac{50 + 100 + 180 + 70}{5000} * 100 = 8$$

El cálculo de la disponibilidad y uso de materia orgánica (DUMO) fue de 8 kg/m<sup>2</sup> interpretando el resultado en la tabla 31, equivale a una puntuación de 4.

### 3.3. Atributo adaptabilidad.

Es la capacidad del ecosistema para buscar el equilibrio realizando ajustes internos luego de verse afectado por perturbaciones definitivas. Dicha capacidad es más recurrente en los ecosistemas con gran diversidad. El atributo está compuesto por el criterio capacidad de cambio.

#### 3.3.1. Criterio capacidad de cambio.

Los sistemas de producción constituyen una representación primordial en la concepción de empleabilidad, progreso local y endógeno, donde se



identifican alternativas de desarrollo económico, orientado a fomentar la competitividad a través de alianzas productivas, en la búsqueda constante de alternativas de producción y especialización del mercado (Carreño & Baquero, 2019). Se plantean para la medición del criterio de capacidad de cambio los indicadores:

- Adaptación Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI)
- Formación y actualización de conocimientos (FAC)

### 3.3.1.1. *Indicador Adaptación de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI).*

Por la frágil composición, articulación y caracterización de los eslabones que integran la cadena de valor del sector agropecuario, se debe mejorar el manejo y funcionamiento de la dinámica del mercado (calidad, cantidad y frecuencia de la producción) y así optar por un efecto dinamizador en los procesos y mejora de los agronegocios, por lo cual, el indicador para la Adaptación de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI), busca generar acciones que contribuyan a superar los desafíos y adversidades a partir de las insuficiencias de los mercados, con el propósito de apoyar la competitividad del sector productivo primario y proponer alternativas para el cierre de brechas (Fonseca-Carreño, González Moreno & Narváez Benavides, 2020). Se calcula mediante la ecuación 28.

#### **Ecuación 28. Fórmula para determinar CTI**

$$CTI = \left[ \frac{EC + EIV + EM}{n} \right]$$

Donde:

CTI= Adaptación de Ciencia, Tecnología e Innovación

XEC= Promedio ponderado estrategias de competitividad

XEIV= Promedio ponderado estrategias de innovación o valor agregado

XEM= Promedio ponderado estrategias de mercadeo

$n$  = Número total de variables que hacen parte de un indicador

\*5= escala de calificación (puntuación)

Se define como juicio de valor una escala que determina el mayor número de actividades CTI (tabla 32), el mejor escenario estará determinado por el mayor número de alternativas elegidas, (si marca el total de las opciones propuestas para la pregunta, obtendrá el máximo puntaje que es (5) cinco), lo cual se interpreta como un óptimo desempeño.

**Tabla 32. Interpretación de resultados de medición, indicador Ciencia, Tecnología e Innovación**

(EC) estrategias de competitividad en:	(EIV) estrategias de innovación o valor agregado en:	(EM) estrategias de mercadeo en:	Puntuación
Productos con calidad y valor agregado	Producto	Necesidades del consumidor/ tendencias	1
Producción tecnificada	Empaque	Infraestructura vial, logística y canales de comercialización en el radio de acción.	2
Modelos de negocio innovadores para mercados objetivos	Embalaje	Contexto social, cultural, geopolítico	3
Desarrollo organizacional competitivo	Proceso productivo	Estudios de prospectiva	4
Formalización/ Asociatividad	Mejoramiento genético o de especies	Planes de desarrollo, apuestas productivas	5

- Ejemplo para calcular CTI: en un sistema de producción se definen varias estrategias para mejorar y optimizar los procesos de producción, de mercadeo y comercialización, dentro de las opciones se tienen: EC=4; EIV=5 y EM=3, el promedio ponderado se divide por el número de estrategias (3).

$$P_{preg}(EC) = \left[ \frac{4}{5} \right] * 5 = 4$$

$$P_{preg}(EIV) = \left[ \frac{5}{5} \right] * 5 = 5$$

$$P_{preg}(EM) = \left[ \frac{3}{5} \right] * 5 = 3$$

Con los resultados iniciales  $EC=4$ ;  $EIV= 5$  y  $EM= 3$ , se despeja la ecuación 28.

$$CTI = \frac{\Sigma(4 + 5 + 3)}{3} = 4$$

Como resultado para la adaptación del indicador CTI en el sistema productivo se obtuvo un 4, de ahí que, se interpreta la tabla 32.

### 3.3.1.2. Indicador Formación y actualización de conocimientos (FAC).

La medición propuesta es importante para evaluar los procesos productivos locales y evaluar la eficiencia de la cadena de valor y las tácticas para dinamizar su funcionamiento, de tal manera que se pueda suscribir convenios con organismos institucionales para capital semilla, transferencia de conocimiento y tecnología y así adaptarse a los requerimientos de los mercados especializados. El indicador de formación y actualización de conocimientos (FAC), permite generar alternativas de producción, comercialización, mercadeo, asociatividad, valor agregado, innovación y desarrollo. Por tanto, se mide el número de capacitaciones en 1 año, sean estos talleres, cursos complementarios, charlas, simposios, que tiene como finalidad el aprendizaje de nuevos conocimientos para la formulación de proyectos productivos, fortalecimiento del agroecosistema o creación de empresa. La tabla 33, ilustra la escala valorativa.

**Tabla 33.** Interpretación de resultados de medición, indicador formación y actualización de conocimientos

Criterios de calificación	Puntuación
1	1
2	2
3	3
4	4
>5	5

## 3.4. Atributo equidad

Es la capacidad de delegar responsabilidades y otorgar beneficios entre los miembros de la cadena de valor, de igual manera, la participación de miembros en la toma de decisiones. Está determinado cultural y socialmente por tareas y funciones asignadas a los hombres y mujeres, en este sentido, la perspectiva de integrar un enfoque de equidad reconoce la diversidad de necesidades y roles de diferentes actores sociales y la exigencia de adecuar las políticas y estrategias de acuerdo a las características de sus beneficiarios dentro del criterio de necesidades básicas. El atributo equidad está compuesto por el criterio de necesidades básicas.

### 3.4.1. Criterio necesidades básicas.

La familia rural y la población de cada territorio debe satisfacer las necesidades básicas: alimentos, vivienda, salud, educación y recreación. De ahí que, los seres humanos desempeñan labores en actividades agropecuarias y de servicios para obtener un lucro monetario y compensar los bienes adquiridos. El criterio necesidades básicas este compuesto por los indicadores:

- Distancia vida rural (DVR)
- Servicios públicos domiciliarios (SPD)
- Equidad de género (EG)

#### 3.4.1.1. *Indicador distancia vida rural (DVR).*

Evalúa la dependencia de la familia rural con las distancias de los centros urbanos, para poder acceder a las necesidades básicas de educación, subsistencia (salud, alimentación), protección (servicios públicos, seguridad, vivienda) y afecto (familiar, amistad, conyugal). En la tabla 34, se muestra las opciones planteadas para la valoración del indicador distancia de vida rural (DVR).

**Tabla 34. Interpretación de resultados de medición, indicador Distancia de vida rural**

Criterios de calificación	Puntuación
La finca se encuentra a distancias >30 km del centro urbano del municipio	1
La finca se encuentra a distancias de 11 a 20 km del centro urbano	2
La finca se encuentra a distancias de 6 a 10 km del centro urbano	3
La finca se encuentra a distancias de 3 a 5 km del centro urbano	4
La finca se encuentra <3 km del centro urbano más cercano	5

Por lo tanto, se debe diagnosticar en acción participación con la familia rural, que distancia recorren promedio diario para acceder a las necesidades básicas de educación, subsistencia, protección y afecto, según los criterios de calificación.

### 3.4.1.2. Indicador servicios públicos domiciliarios (SPD).

Se evalúan los servicios públicos domiciliarios (SPD) presentes en el agroecosistema, los cuales tiene como finalidad satisfacer requerimientos mínimos de supervivencia de la familia rural o en conjunto con la sociedad. Los SPD son acueducto y alcantarillado, aseo, energía, gas combustible y telefonía pública. En la ecuación 29, se representa la fórmula para de su medición.

#### **Ecuación 29. Fórmula para determinar los SPD**

$$SPD = \sum(AA + AS + EN + GC + TP)$$

Donde:

SDP= Servicios públicos domiciliarios

AA=Acueducto y Alcantarillado

AS= Aseo

EN= Energía

GC=Gas, Combustible

TP=Telefonía pública.

Cada SPD equivale a una unidad, si el agroecosistema cuenta con la totalidad de los servicios públicos domiciliarios, se puntuará con el valor máximo, equivalente a 5. En la tabla 35, se representan la escala valorativa.

**Tabla 35.** Interpretación resultados de medición, indicador servicios públicos domiciliarios

Criterios de calificación	Puntuación
1 SPD	1
2 SPD	2
3 SPD	3
4 SPD	4
5 SPD	5

### 3.4.1.3. Indicador equidad de género (EG).

Mide el grado de integración de la mujer en labores agropecuarias y administrativas dentro y fuera de finca. Dentro de las cuales están las labores de casa – hogar (preparación de alimentos, actividades domésticas, cuidado de la familia), labores agropecuarias dentro de finca (siembra, prácticas culturales, cosecha, faenas ganaderas), labores agropecuarias fuera de finca, empleo informal (venta de productos o servicios) y empleo formal (sujeto a las leyes y reglamentos que impone el Estado). En la tabla 36, se menciona las posibles funciones de género que se llevan a cabo en la familia rural, por tanto, se debe seleccionar la que cumpla con el diagnóstico ejecutado.

**Tabla 36.** Interpretación resultados de medición, indicador Equidad de género

Criterios de calificación	Puntuación
casa – hogar (preparación de alimentos, cuidado de la familia)	1
labores agropecuarias dentro de finca	2
labores agropecuarias fuera de finca	3
empleo informal	4
empleo formal	5

*\*El número de alternativas: 5 > 4 > 3 > 2 > 1, es proporcional a la puntuación.*

### 3.5. Atributo autogestión.

Es la capacidad del agroecosistema para abastecerse en gran parte de materia prima, insumos, procesos y recursos, de tal manera, que pueda llevar a cabo una estructura adecuada, así como un funcionamiento eficiente. Está compuesto por los criterios participación comunitaria y suficiencia.

#### 3.5.1. Criterio participación comunitaria.

La participación comunitaria se concibe como la relación de un grupo de trabajo, con el fin de proponer alternativas o estrategias para minimizar externalidades por medio del trabajo participativo, colaborativo, de reflexión, que faciliten el bien común; es decir, que vincule a las comunidades para investigar problemas, vacíos, necesidades, recursos presentes y la formulación, ejecución de proyectos solidarios con instituciones público privadas. Lo componen los siguientes indicadores:

- Democracia participativa (DP)
- Requerimiento mano de obran (RMO)
- Participación en asociaciones locales (PAL)

### 3.5.1.1. Indicador democracia participativa (DP).

La democracia participativa se rige con la intervención, colaboración y toma de decisiones de la familia rural en organizaciones políticas, comunitarias o asociativas. La principal característica de la democracia participativa (DP) es el fomento de un gobierno democrático y una comunidad más justa, plural y con mayor inclusión social, que contemple ética, respeto y cooperación. Por tanto, se mide el número de pertenencia de grupos asociativos de trabajo sean estos con fines políticos, económico, sociales o productivos. En la tabla 37, se encuentran algunos tipos de organizaciones, por lo cual, se debe indicar el número de vinculaciones presentes.

El mejor escenario estará determinado por el mayor número de alternativas elegidas, (si marca el total de las opciones propuestas para la pregunta, obtendrá el máximo puntaje que es 5), lo cual se interpreta como una óptima participación.

**Tabla 37.** Interpretación resultados de medición, indicador Democracia participativa

Criterios de calificación	Puntuación
Junta de Acción Comunal	1
Cooperativas	2
Asociaciones	3
Red local / regional	4
Fundaciones	5

\*El número de alternativas: 5 > 4 > 3 > 2 > 1, es proporcional a la puntuación.

### 3.5.1.2. Requerimiento mano de obra (RMO).

Determina los requerimientos de mano de obra asociativa o de cooperación para actividades productivas (ciclo o periodo productivo), de mercadeo,



comercialización y transformación. Dentro de las alternativas de encuentra la mano de obra familiar, asociados (integrantes de la asociación), aparcería, MINGA (cooperación y solidaridad recíproca) y finalmente por escases, deficiencia o especialización se deba contratar mano de obra por jornal. Para el cálculo del indicador requerimiento mano de obra (RMO), se propone la ecuación 30.

### Ecuación 30. Fórmula para determinar RMO

$$RMO = \frac{TE}{\Sigma(MOF + MOAs + MOAp + MOM + MOJ)} * 100$$

Dónde:

RMO= Requerimiento mano de obra

MOF= Mano de obra familiar

MOAs= Mano de obra Asociados (integrantes de la asociación)

MOAp= Mano de obra Aparcería

MOM= Mano de obra MINGA (cooperación y solidaridad recíproca)

MOJ= Mano de obra por Jornal

TE=Total de empleos generados (remunerados)

En la tabla 38, se encuentra la escala valorativa para calcular el indicador RMO, el cual indica el porcentaje de vinculación de grupos de trabajo colaborativo con la familia rural.

**Tabla 38. Interpretación resultados de medición, indicador Requerimiento mano de obra**

Criterios de calificación (%)	Puntuación
81 - 100	1
61 - 80	2
41 - 60	3

Criterios de calificación (%)	Puntuación
21 - 40	4
0 - 20	5

- Ejemplo para calcular el RMO: la asociación "RED UNIDOS" requiere realizar la cosecha y pos cosecha de hortalizas de un sistema agrícola, por lo cual, se solicita mano de obra especializada, la cual no se encuentra dentro de la asociación MOJ=10, igualmente, se requiere el apoyo familiar y de la comunidad para cumplir con las exigencias del mercado. Por consiguiente, el requerimiento interno del personal es el siguiente: MOF=5; MOAs=5; MOAp=1; MOM=4; se reemplaza en la ecuación 30.

$$RMO = \frac{10}{\sum(5 + 5 + 1 + 4 + 10)} * 100 = 40$$

Como resultado se obtuvo un valor del 40 %, equivalente a la mano de obra no remunerada (sin pago en \$ COP), interpretando en la tabla 38, equivale a 4 puntos.

### 3.5.1.3. Participación en asociaciones locales (PAL).

La Asociatividad busca el progreso, fortalecimiento, productividad, competitividad y sustentabilidad de las organizaciones o grupos de trabajo para suscitar un desarrollo económico y social de las poblaciones y así optimizar los escenarios de vida de cada territorio. La ecuación 31, determina el grado de participación en asociaciones locales (PAL) de cada agroecosistema.

#### Ecuación 31. Fórmula para determinar la PAL

$$PAL = \frac{ASP}{AL} * 100$$

Dónde:

PAL= Participación en asociaciones locales

ASP= Asociaciones o grupos de trabajo cooperativo que participa o se involucra

AL= Asociaciones locales existentes (municipal o regional)

En la tabla 38, se encuentra la escala valorativa para calcular el indicador PAL, el cual indica el porcentaje de vinculación de los integrantes del agroecosistema con asociaciones locales.

**Tabla 39.** Interpretación resultados de medición, indicador Participación en asociaciones locales

Criterios de calificación (%)	Puntuación
0 - 20	1
21 - 40	2
41 - 60	3
61 - 80	4
81 - 100	5

### 3.5.2. Criterio de suficiencia.

La suficiencia es el resultado de satisfacción de una serie de requerimientos para resolver un problema o el cumplimiento de determinado proceso productivo. El criterio suficiencia está compuesto por los indicadores:

- Dependencia a Insumos Externos (DIE)
- Ahorro Interno (AI)
- Seguridad Alimentaria (SA)

#### 3.5.2.1. Indicador Dependencia a Insumos Externos (DIE).

Los sistemas productivos demandan un incesante abastecimiento de energía para su óptimo funcionamiento, para el desarrollo de procesos y actividades

familiares, productivas, de transformación o comerciales (Carreño, Barón & Camargo, 2018). Para su cálculo se pondera el costo total de materia prima e insumos externos, con relación a los costes totales por proceso o ciclo productivo. La ecuación 32, ilustra la formulación de dependencia a insumos externos (DIE).

### Ecuación 32. Fórmula para determinar indicador DIE

$$DIE = \frac{CMPe}{CMPT} * 100$$

Donde:

DIE= dependencia de insumos externos

CMPe= coste de materia prima e insumos externos (adquiridos comercialmente)

CMPT= coste total de materia prima e insumos por ciclo o proceso productivo

**Tabla 40.** Interpretación resultados de medición, indicador Dependencia a insumos externos

Criterios de calificación (%)	Puntuación
81 - 100	1
61 - 80	2
41 - 60	3
21 - 40	4
0 - 20	5

- Ejemplo para calcular la DIE: para el cultivo frijol cargamanto, según las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) en el año 2019 del MinAgricultura, se requiere de labores culturales, materia prima e insumos para el proceso productivo (tabla 41).

**Tabla 41.** Costo de materia prima e insumos externos

labores, materia prima, insumos y otros (ha)	valor
cosecha y beneficio	420000
siembra	420000
labores culturales	1330000
insumos (semillas, abono orgánico, foliares, herbicidas, insecticida, fungicida, empaques)	1895000
COSTE TOTAL Ha	4605000

$$AI = \frac{CT - I_{ext}}{CT} * 100$$

Reemplazando la ecuación 32 se obtienen los costes de materia prima e insumos externos (semillas, abono orgánico, foliares, herbicidas, insecticida, fungicida, empaques) sobre el total de los costes por ha de frijol (labores, insumos y otros), equivalente al 41,2 %, interpretado en la tabla 40, se obtiene una puntuación de 3.

### 3.5.2.2. *Indicador Ahorro Interno (AI).*

El ahorro interno de la familia rural es el residuo o remanente del ingreso disponible sobre el gasto de consumo, el cual permitirá satisfacer carencias futuras. Es relevante el ahorro interno ya que garantiza una armonía financiera que genera estabilidad familiar. El ahorro interno (AI), determina la capacidad de los agroecosistemas para resistir, soportar o mantener la estabilidad de los sistemas productivos con recursos propios, sin dependencia de entidades financieras (créditos). La ecuación 33, ilustra la formulación del AI.

#### **Ecuación 33.** Fórmula para determinar AI

$$AI = \frac{CT - I_{ext}}{CT} * 100$$

Donde:

AI= Ahorro interno

text= Inversión sistema productivo (préstamo fuentes externas)

CT= coste total proceso productivo agropecuario (text + AI)

El cálculo determina la inversión generada en el sistema productivo agropecuario (materia prima, mano de obra, insumos, tecnología, logística, transporte, publicidad, etc) con fuentes externas (créditos), con relación a los costos totales de producción por ciclo productivo. La tabla 42, establece los criterios de calificación, donde se establece que a mayor cantidad de préstamos (créditos), menor será el ahorro interno de la familia rural.

**Tabla 42.** Interpretación resultados de medición, indicador Ahorro interno

Crterios de calificación (%)	Puntuación
0 - 20	1
21 - 40	2
41 - 60	3
61 - 80	4
81 - 100	5

- Ejemplo para calcular el AI: continuando con el ejemplo del frijol cargamanto, donde se estableció según las EVA que el costo total de producción por ha es de \$4 605 000, de ahí que, la familia rural solicito un préstamo a la entidad financiera del municipio por \$3 000 000, despejando la ecuación 33, se obtiene.

$$AI = \frac{4605000 - 3000000}{4605000} * 100 = 34.9$$

La familia rural destino el 34,9 % de ahorro interno para la producción de frijol cargamanto, interpretando el resultado en la tabla 42, equivale a 2 puntos.

### 3.5.2.3. Indicador Seguridad Alimentaria (SA).

La seguridad alimentaria se percibe cuando los seres humanos gozan momentáneamente de alimentos que cubren necesidades básicas y satisfacen los requerimientos nutricionales. Los agroecosistemas tienen la capacidad de producir, obtener y comprar el alimento suficiente para cubrir las necesidades dietéticas de la familia rural (Carreño, 2019). En la ecuación 34, se determina el indicador de SA.

#### **Ecuación 34.** Fórmula para determinar SA

$$SA = \frac{AA + OA + CA}{n}$$

Donde:

SA= Seguridad alimentaria

AA= Acceso alimentos según su distancia

OA= Obtención alimentos según su origen

CA= Consumo alimentos según su clasificación

n= número de variables

Para despejar la ecuación 34, para determinar la seguridad alimentaria (SA) se debe tener presente las opciones de las variables: acceso alimentos según su distancia (AA), obtención alimentos según su origen (OA) y consumo alimentos según su clasificación (CA), este último según la clasificación que hace la FAO, respecto a los tipos de alimentos, los cuales se agrupan de acuerdo a los nutrientes que prevalecen. La llamada "rueda de los alimentos" compuesta por 7 grupos (FAO, 2010). Estos son:

- Grupo I: Leche y derivados (prevalecen las proteínas).
- Grupo II: Carnes pescados y huevos (prevalecen las proteínas).
- Grupo III: Legumbres, frutos secos y tubérculos (prevalecen proteínas, vitaminas y minerales).

- Grupo IV: Hortalizas (prevalecen vitaminas y minerales).
- Grupo V: Frutas (prevalecen vitaminas y minerales).
- Grupo VI: Cereales (prevalecen los glúcidos).
- Grupo VII: Mantecas y aceites (prevalecen los lípidos).

De ahí que, se debe indagar la escala valorativa de la tabla 43, para ubicar el AA, la OA y finalmente el CA, en el cual se debe indagar cuantos grupos de alimentos (de los 7 grupos) consumen normalmente la familia rural en su dieta alimenticia.

**Tabla 43. Interpretación resultados de medición, indicador Seguridad alimentaria**

acceso alimentos según su distancia (AA)	obtención alimentos según su origen (OA)	consumo alimentos según su clasificación (CA)	Puntuación
nacional /centros de abastos	compra producto procesado	<2	1
provincia o región / plazas de mercado	compra producto fresco	2-3	2
municipio /plazas de mercado local	intercambio o trueque (MINGA)	3-4	3
vereda /plazas de mercado local	produce en aparcería	4-5	4
finca /agroecosistema	produce en su finca	>5	5

- Ejemplo para calcular la SA: la seguridad alimentaria de una familia rural se obtiene mediante las siguientes variables: acceso de alimentos según su distancia, AA=4; obtención alimentos según su origen, OA=3 y consumo alimentos según su clasificación, CA=5, el promedio ponderado se divide por el número de estrategias (3).

$$P_{preg} (AA) = \left[ \frac{4}{5} \right] * 5 = 4$$

$$P_{preg} (OA) = \left[ \frac{3}{5} \right] * 5 = 3$$

$$P_{preg} (CA) = \left[ \frac{5}{5} \right] * 5 = 5$$



Con los resultados iniciales AA=4; OA=3 y CA= 5, se despeja la ecuación 34.

$$SA = \frac{\Sigma(4 + 3 + 5)}{3} = 4$$

Según la interpretación del resultado en la tabla 43, se alcanza un puntaje de 4.



## CAPITULO IV

### **ESTUDIO DE CASO PARA MEDICIÓN DE SUSTENTABILIDAD, AGROECOSISTEMA ASOCRECER**

Siguiendo los pasos establecidos por el marco MESMIS, a continuación, se realiza la medición de sustentabilidad del agroecosistema ASOCRECER ubicado en el municipio de Cabrera en Sumapaz, Cundinamarca. Por lo cual, se traza los siguientes pasos:

#### 4.1. Paso 1. Descripción del sistema de producción.

El agroecosistema interrelaciona por medio de flujos las entradas y salidas de cada subsistema, que proporcionan bienestar al núcleo familiar, dentro de las actividades: a) agrícolas (hortalizas para consumo, plantas de vivero para el mercado y residuos de cosecha para el subsistemas pecuario); b) pecuario (carne, leche y huevos para el consumo, leche, huevos y ganado en pie para el mercado y abonos orgánicos para el subsistemas agrícola); c) agroforestal (madera para la familia y forraje para el subsistema pecuario), además, flujo de dinero por medio de ventas al mercado y trabajos no agropecuarios realizados por la familia que trabajan dentro y fuera de finca. En la tabla 44, se caracteriza el agroecosistema a través de aspectos biofísicos, socioeconómicos, componentes bióticos, tecnología y manejo.

**Tabla 44.** Caracterización agroecosistema Asocreer en la provincia del Sumapaz

características					
Biófísicas	altura	2560 m de altura	Socioeconómico	área finca	7.0 ha
	precipitación	1200 mm		integrantes familia	4
	temperatura	15 °C		mano de obra familiar en labores de finca	90 %
	pendiente área agrícola	20 – 35 %		tenencia de tierra	propia
	pendiente área pecuaria	35 – 45 %		destino de la producción	100 % plazas de mercado
Componente biótico	tipo de suelo	franco arenoso	Tecnología y manejo	seguridad alimentaria	30 % excedentes de producción para consumo
	producción agrícola	papa, tomate, hortalizas, gulupa		arreglos productivos	franjas, relevo, intercalado
	producción pecuaria	ganadería doble propósito (normando)		preparación del suelo	herramientas agrícolas convencionales
	cultivo de interés económico	papa, tomate,		tipo de tracción	tracción mecánica, tracción animal
	especies de interés forestal	chusque (Chusquea spp), laurel (Nectandra spp), cucharo (Clusia multiflora)		uso de abonos orgánicos	abonos orgánicos, biofertilizantes, fertilización química
tipo de bosque	nativo, reforestación	control de plagas y enfermedades	manejo químico, control cultural		

## 4.2. Paso 2. Determinación de los puntos críticos.

Se analizaron bajo el modelo sistémico de finca, considerando los subsistemas pecuario, agrícola, agroforestal y familiar, los cuales se encuentran relacionadas entre sí y generan interacciones y externalidades que no siempre son positivas. Posteriormente, con técnicas de participación se elaboró el Mapa de Recursos Naturales donde se estableció conjuntamente la visión que tienen los agricultores sobre los recursos naturales y una concepción compartida sobre la utilización del espacio, en el cual se identificaron potencialidades de explotación agropecuaria (aumento de unidades de gran ganado por ha, uso de la tierra en explotaciones agrícolas, servicios y oportunidades), y estrategias de vida (condiciones de acceso a fuentes de ingreso).

### 4.3. Paso 3. Selección de indicadores.

A partir de la determinación de los puntos críticos se identifican los criterios de diagnóstico (retorno, eficiencia, conservación, biodiversidad, capacidad de cambio, necesidades básicas, participación y suficiencia), de ahí se derivan los indicadores de medición.

### 4.4. Paso 4. Medición y monitoreo de indicadores.

La medición se realiza mediante fórmula matemática, teniendo en cuenta los atributos e indicadores de sustentabilidad, se establece una escala de valoración con niveles mínimos y máximos. De ahí que, los actores involucrados analizaron e interpretaron los datos para validar la información obtenida, y proponer recomendaciones referentes a los puntos críticos y funcionamiento del sistema de producción. En la tabla 45, se muestra la ecuación para evaluar 26 indicadores de sustentabilidad.

**Tabla 45.** Indicadores de sustentabilidad

Atributo	Criterio	Indicador	Ecuación
Productividad	Retorno	Valor presente neto (VPN)	$VPN = \frac{FE_1}{(1+i)^t}$
		Tasa interna de retorno (TIR)	$TIR = tasa\ i_0 + i_f * \frac{VPN_0}{VPN_0 + VPN_f}$
		Punto de equilibrio (PE)	$PES = \frac{CF}{1 - \frac{CVu}{DV}}$
	Eficiencia	Relación Beneficio/Costo (R.B/C)	$R \cdot \frac{B}{C} = \Sigma VPN(ingr) / \Sigma VPN(egr)$
		Utilidad (U)	$U = Ventas - Costos\ totales$
		Rentabilidad (R)	$R = \frac{U}{CT} * 100$
		Producción por periodo de tiempo (Ppt)	$Ppt = Ac * Rd$

Atributo	Criterio	Indicador	Ecuación
Estabilidad Resiliencia Continuidad	Conservación	Cobertura vegetal (CV)	$CVT = \frac{\sum(Ccp + Cct + Cp + Cf + Cb)}{AT} * 100$
		Disponibilidad de agua (DA)	$CVT = \frac{\sum(Ccp + Cct + Cp + Cf + Cb)}{AT} * 100$
		Disponibilidad Materia orgánica (DMO)	$CMO = \frac{(S * p * Da * Mo)}{(ms * K_1)}$
		Manejo de plaga y enfermedades (MIP)	$CMO = \frac{(S * p * Da * Mo)}{(ms * K_1)}$
		Contaminación con productos químicos (Rcpq)	$Rcpq = \frac{\sum(Mrq + Dev + Dqe)}{Ct}$
	Biodiversidad o diversidad biológica	Biodiversidad (B)	$H = \sum_{i=1}^s (pi)(\log_2 pi)$
		Beneficio de semillas locales (BSL)	$BSL = SL/SC$
		Disponibilidad y uso de materia orgánica (DUMO)	$DUMO = \frac{V1 + V2 + V3 + \dots + Vn}{At} * 100$
Adaptabilidad	Capacidad de cambio	Adaptación Ciencia, tecnología e Innovación (CTI)	$CTI = \left[ \frac{EC + EIV + EM}{n} \right]$
		Formación y actualización de conocimientos (FAC)	$FAC = 5 > 4 > 3 > 2 > 1$
Equidad	Necesidades básicas	Distancia vida rural (DVR)	$DVR = 5 > 4 > 3 > 2 > 1$
		Servicios públicos domiciliarios (SPD)	$SPD = \sum(AA + AS + EN + GC + TP)$
		Equidad de género (EG)	$EG = 5 > 4 > 3 > 2 > 1$
Autogestión	Participación	Democracia participativa (DP)	$DP = 5 > 4 > 3 > 2 > 1$
		Requerimiento mano de obra (RMO)	$RMO = \frac{TE}{\sum(MOF + MOAs + MOAp + MOM + MOJ)} * 100$
		Participación en asociaciones locales (PAL)	$PAL = \frac{ASP}{AL} * 100$

Atributo	Criterio	Indicador	Ecuación
	Suficiencia	Dependencia a Insumos Externos (DIE)	$DIE = \frac{CMPE}{CMPT} * 100$
		Ahorro Interno (AI)	$AI = \frac{CT - I_{ext}}{CT} * 100$
		Seguridad Alimentaria (SA)	$SA = \frac{AA + OA + CA}{n}$

Fuente: Adaptado de Carreño, Barón & Camargo (2018)

## 4.5. Paso 5. Presentación e integración de resultados.

Los resultados se presentan en la tabla 46, la cual contiene la puntuación respectiva de cada indicador mediante el despeje de cada ecuación.

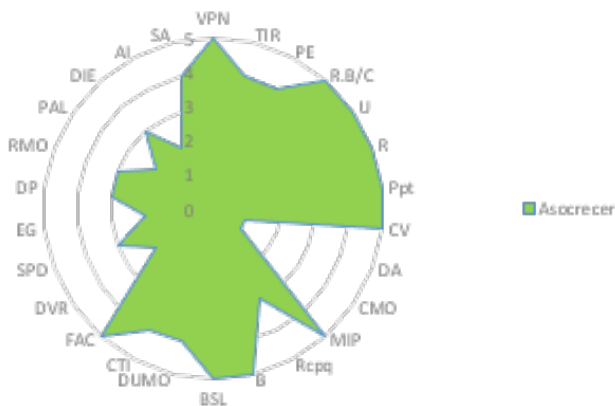
**Tabla 46.** Resultados, criterios de medición agroecosistema Asocreer

indicador	VPN	TIR	PE (\$)	R.B/C	U (\$)	R (%)	Ppt (t)
resultado	27402555	27,99	2667071	4,11	30725800	> 30	1400
puntuación	5	4	4	5	5	5	5
indicador	CVT (%)	DA (	CMO (t/ha)	MIP	Rcpq	B	BSL (%)
resultado	86,5	1,55	120	1,83	3	18	82
puntuación	5	1	1	5	3	5	5
indicador	DUMO (	CTI	FAC	DVR (km)	SPD	EG	DP
resultado	8	4	>5	11-20	3	labores agrop dentro de finca	asociación
puntuación	4	4	5	2	3	2	3



indicador	VPN	TIR	PE (\$)	R.B/C	U (\$)	R(%)	Ppt (t)
indicador	RMO (%)	PAL (%)	DIE (%)	AI (%)	SA		
resultado	40	21-40	41,2	34,9	4		
puntuación	3	2	3	2	4		

Los resultados obtenidos en las mediciones de los indicadores se presentan de forma integrada mediante un mapa multicriterio tipo radar (figura 8). El grado máximo de sustentabilidad se obtiene cuando todos los indicadores adquieren un valor igual a 5 y está representada por el polinomio irregular de color oscuro. El diagrama radial permite visualizar las deficiencias de cada criterio de medición.



**Figura 8.** Diagrama tipo radar con resultados indicadores de sustentabilidad, estudio de caso Asocrecer

## 4.6. Paso 6. Conclusiones y recomendaciones.

Con base en los criterios de medición se interpreta la dinámica productiva y económica del agroecosistema Asocrecer, en la figura 8, se aprecia la

evaluación de indicadores donde se obtuvo los resultados con puntajes de 5 (10 indicadores), 4 (5 indicadores), 3 (5 indicadores), 2 (4 indicadores) y 1 (2 indicadores). De ahí que, se contrasta la información recolectada por medio de las diferentes herramientas -según su modo de percibir y entender su entorno- donde los productores identificaron los puntos críticos del sistema (características o procesos que hacen peligrar o que refuerzan la sustentabilidad del sistema). Así mismo, seleccionaron los indicadores, basándose en los puntos críticos diagnosticados los cuales deben ser fáciles de medir, adaptados a lo que se quiere analizar y a las necesidades de los usuarios de la información. Según estudios Carreño & Baquero (2018), está comprobada la precisión de los indicadores seleccionados y medidos por los propios agricultores.

No obstante, el valor de sustentabilidad arrojó un resultado igual a 3,7. La familia rural explica que este puntaje se debió a que la finca no es de su propiedad, y que la cantidad de terreno que ellos poseen para la producción agropecuaria es mínima. En este sentido Raigon (2014) sostiene que la producción campesina, opera con pocos recursos de tierra, mano de obra, capital e información. Con relación a los factores que determinan la sustentabilidad de los sistemas de producción, sumado a lo anterior Carreño (2019), menciona que existen una serie de cualidades ecológicas, ambientales y culturales, que contribuyen a una producción sostenible, por ende, este tipo de sistemas productivos agropecuarios tienen como finalidad vender los excedentes de sus productos para salvaguardar su estabilidad socioeconómica.

## CONCLUSIONES

EL documento interpreta la metodología MESMIS, la cual evalúa la sustentabilidad de los sistemas productivos agropecuarios a través de los atributos productividad, equidad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, adaptabilidad, autodependencia, estos a su vez, están integrados por criterios de diagnóstico e indicadores de medición y su valoración se realiza desde factores socioeconómicos y biofísicos. El diagnóstico y caracterización se realiza a los subsistemas que integran un agroecosistema, los cuales pueden ser: familiar, agrícola, hídrico, agroforestal y pecuario, mediante métodos participativos que integran los saberes y conocimientos de la familia rural.

Se propone para su medición los criterios de medición: retorno, eficiencia, gestión de la producción, conservación, biodiversidad, capacidad de cambio, necesidades básicas, participación y suficiencia, cada criterio está compuesto por una serie de indicadores, que soportan la evaluación de los sistema de producción agropecuaria, los cuales están conformados por subsistemas que se relacionan y establecen funciones productivas y reproductivas, lo cual permite a la familia trabajar con escasos recursos económicos.

Por tanto, la sustentabilidad de los agroecosistemas se determina a través de instrumentos o técnicas de evaluación, por esto, se deben definir variables endógenas, las cuales contextualizan un territorio determinado para evidenciar los cambios significativos que se han tenido en el tiempo frente a aspectos socioeconómicos y biofísicos. De ahí que, los indicadores juegan un papel fundamental en la medición de la sustentabilidad, ya que facilitan la supervisión del desarrollo económico, social y ambiental, así como

la trascendencia y la capacidad de desarrollo que satisface las necesidades presentes sin afectar las posibilidades futuras.

Dichos indicadores se evalúan mediante fórmulas matemáticas y criterios de evaluación, que permiten establecer el grado de confiabilidad de la práctica estimada y así proponer estrategias y alternativas para la seguridad y soberanía alimentaria, desigualdad y equidad de género, conservación de prácticas culturales adaptadas al territorio, diversidad de flora y fauna, dependencia de agroquímicos, modos de vida tradicional, influencia externa de tecnología, conocimientos y políticas públicas.

## REFERENTES BIBLIOGRAFICOS

- Acevedo Osorio, A., & Angarita Leiton, A. (2013). Metodología para la evaluación de sustentabilidad a partir de indicadores locales para el diseño y desarrollo de programas agroecológicos: MESILPA.
- Acevedo-Alcalá, P., Cruz-Hernández, J., & Taboada-Gaytán, O. R. (2020). Abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales y fertilización química en la producción de plántula de Chile poblano. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(1), 35-35.
- Albarracín-Zaidiza, J. A., Fonseca-Carreño, N. E., & López-Vargas, L. H. (2019). Las prácticas agroecológicas como contribución a la sustentabilidad de los agroecosistemas. Caso provincia del Sumapaz. *Ciencia y Agricultura*, 16(2), 39-55.
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2007). *Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas* (Vol. 2). Icaria editorial.
- Altieri, MA (2018). *Agroecología: la ciencia de la agricultura sostenible* CRC Press.
- Asela, M., Tamayo, S. S., & Estrada, D. E. P. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista cubana de Higiene y epidemiología*, 52(3), 372-387.
- Astier, M., & González, C. (2008). Formulación de indicadores socio-ambientales para evaluaciones de sistemas de manejo complejos. *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*. Valencia: MundiPrensa.
- Barrezueta, Unda, S. A. (2017). Construcción de indicadores agrarios para medir la sostenibilidad de la producción de cacao en el Oro, Ecuador.
- Cáceres, O. J. Z. (2015). Sustentabilidad, desarrollo sustentable e indicadores de sustentabilidad para agroecosistemas. *Revista Postgrado ISSN*, 2411, 8826.

- Camargo, E. S. C., Barón, E. M. P., & Carreño, J. A. F. (2020). Desarrollo y extensión rural. *Libros Universidad Nacional Abierta ya Distancia*, 1-125.
- Campo Cuello, C.E., & Rivera Delgado, Y.L. (2019). Departamento del Cesar: oportunidades para sistemas productivos sostenibles a partir de energías alternativas. *Revista de Ingeniería*, (48), 34-41.
- Carreño, J. A. F., Barón, E. M. P., & Camargo, E. S. C. (2018). Capítulo 1: Evaluación de agroecosistemas familiares campesinos mediante indicadores de sustentabilidad. *Libros Universidad Nacional Abierta ya Distancia*, 9-47.
- Carreño, N. E. F. (2019). Caracterización de agroecosistemas campesinos en el municipio de Cabrera en la provincia del Sumapaz-Cundinamarca. *Pensamiento udecino*, 3(1), 49-60.
- Carreño, N. E. F. (2019). Sustentabilidad en la agricultura familiar agroecológica: Mora de castilla en Sumapaz. *Revista Científica Profundidad Construyendo Futuro*, 11(11), 12-22.
- Carreño, N. E. F., & Benavidez, C. A. N. (2021). Aplicación de la metodología MESMIS para la evaluación de sustentabilidad en sistemas de producción campesina en Sumapaz, Cundinamarca. *Ciencias Agropecuarias*, 6(2), 31-47.
- Carreño, N. E. F., & Baquero, Z. Y. V. (2018). Propuesta de indicadores para evaluar la sostenibilidad en agro ecosistemas agrícolas ganaderos en la región del Sumapaz. *Pensamiento udecino*, 2(1).
- Carreño, N. E. F., & Baquero, Z. Y. V. (2019). Sostenibilidad como estrategia de competitividad empresarial en sistemas de producción agropecuaria. *Revista Estrategia Organizacional*, 8(1).
- Edwards, Madden, P., Miller, R. H., & House, G. (1990). *Sustainable agriculture systems. Soil and water conservation society*. Ankeny, Iowa. [https://www.socla.co/wp-content/uploads/2014/altieri\\_revista\\_INIA1.pdf](https://www.socla.co/wp-content/uploads/2014/altieri_revista_INIA1.pdf)
- Félix, M., & Pedrazzi, J. P. (2019). Dependencia, tipo de cambio y valor Revisando la articulación entre la teoría marxista de la dependencia y la teoría marxista del tipo de cambio. *Rebela*, 9(1).
- Fonseca Carreño, J. A., Cleves Leguizamo, J., & León Sicard, T. (2016). Evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas familiares campesinos en la microcuenca del ríos Cormechoque (Boyacá). *Ciencia y agricultura*, 29-47.

- Fonseca, C.J., Fonseca, C.N., & Cleves, L., J., (2010). Manual técnico del cultivo de cebolla de puerro *allium porrum* l. bajo el enfoque de buenas prácticas agrícolas. Publicación Bogotá [Colombia]: Descripción Física 130 p.: il. Col, ISBN 9789589162385, Clasificación(es) 635.25
- Fonseca-Carreño, J. A., Cleves-Leguízamo, J. A., & León-Sicard, T. (2016). Evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas familiares campesinos en la microcuenca del río Cormechoque (Boyacá). *Ciencia y Agricultura*, 13(1), 29-47.
- Fonseca-Carreño, N. E., González Moreno, M. R., & Narváez Benavides, C. A. (2020). Asociatividad para la administración los sistemas de producción campesina. *Revista Estrategia Organizacional*, 9(1). <https://doi.org/10.22490/25392786.3644>
- Fonseca-Carreño, N., Salamanca-Merchan, J., & Vega-Baquero, Z. (2019). La agricultura familiar agroecológica, una estrategia de desarrollo rural incluyente. Una revisión. *Temas Agrarios*, 24(2), 96-107. <https://doi.org/10.21897/rta.v24i2.1356>
- Fonseca-Carreño, N. E., Vega-Baquero, Z. Y., & Rodríguez-Padilla, M. Y. (2019). Sustentabilidad en la agricultura familiar agroecológica, estudio de caso: mora de Castilla en la provincia del Sumapaz. *Revista Eficiencia*, 1(4).
- García Céspedes, D., Romero, J. L. S., Rieumont, S. O., Gutiérrez, L. R., Calderón Peñalver, P. A., Cazorla, L. L., & Ávila Roque, I. (2012). Evaluación de la incorporación de metales pesados al agroecosistema. Rol de las prácticas productivas ejecutadas por los trabajadores agrícolas. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, 13(1), 3-9.
- Geilfus, F. (2002). *80 herramientas para el desarrollo participativo*. IICA.
- Hart, R. D. (1985). *Agroecosistemas conceptos básicos* (No. 1). Bib. Orton IICA/CATIE.
- Masera, O. & S. López-Ridaura. 2000. Introducción. Cap. 1. In: Masera, O. & López-Ridaura, S. (Eds.). *Sustentabilidad y sistemas campesinos. Cinco experiencias en el México rural*. Mundiprensa, Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada A.C. UNAM. pp. 1-12
- Molina, S. A., Barrientos, G., Bonilla, M., Garita, C., Jiménez, A., Madriz, M., & Treviño, J. (2017). ¿Son las fincas agroecológicas resilientes? Algunos resultados utilizando la herramienta SHARP-FAO en Costa Rica. *Revista Ingeniería*, 27(2), 25-39. doi: 10.15517/RI.V27I2.27859

- Motta, P.A., & Ocaña, H. E. (2018). Caracterización de subsistemas de pasturas braquiarias en hatos de trópico húmedo, Caquetá, Colombia. *Revista Ciencia y Agricultura*, 15(1), 81-92. doi: 10.19053/01228420.v15.n1.2018.7759
- Murgueitio, E., Chará, J., Barahona, R., & Rivera, J. E. (2019). Avances en Ganadería Sostenible con Sistemas silvopastoriles en América Latina. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 53(1), 65-71.
- Pérez, B., González, C., & García, L. (2005). Evaluación de la sustentabilidad de dos agroecosistemas campesinos de producción de maíz y leche, utilizando indicadores. *Livestock Res. Rural Dev*, 17(7).
- Pérez, J. I. (2013). *Los huertos familiares en una provincia del subtropico mexicano*. Universidad Autónoma del Estado de México. <http://www.uneditorial.com/agroecologia-una-disciplina-para-el-estudio-y-desarrollo-de-sistemas-sostenibles-de-produccion-agropecuaria-agropecuario.html>
- Platas Rosado, D. E., Vilaboa Arroniz, J., González Reynoso, L., Severino Lendchy, V. H., López Romero, G., & Vilaboa Arroniz, I. (2017). Un análisis teórico para el estudio de los agroecosistemas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 395-399.
- Raigon, M. (2014). La alimentación ecológica: cuestión de calidad. *Revista de Agroecología*. 4(30):10-2.
- Romero, P. D. G. (2019). Evaluación de la sostenibilidad del sistema de riego Tres Cruces, municipio de Toledo, departamento de Oruro. *Apthapi*, 5(3), 1729-1738.
- Sans, F. X., Armengot, L., Bassa, M., Blanco-Moreno, J. M., Caballero-López, B., Chamorro, L., & José-María, L. (2013). La intensificación agrícola y la diversidad vegetal en los sistemas cerealistas de secano mediterráneos: implicaciones para la conservación. *Revista Ecosistemas*, 22(1), 30-35.
- Sarandón, S. J. (2002). El agroecosistema: un sistema natural modificado. En S. J. Sarandon, *Agroecología: El camino para una agricultura sustentable*. La Plata, Argentina: Ediciones Científicas Americanas.
- Sarandón, S. J., & Flores, C. C. (2014). Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables [en línea]. *SI: Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales*.
- Soriano, A., & Aguiar, M. R. (1998). Estructura y funcionamiento de los agroecosistemas. *Ciencia e investigación*, 50(3-4), 63-73.



- Tibatá, A. R., Quiroz, E. M. & Villamil, C. M. (2014). *Evaluación de la sostenibilidad de unidades productivas agropecuarias en los municipios de Chivatá, Soracá y Tinjacá departamento de Boyacá*. Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/2520>.
- Toro Mújica, P., García, A., Gómez Castro, A., Acero, R., Perea, J., & Rodríguez Estévez, V. (2011). Sustentabilidad de Agroecosistemas. *Archivos de Zootecnia*, 60, 25.


EX UMBRA IN SOLEM


Dirección de Investigación  
2021




**UDEC**  
UNIVERSIDAD DE  
CUNDINAMARCA

[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co)

 Universidad  
de cundinamarca

 ucundinamarcaoficial

 @ucundinamarca

 UCUNDINAMARCATV



Vigilada MinEducación