



TÍTULO

**APORTES METODOLÓGICOS AL
“SISTEMA AGROECOLÓGICO RÁPIDO DE EVALUACIÓN DE
CALIDAD DE SUELO Y SALUD DE CULTIVOS”**

AUTOR

Miguel Ángel Pérez Beltrán

Tutores
Curso

Esta edición electrónica ha sido realizada en 2012

Miguel Ángel Altieri, Clara Nicholls y Tomás León Sicard
Máster en Agroecología: Un enfoque sustentable de la agricultura
ecológica

ISBN

978-84-7993-842-0

©

Miguel Ángel Pérez Beltrán

©

Universidad Internacional de Andalucía (para esta edición)



Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas

Usted es libre de:

- Copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra.

Bajo las condiciones siguientes:

- **Reconocimiento.** Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciadador (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).
- **No comercial.** No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
- **Sin obras derivadas.** No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

- *Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra.*
- *Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor.*
- *Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.*

AGROECOLOGÍA
UN ENFOQUE SUSTENTABLE DE LA AGRICULTURA ECOLÓGICA
TESIS MAESTRIA OFICIAL

**Aportes Metodológicos al “Sistema Agroecológico Rápido de
Evaluación de Calidad de Suelo y Salud de Cultivos”**

Presentada por:

MIGUEL ANGEL PEREZ B.

Tutores:

MIGUEL ANGEL ALTIERI

CLARA NICHOLLS

TOMAS LEON SICARD

UNIVERSIDAD DE CORDOBA
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE ANDALUCIA
PROGRAMA INTERUNIVERSITARIO OFICIAL DE POSGRADO
ESPAÑA, 2007.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecerles muy especialmente a Miguel Altieri y Clara Nicholls de la Universidad de California en Berkeley, por permitirme elaborar este trabajo a partir de su propuesta metodológica y por el tiempo que compartimos en Baeza.

A Eduardo Sevilla como alma y corazón de la maestría y el doctorado, quien siempre ha sido y será el amigo, profesor, motivador, contradictor y confesor de los agroecólogos que pasamos por sus manos.

A la Universidad Internacional de Andalucía, por la beca que me facilitó poder asistir al programa de posgrado.

A Tomas León Sicard, Director del Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia, por su apoyo e interés por retomar nuestras viejas iniciativas de investigación en la Agroecología

Y quienes se merecen mis más preciados agradecimientos no solo ahora, sino por siempre, mi familia, de quienes siempre he recibido el ánimo, el espíritu y el apoyo que me han acompañado en todo momento.

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN.....	4
2. INTRODUCCIÓN.....	4
3. JUSTIFICACIÓN.....	5
4. OBJETIVOS.....	6
4.1 Objetivo General.....	6
4.2 Objetivos Específicos.....	7
5. MARCO TEÓRICO.....	7
5.1 Agroecología.....	7
5.2 Concepto de sostenibilidad.....	8
5.3 Metodologías de evaluación de sostenibilidad.....	10
5.4 Evaluación de sostenibilidad y el proceso de transición.....	10
5.5 El Sistema Agroecológico Rápido de Evaluación de Calidad de Suelos y Cultivos.....	14
5.5.1 Características generales.....	14
5.6 La utilización de indicadores.....	16
5.7 Características de los indicadores.....	17
5.8 Indicadores utilizados en las metodologías rápidas.....	17
5.9 El concepto de calidad de suelo.....	18
5.10 El concepto de calidad y salud de cultivos.....	18
6. ESTRATEGIA METODOLÓGICA.....	19
7. RESULTADOS.....	21
7.1 Aportes sobre el enfoque teórico.....	21
7.1.1 Dirección de cambio o tendencia.....	21
7.1.2 Estructura para la aplicación.....	21
7.1.3 Definición de las unidades de estudio.....	21
7.1.4 Nivel de análisis de la metodología.....	22
7.1.5 Variabilidad interna de las fincas.....	22
7.1.6 Requerimientos de personal técnico.....	22
7.1.7 Participación de los productores.....	22
7.1.8 Recursos y procedimientos técnicos.....	23
7.1.9 Criterios de selección de indicadores.....	23
7.1.10 Criterios para la selección de rangos de calificación de los indicadores.....	23
7.1.11 Presentación de los resultados.....	24
7.1.12 Retroalimentación.....	24
7.2 Aportes metodológicos.....	24
7.2.1 Identificación básica de las fincas para posteriores comparaciones.....	24
7.2.2 Control de alta variabilidad interna en las fincas y los indicadores.....	25
7.2.3 Rangos de medición de los indicadores.....	27
7.3 Aportes instrumentales.....	27
8. CONCLUSIONES.....	28
9. BIBLIOGRAFIA.....	29
ANEXO 1. GUÍA METODOLÓGICA.....	31

1. RESUMEN

La evaluación de la sostenibilidad agrícola es una tarea difícil de abordar, debido a la complejidad de los factores que convergen dentro y fuera de los agroecosistemas. Las motivaciones y dinámicas de los productores cuando inician los procesos de conversión hacia sistemas más sostenibles, son muy distintas de acuerdo a su situación, experiencia y expectativas. Por ello, es indispensable diseñar herramientas al alcance de los productores con la flexibilidad necesaria, de manera que les permita evaluar sus avances en el proceso de conversión en búsqueda de la sostenibilidad, bajo criterios que ellos mismos puedan manejar y monitorear.

Este trabajo se basó en la propuesta del “Sistema Agroecológico Rápido de Evaluación de Calidad de Suelo y Salud de Cultivos”, de Miguel Altieri y Clara Nicholls, sobre el cual se trató de realizar una serie de aportes que se consolidaron en la elaboración de una Guía Metodológica, que se espera facilite a los productores y técnicos en el campo, realizar un primer diagnóstico de su tránsito hacia la sostenibilidad.

2. INTRODUCCION

Los productores agrícolas buscan permanentemente alternativas productivas que les permita responder a la crisis del sector agrícola, cada vez mas profunda, especialmente por la pérdida o degradación de su capital productivo (suelos, agua, diversidad genética), pérdida de la rentabilidad económica, la creciente dependencia de los insumos externos y el enfrentamiento con la nueva organización de la estructura productiva y comercial que se impone globalmente.

Los modelos convencionales de producción buscan de manera específica la obtención del mayor rendimiento físico y monetario, sin tener en cuenta otros objetivos como la conservación del capital productivo, la valoración y participación de los productores, disminución de los aportes de contaminantes fuera de los predios, y en general lograr una mayor estabilidad de los agroecosistemas en el tiempo.

La sostenibilidad es precisamente el proceso de búsqueda de dichos objetivos mediante la aplicación de alternativas productivas en un entorno de fortalecimiento social. En este proceso es necesario que los distintos actores (productores, técnicos, investigadores), cuenten con las herramientas que les permitan evidenciar el impacto de la implementación de las nuevas prácticas productivas y el nivel de avance en la búsqueda de la sostenibilidad.

Entre otras, la evaluación de la sostenibilidad predial mediante el uso de indicadores, es una de las herramientas mas usadas para poder realizar el

seguimiento al proceso de cambio de sistemas productivos convencionales a unos más sostenibles.

Son varias las metodologías que se están aplicando y perfeccionando para la evaluación de la sostenibilidad. Algunas de ellas son muy completas en su análisis, requiriendo igualmente grandes cantidades de información, tiempo, recursos humanos y económicos. Por otro lado, y en situaciones en las cuales los recursos son escasos, se plantean metodologías menos extensas en sus análisis pero más prácticas para su implementación, en especial para las primeras etapas del proceso de cambio hacia la sostenibilidad.

Entre estas metodologías prácticas se encuentra el “Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos” (Altieri & Nicholls, 2001), la cual hace énfasis en dos componentes del sistema, considerados como claves en los inicios del proceso de cambio.

Esta metodología es el objeto de estudio de este trabajo y sobre la cual se espera realizar algunos aportes que colaboren en su difusión y utilización, de manera que los distintos usuarios tengan una herramienta práctica que les ayude a incorporar el concepto de la sostenibilidad a la realidad de su medio rural.

3. JUSTIFICACION

El sector agrícola mundial es objeto cada vez más de cuestionamientos sobre su futuro, debido a las continuas evidencias del impacto ambiental negativo generado por el modelo predominante, tanto desde el punto de vista de los procesos técnico, como social y económico, que utiliza para su expansión.

Estos procesos de privatización, mercantilización y cientificación de los bienes ecológicos comunales (aire, tierra, agua y biodiversidad) desarrollados a lo largo de la dinámica de la modernización, han supuesto una intensificación en la artificialización de los ciclos y procesos físico-químicos y biológicos de la naturaleza para obtener alimentos, denominada “economía convencional” Esta economía ha logrado sustituir la prioridad de mantener el capital natural de la agricultura, por el del capital económico, permitiendo un deterioro de la base productiva, que en algunos casos es irreversible (Sevilla Guzmán, 2006).

Por ello, el modelo convencional actual resulta incapaz de seguir produciendo sin degradar la base de los recursos naturales, no sirve para dar de comer a los que más lo necesitan, es en general insalubre al contaminar los alimentos y causar enfermedades degenerativas, y no garantiza tampoco la renta de los agricultores ni el mantenimiento del empleo rural (González de Molina, 2006).

A nivel mundial, está emergiendo un consenso en cuanto a la necesidad de nuevas estrategias de desarrollo agrícola para asegurar una producción estable de alimentos y que sea acorde con la calidad ambiental. Esta estrategia es la

Agricultura Sostenible de la cual existen muchas definiciones, sin embargo ciertos objetivos son comunes a la mayoría de ellas (Altieri & Nicholls, 2000):

- Producción estable y eficiente de recursos productivos.
- Seguridad y autosuficiencia alimentaria.
- Uso de prácticas agroecológicas o tradicionales de manejo.
- Preservación de la cultura local y de la pequeña propiedad.
- Asistencia de los más pobres a través de un proceso de autogestión.
- Un alto nivel de participación de la comunidad en decidir la dirección de su propio desarrollo agrícola.
- Conservación y regeneración de los recursos naturales.

Es claro que no será posible lograr simultáneamente todos estos objetivos en todos los proyectos de desarrollo rural. Además, los sistemas agrícolas no existen aislados ya que se encuentran en un entorno que cambia dinámicamente y no siempre a su favor (Altieri & Nicholls, 2000).

Hacer operativo el concepto de sostenibilidad no es una tarea sencilla, cuyo grado de complicación aumenta en la medida que se trata de evaluar sistemas complejos, como los agrarios, donde las cuestiones económicas, sociales y ambientales se solapan en un conjunto de relaciones sinérgicas y antagónicas. Sin embargo, es una tarea necesaria ante los nuevos retos que tiene enfrente la agricultura y que requieren, a su vez, la aplicación de nuevos enfoques analíticos (Alonso & Guzmán, 2006).

En los últimos años, fruto del interés creciente que suscita el tema de la sostenibilidad agrícola, ligado a los procesos de producción entre los responsables políticos, investigadores e incluso empresas certificadoras de productos de calidad, se han desarrollado algunas metodologías dirigidas a su evaluación, entre ellas: el Metabolismo Social, el Análisis del Ciclo de Vida, el Análisis de la Energía, el Análisis Coste-Beneficio, la Huella Ecológica y el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad-MESMIS, entre otros (Alonso & Guzmán, 2006).

Sin embargo en la práctica, esto se ha quedado en una etapa declarativa y no se ha hecho operativo el termino (Sárandon, 2002), especialmente por la complejidad de las aplicaciones metodológicas que analizan de manera simultáneamente todas las dimensiones de la sostenibilidad, utilizando gran cantidad de recursos de personal, tiempo y financieros, dificultando su acceso a los productores y técnicos que están en el campo.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

- Aportar elementos teóricos y prácticos a la metodológica de “Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos”, propuesta por Altieri y Nicholls.

4.2 Objetivos Específicos

- Identificar los elementos necesarios para que la metodología “Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos”, se pueda utilizar en diferentes condiciones productivas de una manera sistemática.
- Desarrollar los elementos los teóricos y prácticos identificados, y acoplarlos a la propuesta metodológica original.

5. MARCO TEORICO

5.1 Agroecología

Miguel Altieri al final de los años 80, logra estructurar varios conceptos previos en uno más concreto denominado Agroecología, la cual la definió como la disciplina científica que enfoca el estudio de la agricultura desde una perspectiva ecológica (Altieri & Nicholls, 2000).

Posteriormente este concepto se enriquece con aportes como los de Stephen Gliessman (2000), quien enfatiza en la necesidad de entender el funcionamiento ecológico en los procesos agrícolas, como fundamento de la sostenibilidad.

Un paso más en la conceptualización de la Agroecología desde el campo sociológico, histórico y político, lo hacen Eduardo Sevilla Guzmán, Víctor Toledo y Manuel González de Molina.

Parte del reto de la Agroecología, es enfrentar la dificultad que representa el estudio simultáneo de los distintos elementos y componentes de los agroecosistemas y de la complejidad de las interacciones que entre ellos existe, por ello se ha planteado la necesidad de contar con un enfoque holístico y sistémico de la agricultura, que permita abordar las necesidades de cambio de los agroecosistemas actuales hacia unos de mayor sostenibilidad (Pérez, 1999).

Por ello, la Agroecología corresponde a un nuevo enfoque de las distintas ciencias, que permite realizar el estudio y el manejo de los agroecosistemas de una manera más ligada al medio ambiente, más sensible socialmente, y que sin dejar de ser viable económicamente, permite la sostenibilidad del sistema de

producción. Para ello se vale, entre otros, de la aplicación de los conceptos y principios ecológicos aplicados en el diseño y manejo de los agroecosistemas para lograr su continuidad en el tiempo (Pérez, 1999).

La comprensión de tópicos más amplios acerca de la agricultura requiere entender la relación entre la agricultura y el ambiente global, ya que el desarrollo rural depende de la interacción de subsistemas biofísicos, técnicos y socioeconómicos. Este enfoque más amplio, que permite entender la problemática agrícola en términos holísticos se denomina Agroecología (Altieri & Nicholls, 2000).

5.2 Concepto de sostenibilidad

La sostenibilidad en el manejo de agroecosistemas se focaliza en la necesidad de conservar la productividad agrícola, mientras se mantiene o mejora la cantidad y calidad de los activos naturales involucrados en la agricultura, y se respetan principios de equidad y de bienestar de la comunidad.

La sustentabilidad en el manejo de agroecosistemas se focaliza entonces sobre la necesidad de seguir creciendo (o conservando) en términos de productividad agrícola, mientras se mantiene la cantidad y calidad de los activos naturales involucrados en la agricultura, y se respetan principios de equidad y de bienestar de la comunidad, (Labrador y Porcuna. 2004).

Labrador y Porcuna, (2004), citan a Daly¹ quien enuncia los criterios para seguir cualquier práctica productiva sostenible:

- Los recursos renovables deberían consumirse en la misma cantidad en que se generan.
- Los recursos no renovables deberían consumirse limitando su tasa de extracción a la tasa de creación de sustitutos renovables.
- Las tasas de emisión de residuos deberían ser iguales a la capacidad de asimilación de los ecosistemas receptores de tales residuos.
- Las tecnologías a utilizar sería aquella que procurara los mayores niveles de productividad por unidad de recurso consumido.
- La escala de la economía debería establecerse dentro de los límites impuestos por la capacidad de carga de los agroecosistemas.

La sostenibilidad es un concepto que va gradualmente tomando forma, por lo que no todos los objetivos de la sostenibilidad se pueden lograr al mismo tiempo, ni todas las estrategias agroecológicas, desarrollarse en las primeras fases (Labrador & Porcuna, 2004), ya que la experiencia ha demostrado asimetría en el proceso.

¹ Daly H.E. 1990. Toward some operational principles of sustainable development. In: Ecological Economics. Vol. 2, no 1.

Esto es especialmente importante al recordar que desde la Agroecología se abordan varias dimensiones en búsqueda de la sostenibilidad de la agricultura, y en un concepto mas amplio, del desarrollo alternativo para el medio rural.

Estas dimensiones, la ecológica, la económica y la social, cambian en el tiempo a velocidades distintas, dependiendo de muchos factores internos como externos. Es de esperar que los cambios en la dimensión ecológica, se aprecien de una manera más rápida y evidente, en comparación a los cambios en la dimensión social, ya que los productores tienen más autonomía y conocimiento sobre sus componentes físicos, mientras que se necesitan mas actores y gestión para lograr cambios en el ámbito social (políticas, leyes, por ejemplo).

Un agroecosistema se crea, cuando la manipulación humana y la alteración de un ecosistema tienen lugar con el propósito de establecer la producción agrícola. Esto introduce varios cambios en la estructura y función del ecosistema natural, y, como resultado, cambia un número de cualidades clave al nivel del sistema. Estas cualidades se reconocen como cualidades emergentes o propiedades del sistema, cualidades que se manifiestan una vez que todos los componentes del sistema están organizados. Estas mismas cualidades pueden servir también como indicadores de la sostenibilidad del sistema (Gliessman, 2001).

Los agroecosistemas, desde la perspectiva ecológica cumplen con las mismas funciones que tienen los ecosistemas naturales, sin embargo lo que cambia es la magnitud de los procesos. Estas funciones son:

- Ciclo de Nutrientes
- Flujo de energía
- Control de poblaciones.
- Equilibrio dinámico

Entre más se parezca un agroecosistema, en cuanto a estructura y función al ecosistema natural de la región biogeográfica en que se encuentra, más grande será la probabilidad de que dicho agroecosistema sea sostenible. (Gliessman, 2007).

Teniendo en cuenta la interacción de los distintos componentes del agroecosistema, las funciones ecosistémicas son transversales a ellos y por lo tanto cambios en magnitud de las funciones se manifiestan de manera diferencial en los componentes, afectando su calidad como recurso para la producción.

Por lo tanto, un posible criterio para una primera etapa de la evaluación de sostenibilidad, es el proceso deductivo de la interacción de las funciones ecosistémicas, con las propiedades o características de los componentes relacionados, de acuerdo a las condiciones locales de manejo del agroecosistema, de manera que permitan evidenciar el distanciamiento relativo a un estado de

mayor sostenibilidad, considerándolo como un proceso (transición) y no como una meta final.

5.3 Metodologías de evaluación de sostenibilidad

En procura de alcanzar y evaluar la sostenibilidad, se pueden abordar distintas metodologías que requieren de la utilización de una serie de indicadores, que permitan medir el estado de sostenibilidad de acuerdo a los objetivos propuestos, jerarquía de análisis, condiciones económicas y culturales particulares de distintos agroecosistemas.

En general, cualquier estudio de la sostenibilidad requiere de un tiempo prudencial para su desarrollo por parte de los productores y los técnicos acompañantes, como también de recursos económicos y técnicos, los cuales en no todos los casos se encuentran fácilmente disponibles.

Se pueden hacer varios tipos de clasificación de las metodologías de evaluación de sostenibilidad o diagnóstico con enfoque Agroecológico. Fundamentalmente se pueden clasificar en las metodologías que tienen por objetivo analizar simultáneamente todas las dimensiones de la sostenibilidad, y las que evalúan solo algunas de ellas.

Otro tipo de clasificación puede ser relacionada con el tiempo y recursos invertidos. Las denominadas “evaluaciones rápidas”, hacen énfasis en la baja utilización de recursos y tiempo, pensando bien sea en contextos geográficos y productivos donde los recursos sean escasos, o en la facilidad necesaria para que los productores la utilicen de manera rutinaria.

Las evaluaciones “no rápidas”, comprenden por lo tanto, la utilización de más tiempo y recursos en su aplicación, necesitan de la presencia de personal técnico que acompañe todo el proceso de evaluación, y en algunos casos pueden durar años en obtener los resultados finales.

5.4 Evaluación de sostenibilidad y el proceso de transición

Para muchos productores, el diseño y la práctica rápida de la conversión para lograr un agroecosistema sostenible, es poco probable e impracticable. Como resultado, muchos esfuerzos en el proceso de conversión son precedidos de pasos lentos hacia el logro de las metas de la sostenibilidad (Gliessman, 2000).

Estos pasos lentos se pueden interpretar como los cambios que se van dando en el manejo de los agroecosistemas, de manera que se restituyan en términos de magnitud, las funciones y características propias de un sistema de acuerdo a los objetivos de la sostenibilidad.

Como la sostenibilidad comprende las distintas dimensiones (ambiental, social, económica), el proceso de transición igualmente los debe tener en cuenta. Sin embargo la motivación en los productores que en la mayoría de los casos induce a realizar la transición en los sistemas de producción, se relaciona con el estancamiento económico que sufre gran cantidad de productores, especialmente por condiciones de pobreza o marginalidad al intentar desarrollar la agricultura convencional en condiciones adversas.

Por lo tanto, una de las vías más comunes de cambio en los sistemas agrícolas, se relaciona con la modificación de prácticas de manejo en el ámbito ecológico que permitan generar en el menor tiempo posible, un impacto económico positivo. La máxima expresión de esta circunstancia se demuestra con el vertiginoso crecimiento de la agricultura ecológica certificada, basada en la sustitución de insumos y articulación a nichos de mercado.

Para ello se debe contar con un enfoque que le de un orden al proceso de cambio en búsqueda de la sostenibilidad, encausándolo por un modo más integral y medible. Se requiere para ello que se cumpla un proceso en el cual se logren restituir las funciones básicas ecológicas y mejorar la calidad de sus componentes de manera que se obtenga una mayor estabilidad de dicho agroecosistema, ajustando su objetivo productivo a la realidad del entorno local, sin quedarse en la simple sustitución de insumos.

Gliessman (2000), señala tres niveles en el proceso de conversión desde el punto de vista de la dimensión ambiental, que indirectamente determinan cambios en las otras dos dimensiones.

- **Nivel 1 de conversión:** Incrementar la eficiencia de las prácticas convencionales para reducir el uso y consumo de insumos costosos, escasos o ambientalmente riesgosos.

Una interpretación generalizada para este nivel de la transición, es la simplificación del concepto de eficiencia a solo la disminución del uso de insumos convencionales.

Esta disminución es el resultado esperado durante esta etapa, pero realmente es más importante conceptualizar acerca de los posibles cambios tecnológicos, entre otros: cambios en la densidad de los cultivos, bien sea para contrarrestar problemas sanitarios o controlar malezas, optimizar la utilización de la mano de obra (capacitación, entrenamiento, mejores condiciones de trabajo), incorporación adecuada de la mecanización (con tracción humana, animal o mecánica), monitoreo de las plagas y las enfermedades para optimizar el momento, lugar y la cantidad de las aplicaciones de control, monitorear el clima y el suelo para optimizar el uso del agua, monitorear el contenido de nutrientes en el suelo para aportar los nutrientes en la cantidad, lugar y calidad más adecuados para los cultivos, seleccionar las variedades más adecuadas a las condiciones locales, optimizar los controles administrativos tanto de las actividades como de los costos.

- **Nivel 2 de conversión:** Sustitución de insumos y prácticas convencionales, con unos de carácter alternativo.

Normalmente esta etapa se interpreta como la de “sustitución de insumos”. La interpretación generalizada del nivel 1 y el 2 de la transición, es lo que ha llevado a la Agricultura Ecológica, ha ser solo un cambio de insumos, sin afectar adecuadamente las practicas de manejo con tecnología alternativa y la eficiencia esperada en el proceso hacia la sostenibilidad.

Como lo señala Gliessman (2.000), es importante incorporar practicas alternativas como: utilización de coberturas o incorporar leguminosas en la rotación de los cultivos, utilizar practicas de laboreo reducido, mas el mejoramiento de todas las practicas posibles incorporadas en el Nivel 1.

- **Nivel 3 de conversión:** Rediseñar el agorecosistema de manera de que funcione en base a un nuevo grupo de procesos ecológicos.

Se realiza el rediseño de la totalidad del agroecosistema, eliminando las distintas causas de los problemas existentes en los niveles anteriores. Se tienen en cuenta los distintos cambios posibles en la estructura de manera que el funcionamiento mejore en términos de sostenibilidad.

En esta etapa se busca solucionar a fondo los problemas que determinan los desequilibrios de los agroecosistemas que no permiten su estabilidad. En este momento es cuando se debe entender la finca como un sistema integrado (pecuario y agrario), que se encuentra en un contexto específico (identificar claramente las limitantes locales de clima, suelo), y que tienen un funcionamiento determinado por las leyes naturales.

En esta etapa es cuando se determina la complejidad de la estructura de la finca (ejemplo introducir especies pecuarias), diseñar la rotación de los cultivos, establecer los arreglos de cultivos (intercalados, en borde, etc), establecer los servicios ambientales (barreras vivas, cuerpos de agua).

La mayoría de las prácticas que promueven los entusiastas de la agricultura sustentable caen en las fases 1 y 2. Aunque estas dos fases ofrecen ventajas desde el punto de vista económico al reducir el uso de insumos agroquímicos externos y porque tienen un menor impacto ambiental, estos manejos dejan intacta la estructura del monocultivo y no conducen a que los agricultores realicen un rediseño productivo de sus sistemas (Power, 1999, en Altieri 2007).

A lo largo de las tres fases se guía el manejo con el objetivo de asegurar los siguientes procesos (Altieri, 1991):

- Aumento de la biodiversidad tanto sobre como debajo del suelo.
- Aumento de la producción de biomasa y el contenido de materia orgánica del suelo.
- Disminución de los niveles de residuos de pesticidas y la pérdida de nutrientes y agua.
- Establecimiento de relaciones funcionales y complementarias entre los diversos componentes del agroecosistema.
- Óptima planificación de secuencias y combinaciones de cultivos y animales, con el consiguiente aprovechamiento eficiente de recursos locales.

Por otra parte la sustitución de insumos, sigue el mismo paradigma de la agricultura convencional en la que el objetivo es superar el factor limitante, aunque esta vez se realiza con insumos alternativos y no agroquímicos. Este tipo de manejo ignora el hecho de que el factor limitante (una plaga, una deficiencia nutricional, etc.) no es más que un síntoma de que un proceso ecológico no funciona correctamente, y que la adición de lo que falta, hace poco por optimizar el proceso irregular. Es claro que la sustitución de insumos ha perdido su potencial agroecológico, pues no va a la raíz del problema sino al síntoma. (Altieri & Nicholls. 2007)

El agroecosistema, de manera integral, comprende los factores de producción que son manejados directamente por los productores, como el suelo, animales y las plantas, como también los que se encuentran en el entorno que igualmente afecta la gestión productiva (política, mercados).

En términos de acción en función del tiempo, son los elementos manejados con mayor autonomía por el agricultor, los que más rápido se pueden involucrar en el proceso de transición, mientras que los del entorno por lo general requieren el compromiso de más actores para poderlos incluir en esta dinámica de cambio.

Considerando que el agua está más determinada en su acceso o beneficio, bien sea por las condiciones climáticas que la limitan, o por los costos que se derivan de su extracción y distribución, junto con el marco legal que cada día regula más su uso, se puede en una primera instancia entender que los productores no tienen igual nivel de autonomía en su uso, como la puede tener para el suelo, el componente vegetal y el animal.

Por lo anterior, se puede esperar que el suelo y las prácticas relacionadas con su uso (laboreo, nutrición, protección), como las plantas (especies cultivadas, especies acompañantes, diseño de rotaciones y cultivo, entre otros), y los animales (de producción o espontáneos), sean en primera instancia objeto del proceso de transición, teniendo en cuenta que la búsqueda de la sostenibilidad es gradual en su desarrollo. No por ello se desconoce que la integralidad de las dimensiones ecológicas, económicas y sociales, son básicas en un ejercicio completo de la evaluación de la sostenibilidad.

5.5 El Sistema Agroecológico Rápido de Evaluación de Calidad de Suelos y Cultivos

Altieri y Nicholls (2001), desarrollaron el “Sistema Agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos en el agroecosistema de café”, como respuesta a los desafíos que enfrentan tanto agricultores, como extensionistas e investigadores por saber cuando un agroecosistema es saludable, o mas bien en que estado de salud se encuentra después de iniciada la conversión a un manejo Agroecológico. Esta primera propuesta de la metodología se utilizó en un trabajo con productores de café en la zona de Turialba, Costa Rica, en al año 2001.

El objeto de la metodología es poder utilizar indicadores sencillos de calidad de suelos y de cultivos para poder tomarle el “pulso” a un agroecosistema de manera periódica, gracias a un alto componente participativo de los productores, y durante el proceso de conversión de sistemas agrícolas convencionales hacia unos más sostenibles mediante la incorporación del manejo Agroecológico.

La metodología tiene en cuenta que los productores gracias a su diaria relación con el agroecosistema, tienen la capacidad de identificar y seleccionar indicadores asociados a su visión de la dinámica natural. Estos indicadores se pueden utilizar siempre y cuando no sean demasiado particulares de un sitio o criterio particular de un productor.

En términos de características, procedimientos e instrumentos, la metodología se puede describir de la siguiente manera:

5.5.1 Características generales

Tabla No. 1. Características generales del Sistema Agroecológico Rápido

Característica	Variables	Sistema Agroecológico Rápido
Tipo de evaluación (por la cantidad de dimensiones de la sostenibilidad evaluados)	-Integral: (todas las dimensiones de la sostenibilidad). - Parcial (no todas las dimensiones de la sostenibilidad)	Parcial: Evalúa la dimensión ambiental y dentro de ella directamente el componente edáfico y el de cultivo. Indirectamente evalúa el componente animal, y el hídrico
Utilización de recursos	-Rápida: requiere poco tiempo (días), compromete pocos técnicos especializados, no requiere de equipos o servicios	Rápida: dependiendo de factores de planificaron, tamaño del grupo de trabajo, tamaño del

	<p>especializados, los resultados se obtienen inmediatamente.</p> <p>- No rápida: requiere más tiempo (meses, años), acompañamiento permanente de personal técnico, servicios especializados y los resultados generalmente no se obtienen rápidamente.</p>	<p>predio, se estima que se puede evaluar y presentar los resultados de una finca en el lapso de uno a dos días, si se evalúa puntualmente.</p>
<p>Unidad de análisis (lote, predio, paisaje)</p>	<p>-Lote, predio: se estudia de manera individual partes de una finca o una finca completa, teniendo en cuenta la homogeneidad mínima para poder evaluar.</p> <p>-Paisaje: se evalúa el agroecosistema a nivel de paisaje, una de las unidades mas comunes es la cuenca hidrográfica.</p>	<p>-Lote o predio: se tiene en cuenta cierto nivel de homogeneidad para poder comparar lotes o fincas con manejos similares en contextos geográficos parecidos, para poder utilizar el mismo grupo de indicadores.</p>
<p>Nivel de participación de los productores</p>	<p>-Alta: los productores aportan elementos fundamentales en la aplicación metodología y pueden replicarla sin la presencia de técnicos.</p> <p>-Baja: los productores no pueden aportar elementos a la metodología, y no pueden replicarla sin la ayuda técnica.</p> <p>-Media: los productores participan en lagunas de las actividades.</p>	<p>-Alta: los productores participan activamente en la selección de los indicadores, la evaluación en campo, síntesis, presentación de resultados y formulación de alternativas.</p>
<p>Rangos y clases de medición de indicadores</p>	<p>-Sistema preestablecido: la metodología tiene preestablecido el número de rangos y clases.</p> <p>-Sistema abierto: se pueden crear distinto número de rangos y clases.</p>	<p>Preestablecido: tiene un rango lineal de 1 a 10 y tres clases de evaluación de las variables de calidad.</p>

Análisis e integración de resultados	<p>-Valoración directa: la medición cualitativa o cuantitativa de los indicadores no sufre modificación alguna.</p> <p>-Valoración indirecta: las mediciones cualitativas o cuantitativas de los indicadores, se integran mediante, reclasificaciones, índices o análisis multicriterio.</p>	Valoración directa: los valores asignados en el rango de 1 a 10 es el que se presenta en los resultados.
--------------------------------------	--	--

El ejemplo de la aplicación metodológica en el caso del café, determinó la selección de indicadores de calidad de suelo y de salud del cultivo, relevantes a los agricultores y a las condiciones biofísicas de los cafetales de la zona de Turrialba, Costa Rica. Con estos indicadores ya bien definidos, el procedimiento para medir la sostenibilidad es el mismo, independiente de la diversidad de situaciones que existen en las diferentes fincas de la región diagnosticada. La sostenibilidad se define entonces como un conjunto de requisitos agroecológicos que deben ser satisfechos por cualquier finca, independiente de las diferencias en manejo, nivel económico, posición en el paisaje, etc. Como todas las mediciones realizadas se basan en los mismos indicadores, los resultados son comparables de manera que se puede seguir la trayectoria de un mismo agroecosistema a través del tiempo, o realizar comparaciones entre fincas en varios estados de transición (Altieri & Nicholls, 2001).

5.6 La utilización de indicadores

Hay una necesidad urgente de desarrollar un conjunto de indicadores de comportamiento (performance) socioeconómico y agroecológico para juzgar el éxito de un proyecto, su durabilidad, adaptabilidad, estabilidad, equidad, etc. Estos indicadores de "performance" deben demostrar una capacidad de evaluación interdisciplinaria. Un método de análisis y desarrollo tecnológico no sólo se debe concentrar en la productividad, sino también en otros indicadores del comportamiento del agroecosistema, tales como la estabilidad, la sustentabilidad, la equidad y la relación entre éstos (Altieri & Nicholls, 2002).

Por otro lado, los indicadores son la herramienta más adecuada para evaluar y seguir el comportamiento de un sistema, en este caso agrícola. Si el objetivo es la sostenibilidad, dichos indicadores deben ser los suficientemente pertinentes en la escala temporal, del espacio, y de las condiciones de estudio, para que sean sensibles a los cambios realizados y permitan evidenciar el estado de sostenibilidad del mismo.

A manera de ejemplo, hay propiedades como la textura del suelo, que bajo condiciones de manejo agrícola, difícilmente se puede cambiar en un lapso de tiempo menor de 100 años. Es otro caso el de la materia orgánica o el contenido de nutrientes, que si pueden cambiar de acuerdo a las prácticas de manejo de los agricultores en un lapso de tiempo relativamente más corto.

5.7 Características de los indicadores

Esta perspectiva permite manejar dos grupos de indicadores de sostenibilidad. Un primer grupo de indicadores generales preestablecidos, relacionados con el funcionamiento ecosistémico, los cuales serian comparables entre distintos agroecosistemas, partiendo del principio que todos cumplen las funciones ecosistémicas pero en distintas magnitudes.

Y un segundo grupo de indicadores específicos, seleccionados en el sitio y de manera participativa con los productores interesados, relacionados con la calidad de los componentes del agroecosistema, que no son comparables con los obtenidos en otro lugar.

Por otro lado la medición de dichos indicadores se debe hacer de manera que sean confiables, sin necesidad de incurrir en grandes gastos económicos, de tiempo, o excesos técnicos, por lo tanto que sean comprendidos por los productores y técnicos rurales, logrando que ellos puedan continuar su monitoreo sin necesidad de la compañía permanente de un técnico especializado o con la utilización desmesurada de recursos.

Por otro lado la pertinencia de los indicadores esta relacionada con la posibilidad de demostrar los cambios que se puedan dar por las prácticas de manejo, como también en relación a los cultivos que se desarrollan.

5.8 Indicadores utilizados en las metodologías rápidas.

Una característica fundamental en las metodologías rápidas, es la congruencia de los indicadores respecto a este tipo de análisis de bajo nivel de inversión. Entre las principales características se citan las siguientes (Altieri & Nicholls, 2001)

- Ser relativamente certeros y fácil de interpretar.
- Ser suficientemente sensitivos para reflejar cambios ambientales y el impacto de prácticas de manejo sobre el suelo y el cultivo.
- Ser capaces de integrar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Poder relacionarse con procesos del ecosistema, como por ejemplo capturar la relación entre diversidad vegetal y estabilidad de poblaciones de plagas y enfermedades.

Adicionalmente se debe tener en cuenta que los indicadores deben medir los posibles cambios que ocurran en periodos de aproximadamente seis meses. Los indicadores pueden tener distintas maneras de ser medidos, pero se preferirán las mediciones que permitan que los productores fácilmente los puedan repetir, por ello no deben ser costosos, dispendiosos o difícilmente repetibles sin ayuda técnica externa.

5.9 El concepto de calidad de suelo

La escala de tiempo en la que el suelo se comporta como un recurso natural renovable, es mayor que la escala de tiempo de varias generaciones humanas, por lo cual, en escenarios productivos de corto y mediano plazo, no es fácil percibir claramente el efecto de un manejo indebido, hasta que por efecto acumulativo el suelo manifiesta de manera contundente su deterioro, y por ello cuando se detectan señales claras de degradación en el suelo, su recuperación a pesar de no ser imposibles, es muy difícil y costosa (Pérez, 1988).

La calidad del suelo radica en su capacidad de funcionar dentro de los límites ecosistémicos, para sostener la productividad biológica, manteniendo o mejorando la calidad del medio ambiente y promoviendo la salud de las plantas, animales y del hombre (Doran et al, 1994).

Este concepto tiende un puente muy valioso con el concepto de sostenibilidad y con su posibilidad de ser parte central de los procesos de evaluación. Indiscutiblemente el suelo es como el centro operativo de los agroecosistemas, en donde se funde con las plantas en infinidad de procesos, y por el cual fluye y se moviliza la energía y los nutrientes que permiten la dinámica productiva y su conservación en el tiempo.

Este concepto se trata mas extensamente en la introducción de la Guía metodológica anexa.

5.10 El concepto de calidad y salud de cultivos

Los indicadores de salud del cultivo se refieren a la apariencia del cultivo, el nivel de incidencia de enfermedades, la tolerancia del cultivo a estrés (sequía u otro factor) y a malezas, crecimiento del cultivo y raíces, así como rendimiento potencial. Las observaciones sobre niveles de diversidad vegetal (número de especies de árboles de sombra, e incluso malezas dominantes), diversidad genética (número de variedades de café), diversidad de la vegetación natural circundante, y tipo de manejo del sistema (ej. en transición a orgánico con muchos o pocos insumos externos), se hacen para evaluar el estado de la infraestructura ecológica del agroecosistema, asumiendo que un agroecosistema con mayor

diversidad específica y genética, un manejo diversificado que aprovecha las sinergias de la biodiversidad, y que está rodeado por vegetación natural, tiene condiciones de entorno más favorables para la sostenibilidad (Altieri & Nicholls, 2001).

Está bien documentado que en agroecosistemas policulturales, en general se produce un incremento en la abundancia de depredadores y parasitoides, ocasionado por una mejor disponibilidad de presas alternativas, fuentes de néctar y microhábitats apropiados (Altieri & Nicholls, 2004).

Este concepto se trata mas extensamente en la introducción de la Guía metodológica anexa.

6. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

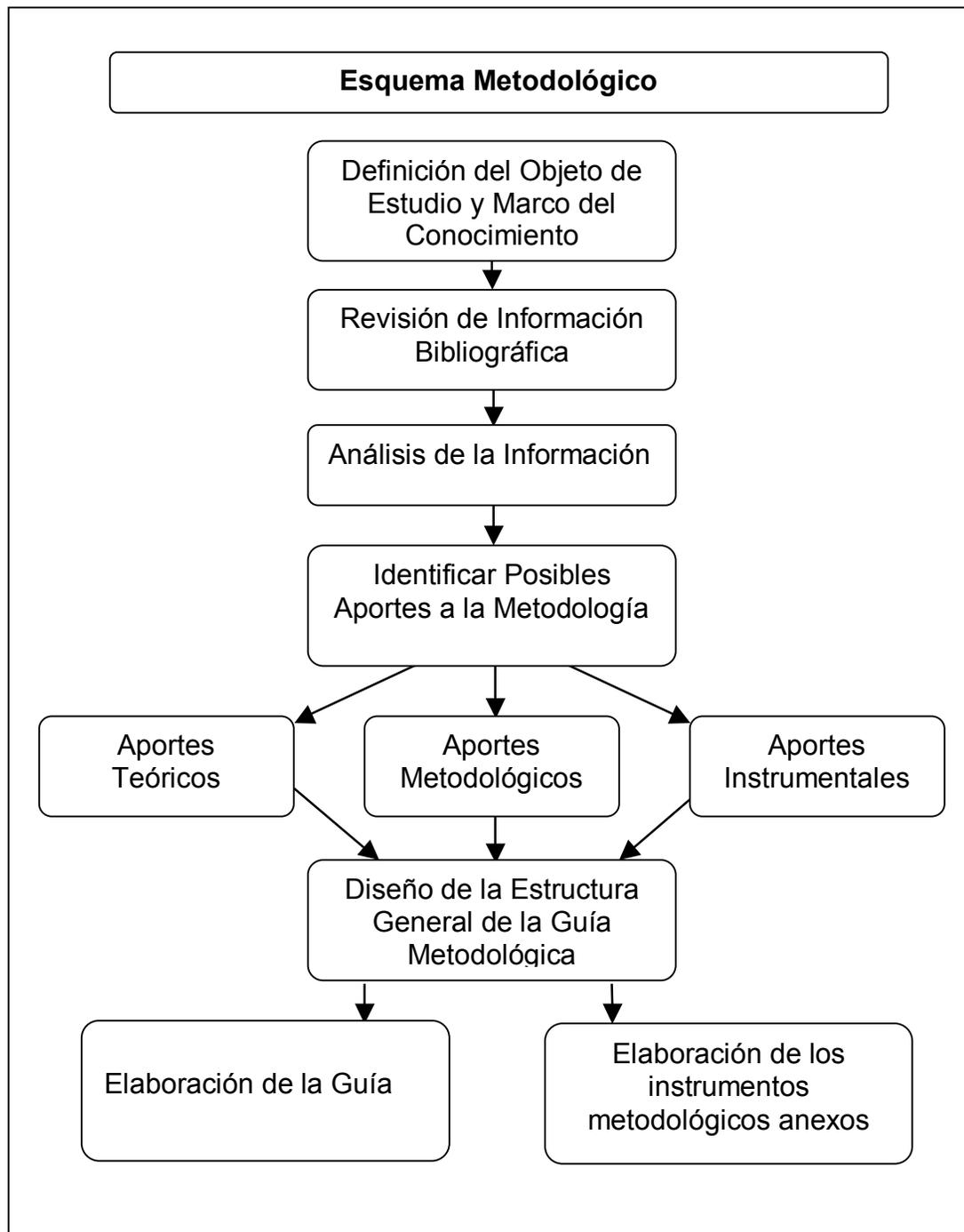
La metodología se compone de dos partes fundamentales. La primera corresponde al análisis de la información relacionada con el objeto de estudio y el consecuente diagnóstico en función de los posibles aportes a la propuesta inicial de la metodología del “Sistema Agroecológico Rápido”.

La segunda parte corresponde a la elaboración de la guía técnica de la metodología, teniendo en cuenta las características de la versión original y los posibles aportes diagnosticados.

El siguiente es el esquema metodológico, propuesto:

En primera instancia se plantearon los objetivos de estudio y el marco de conocimiento propio sobre el tema. Este aparte metodológico se define el objeto de estudio (la metodología de diagnóstico Agroecológico rápido), y su interrelación con los conceptos de sostenibilidad, evaluación de la sostenibilidad, el proceso de conversión de sistemas agropecuarios y los de calidad de suelos y de cultivos.

Revisión Bibliográfica: En este paso se clasificó la información bibliográfica disponible de manera física (libros, revistas, copias de artículos), la información conseguida por medio electrónico (documentos y lecturas de cursos), como otras fuentes.



Análisis de información: Se estudio la información con el fin de direccional la ruta a seguir hacia la identificación de aportes metodológicos, y que elementos se podían aportar.

Identificación posibles aportes a la Metodología: teniendo en cuenta las características de la metodología original y las necesidades predecibles de los productores, se identificaron los posibles aportes.

Diseño de la guía metodológica: con todos los elementos anteriores se diseña la estructura y todos los elementos de la Guía, buscando su funcionalidad.

7. RESULTADOS

7.1 Aportes sobre el enfoque teórico

7.1.1 Dirección de cambio o tendencia

Incluir como indicadores fijos en todas las evaluaciones, Balance de nutrientes (tomando solamente los nutrientes de los fertilizantes, abonos sólidos y foliares que entran al sistema como insumos importados, en relación a los nutrientes extraídos en el producto o subproductos, para un área definida y en un lapso de tiempo definido), de igual manera Balance de Materia Orgánica (tomando solo la MO como materia orgánica que entra al suelo proveniente de los abonos sólidos y líquidos, residuos de cosecha y otros, que sean importados como insumo, no como reutilización o reciclaje interno, en relación a la energía contenida en los productos y subproductos, para un área definida y en un lapso de tiempo definido).

Como estos indicadores están relacionados con el funcionamiento ecosistémico (Flujo de energía, ciclo de nutrientes), se consideran como universales e indispensables para poder identificar la dirección y tendencia del agroecosistema en términos de sostenibilidad.

7.1.2 Estructura para la aplicación

Se estimó que la mejor forma de realizar la aplicación metodológica es mediante una guía soportada en formatos preestablecidos con un orden de elaboración.

7.1.3 Definición de las unidades de estudio

La metodología se aplica a nivel predial (finca) y por lo tanto las posibles comparaciones de los resultados de su aplicación entre distintas fincas, requiere de un análisis previo que asegure un mínimo de elementos comunes que permitan dicha comparación. La profundidad de dicho análisis previo puede variar según el alcance que se le quiera dar, pero dadas las características de “Diagnostico rápido”, se deben seleccionar las variables mínimas que permitan la comparación de los resultados.

Teniendo en cuenta que la metodología se basa en la evaluación de los componentes suelo y planta, se prevé que la determinación de las tipologías de las unidades de estudio comparativo se base en estos mismos elementos.

7.1.4 Nivel de análisis de la metodología

Las fincas en las cuales se realice el estudio de diagnóstico rápido, pueden tener producción integrada (agrícola, pecuario), como también distintos cultivos y arreglos. Se deben estudiar las distintas consecuencias de tomar como nivel de análisis el ámbito predial, u otras unidades internas (lotes, parcelas), definiendo también si se analiza el funcionamiento global de la finca o de parte de ella.

7.1.5 Variabilidad interna de las fincas

Las fincas pueden tener un mismo cultivo y sistema de manejo, pero presentar variabilidad en los componentes de suelo y cultivos, que dificultan consolidar los resultados de la evaluación dentro de la misma finca, y más aún compararlos con otras fincas.

Igualmente los resultados pueden variar según la época en que se realicen las evaluaciones en campo, por ejemplo épocas húmedas o secas,. Por ello se deben determinar los criterios en cuanto el sitio en la finca, la frecuencia y época para realizar las evaluaciones, de manera que entreguen información consistente en función del tiempo, que faciliten analizar la tendencia en los cambios y también seleccionar las prácticas de manejo más adecuadas según los resultados.

7.1.6 Requerimientos de personal técnico

Es conveniente determinar cuanto personal técnico se requiere para la aplicación metodológica en relación con el número de productores participantes, como se conforman los equipos de trabajo, que nivel de formación se requiere, el tiempo de preparación, realización y acompañamiento posterior.

7.1.7 Participación de los productores

Cuando la metodología se aplica con varios productores, se debe tener en cuenta el tamaño de los grupos para trabajar la parte introductoria, la fase de campo, la fase de análisis y la fase de presentación de resultados.

También se debe tener en cuenta, los instrumentos y las dinámicas para facilitar la participación de los productores, de manera que los objetivos, procedimientos y resultados queden claros y sean útiles. El procedimiento participativo puede basarse en metodologías participativas ya existentes.

7.1.8 Recursos y procedimientos técnicos

La metodología se puede complementar documentando de manera ordenada y fácilmente comprensible, de manera esquemática, los procedimientos técnicos que se utilizan en los diagnósticos en campo, de manera que sean representativos y reproducibles.

Igualmente se debe analizar la posibilidad de anexar una lista de los indicadores mas utilizados, las características del suelo o los cultivos que los determinan, la forma de medirlos y los posibles rangos a utilizar.

En caso de requerir la utilización de algún equipo o herramienta específica, es conveniente determinar las características de los mismos.

7.1.9 Criterios de selección de indicadores

Los indicadores de calidad, se consideran como indicadores de estado no dinámico de los componentes del agroecosistema. Dada esta característica, por si solos no señalan tendencias de cambio en función del tiempo. Para que sea así, se deben medir varias veces en el tiempo el mismo indicador y en las mismas condiciones, para poder inferir cuales son las tendencias de variación debido al manejo que se realiza en el sistema finca.

Considerando que la metodología es rápida y practica, se debe analizar la necesidad y conveniencia de incorporar indicadores de función que complementen los de estado y permitan de manera simultanea poder identificar la dirección de los cambios que están ocurriendo con la implementación de las nuevas técnicas de manejo.

Una adecuada selección de indicadores es crucial para obtener buenos resultados en la aplicación de la metodología. Se debe considerar si es necesario y pertinente incluir dentro de la metodología, elementos deductivos a manera de guía que ayuden a seleccionar los indicadores mas adecuados para cada caso, o definitivamente dejar lo mas abierta posible la posibilidad para que los mismos productores con el apoyo de los técnicos, realicen la selección de indicadores.

Para alguna de las dos situaciones, también se debe tener en cuenta la posibilidad de tener una lista a manera de ayuda, de los indicadores mas utilizados.

7.1.10 Criterios para la selección de rangos de calificación de los indicadores

Los indicadores seleccionados se fundamentan en la medición de algunas características o propiedades de los suelos y de los cultivos. Estas características se relacionan con una valoración numérica asignada a criterio por los evaluadores, generando rangos de medición de acuerdo a las características de los cultivos. Estos rangos no tienen límites inferior ni superior, por lo cual se pueden hacer muy

subjetivos cuando se evalúa una característica que tiene una transición muy marcada entre las distintas clases.

Por ello se debe analizar la necesidad de incorporar para algunos indicadores, un numero mayor de rangos (actualmente son tres), y la inclusión de límites de rango.

También se debe tener en cuenta que hay una respuesta diferencial de los cultivos a las distintas características del suelo. Lo que puede ser adecuado para uno, puede ser limitante para otro. Para ello tener rangos con límites superiores e inferiores, podrían mejorar la evaluación sin incurrir y grandes esfuerzos.

7.1.11 Presentación de los resultados

La ameba ha demostrado grandes beneficios para la presentación de los resultados de evaluación de sostenibilidad, pero cuando se trata de presentar el resultado de varias fincas simultáneamente con el objeto de compararlas, se dificulta su visualización. Se propone estudiar una presentación alternativa para el caso de evaluaciones en varias fincas.

7.1.12 Retroalimentación

La metodología puede prever un sistema de retroalimentación a partir de las distintas aplicaciones, contextos geográficos, productivos, económicos y culturales, que permitan analizar su utilidad, seguir su cobertura de aplicación, recibir de parte de los usuarios sus experiencias en la utilización, darle seguimiento a los resultados obtenidos, y a partir de todo lo anterior implementar mejoras.

7.2 Aportes metodológicos

7.2.1 Identificación básica de las fincas para posteriores comparaciones.

Cuando la metodología se utiliza con el fin de evaluar a un grupo de fincas en un contexto geográfico delimitado, para determinar en conjunto cual es el estado en el proceso de la conversión y contar con elementos para identificar las mejores practicas a implementar, se requiere un mínimo de homogeneidad para poder hacer conclusiones.

Igualmente en la concertación de la selección de indicadores y determinación de las clases de evaluación, se dificultaría mucho tener un acuerdo si las condiciones en las distintas fincas del conjunto son muy contrastantes.

Los datos básicos de identificación de la fincas para estimar su mínima homogeneidad, son:

- Provincias (región, provincia administrativa, otros)
- Paisajes (montañas, colinas, altiplanos, valles coluviales, valles aluviales, sabana, vega, otros).
- Actividad agrícola principal (agrícola, pecuaria, producción integrada, otros)
- Cultivos principales (especie principal)
- Tamaños de las fincas (grande, mediano, pequeñas)
- Orientación de la producción (convencional, en transición, ecológica)

Si los productores en una alta mayoría comparten las mismas características básicas, se puede planear las siguientes actividades de la aplicación metodológica con grupos uniformes y en predios relativamente similares.

En el caso que las respuestas no sean generalizadas, se debe en conjunto con los productores identificar los grupos debido a sus particularidades, si el número de productores lo permite, y así facilitar el siguiente trabajo metodológico, especialmente el de campo.

7.2.2 Control de alta variabilidad interna en las fincas y los indicadores

La alta variabilidad que se puede presentar dentro de las fincas, se reduce en parte seleccionando las áreas de monitoreo. Estas áreas deben tener la mayor representatividad de las principales características de la finca y del manejo que realice el productor, y se deben identificar debidamente en el formato de descripción de cada predio, para realizar y repetir en ellas las mediciones de los indicadores.

Otro factor de variabilidad es la condición climática. Si es posible, la evaluación metodológica se debe realizar en condiciones climáticas promedias durante el año, para ello se debe definir esta condición y el mes o los meses en que ocurre. Se entiende por condiciones normales cuando el clima no es extremo y ocurre durante un alto porcentaje del tiempo.

Sin embargo se debe tener en cuenta que por la naturaleza de los indicadores propuestos en la metodología, hay unas recomendaciones generales para realizar su medición en campo de manera que no pierdan su representatividad. A manera de ejemplo, si se utiliza el indicador “Presencia y número de lombriz de tierra”, se recomienda hacer la medida en condiciones húmedas del suelo.

Por ello se anexa una lista de indicadores muy comunes en la valoración de calidad de suelos y cultivos, haciendo la recomendación de las épocas y condiciones de muestreo en campo. Si se proponen que la metodología se aplique de manera rutinaria, por ejemplo 2 veces al año, se espera que en dichas épocas las condiciones ambientales sean similares, y por lo tanto se seleccionen los indicadores mas adecuados para dichas circunstancias.

Otro factor de variabilidad, se relaciona con las prácticas de manejo, especialmente en cultivos de ciclo corto. Se pueden presentar cambios significativos en la valoración de los indicadores en relación a prácticas de manejo recientemente realizadas en el cultivo. Por ejemplo, el indicador “Profundidad efectiva”, puede variar sensiblemente si se han realizado prácticas de preparación de suelos. Otro ejemplo es el indicador “Nivel de infestación de plagas”, puede variar si se han hecho aplicaciones o controles sobre la población plaga.

A partir de todas las consideraciones anteriores, se debe tomar la posición de asumir como parte del criterio de selección de indicadores, la época en que se van hacer las mediciones (utilizando indicadores para dichas condiciones) o hacer un set de indicadores que se van a medir a lo largo de un periodo de tiempo, esperando el momento adecuado para cada uno de ellos.

Antes de identificar el indicador mas pertinente se debe realizar la aproximación a requerimientos de cultivo y condiciones locales, para poder hacer la selección más adecuada, luego de seleccionado el indicador se deben construir las clases dentro del rango de 1 a 10, para no tener que hacer ponderaciones por peso de importancia posteriormente, se hace directamente ajustando las clases al rango,

Por ejemplo para sembrar zanahoria se necesita profundidad efectiva 8, pero para espinaca se necesita profundidad 5 en comparación con lo que necesita la zanahoria, si valoramos así se castiga la calidad del suelo donde se cultiva espinaca, otros procesos como riesgo de percolación, mayores necesidades de agua para el riego, mayor costo de laboreo por laboreo profundo, mayor cantidad de abono, entre otros serian las posibles consecuencias de promover una mayor valoración para este indicador.

Evaluación general, lo primero que hay que descartar es la aptitud del cultivo principal de acuerdo a la oferta ambiental, seleccionando los criterios básicos mínimos y determinando si hay una restricción al ese uso que no se pueda modificar por lo tanto su aptitud general es negativa y así mismo la evaluación del diagnostico rápido se ve afectada desde el principio, bien sea con indicadores evaluados u otros no contemplados en calidad de suelos y cultivos, por ejemplo las condiciones medio ambientales.

Para ello en la guía debe aparecer luego de las instrucciones generales, el procedimiento de evaluación general de aptitud, para descartar posibles usos no aptos a condiciones locales.

Posibles criterios mínimos de aptitud general como filtro inicial, teniendo en cuenta el uso principal:

- Profundidad efectiva
- Temperatura promedio anual
- Precipitación promedio anual

- Pendiente
- Luminosidad.

La sostenibilidad está relacionada con el adecuado uso de los recursos ambientales, por ello se justifica hacer un primer paso de evaluación de aptitud general, de lo contrario la dirección del proceso de conversión será negativa lo cual se puede comprobar en parte con la verificación cruzada de indicadores de función ecosistémica (Balance de MO, Balance de nutrientes).

7.2.3 Rangos de medición de los indicadores

La versión original de la metodología determina la necesidad de organizar las clases descriptivas (características del indicador), en tres grupos teniendo en cuenta los valores extremos y medio del rango de medición (1 al 10). En el caso que los productores seleccionen de manera particular un indicador con muchas clases descriptivas, puede ser difícil agruparlas en los tres grupos estipulados, lo cual puede hacer que en un momento dado se tengan que agrupar forzosamente características del indicador que sean muy contrastantes.

Por ello se propone que los rangos de evaluación deben tener como mínimo tres grupos y como máximo cinco. Para ello en los formatos de evaluación se deja abierta la posibilidad para que los productores seleccionen la opción, acorde con sus criterios en la estimación de las clases descriptivas.

7.3 Aportes instrumentales

El aporte instrumental consiste en la concepción y diseño de una Guía Metodológica, la cual sintetiza toda la discusión y resultados de este trabajo. Esta Guía se elaboró con el fin de cumplir con el objetivo de ser una herramienta práctica para ser usada por productores y técnicos en campo, de manera que ayude a dar los primeros pasos en el análisis Agroecológico de sistemas productivos a nivel de finca, y sentar las bases de los planes de manejo acordes con este enfoque, especialmente cuando se inicia el proceso de conversión partiendo desde la dimensión ecológica.

La Guía se encuentra en el Anexo 1.

8. CONCLUSIONES

- Es necesario continuar diseñando y/o perfeccionando herramientas metodológicas prácticas que profundicen en la forma y criterios por los cuales se seleccionan los indicadores más pertinentes, sin sacrificar significativamente suficiencia.
- La evaluación de la sostenibilidad requiere de una conceptualización más profunda en búsqueda de interpretar debidamente la dinámica y procesos por los cuales los productores cambian e implementan sistemas más sostenibles. Comprender este fenómeno permitiría desarrollar mejores herramientas de evaluación de sostenibilidad, y estrategias de conversión.
- Las técnicas de evaluación rápida de la sostenibilidad, corren el riesgo en su paso por la practicidad en compartir algunos elementos con las metodologías de evaluación de aptitud agronómica.
- Es necesario dar la discusión sobre la simultaneidad de las dimensiones de la Agroecología y la realidad a la cual se enfrentan los productores con sus motivaciones y restricciones al cambio de sistema productivo.
- Hay que trabajar fuertemente en la interpretación y validación de los indicadores generados por los productores, para incorporarlos de manera sistemática en las metodologías de evaluación rápida.

9. BIBLIOGRAFIA

- Alonso A, Guzmán G. 2006. Evaluación comparada de la sostenibilidad agraria en el Olivar ecológico y convencional. En :Revista Agroecología. Vol. 1. Facultad de Biología, Universidad de Murcia, España.
- Altieri M.A. 1987. Agroecology. The Scientific Basis of Alternative Agriculture. Boulder: Wetsview Press.
- Altieri M.A. 1999. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan–Comunidad. Montevideo, Uruguay.
- Altieri M.A, Nicholls C.I. 2000.AGROECOLOGÍA, Teoría y práctica para una agricultura sustentable.1a edición. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. México D.F., México.
- Altieri MA, Nicholls CI. 2001.Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos en el agroecosistema de café. En: <http://www.agroeco.org/doc/SistAgroEvalSuelo2.htm>
- Altieri M.A, Nicholls C.I. 2005. Agroecology and the Search for a Truly Sustainable Agriculture.1st edition. United Nations Environment Programme Environmental Training Network for Latin America and the Caribbean. México D.F., México.
- Altieri MA, Nicholls CI. 2005. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. En: Revista DigitalEcosistemas.URL:http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=457&Id_Categoria=1&tipo=portada.
- Astier M, Hollands J. 2005. Sustentabilidad y Campesinado, seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica. Edit. Mundiprensa. México.
- Britto E. 1996. Evaluación de la sostenibilidad en las pasturas a través del tiempo en la altillanura Colombiana: Modelo de simulación. Tesis de maestría. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía. Santiago de Chile.
- Doran JW, Coleman DC, Bezdicek DF, Stewart BA. 1994. Defining soil quality for a sustainable environment. Proceedings of symposium of the Soil Science Society of America in Minneapolis, 1992. USA.
- Espinoza Y, Malpica L. 2006. Mediciones simples para evaluar el estado de la calidad y salud del suelo bajo pasturas. Revista Digital CENIAP HOY N° 11. INIA-CENIAP. Maracay, Venezuela.
- Ferreira J. 2005. Indicadores de qualidade do solo e de sustentabilidade em cafeeiros arborizados. Dissertação Mestrado em Agroecossistemas. Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Brazil.
- García R. 1996. Los animales en los sistemas agroecológicos. Primera Edición. La Habana. Cuba.
- Gliessman, S.R. 2000. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. Lewis Publishers. USA.
- Gliessman S.R. 2001. Agroecosystem sustainability: developing practical strategies. Book Series Adv. in Agroecology, CRC Press, Boca Raton, FL.
- González de Molina M. 2006. Agroecología y política, estrategias para el desarrollo de la agricultura ecológica en España. Ponencia en el VII Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Zaragoza, España.

- Gonzalvez V. 2002. Evaluación de la sostenibilidad agraria. En: La práctica de la agricultura y ganadería ecológicas. Edita: Comité Andaluz de Agricultura Ecológica. Sevilla, España.
- Guzmán Casado G.I, González de Molina M, Sevilla Guzmán E. (coord.) 2000. Introducción a la Agroecología como desarrollo rural sostenible. Mundi-Prensa. Madrid. España
- Jackson ML. 1964. Análisis químico de suelos. Ediciones Omega. Barcelona, España.
- Kabourakis E.1996. Prototyping and Dissemination of Ecological Olive Production Systems. A Methodology for Designing and First Step Towards Validation and Dissemination of Prototype Ecological Olive Production System (EOPS) in Crete. Published doctoral thesis. Wageningen, University, The Netherlands.
- Labrador J, Porcuna J. 2004. Aproximación a las bases técnicas de la Agricultura ecológica. En: Conocimientos, técnicas y productos para la agricultura y ganadería ecológica. Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España.
- López-Ridaura S. Maserá O, Astier M. 2002. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. the MESMIS framework.. In: Ecological Indicators 35 (2002) 1–14. Edit . Elsevier.
- Nicholls C.I, Altieri M.A. Bases agroecológicas para el manejo de la biodiversidad en agroecosistemas: efectos sobre plagas y enfermedades. En: http://www.agroeco.org/doc/Bases_agroecologicas.htm
- Pérez M.A. 1998. Agroecología y desarrollo rural sostenible. En: Memorias del primer curso de formación en agricultura sostenible. Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales-CIAA. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Chía, Colombia.
- Pérez, MA. 1998. Evaluación de la calidad del suelo. En: Asociación Colombiana de exportadores de flores- ASOCOLFLORES. Memorias del segundo congreso nacional del crisantemo. Rionegro, Colombia.
- Pérez M.A. 1999. Evaluación de la sostenibilidad predial en el sistema de producción bovino de leche en la sabana de Bogotá, Colombia. Tesis de Maestría en Agroecología, Universidad Internacional de Andalucía, España.
- Pierce F.J, Larson W.E. 1993. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. En: Coleman, J.W.,Bezdicek, D.C. and Stewart, B.A. (eds). Defining soil quality for sustainable environment. SSSA. Special publication No.35.
- Ribó M. 2004. Balance de Macronutrientes y materia orgánica en el suelo de agroecosistemas hortícolas con manejo integrado y ecológico. Tesis doctoral. Departamento de Recursos Naturales, Universidad de Valencia. España.
- Rosales F, Pocasangre L, Trejos J, Serrano E, Acuña O, Segura A, Delgado E, Pattison T, Rodríguez W, Staver C. 2006. Guía para el diagnóstico de la calidad y la salud de suelos bananeros. En: Memorias de la Reunión Internacional de la Asociación para la Cooperación e Investigación sobre el Banano en el Caribe y América Tropical. Santa Catarina, Brasil.

- Rossiter DG, Jimenez A, Van Wambeke A. 1995. Sistema Automatizado para la evaluación de tierras, Manual para usuarios. Cornell University. Ithaca, NY, USA.
- Rivero E, Irurtia C, Michelena R. 2002. Indicadores cuantitativos de calidad de suelo y salud de un cultivo de soja en siembra directa. Documento Técnico. INTA, Argentina.
- Sárandon SJ. 2002. La agricultura como actividad transformadora del ambiente. El impacto de la agricultura intensiva de la revolución verde. En: Agroecología: el camino hacia una agricultura sostenible. Editor: SJ. Sárandon. Ediciones Científicas Americanas. Cap. 30: 394-414. Argentina.
- Sárandon S, Zuluaga M, Cieza R, Gómez C, Janietic L, Negrete E. 2006. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de Indicadores. En: Revista Agroecología. Vol. 1. Facultad de Biología, Universidad de Murcia, España.
- Sevilla Guzmán E. 2006. Agroecología y agricultura ecológica: hacia una "reconstrucción" de la soberanía alimentaria. En: Revista Agroecología. Vol. 1. Facultad de Biología, Universidad de Murcia, España.
- USDA, 1999. Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. National Soil Survey, Center Natural Resources Conservation Service. USA.
- USDA, 2001. Guidelines for Soil Quality Assessment in Conservation Planning. Natural Resources Conservation Service, Soil Quality Institute. Department of Agriculture. USA.
- USDA. 2002. Field Book for Describing and Sampling Soils, Version 2.0. National Soil Survey, Center Natural Resources Conservation Service. USA.

ANEXO 1. GUIA METODOLOGICA

***SISTEMA AGROECOLÓGICO RÁPIDO DE
EVALUACIÓN DE CALIDAD DE SUELO Y
SALUD DE CULTIVOS***

Guía Metodológica

Agosto 2007

PRESENTACION

Esta Guía se ha desarrollado a partir de la propuesta “Sistema Agroecológico Rápido de Evaluación de Calidad de Suelo y Salud de Cultivos en el Agroecosistema de Café”, presentado por Miguel Altieri y Clara Nicholls. Esta guía busca aportar elementos prácticos al desafío de medir la evolución de los sistemas agrícolas hacia niveles de mayor sostenibilidad, mediante herramientas participativas y de fácil acceso para los productores en general, independientemente de su contexto geográfico, productivo o cultural.

La presente Guía fue elaborada por Miguel Angel Pérez B.², como parte del Programa Oficial de Postgrado en Agroecología 2006-2007, de la Universidad de Córdoba y la Universidad Internacional de Andalucía, de España.

² Agrólogo, MSc. Agroecología Universidad Internacional de Andalucía.
miperez39@hotmail.com

TABLA DE CONTENIDOS

Presentación	2
Introducción	5
Usos de la Guía	9
Parte1. Formatos de Aplicación	12
Formato 1. Lista de chequeo del proceso metodológico	13
Formato 2. Planificación general	14
Formato 3. Pág. 1. Caracterización general- grupos de productores	15
Formato 3. Pág. 2. Caracterización general- mapa general	16
Formato 4. Pág. 1. Caracterización básica de la finca	17
Formato 4. Pág. 2 Caracterización de la finca – mapa y zona de muestreo en la finca	18
Formato 5. Evaluación de indicadores – calidad de suelo	19
Formato 6. Evaluación de indicadores – calidad y salud de cultivos	21
Formato 7. Pág. 1. Integración de resultados - selección de alternativas de manejo	23
Formato 7. Pág. 2. Integración de resultados – grafica calidad de suelos	24
Formato 7. Pág.3 Integración de resultados – grafica calidad y salud de cultivos	25
Formato 8. Integración de resultados para grupos de productores	26
Parte 2. Indicadores y Clases descriptivas	27
1. Balance de nutrientes mayores	27
2. Balance de materia orgánica	32
3. Estructura del suelo	36
4. Profundidad efectiva	39
5. Actividad biológica del suelo	42
6. Estado de la materia orgánica superficial	45
7. Cobertura del suelo	45
8. Aireación del suelo	46
9. Control de la erosión	47
10. Velocidad de infiltración	47
11. Apariencia del cultivo	48
12. Crecimiento del cultivo	49
13. Resistencia o tolerancia al estrés	49
14. Control de plagas y enfermedades	50
15. Control de competencia por arvenses	51
16. Rendimiento	52
17. Diversidad genética	52
18. Diversidad específica y espacial de los cultivos	53
19. Vegetación natural en el agroecosistema	54
20. Sistema de manejo	55

Parte 3. Documentos de soporte	57
1. Indicadores para evaluación rápida agroecológica para cultivos de café	57
2. Indicadores de calidad de suelos y cultivos en plantación de soja	58
3. Coeficientes isohúmicos para diferentes fuentes de materia orgánica	59
4. Extracción de nutrientes por diferentes cultivos	60
5. Coeficiente de mineralización de nitrógeno para varios residuos de cultivo	61
6. Coeficiente de mineralización de la materia orgánica del suelo	62
7. Ejemplo lista de indicadores y clases descriptivas de la Guía.	63
BIBLIOGRAFIA DE LA GUIA	69

INTRODUCCIÓN

El presente texto introductorio hace parte del documento “Sistema Agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos en el agroecosistema de café”, presentado por Miguel Altieri y Clara Nicholls³, de la Universidad de California en Berkeley. Las citas bibliográficas en esta introducción se encuentran en el artículo original de los autores.

El texto se mantiene de manera integral con el objeto de poder transmitir dentro de esta Guía, el sentido y espíritu deseado por los autores de la propuesta metodológica.

“Uno de los objetivos por la cual muchos agricultores realizan una conversión desde un sistema de café convencional de monocultivo manejado con insumos agroquímicos, a un sistema más diversificado con árboles de sombra, es lograr una producción de calidad y estable, poco dependiente de insumos extremos, de manera de bajar los costos de producción y a la vez conservar los recursos naturales de la finca, tales como suelo, agua y agrobiodiversidad (Altieri 1995).

El objetivo final de los investigadores que desarrollan y promueven técnicas de manejo orgánico, es llegar a diseñar agroecosistemas que posean una alta resistencia a plagas y enfermedades, una alta capacidad de reciclaje y de retención de nutrientes, así como altos niveles de biodiversidad (Gliessman 1998). Un sistema más diversificado, con un suelo rico en materia orgánica y biológicamente activo, se considera un sistema no degradado, robusto y productivo. En otras palabras, un agroecosistema de café rico en biodiversidad, la cual a partir de una serie de sinergismos subsidia la fertilidad edáfica, la fitoprotección y la productividad del sistema, se dice ser sustentable o saludable (Fernández y Muschler 1999).

Uno de los desafíos que enfrentan tanto agricultores, como extensionistas e investigadores es saber cuando un agroecosistema es saludable, o más bien en que estado de salud se encuentra después de iniciada la conversión a un manejo agroecológico? Investigadores que trabajan en agricultura sostenible, han ideado una serie de indicadores de sostenibilidad para evaluar el estado de los agroecosistemas (Gómez et al. 1996, Masera et al. 1999). Algunos indicadores desarrollados, consisten en observaciones o mediciones que se realizan a nivel de finca para ver si el suelo es fértil y conservado, y si las plantas están sanas, vigorosas y productivas. En otras palabras, los indicadores sirven para tomarle el pulso al agroecosistema.

³ Altieri MA. Nicholls Cl. 2001. Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos en el agroecosistema de café. En: <http://www.agroeco.org/doc/SistAgroEvalSuelo2.htm>.

En este artículo presentamos una metodología para diagnosticar en cafetales la calidad del suelo y la salud del cultivo usando indicadores sencillos. Se utilizan indicadores específicos para los cafetales de la zona de Turrialba, Costa Rica, aunque con pocas modificaciones la metodología es aplicable a una gama de agroecosistemas en varias regiones. Los indicadores aquí descritos se eligieron porque son relativamente fáciles y prácticos de utilizar por agricultores, además de:

- Ser relativamente certeros y fácil de interpretar.
- Ser suficientemente sensitivos para reflejar cambios ambientales y el impacto de prácticas de manejo sobre el suelo y el cultivo.
- Ser capaces de integrar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Poder relacionarse con procesos del ecosistema, como por ejemplo capturar la relación entre diversidad vegetal y estabilidad de poblaciones de plagas y enfermedades (Altieri, 1994).

No hay duda que muchos agricultores cafetaleros poseen sus propios indicadores para estimar la calidad del suelo o el estado fitosanitario de su cultivo. Algunos reconocen ciertas malezas que indican por ejemplo un suelo ácido o infértil. Para otros la presencia de lombrices de tierra es un signo de un suelo vivo, y el color de las hojas refleja el estado nutricional de las plantas. En una zona como Turrialba, se podría compilar una larga lista de indicadores locales, el problema es que muchos de estos indicadores son específicos de sitio y cambian de acuerdo al conocimiento de los agricultores o a las condiciones de cada finca. Por esto es difícil realizar comparaciones entre fincas, usando resultados provenientes de indicadores diferentes.

Con el objetivo de superar esta limitante, hemos seleccionado indicadores de calidad de suelo y de salud del cultivo, relevantes a los agricultores y a las condiciones biofísicas de los cafetales de la zona de Turrialba, Costa Rica. Con estos indicadores ya bien definidos, el procedimiento para medir la sostenibilidad es el mismo, independiente de la diversidad de situaciones que existen en las diferentes fincas de la región diagnosticada.

La sostenibilidad se define entonces como un conjunto de requisitos agroecológicos que deben ser satisfechos por cualquier finca, independiente de las diferencias en manejo, nivel económico, posición en el paisaje, etc. Como todas las mediciones realizadas se basan en los mismos indicadores, los resultados son comparables de manera que se puede seguir la trayectoria de un mismo agroecosistema a través del tiempo, o realizar comparaciones entre fincas en varios estados de transición.

Quizás lo más importante es que una vez aplicados los indicadores, cada agricultor puede visualizar el estado de su finca observando que atributos del suelo o de la planta andan bien o mal en relación a un umbral preestablecido. Cuando la metodología se aplica con varios agricultores, se puede visualizar las fincas que muestran valores tanto bajos como altos de sostenibilidad. Esto es útil para que los agricultores entiendan porque ciertas fincas se comportan ecológicamente mejor que otras, y que hacer para mejorar los valores observados en fincas con valores menores.

Los indicadores de sostenibilidad

Una vez definidos los requerimientos de sostenibilidad de los cafetales (diversidad de cultivos, suelo cubierto y rico en materia orgánica, baja incidencia de enfermedades, etc.), se seleccionaron 10 indicadores de calidad de suelo y 10 de indicadores de salud del cultivo. Estos indicadores fueron discutidos con agricultores miembros de la Asociación de Productores Orgánicos de Turrialba (APOT) y validados con los agricultores en cinco fincas de miembros de APOT, por los autores de este trabajo y por 18 profesionales que atendieron un curso internacional de Agroecología realizado en CATIE, Turrialba del 20-25 de Agosto del 2001.

Cada indicador se estima en forma separada y se le asigna un valor de 1 a 10 (siendo 1 el valor menos deseable, 5 un valor moderado o medio y 10 el valor mas preferido) de acuerdo a las características que presenta el suelo o el cultivo según atributos a observar para cada indicador (Tabla 1). Por ejemplo en el caso del indicador estructura de suelo, se asigna un valor 1 a aquel suelo que es polvoso, sin gránulos (o agregados) visibles, un valor 5 a un suelo con algo de estructura granular, y cuyos gránulos se rompen fácil bajo una suave presión con los dedos, y un valor 10 a un suelo fiable y granuloso. Con agregados que mantienen su forma aun después de humedecidos y sometidos a una presión leve. Por supuesto que se pueden asignar valores entre 1 y 5 o 5 y 10, según las características observadas. Cuando un indicador no es aplicable para la situación, simplemente no se mide, o se reemplaza si es necesario por otro que el investigador y el agricultor estimen más relevante.

También en la medida que el usuario se familiariza con la metodología, las observaciones se pueden hacer más agudas usando algunos instrumentos adicionales. Por ejemplo, en el caso del indicador 10 de calidad de suelo, además de observar directamente signos de actividad biológica (presencia de invertebrados y lombrices), es posible aplicar un poco de agua oxigenada a una muestra de suelo y ver el grado de efervescencia. Si hay poca o nada de efervescencia, esto indica que ese suelo tiene poca materia orgánica y poca actividad microbiana. Cuando hay bastante efervescencia, entonces el suelo es rico en materia orgánica y en vida microbiana. También si después de la adición de unas 2-3 gotas de ácido hidroclicórico no hay efervescencia, entonces lo más

probable es que no hay presencia de carbonatos en el suelo, un dato importante en la estimación del indicador 5 de calidad de suelo.

Los indicadores de salud del cultivo se refieren a la apariencia del cultivo, el nivel de incidencia de enfermedades, la tolerancia del cultivo a estrés (sequía u otro factor) y a malezas, crecimiento del cultivo y raíces, así como rendimiento potencial. Las observaciones sobre niveles de diversidad vegetal (número de especies de árboles de sombra, e incluso malezas dominantes), diversidad genética (número de variedades de café), diversidad de la vegetación natural circundante, y tipo de manejo del sistema (como ejemplo: en transición a orgánico con muchos o pocos insumos externos) se hacen para evaluar el estado de la infraestructura ecológica del cafetal, asumiendo que un cafetal con mayor diversidad vegetal y genética, un manejo diversificado que aprovecha las sinergias de la biodiversidad y que esta rodeado por vegetación natural tiene condiciones de entorno mas favorables para la sostenibilidad (Guharay et al. 2001).

Una vez que se asignan los valores a cada indicador, se suman los valores obtenidos y se divide por el número de indicadores observados, y se saca un valor promedio de calidad de suelo y otro de salud del cultivo. Las fincas que den valores de calidad de suelo y o de salud del cultivo inferior a 5 se consideran que están por debajo del umbral de sostenibilidad, y que por lo tanto ameritan manejos que corrijan aquellos indicadores que exhiben valores bajos.

Los valores de los indicadores son mas fáciles de observar graficando los valores observados en cada finca en una figura tipo ameba, en la que es posible visualizar el estado general de la calidad del suelo o la salud del cultivo, considerando que mientras más se aproxime la ameba al diámetro del círculo (valor 10) más sostenible es el sistema. La ameba permite también observar que indicadores están débiles (bajo 5) de manera de poder priorizar el tipo de intervenciones agroecológicas necesarias para corregir ciertos atributos del suelo, el cultivo o el agroecosistema. A veces interviniendo para corregir un solo atributo (incrementando la diversidad de especies o el nivel de materia orgánica en el suelo) es suficiente para corregir una serie de otros atributos. La adición de materia orgánica por ejemplo, además de incrementar la capacidad de almacenamiento de agua, puede aumentar la actividad biológica del suelo, la que a su vez puede mejorar la estructura del suelo

Los promedios de varias fincas se pueden graficar, permitiendo visualizar el estado de las fincas en relación al umbral 5 de calidad de suelo y salud de cultivo. Esto permite identificar además las fincas que presentan promedios altos, transformándose así en una especie de faros agroecológicos, en los cuales será importante entender cuales son las interacciones y sinergismos ecológicos que explican porque el sistema funciona bien.

Lo clave aquí no es tanto que los agricultores copien las técnicas que usa el agricultor faro, sino más bien que emulen los procesos e interacciones promovidos por la infraestructura ecológica de esa finca, que conllevan al éxito del sistema

desde el punto de vista de calidad de suelo y salud fitosanitaria. Puede ser que en la finca faro la clave es la alta actividad biológica o la gran cobertura viva del suelo. Los agricultores circundantes no necesariamente tienen que usar el mismo tipo de compost o cobertura que el agricultor faro, más bien deben usar técnicas a su alcance pero que conlleven a optimizar los mismos procesos”.

USOS DE LA GUÍA

Tipo de evaluación

Esta guía se puede utilizar de varias maneras teniendo en cuenta las necesidades de los productores o técnicos que la aplican, como parte de la evaluación de la sostenibilidad (Sárandon, 2002).

Las maneras generales de utilizar la guía, son:

- Hacer una evaluación puntual *per se*, de una finca sin comparaciones en el tiempo ni el espacio.
- Hacer mediciones periódicas a lo largo del tiempo, para monitorear cambios o tendencias en la calidad del suelo y los cultivos, debido a un sistema de manejo establecido constantemente para una parcela, finca o conjunto de fincas similares.
- Comparar los valores medidos obtenidos en una finca o conjunto de fincas similares, con los valores de una condición de calidad de suelos y cultivos considerada como estándar o de referencia.
- Realizar comparaciones entre distintos sistemas de manejo para determinar sus respectivos efectos sobre la calidad del suelo y de los cultivos, bien sea dentro de áreas similares dentro de una finca, o entre fincas similares dentro de una región.
- Realizar mediciones en una finca o conjunto de fincas similares, comparativamente con las condiciones del ecosistema natural predominante en la región.

En la **Parte 1**, el proceso como tal es guiado por los distintos formatos elaborados para la implementación metodológica, y siguen un orden que facilita a los productores y técnicos de apoyo, realizar el ejercicio de evaluación.

En la **Parte 2.** "Indicadores y Clases descriptivas", se presentan 20 indicadores, unos con explicación extensa y otros de manera resumida. Para todos se presentan las tablas denominadas "Clases Descriptivas del Indicador", en las cuales se explican de manera agrupada la combinación de los distintos criterios tenidos en cuenta para valorar el indicador y de esa manera colocar el rango de 1 a 10, que se considera adecuado.

Las distintas clases no se valoran previamente con un rango, debido a que son los productores con su conocimiento del entorno local y experiencia, los que mejor pueden valorar cada clase, teniendo en cuenta la particularidad de los cultivos y prácticas de manejo.

Por otro lado, al listar las distintas clases descriptivas no significa que la asignación de los rangos se debe realizar en el mismo orden, ya que hay valoraciones lineales y no lineales según el requerimiento óptimo para un cultivo o agroecosistema específico (Rossiter y otros, 1995).

Se presenta el siguiente ejemplo:

Ejemplo 1. Valoración lineal de los rangos

Clases Descriptivas del indicador (Guía)

Balance de Nutrientes Clases descriptivas	Rangos (del 1 al 10)
Entradas muy deficitarias o desbalanceadas de nutrientes mayores, el % de balance de cada nutriente es < 60%. O por lo menos dos nutrientes tiene un % de balance > 250%.	1-3
Entradas deficitarias o desbalanceadas de nutrientes mayores, máximo dos nutrientes no compensan las salidas y el % de balance total esta entre 60 a 90%. O un nutriente tiene un % de balance > 250%.	3 - 6
Equilibrio de las entradas y las salidas, el % de balance de cada nutriente esta entre 90 a 150%.	6 - 8
Equilibrio en el balance y mejoramiento del contenido de nutrientes , el % de balance de cada nutriente esta entre 150 a 250%.	8-10

En este caso, el orden de los rangos coincide con el orden de las clases descriptivas, ya que se entiende que la clase "**Equilibrio en el Balance y mejoramiento en el contenido de nutrientes**", debe recibir el valor máximo (8-10), para todos los cultivos o agroecosistemas que se evalúen.

Ejemplo 2. Valoración no lineal de los rangos

Clases descriptivas del indicador (Guía)

Velocidad de infiltración Clases descriptiva	Rangos (del 1 al 10)
Muy Lento , < 1,5 cm/ hora.	1 - 2
Lento, 1,5 – 5,0 cm/ hora.	2 - 4
Moderado, 5,0 – 15,5 cm/hora	8 - 10
Rápido, 15,5 – 50,0 cm/hora	6- 8
Muy rápido, > 50,0 cm/hora	4 - 6

La valoración no lineal, se relaciona de manera más estrecha con las características del cultivo, condiciones ambientales y otras propiedades del suelo, de manera que la clase con el mayor rango (8-10), para el cultivo que se evalúa en este caso es “**Moderado**”, y no lo es “Muy rápido”.

Como se ve, los rangos pueden compartir un valor similar en sus límites inferiores y superiores (1-2 y 2-4), y se hace con el fin de no recurrir a decimales en la valoración de los rangos. Para todo efecto, se entenderá para esta guía que los límites no comparten los valores y se pueden interpretar como si tuvieran decimales (1-1,99 y 2–3,99), de manera que las clases siempre son independientes.

La última consideración, es en la cual los indicadores seleccionados siempre deben expresarse en términos de creciente sostenibilidad, de manera que no toque recurrir a conversiones innecesarias para poder expresarlos y representarlos guardando igual sentido que los demás indicadores.

Por ello se debe procurar que los indicadores interpreten directamente la tendencia de sostenibilidad del mismo. Es decir a mayor valor de rango contribuye más a la sostenibilidad del agroecosistema. Esto evitara errores de interpretación y conversiones innecesarias (Sárandon, 2002).

Ejemplos: “Control de la erosión” es más adecuado que “Riesgo de erosión”, “Control de Plagas y enfermedades” es más adecuado que “Daño de plagas y enfermedades”.

Por último, en la **Parte 3**, se encontraran algunas tablas con información útil y una versión de la lista de indicadores y clases descriptivas basadas en esta Guía.

PARTE 1. FORMATOS DE APLICACION

Los instrumentos y recursos corresponden a todos los formatos y documentos de soporte disponibles para realizar la implementación metodológica, bajo un orden y criterio que permitan obtener resultados confiables.

El proceso como tal cumple las siguientes etapas:

Etapas 1. Planificación

En esta etapa se realizan todas las actividades previas al trabajo directo en campo. Es importante que los productores participen de esta etapa con el objeto de generar pertinencia al proceso desde el comienzo del mismo.

Se busca en esta etapa realizar todas las actividades de comunicación, programación, consecución de instalaciones y materiales, preparación de las metodologías participativas, presupuestos, entre otros.

Siendo la aplicación una metodología “rápida” en campo, no la exime de la debida planificación que determine un éxito desde el punto de vista operativo y genere este mismo espíritu entre los productores.

Etapas 2. Evaluación

Esta etapa se realiza en campo con la mayor participación de los productores. Las principales actividades realizadas son:

- Caracterización General de la zona o región.
- Identificación conjunta de los objetivos del ejercicio.
- Seleccionar el tipo de evaluación que se realizara.
- Seleccionar los indicadores mas adecuados para la zona y los cultivos.
- Realizar los ajustes necesarios en las clases descriptivas.
- Caracterizar las fincas y medir los indicadores en ellas.

Etapas 3. Análisis y Resultados

- Análisis y presentación de resultados
- Selección de alternativas de manejo y monitoreo

A continuación se presentan los formatos, guardando el orden de estas etapas:

LISTA DE CHEQUEO DEL PROCESO METODOLOGICO

Región:	Asociación:	Formato 01
Fecha de elaboración:	Quien elaboró:	Pagina 01

Paso	Actividad	✓
Planificación General	Se verifico el proceso de planificación. (Formato 02)	
Caracterización General	Se define el contexto geográfico, nivel de aptitud general, grupos de fincas similares, mapa general. (Formato 03)	
Objetivos	Los productores identifican y determinan los objetivos de la aplicación de la metodología.	
Definición del tipo de evaluación	Se acuerda hacer una evaluación puntual, dinámica, individual o comparativa. (Documento 01)	
Selección de Indicadores	Se seleccionan los indicadores más pertinentes, se escogen las técnicas de medición. (Documento 02)	
Ajuste de las clases descriptivas	Se ajustan las clases descriptivas a los rangos de evaluación teniendo en cuenta particularidades de los usos agrícolas de la zona. (Formato 04)	
Caracterización de la Finca	Se toman los datos básicos, se hace un croquis de la finca, se escoge la zona y transepto de muestreo, se anotan los manejos y otras características generales. (Formato 05)	
Evaluación de los Indicadores	Se evalúan los indicadores según los rangos seleccionados, en zona de muestro escogida y en el numero de repeticiones estimadas (Formato 06)	
Análisis y presentación de resultados	Se realizan las sumas de las mediciones, se interpretan las debilidades y fortalezas, se acuerda la forma de presentar y se realiza la presentación de resultados (Documento 03)	
Selección de alternativas de manejo y monitoreo	De acuerdo a los resultados obtenidos analizar y seleccionar las alternativas de manejo y de monitoreo estimadas para mejorar la gestión. (Documento 04; Formato 07)	

PLANIFICACION GENERAL

Región:	Asociación:	Formato 02
Fecha de elaboración:	Quien elaboró:	Página 01

Paso	Actividad	✓
Contactos y comunicación	Se realizan los contactos formales y se establece un canal de información que permita la organización de las actividades. Se busca información general sobre la zona, actividades productivas, características culturales, otros.	
Participantes	Están identificados los productores interesados en utilizar la metodología, los técnicos locales que realizan acompañamiento, representantes de la administración local, otros posibles participantes. Recolectar información sobre experiencias anteriores de trabajo en grupo de los productores, experiencia productiva, y características especiales asociadas al manejo de los agroecosistemas.	
Herramientas participativas	Se cuenta con la base teórica y práctica de distintas herramientas y dinámicas participativas que apoyen la implementación de la metodología. Se conocen las necesidades de tiempo, personal, materiales y otros, para la utilización de las herramientas participativas.	
Equipos, herramientas de campo, materiales	Se estiman las necesidades de equipos herramientas de campo y materiales, teniendo en cuenta la posible disponibilidad en la zona de trabajo, el transporte, el acceso a la zona de trabajo, tamaño del grupo de productores y fincas a trabajar.	
Locaciones y facilidades	Se identifica y confirma la disponibilidad de locaciones para realizar los trabajos participativos con los productores, disponibilidad de energía, equipos y herramientas audiovisuales, alojamiento, alimentación, servicios, otros, según sea el caso.	
Programación Inicial	Con la información anteriormente colectada, se realiza una planificación inicial determinando fechas, lugares, horas de trabajo, actividades, participantes, materiales, equipos.	
Estimación de costos	Se realiza la valoración económica de las actividades propuestas en la programación inicial.	

SISTEMA AGROECOLÓGICO RÁPIDO DE EVALUACIÓN DE CALIDAD DE SUELO Y SALUD DE CULTIVOS

CARACTERIZACION GENERAL- Grupos de Productores

Región:	Asociación:	Formato 03
Fecha de elaboración:	Quien elaboró:	Pagina 01

Paisaje y Clima	Actividad Principal	Cultivo principal	Tamaño de Fincas	Orientación	No. Productores

Opciones

Montaña	Calido	Agrícola,	Nombrar la principal	Grande	Convencional
Colina	Medio	Pecuaria	especie cultivada. Si la	Mediana	Transición
Valle	Frío	Integrada	actividad es pecuaria	Pequeña	Ecológica
Planicie,		Otros	nombrar los pastos.	Otras	Otras.
Otros					

Total =

CARACTERIZACION BASICA DE LA FINCA

Nombre del Productor:	Nombre de la Finca:	Formato 04
Fecha de elaboración:	Quien elaboró:	Pagina 01

Características	Descripción
Paisaje y relieve	
Precipitación, temperatura, estaciones, tipo o periodos climáticos	
Tamaño de la finca, mano de obra, destino de la producción	
Actividad principal, cultivos mas importantes y rotaciones	
Orientación de la producción, tiempo bajo esta orientación	
Laboreo del suelo, frecuencia, equipos, herramientas	
Tipo de riego, frecuencia, fuente de agua	
Pesticidas, frecuencia, objetivo de control	
Fertilizantes y abonos, tipo, cantidad, forma de aplicación	
Eventos anteriores, inundaciones, fuego, tala, otros	
Problemas reconocidos, salinidad, acidez, zonas húmedas, plagas, enfermedades, herbáceas	
Selección y delimitación de la zona de estudio (parcela, lote, toda la finca)	

EVALUACION DE INDICADORES – Calidad de Suelo

Nombre del Productor:	Nombre de la Finca:	Formato 05
Fecha de elaboración:	Quien elaboró:	Pagina 01

1. Indicador: _____

Clase descriptiva	Rangos (del 1 al 10)	Valor en campo

2. Indicador: _____

Clase descriptiva	Rangos (del 1 al 10)	Valor en campo

3. Indicador: _____

Clase descriptiva	Rangos (del 1 al 10)	Valor en campo

4. Indicador: _____

Clase descriptiva	Rangos (del 1 al 10)	Valor en campo

5. Indicador: _____

Clase descriptiva	Rangos (del 1 al 10)	Valor en campo

EVALUACION DE INDICADORES – Calidad de Suelo

Nombre del Productor:	Nombre de la Finca:	Formato 05
Fecha de elaboración:	Quien elaboró:	Pagina 02

6. Indicador: _____

Clase descriptiva	Rangos (del 1 al 10)	Valor en campo

7. Indicador: _____

Clase descriptiva	Rangos (del 1 al 10)	Valor en campo

8. Indicador: _____

Clase descriptiva	Rangos (del 1 al 10)	Valor en campo

9. Indicador: _____

Clase descriptiva	Rangos (del 1 al 10)	Valor en campo

10. Indicador: _____

Clase descriptiva	Rangos (del 1 al 10)	Valor en campo

Sumatoria	
Promedio Calidad de Suelos (sumatoria/10)	

EVALUACION DE INDICADORES – Calidad y Salud de Cultivos

Nombre del Productor:	Nombre de la Finca:	Formato 06
Fecha de elaboración:	Quien elaboró:	Pagina 01

1. Indicador: _____

Clase descriptiva	Rangos (del 1 al 10)	Valor en campo

2. Indicador: _____

Clase descriptiva	Rangos (del 1 al 10)	Valor en campo

3. Indicador: _____

Clase descriptiva	Rangos (del 1 al 10)	Valor en campo

4. Indicador: _____

Clase descriptiva	Rangos (del 1 al 10)	Valor en campo

5. Indicador: _____

Clase descriptiva	Rangos (del 1 al 10)	Valor en campo

EVALUACION DE INDICADORES – Calidad y Salud de Cultivos

Nombre del Productor:	Nombre de la Finca:	Formato 06
Fecha de elaboración:	Quien elaboró:	Pagina 02

6. Indicador: _____

Clase descriptiva	Rangos (del 1 al 10)	Valor en campo

7. Indicador: _____

Clase descriptiva	Rangos (del 1 al 10)	Valor en campo

8. Indicador: _____

Clase descriptiva	Rangos (del 1 al 10)	Valor en campo

9. Indicador: _____

Clase descriptiva	Rangos (del 1 al 10)	Valor en campo

10. Indicador: _____

Clase descriptiva	Rangos (del 1 al 10)	Valor en campo

Sumatoria	
Promedio Calidad y Salud de Cultivos (sumatoria/10)	

SISTEMA AGROECOLÓGICO RÁPIDO DE EVALUACIÓN DE CALIDAD DE SUELO Y SALUD DE CULTIVOS

Integración de Resultados - Selección de Alternativas de Manejo

Nombre del Productor:	Nombre de la Finca:	Formato 07
Fecha de elaboración:	Quien elaboró:	Página 01

Calidad de Suelos

Indicador	Valor en Campo	Alternativas de Manejo y Monitoreo

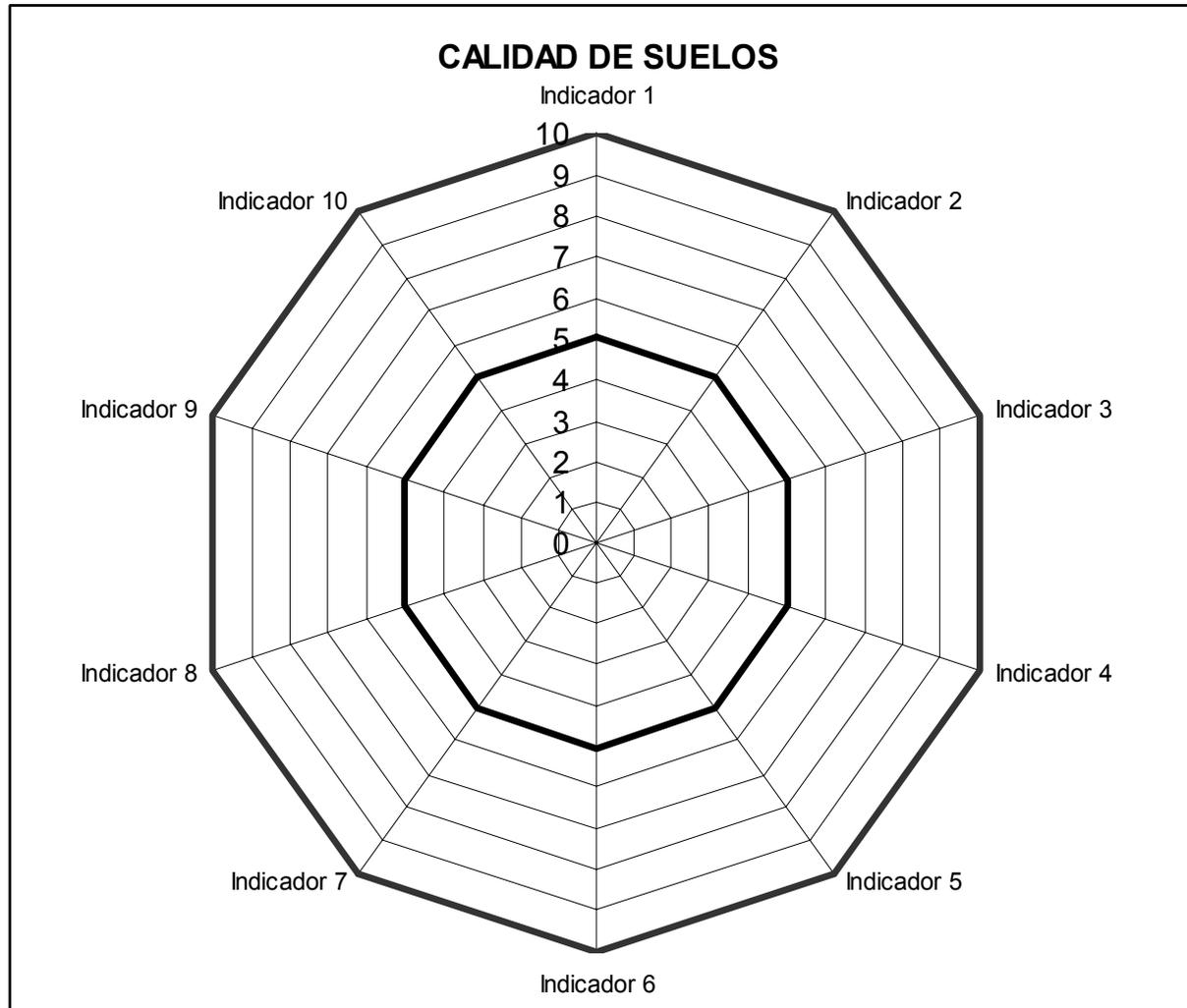
Calidad y Salud de Cultivos

Indicador	Valor en Campo	Alternativas de Manejo y Monitoreo

SISTEMA AGROECOLÓGICO RÁPIDO DE EVALUACIÓN DE CALIDAD DE SUELO Y SALUD DE CULTIVOS

Integración de Resultados – Grafica Calidad de Suelos

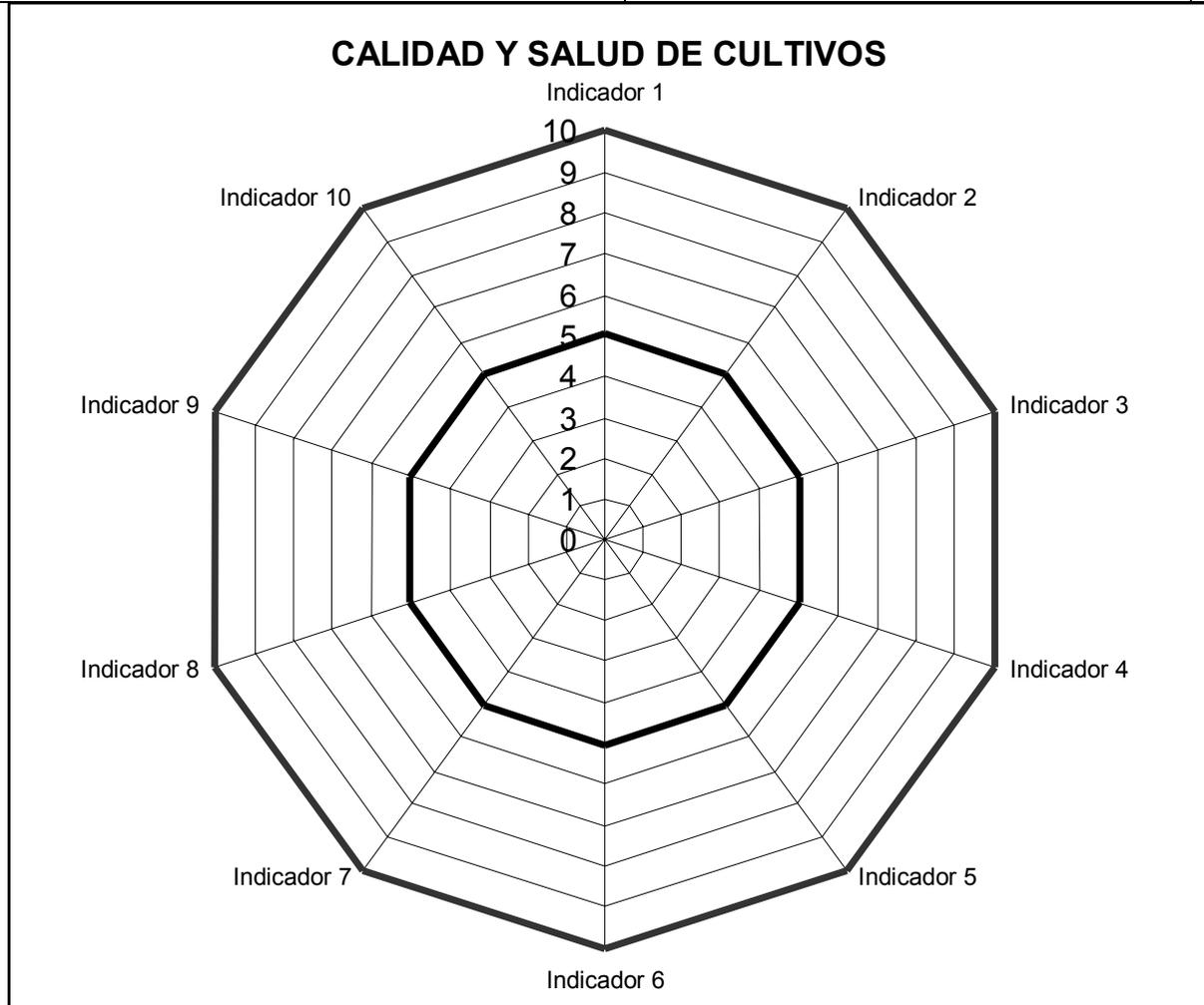
Nombre del Productor:	Nombre de la Finca:	Formato 07
Fecha de elaboración:	Quien elaboró:	Pagina 02



SISTEMA AGROECOLÓGICO RÁPIDO DE EVALUACIÓN DE CALIDAD DE SUELO Y SALUD DE CULTIVOS

Integración de Resultados – Grafica Calidad y Salud de Cultivos

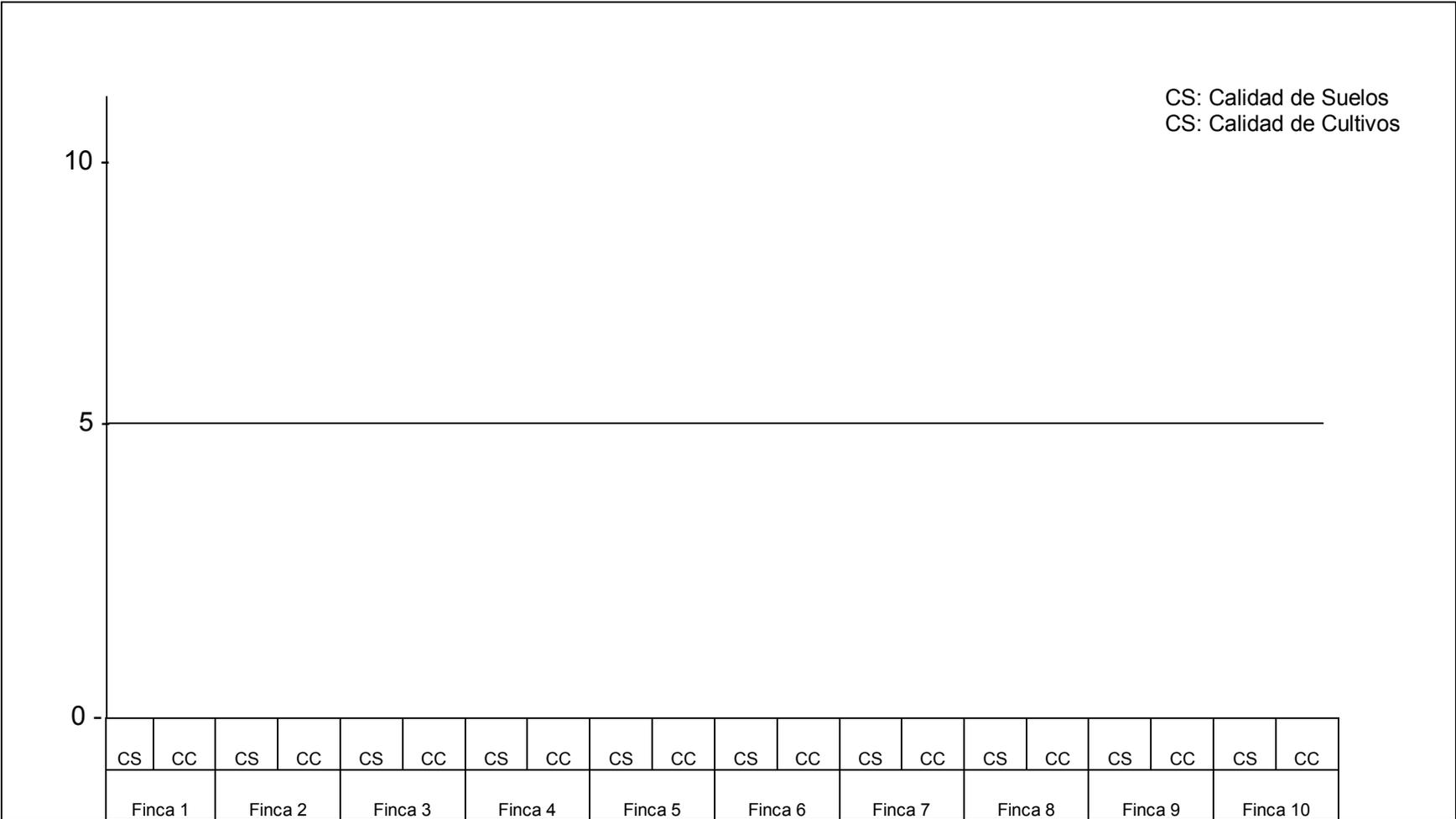
Nombre del Productor:	Nombre de la Finca:	Formato 07
Fecha de elaboración:	Quien elaboró:	Pagina 03



SISTEMA AGROECOLÓGICO RÁPIDO DE EVALUACIÓN DE CALIDAD DE SUELO Y SALUD DE CULTIVOS

Integración de Resultados para Grupos de Productores

Región:	Nombre de la Organización:	Formato 08
Fecha de elaboración:	Quien elaboró:	Página 01



PARTE 2. INDICADORES Y CLASES DESCRIPTIVAS

A continuación se presentan algunos indicadores explicados de manera extensa, otros de manera resumida y finalmente una lista de distintos indicadores utilizados en diferentes aplicaciones, de manera que toda la información sirva como referencia para el uso de la presente guía.

1. BALANCE DE NUTRIENTES MAYORES

Este indicador evalúa comparativamente la entrada en los insumos a la unidad de estudio (finca, lote, parcela) de los elementos mayores (nitrógeno, fósforo, potasio), en relación a las salidas de los mismos elementos que ocurren en la extracción de los productos o subproductos.

Como origen de las entradas se considera la disponibilidad real de nutrientes que ofrecen los fertilizantes, abonos y enmiendas orgánicas o minerales que contengan estos elementos y que provienen fuera de la unidad de estudio. No se considera la energía implícita utilizada en la fabricación de los insumos, ni tampoco la energía de la labor humana o animal tal como se hace en los estudios de eficiencia energética, ya que esta energía no se utiliza directamente en el metabolismo del suelo, que es lo que se quiere resaltar con estos indicadores.

Las salidas se consideran como la extracción de los nutrientes en los productos y subproductos que salen físicamente de la unidad de estudio y que por lo tanto no regresan bajo ninguna modalidad de reciclaje o re-uso.

El ciclaje interno, abonos verdes, restos de cosecha, aportes de la cobertura vegetal, estiércol depositado en la misma parcela de pastoreo, la fijación de nitrógeno libre, las pérdidas por lixiviación, erosión, escorrentía, volatilización, en este caso se consideran como parte de la eficiencia interna del sistema suelo-planta, que repercuten positiva o negativamente en las necesidades de nutrientes en proporción a lo extraído.

El indicador propuesto trata de evidenciar de manera indirecta precisamente la eficiencia con la cual el sistema utiliza los nutrientes que se adiciona al suelo, en relación a la extraída por los cultivos en forma de producto, y que tendencia se produce en términos de mejorar o no la calidad de los suelos.

Se considera para estos indicadores que un sistema de manejo en el cual las entradas son mayores que las salidas, el suelo y las plantas se beneficiaran por un proceso acumulativo que permita mejorar la calidad de los suelos con su respectivo efecto en los cultivos.

Un sistema de manejo en el cual las entradas son iguales a las salidas, mantendrá su estado actual, bien sea este marginal o potencial para el desarrollo de los cultivos.

Cuando el sistema de manejo hace que las entradas sean menores que las salidas, se produce deterioro de la calidad de los suelos y por lo tanto afecta el desarrollo de los cultivos.

Métodos de medición en campo

La medición de esos indicadores se hace en relación a un área de estudio determinada (lote, parcela, finca), y un periodo de tiempo que generalmente es un año, para facilitar normalizar los resultados y poder hacer comparaciones.

En campo se deben coleccionar los datos relacionados con la producción en fresco en el área estudiada, los insumos utilizados para la fertilización, abonamiento orgánico, y en el caso que el agua de riego utilizada contenga cantidades importantes de nutrientes, también se debe incluir en los cálculos.

La demás información necesaria se consigue en tablas de contenidos o reportes de laboratorio, de nutrientes de los fertilizantes, abonos orgánicos, y de los productos cosechados.

BALANCE DE NUTRIENTES Pag.1

Finca (o parcela): _____

Año de análisis: _____

Área de la Finca (o parcela): _____

Entradas (año)

	Insumo	1.	2.	3.	4.	Suma
1	Cantidad usada (kg/año)					
2	% materia seca (%)					
3	Cantidad en materia seca (kg/año) 1x2					
4	% de nitrógeno (%N)					
5	%de fósforo (%P)					
6	% de potasio (%K)					
7	Entrada nitrógeno (kg/año) 3x4					
8	Entrada fósforo (kg/año) 3x5					
9	Entrada de potasio (kg/año) 3x6					

Salidas (año)

	Producto	1.	2.	3.	4.	Suma
1	Producción (kg/año)					
2	% materia seca (%)					
3	Producción en materia seca (kg/año) 1x2					
4	% de nitrógeno (%N)					
5	%de fósforo (%P)					
6	% de potasio (%K)					
7	Salida nitrógeno (kg/año) 3x4					
8	Salida fósforo (kg/año) 3x5					
9	Salida potasio (kg/año) 3x6					

Señalar como se expresan: Fósforo (P o P2O5) Potasio (K o K2O)

Balance anual de nutrientes

	Suma entradas nitrógeno (kg/año) 3x4	Suma entradas fósforo (kg/año) 3x5	Suma entradas de potasio (kg/año) 3x6	Suma entradas NPK (kg/año)
1. ENTRADAS				
	Suma salidas nitrógeno (kg/año) 3x4	Suma salidas fósforo (kg/año) 3x5	Suma salidas de potasio (kg/año) 3x6	Suma salidas NPK (kg/año)
2. SALIDAS				
	NITROGENO (Kg/año)	FOSFORO (Kg/año)	POTASIO (kg/año)	NPK (kg/año)
BALANCE (1 – 2)				
% de Balance (1/2)x 100				

Clases Descriptivas del indicador (Guía)

Balance de Nutrientes Clases descriptivas	Rangos (del 1 al 10)
Entradas muy deficitarias o desbalanceadas de nutrientes mayores, el % de balance de cada nutriente es < 60%. O por lo menos dos nutrientes tiene un % de balance > 250%.	
Entradas deficitarias o desbalanceadas de nutrientes mayores, máximo dos nutrientes no compensan las salidas y el % de balance total esta entre 60 a 90%. O un nutriente tiene un % de balance > 250%.	
Equilibrio de las entradas y las salidas, el % de balance de cada nutriente esta entre 90 a 150%.	
Equilibrio en el balance y mejoramiento del contenido de nutrientes, el % de balance de cada nutriente esta entre 150 a 250%.	

Observaciones

- Tener en cuenta que si el suelo tiene un contenido muy bajo de un elemento específico, aportes importantes que sobrepasen el 250% de los requerimientos pueden recuperar esta condición rápidamente, pero con el riesgo de generar desequilibrios con otros nutrientes, como también potencializar las pérdidas (lixiviación, volatilización, desnitrificación, fijación, inmovilización, otras).
- Para realizar el monitoreo se recomiendan métodos semicuantitativos (pruebas de campo) y/o cuantitativos (laboratorio), para verificar las tendencias de pérdida, equilibrio o acumulación.
- Asegurarse que el fósforo y el potasio se expresen de la misma manera en las entradas y las salidas, ($\%P \times 2,29 = \%P2O5$; $\%K \times 1,20 = \%K2O$; $\%P2O5 \times 0,44 = \%P$; $\%K2O \times 0,83 = \%K$).
- Recordar que hay muchos factores que determinan una mayor o menor eficiencia en la práctica de fertilización y abonamiento orgánico. Estos son los factores que hay que tratar de controlar mediante las prácticas de manejo adecuadas. Entre los factores están: tipo y fuente del fertilizante o abono, tipo y condición del suelo, condiciones climáticas, condición del cultivo, sistema de aplicación, entre otros.
- La verificación cruzada se puede hacer con los indicadores: rendimiento actual de los cultivos, apariencia de los cultivos, crecimiento de los cultivos.
- Considerar que en algunas regiones el agua de riego puede ser una fuente importante de nutrientes que ingresan al suelo y por lo tanto hay que entrar a valorar sus aportes.
- El cultivo de leguminosas puede fijar nitrógeno atmosférico en cantidades muy variables y de acuerdo a muchos factores. Sin embargo se debe contemplar la posibilidad de tener un suelo con balance negativo (Insumo – producto) de nitrógeno, pero al ser un cultivo de leguminosa o al tener esta especie continuamente en las rotaciones, no se manifiestan problemas en los cultivos, por lo cual se puede ajustar el rango de las distintas clases descriptivas.
- Se recomienda evaluar este indicador luego de un ciclo anual completo y antes de sembrar de nuevo. Para los cultivos permanentes se recomienda evaluar este indicador luego de la cosecha principal.

2. BALANCE DE MATERIA ORGANICA

La materia orgánica en el suelo es la mayor fuente de energía disponible para los microorganismos y su acumulación en forma de humus permite mejorar innumerables cualidades de los suelos.

El concepto de balance de la materia orgánica utilizado en este indicador, se refiere a la diferencia en magnitud entre la materia orgánica que entra al suelo que se humifica, y la que se pierde por el proceso de mineralización, todo dentro del periodo de un año.

Esta apreciación es general y no profundiza en detalles que supondrían mayor dedicación en la evaluación, sin embargo es una buena indicación en un proceso de evaluación rápida, respecto a la pérdida, equilibrio o ganancia de materia orgánica en el suelo.

Se entiende también para este indicador, que las tasas de formación de humus a partir de la materia orgánica que entra al suelo, según su composición puede tener distintas tasas de formación de humus que se acumulan para su posterior mineralización. El balance propuesto se basa en el modelo de Henin-Dupuis (Ribó, 2004), en el cual solo se tiene en cuenta la tasa de humificación del primer año y no se analiza la humificación de la materia orgánica restante en los siguientes años.

Entendiendo esta limitante de la metodología se tiene en cuenta que es recomendable en lo posible verificar la evolución del contenido de la materia orgánica del suelo por medio de análisis químicos, y si es posible ajustar los coeficientes para mejorar los resultados en la utilización de este indicador.

Como fuente de entrada de materia orgánica no humificada se consideran todas las sustancias utilizadas para acondicionar o nutrir el suelo, con carbono orgánico en su constitución. Estas fuentes pueden ser: compost, boccachi, turba, melazas, purines, estiércoles, residuos agroindustriales. Igualmente se deben cuantificar los aportes de residuos de cosecha, tanto de la parte aérea como la de raíces, debido a la importancia que toman para algunos cultivos en cuanto aportes de materia orgánica residual. La estimación de cuanta materia orgánica humificada se forma a partir de todas las fuentes de entrada de materia orgánica, se utiliza el coeficiente de humificación (isohúmico) $K1$. Este coeficiente trata de ajustar la magnitud del proceso de humificación a partir fundamentalmente de la relación C/N, de la materia fresca.

La salida de la materia orgánica del suelo en este indicador, es la ocurrida por la mineralización de la misma. Este proceso se ve afectado por múltiples variables como la temperatura, la humedad, el tipo, frecuencia y profundidad del laboreo, la textura del suelo, la relación C/N del suelo, la actividad biológica, entre otros.

Para estimar que cantidad de la materia orgánica se pierde del suelo por mineralización en el lapso de un año, se utiliza el coeficiente de mineralización K_2 , el cual se expresa en porcentaje y se aplica directamente sobre la cantidad de materia orgánica del suelo expresada en materia seca.

La materia orgánica fresca, parcialmente humificada y muy humificada, tienen un contenido de carbono orgánico distinto. Normalmente se utiliza como factor de conversión 1,72 para convertir carbono orgánico del suelo en materia orgánica del suelo, pero los materiales orgánicos frescos deben utilizar un factor mayor. Por esta razón en este indicador y metodología de diagnóstico rápido, se prefiere trabajar con el concepto de Materia Orgánica, más que con el de carbono orgánico.

BALANCE DE MATERIA ORGANICA

Finca (o parcela): _____

Año de análisis: _____

Área de la Finca (o parcela): _____

ENTRADAS

	Fuente	1.	2.	3.	4.	Suma
1	Cantidad aportada (kg/año)					
2	% materia seca (%)					
3	Cantidad en materia seca (kg/año) 1x2					
4	Coefficiente isohúmico K1					
5	Total M.O formada (kg/año) 3x4					

SALIDAS

		Valor
1	Área del suelo estudiado (metros ²)	
2	Profundidad de muestreo del suelo (metros)	
3	Volumen de suelo (metros ³) 1x2	
4	Densidad aparente del suelo	
5	Peso del suelo (kilos) 3 x 4 x 1.000	
6	% de suelo seco (%)	
7	Peso de suelo seco (kilos) 5 x 6	
8	% de materia orgánica del suelo	
9	Total de materia orgánica del suelo (kilos) 7 x 9	
10	Coefficiente de mineralización k2	
11	Total de materia orgánica mineralizada (kg/año) 9 x 10	

BALANCE DE MATERIA ORGANICA

Kilos %

%

1	Sumatoria totales de M.O formada (kg/año)		
2	Total de materia orgánica mineralizada (kg/año)		
3	Balance de materia orgánica 1 – 2 y 1/2 (para el %)		

Clases Descriptivas del indicador (Guía)

Balance de Materia Orgánica Clases descriptivas	Rangos (del 1 al 10)
Muy bajo aporte de MO fresca y de utilización de residuos de cultivos, % de balance de materia orgánica menor al 30%.	
Bajo aporte de MO fresca y de utilización de residuos de cultivos, % de balance de materia orgánica menor al 60%.	
Aporte medio de MO fresca y de utilización de residuos de cultivos, % de balance de materia orgánica entre 60%.y el 99%	
Equilibrio y acumulación de materia orgánica y adecuada utilización de residuos de cultivos, % de balance de materia orgánica es > 100%	

Observaciones

- Se recomienda estimar la cantidad de residuos aéreos y de raíces producidas por los cultivos, ya que pueden constituirse en un momento dado en la mayor fuente de aportes de materia orgánica fresca.
- Teniendo en cuenta que existen muchos factores que determinan la tasa de formación y de mineralización, se recomienda realizar el monitoreo de la materia orgánica del suelo mediante análisis cuantitativos y ajustar los coeficientes utilizados en el calculo de este indicador.
- En la Parte 3 de esta guía se puede encontrar información sobre coeficientes isohúmicos y de mineralización.
- Se recomienda tomar la profundidad del suelo de 0,3 metros para los cálculos del indicador, ya que en este se produce entre el 80 y el 100% de la acumulación y la mineralización de la materia orgánica en los suelos.
- Se recomienda evaluar este indicador al finalizar un ciclo anual completo de cultivo antes de realizar la nueva siembra y por lo tanto sin disturbar el suelo.

3. ESTRUCTURA DEL SUELO

Las plantas necesitan buenas condiciones dentro del perfil del suelo para que sus raíces puedan profundizar y explorar el mayor volumen posible, en búsqueda de nutrientes, oxígeno y agua. Igualmente la estructura es determinante en varios procesos como el de la evolución de la materia orgánica, la dinámica hídrica, el flujo de aire y el desarrollo de otros organismos distintos a las plantas.

La estructura del suelo es el arreglo y organización de las partículas en el suelo y está fuertemente afectada por cambios en el clima, la actividad biológica y las prácticas de manejo. La estructura del suelo afecta la retención y transmisión de agua y aire en el suelo, así como sus propiedades mecánicas. La observación y descripción de la estructura del suelo en el campo es subjetiva y cualitativa (USDA, 1999).

Para el crecimiento de las plantas es deseable disponer de una condición física en la cual el suelo sea un conjunto óptimamente friable, suelto y poroso de agregados, que permitan libre movimiento de agua y aire, fácil cultivación, y una germinación y crecimiento de raíces no obstruidos (USDA, 1999).

El índice de la estructura del suelo es una estimación de calidad que indica el grado de cercanía con las condiciones descritas arriba. Por lo general, cuanto más alto es el valor del índice mejor es la capacidad del suelo de transmitir agua y aire y de promover el crecimiento y desarrollo de las raíces (USDA, 1999).

Los procesos involucrados en el desarrollo de la estructura del suelo son los siguientes (USDA, 1999):

- Secado y humectación que causan contracción y expansión creando así fisuras y canales.
- Congelación y descongelación, que crean espacios cuando se forma hielo.
- Acción de las raíces (remoción de agua, aporte de exudados (materiales orgánicos), y formación de canales).
- Acción de los animales del suelo (removiendo materiales del suelo, haciendo cuevas y poniendo al mineral y a los materiales orgánicos en estrecha asociación).
- Acción de microorganismos descomponiendo residuos de plantas y animales y creando materia orgánica del suelo y humus como material ligante).

De la estructura del suelo se evalúa en campo las siguientes variables:

Tipo generales de estructura

Es la forma en que las unidades fundamentales o “peds”, se organizan dentro del suelo. Los tipos de estructura, son: granular, bloques, laminar, columnar y prismática. Cuando no hay estructura definida se reconocen dos formas: masiva y granos sueltos

Clases por tamaño de la estructura.

Es la clasificación en función del tamaño en que se presentan las unidades fundamentales de cada tipo de estructura. Se debe tener en cuenta el tipo de cultivo que se evalúa con esta variable, ya que para los cultivos de siembra directa y de semillas pequeñas, se puede necesitar un tamaño medio y no uno grande o muy grande de la estructura.

Clase por tamaño	Laminar (mm)	Prismática y Columnar (mm)	Bloques (mm)	Granular (mm)
muy fina	< 1	< 10	< 5	< 1
fina	1 - 2	10 - 20	5 - 10	1 - 2
media	2 - 5	20 - 50	10 - 20	2 - 5
grande	5 - 10	50 - 100	20 - 50	5 - 10
muy grande	> 10	> 100	> 50	> 10

Fuente: Adaptado de USDA, 1999.

Grado de la estructura

Hace relación al grado de definición de la estructura e indirectamente a la propiedad de mantenerse al momento de disturbar el suelo.

Débil	Agregados o “peds” son apenas reconocibles al observarlos in situ en suelo húmedo. Cuando es removida, la estructura se quiebra fácilmente y genera pocos agregados o “peds” observables
Moderada	Los agregados o peds están moderadamente bien formados y bien definidos in situ. Cuando son removidos, son observables numerosos agregados bien formados
Fuerte	Los agregados o “peds” están bien formados y son muy evidentes, in situ. Cuando se la disturba, la estructura se quiebra en agregados o “peds” muy evidentes y bien definidos.

Fuente: Adaptado de USDA, 1999.

Consistencia de los agregados

Se relaciona con la resistencia de los agregados a mantener su forma al momento de soportar una fuerza. Esta propiedad es muy variable con el contenido de humedad, por lo cual se debe tener una humedad de referencia para realizar en lo posible esta prueba. Los tipos de consistencia son:

Poco consistentes	se rompen fácilmente ante la presión con los dedos
Consistentes	requieren una presión moderada con los dedos para romperse
Muy consistentes	requieren una presión mayor para romperse

Fuente: Adaptado de USDA, 1999.

Clases descriptivas del indicador (Guía)

Estructura del suelo Clases descriptiva	Rangos (del 1 al 10)
Sin estructura (masiva o granos sueltos) o cualquier tipo de estructura, con grado débil, tamaño muy fino y poco consistentes.	
Sin estructura o granular, bloques, laminar, columnar y prismática, con grado débil a moderado, tamaño fino a medio y poco consistentes	
Granos simples, granular, bloques, laminar, columnar y prismática, con grado moderado a fuerte, tamaño medio a grande y moderadamente consistentes	
Granular, bloques, laminar, columnar y prismática, con grado fuerte, y tamaño grande, muy grande y consistentes.	

Observaciones

- Se recomienda tomar la profundidad del suelo de 0,3 metros para las mediciones del indicador. En la zona de muestreo se deben tomar por lo menos 3 medidas para tomar el promedio o interpretar la condición media.
- Se recomienda evaluar este indicador al finalizar un ciclo anual completo de cultivo antes de realizar la nueva siembra y por lo tanto sin afectar la condición por las prácticas de manejo (mecanización o laboreo del suelo).
- Condiciones extremas de humedad (suelo seco o muy húmedo), pueden afectar la interpretación del indicador.

- La técnica básica en campo es la utilización de una pala con la cual se toman muestras en la sección de control (0-30 cm de profundidad), sacando muestras lo menos disturbadas posibles y estimar las variables que conforman el indicador.

4. PROFUNDIDAD EFECTIVA

Se entiende como la profundidad en la cual las raíces de las plantas cultivadas se pueden desarrollar sin ninguna limitante en búsqueda de agua, aire y nutrientes. Entre las posibles limitantes se encuentran: pedregosidad dentro del perfil del suelo, condiciones químicas adversas, capas compactadas resistentes a la penetración, nivel freático alto o condiciones de exceso de humedad durante largo tiempo en la zona de raíces.

Las raíces que crecen a través de capas de suelo restrictivas están sometidas a cambios morfológicos, particularmente crecimiento impedido y engrosamiento. Las raíces así afectadas son generalmente más cortas, más gruesas y de formas más irregulares. El sistema de raíces más cortas explora un volumen de suelo menor, en busca de nutrientes vegetales y agua, obligando a la planta a un consumo más veloz de nutrientes y de agua por unidad de longitud de raíz. Asimismo más energía fotosintética es necesaria para mantener el crecimiento de raíces que aún se produce. Todos estos factores pueden ocasionar estrés en las plantas, el que eventualmente, puede causar una reducción del crecimiento y de la productividad de los cultivos. (USDA, 1999).

La profundidad efectiva se debe evaluar en función del tipo de cultivo y su hábito radicular, ya que prácticas de manejo pueden modificar esta propiedad y se deben ajustar a los requerimientos de las raíces y no necesariamente para alcanzar la máxima profundidad efectiva.

Cuando las raíces de las plantas no alcanzan a explorar la profundidad óptima dentro del perfil del suelo, o se ven sometidas a condiciones temporales que tengan efectos sobre su funcionamiento, se presentan varias situaciones que lo indican.

Una de ellas es la deformación de las raíces que puede presentarse de varias maneras. El horquillamiento anormal, que ocurre cuando la raíz encuentra obstáculos muy resistentes a la penetración, y determina una división de la raíz, para permitir continuar con su profundización modificando su patrón de crecimiento.

Otra forma es el cambio de dirección de la totalidad de la raíz, lo cual indica que la planta trata de evitar una condición anormal, bien de origen físico como químico.

Para todos los casos, es fundamental conocer con anterioridad los requerimientos básicos de profundidad para el crecimiento normal de las raíces del cultivo, o cultivos de mayor interés para cada caso, como también su capacidad de penetración radicular.

Cuando la limitante de la profundidad efectiva no se puede solucionar de manera práctica (técnica y económicamente), determina la necesidad de cambiar de cultivos con hábitos radiculares más acordes con la situación local.

En campo se evalúan las siguientes características de los suelos que sirven para medir este indicador:

Resistencia del suelo a la penetración

Es la fuerza con la cual el suelo impide la penetración de las raíces. Esta fuerza se puede medir cuantitativamente mediante algunos equipos especializados (penetrómetro), pero a falta de ellos se puede valorar cualitativamente mediante la utilización de una varilla recta resistente y de aproximadamente 0,5 a 0,7 cm. de diámetro, que se introduce verticalmente cerca de los tallos de las plantas. La necesidad de ejercer una gran fuerza para penetrar el suelo con la varilla, se interpreta como un suelo muy resistente a la penetración de las raíces.

Para el caso de cultivos con raíces muy profundas se recomienda excavar lateralmente al tallo de las plantas una calicata con las dimensiones mínimas que permitan tomar la medida horizontalmente en la profundidad requerida. Se debe tener en cuenta la capacidad del cultivo para penetrar el suelo para diferenciar las clases por resistencia a penetración.

	Resistencia a la penetración
Muy resistente	Suelo muy resistente a la penetración y/o el cultivo tiene baja capacidad de penetración
Resistente	Suelo resistente a la penetración y/o el cultivo tiene baja capacidad de penetración
Moderadamente resistente	Suelo moderadamente resistente a la penetración y/o el cultivo tiene capacidad media de penetración
Sin resistencia	El suelo no ofrece resistencia a la penetración.

Pedregosidad dentro del perfil del suelo

La cantidad, tamaño y forma de la pedregosidad que se presenta dentro del perfil del suelo limita el desarrollo radicular. Esta característica de los suelos se evalúa cualitativamente mediante la apreciación visual al excavar el suelo en la

profundidad en la cual se esperaría encontrar las raíces sin limitantes para su crecimiento.

	Pedregosidad en el perfil del suelo
Muy pedregoso	Gran cantidad de pedregosidad de gran tamaño y formas angulosas.
Moderadamente pedregoso	Cantidad moderada de pedregosidad de tamaño medio y formas no tan angulosas
Poco pedregoso	Poca cantidad de pedregosidad de tamaño pequeño y formas redondeadas
Sin pedregosidad	No presenta pedregosidad

Condiciones de humedad en zona radicular

La presencia de alta humedad en la zona radicular esta supeditada a la ocurrencia de fenómenos como el nivel freático, baja conductividad hidráulica e inundaciones, entre otros. Esta situación desplaza el aire de los poros del suelo y no permite un intercambio gaseoso adecuado produciendo anoxia en zona radicular. Un mayor o menor daño se relaciona con la intensidad de las condiciones adversas, por lo cual la variable tiempo es determinante en eses sentido. Se debe considerar la capacidad del cultivo para soportar dichas condiciones adversas ya que hay especies con distintos niveles de adaptación.

	Condiciones de humedad y capacidad del cultivo
Muy húmedo	Las condiciones de exceso de humedad se producen por más de un 60% del periodo vegetativo y el cultivo tiene baja capacidad de adaptación a estas condiciones
Húmedo	Las condiciones de exceso de humedad se producen durante un 30 al 60% del periodo vegetativo y el cultivo tiene baja capacidad de adaptación a estas condiciones
Poco húmedo	Las condiciones de exceso de humedad se producen durante un 30 a 5% del periodo vegetativo y el cultivo tiene media capacidad de adaptación a estas condiciones
Sin humedad	No se presentan condiciones de exceso humedad en zona radicular

Clases descriptivas del indicador (Guía)

Profundidad efectiva Clases descriptiva	Rangos (del 1 al 10)
Suelos muy resistentes a la penetración, con alta pedregosidad y/o condiciones muy húmedas	
Suelos resistentes a la penetración, moderadamente pedregosos y/o condiciones húmedas	
Suelos moderadamente resistentes, poco pedregosos, y/o poco húmedos	
Suelos sin resistencia, sin pedregosidad, sin humedad	

Observaciones

- La sección de control esta de acuerdo a la profundidad potencial de cada especie cultivada.
- Condiciones extremas de humedad (suelo seco o muy húmedo), puede afectar la interpretación del indicador.

5. ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO

El componente biológico del suelo es fundamental en todos los procesos que ocurren dentro del el, guardando una estrecha relación con la condición y salud de las plantas que soporta el suelo.

En el componente biológico se incluyen los microorganismos, mesorganismos y los macrorganismos, que viven e interactúan directamente con el suelo, haciendo parte de las complejas interacciones tróficas, tanto abajo como arriba del suelo.

La actividad biológica del suelo esta determinada por infinidad de condiciones naturales o culturales, que afectan su diversidad y dinámica. El uso intensivo de los controles agroquímicos, fertilizantes de síntesis, prácticas de laboreo inadecuadas, falta de cobertura del suelo, entre otras más, hacen que la diversidad y número de organismos disminuyan sensiblemente.

Esta disminución afecta la actividad de los organismos, la cual se puede sintetizar en el siguiente cuadro:

	Ciclo de Nutrientes y Flujo de Energía	Bioestructuración
Microflora	Mineralización de la MO, inmovilización, respiración,	Cementantes orgánicos, agregación primaria
Microfauna	Regulación de poblaciones de bacterias y hongos, movilización de nutrientes	Agregación secundaria junto con la microflora
Mesofauna	Regulación de poblaciones de bacterias y hongos, movilización de nutrientes, fragmentación de residuos	Agregados por materia fecal, formación de bioporos, humificación por digestión y mezcla
Macrofauna	Fragmentación de residuos, relocalización de MO.	Mezcla de partículas orgánicas y minerales, redistribución de MO, formación de bioporos, Agregados por materia fecal

Fuente: Adaptado de Doran y otros, 1994.

Para esta guía se propone tener en cuenta las siguientes variables para su medición en campo:

Presencia de invertebrados

Se trata de valorar cualitativamente el número de especies y la cantidad de individuos para correlacionar con el buen estado del suelo y la complejidad de las cadenas tróficas existentes.

El método utiliza como sección control un área cuadrada de 50 cm. x 50 cm., delimitada por un marco de madera, metal o simplemente cuerda, dentro del cual se observa en superficie la presencia de las distintas especies de invertebrados, si es necesario removiendo los fragmentos de residuos vegetales, piedras o suelo para poder observar mejor. Esta observación se debe repetir como mínimo tres veces en la zona de estudio.

Con ayuda de una lupa se podrán observar mejor los organismos pequeños. En general se podrán ver hormigas, ácaros, ciempiés, colémbolos, cochinillas, arañas, larvas de insectos y otros.

	Presencia de invertebrados
Sin presencia	No se observa ningún tipo de invertebrado
Baja presencia	Se ve muy poca diversidad y número de invertebrados
Presencia moderada	Se ve fácilmente mayor cantidad y diversidad de invertebrados
Alta presencia	Se ve gran cantidad y diversidad de los invertebrados

Fuente: Adaptado de Altieri y otros, 2001.

Presencia de lombrices

Su presencia señala en primera instancia la baja o alta aplicación de agroquímicos y uso de fertilizantes de síntesis química, ya que son muy sensibles a estas sustancias. Su función en el suelo es el de consumir materia orgánica fresca, mezclar el suelo, aumentar la porosidad, aumentar la disponibilidad de nutrientes luego de su digestión, formación de humus y control de poblaciones de microorganismos.

Su medición en campo se realiza en la misma sección control utilizada para evaluar la presencia de invertebrados. En el área de 50 cm. X 50 cm. se excava el suelo a una profundidad de 30 cm, y se coloca sobre una superficie, preferiblemente sobre un plástico, para proceder a contar los individuos y evidenciar la presencia de túneles. Para facilitar la presencia de las lombrices en la sección control, especialmente cuando el suelo tiene baja humedad, se puede utilizar una solución de agua con mostaza (2 litros). De esta manera la humedad facilita la movilidad de las lombrices y la mostaza les irrita sin llegar a dañarlas, trasladándose hacia la parte superficial luego de unos 15 minutos luego de la aplicación.

	Presencia de lombrices
Sin presencia	No se observan lombrices ni túneles
Baja presencia	Se ven muy pocas lombrices y túneles
Presencia moderada	Se ven fácilmente lombrices y túneles
Alta presencia	Se ve gran cantidad de lombrices y túneles.

Fuente: Adaptado de Altieri y otros, 2001.

Clases descriptivas del indicador (Guía)

Actividad Biológica del Suelo Clases descriptiva	Rangos (del 1 al 10)
No se observan invertebrados, lombrices ni túneles	
Se ven muy pocos invertebrados, lombrices y túneles	
Presencia moderada de invertebrados, lombrices y túneles	
Alta presencia de invertebrados, lombrices y túneles	

Fuente: Adaptado de Altieri y otros, 2001.

Observaciones

- Las condiciones de humedad del suelo es determinante en la evaluación de la presencia de lombrices.
- Los ciclos de las poblaciones determinadas por el clima, disponibilidad de alimento y otros factores, determinan también la mayor o menor presencia de los invertebrados y lombrices.
- Se recomienda no realizar la medida de este indicador luego de la disturbación del suelo debido al laboreo del mismo.

6. ESTADO DE LA MATERIA ORGANICA SUPERFICIAL

Se mide en la sección de control de 50 cm. X 50 cm., dentro de los primeros 5 cm. de profundidad. Se evalúa el olor, origen y tamaño de las partículas de los residuos orgánicos, teniendo en cuenta la época de su depositación, para evidenciar la dinámica del suelo en la descomposición y aportación de materia orgánica.

Clases descriptivas del indicador (Guía)

Estado de la materia orgánica superficial Clases descriptiva	Rangos (del 1 al 10)
Presencia generalizada de residuos poco descompuestos, de tamaño medio a grande y/o olor desagradable	
Presencia generalizada de residuos parcialmente descompuestos, de tamaño medio a fino, sin olor desagradable	
Presencia generalizada de residuos bien descompuestos, de tamaño medio a fino, sin olor desagradable	

Fuente: Adaptado de Altieri y otros, 2001.

7. COBERTURA DEL SUELO

La cantidad y permanencia de las coberturas vivas o muertas (residuos orgánicos), son determinantes en el cuidado de la salud del suelo, al conservar la humedad, disminuir el impacto de la lluvia, regular la temperatura, ser refugio de organismos, reciclar nutrientes, proteger del viento y la escorrentía superficial.

La medición es cualitativa y se realiza mediante observación en la zona de muestreo y estimando el porcentaje del suelo que se encuentra con cobertura, teniendo en cuenta la duración de la cobertura durante un año.

Clases descriptivas del indicador (Guía)

Cobertura del suelo Clases descriptiva	Rangos (del 1 al 10)
El suelo esta desnudo durante todo el año	
El suelo tiene una cobertura entre el 0 al 40%, durante por lo menos 6 meses del año	
El suelo tiene una cobertura entre el 40 al 80%, durante por lo menos 10 meses del año	
El suelo tiene una cobertura mayor del 80%, durante mas de 10 meses del año	

8. AIREACION DEL SUELO

La aireación del suelo medida de manera indirecta y cualitativamente en el campo, ofrece un acercamiento a la magnitud de actividad de los organismos del suelo a partir de la disponibilidad de aire para su desarrollo y la formación biológica de poros.

El método propuesto para medir cualitativamente la capacidad de aireación en el suelo, en la zona de control (30 cm), es la prueba de la cal de Hoffer (Jackson, 1964). Este método evidencia la porosidad in situ, como el potencial de aireación del suelo y por lo tanto de la disponibilidad de oxígeno.

Se utiliza un volumen de 10 ml de CaCO₃ bien seco y pulverizado, para hacer una suspensión en 50 ml de agua. Con una pala se toma una muestra de suelo a manera de tajada de arriba hacia abajo, la cual se refresca en superficie con el uso de un cuchillo sin realizar presión sobre la cara de la tajada. Se agita la suspensión de CaCO₃ y se colocan varias gotas a lo largo de la muestra. Si la suspensión penetra rápidamente dentro de la muestra, significa que existe alta porosidad y por lo tanto buena aireación.

Clases descriptivas del indicador (Guía)

Condiciones de aireación del suelo Clases descriptiva	Rangos (del 1 al 10)
Baja aireación, a suspensión de CaCO ₃ penetra muy lentamente la muestra de suelo	
Aireación media, la suspensión de CaCO ₃ penetra lentamente en la muestra de suelo	
Buena aireación, la suspensión de CaCO ₃ penetra rápidamente en la muestra de suelo	

Fuente: Adaptado de Jackson, 1964.

9. CONTROL DE LA EROSION

El conjunto de las distintas prácticas de manejo y conservación de suelos, determinan que los factores erosivos como la lluvia, el viento, el agua de escorrentía, realicen un mayor o menor daño sobre la superficie de los suelos.

El control de la erosión se evalúa de manera cualitativa, observando la totalidad de la zona de muestreo, determinando en ella el tipo de erosión (cárcavas, canales, laminar), el porcentaje del área afectada, y el porcentaje del horizonte A que se ha perdido. Para este indicador es muy útil contar con una zona similar a la de muestreo, pero en sus condiciones naturales para poder hacer la comparación, en especial para conocer el espesor original del horizonte A.

Clases descriptivas del indicador (Guía)

Control de la erosión Clases descriptiva	Rangos (del 1 al 10)
Control muy bajo, más del 40% de la zona de muestreo presenta cárcavas o canales y/o entre el 75 al 100% del horizonte A se ha perdido.	
Control bajo, entre el 20 y el 40% de la zona de muestreo presenta cárcavas o canales y/o entre el 50 al 75% del horizonte A se ha perdido.	
Control medio, entre el 5 y el 20% de la zona de muestreo presenta cárcavas o canales y/o entre el 25 al 50% del horizonte A se ha perdido.	
Control alto.	

Fuente: Adaptado de USDA, 1993.

10. VELOCIDAD DE INFILTRACION

La capacidad de infiltración en el suelo esta determinada por muchos factores naturales y otros debidos al manejo realizado en la práctica agrícola. Los factores naturales son: la textura, la estructura, el contenido de materia orgánica, el contenido de humedad, el grado de compactación, la pendiente y la cobertura del suelo.

Los factores de manejo que afectan la velocidad de infiltración son: el laboreo del suelo, forma del cultivo (surcos, camas, melgas, otros), densidad del cultivo, entre otros más.

Para este indicador se tendrá solo en cuenta la capacidad de infiltración del suelo sin cobertura. Teniendo en cuenta que hay dos modificadores muy importantes como lo son el laboreo del suelo y el contenido de humedad inicial, se recomienda

hacer esta prueba al final de un ciclo de cultivo y en condiciones medias de humedad.

Se requieren como materiales (USDA, 1999): un trozo de tubería de riego de 6 pulgadas (15,24 cm de diámetro) y 20 centímetros de largo, afilada en uno de sus bordes; un pedazo de tabla; un martillo; un litro de agua; una regla o metro; cronometro o reloj con segundero.

El procedimiento es el siguiente: seleccionar el sitio de muestreo limpiar hasta dejar el suelo desnudo en un área; colocar el anillo con el filo sobre el suelo, encima el trozo de tabla y golpear con el martillo hasta enterrar el tubo 10 cm. Se coloca la regla recta sobre un borde interior del cilindro; se deposita de manera suave el litro de agua, se mide la altura que alcanza en la regla y se empieza a cronometrar de manera inmediata hasta completar 60 minutos, momento en el cual se lee de nuevo en la regla cuantos centímetros se infiltraron. Se debe tener en cuenta que no necesariamente la mejor evaluación de la clase corresponde a la velocidad “Muy rápido”, ya que se debe tener en cuenta factores de cultivo, clima y suelos, por los cuales la clase optima puede ser “Moderada” y recibir el máximo valor del rango (Ejemplo: 8-10)

Se recomienda hacer por lo menos tres repeticiones en la zona de muestreo y utilizar el promedio de las lecturas.

Clases descriptivas del indicador (Guía)

Velocidad de infiltración Clases descriptiva	Rangos (del 1 al 10)
Muy Lenta , < 1,5 cm/ hora.	
Lenta, 1,5 – 5,0 cm/ hora.	
Moderada, 5,0 – 15,5 cm/hora	
Rápida, 15,5 – 50,0 cm/hora	
Muy rápida, > 50,0 cm/hora	

Fuente: Adaptado de USDA, 1999.

11. APARIENCIA DEL CULTIVO

La apariencia del cultivo y en especial el color del follaje, se relacionan con la condición nutricional o fisiológica general. Los factores que pueden afectar la apariencia del cultivo, pueden ser entre otros: condiciones químicas de los suelos, falta o desbalance de nutrientes, condiciones climáticas adversas, problemas de drenaje, toxicidad por sustancias aplicadas o de origen natural. Este indicador se evalúa cualitativamente mediante observación de la apariencia del cultivo en la zona de muestreo.

Clases descriptivas del indicador (Guía)

Apariencia del Cultivo Clases descriptiva	Rangos (del 1 al 10)
Más del 50% del cultivo presenta clorosis generalizada y/u otro síntoma severo de deficiencia o desbalance nutricional	
Entre un 20 al 50% del cultivo presenta clorosis generalizada y/u otro síntoma severo de deficiencia o desbalance nutricional	
Entre un 1 al 20% del cultivo presenta clorosis generalizada y/u otro síntoma severo de deficiencia o desbalance nutricional	
El cultivo no presenta ningún signo de clorosis o problema nutricional	

Fuente: Adaptado de Altieri y otros, 2001.

12. CRECIMIENTO DEL CULTIVO

La forma en la cual se desarrolla el cultivo puede señalar distintos problemas relacionados especialmente con el manejo o condiciones adversas de origen natural. Este indicador se evalúa cualitativamente mediante la observación del estado de crecimiento del cultivo en la zona de muestreo, comparando con el patrón normal de crecimiento esperado en la zona.

Clases descriptivas del indicador (Guía)

Crecimiento del Cultivo Clases descriptiva	Rangos (del 1 al 10)
Cultivo poco denso, de crecimiento pobre. Tallos y ramas cortas y quebradizas. Casi no hay crecimiento de follaje nuevo	
Cultivo más denso pero no muy uniforme, con crecimiento nuevo y con ramas y tallos aun delgados	
Cultivo denso, uniforme, buen crecimiento con ramas y tallos gruesos y firmes	

Fuente: Adaptado de Altieri y otros, 2001.

13. RESISTENCIA O TOLERANCIA AL ESTRÉS

Este indicador hace referencia a la capacidad del agroecosistema de soportar y recuperarse luego de la ocurrencia de un factor de estrés. Se consideran como factor de estrés los fenómenos naturales que ocurren de manera inusual, tal como: épocas de sequía, épocas de lluvias intensas, vientos rápidos, fuego, calor o frío extremo.

Este indicador se evalúa de manera cualitativa y se basa en la información y conocimiento que tienen de los agroecosistemas los productores en años anteriores.

Clases descriptivas del indicador (Guía)

Resistencia o tolerancia al estrés Clases descriptiva	Rangos (del 1 al 10)
Baja resistencia y tolerancia, el cultivo no se recupera luego de un factor de estrés.	
Moderada resistencia y tolerancia, el cultivo no se recupera totalmente luego de un factor de estrés, afectando parcialmente su desarrollo.	
Alta resistencia y tolerancia, el cultivo se recupera totalmente luego de un factor de estrés.	

Fuente: Adaptado de Altieri y otros, 2001.

14. CONTROL INCIDENCIA DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

La forma en que se maneja el agroecosistema determina una mayor o menor incidencia de las plagas y las enfermedades. Este nivel de incidencia comprende gran cantidad de variables, como: susceptibilidad genética de las plantas, condiciones ambientales, densidad y arreglo de los cultivos, las condiciones nutricionales, presencia y condiciones para el control biológico, aplicación de sustancias para la prevención y el control, entre otras más.

Este indicador se evalúa de manera cualitativa, a partir de la observación de todo el cultivo dentro de la zona de muestreo, estimando el porcentaje de daño por las plagas y/o las enfermedades.

Clases descriptivas del indicador (Guía)

Control incidencia de plagas y enfermedades Clases descriptiva	Rangos (del 1 al 10)
Más del 50% del cultivo muestra síntomas de daño por plagas y/o enfermedades	
Entre un 20 a 50% del cultivo muestra síntomas de daño por plagas y/o enfermedades	
Entre un 5 a 20% del cultivo muestra síntomas de daño por plagas y/o enfermedades	
Menos de un 5% del cultivo muestra síntomas de daño por plagas y/o enfermedades	

15. CONTROL COMPETENCIA POR ARVENSES

La presencia de las arvenses puede ejercer beneficios o competencia sobre los cultivos de interés en los agroecosistemas. Como beneficios las arvenses pueden servir de refugio de fauna benéfica, fijación de nitrógeno, protección del suelo, aporte de residuos orgánicos, efectos alelopáticos positivos, entre otros. Como competencia se pueden presentar, el acceso a luz, competencia por nutrientes y agua en el suelo, efectos alelopáticos negativos, refugio de plagas y enfermedades.

Teniendo en cuenta que la presencia de arvenses pueden cambiar sensiblemente durante el tiempo en razón al manejo que se hace del agroecosistema, es necesario considerar la intensidad de la competencia, es decir el tiempo durante el cual las arvenses producen un efecto de competencia, en relación a la duración del cultivo y momentos críticos en los cuales la competencia afecta sensiblemente el desarrollo del cultivo. Momentos como la germinación, épocas de baja humedad en el suelo, facilidad para la cosecha, pueden ser especialmente sensibles en cuanto la presencia de las arvenses.

Por lo tanto, para evaluar este indicador se debe tener en cuenta el periodo vegetativo del cultivo, conocer los posibles efectos negativos por la presencia de las arvenses presentes, conocer los periodos en los cuales se dejan crecer las arvenses, y por último, conocer los momentos críticos del cultivo en los cuales son más sensibles a la competencia de las arvenses.

Este indicador se valora de manera cualitativa, especialmente a partir de la información y conocimiento de los productores.

Clases descriptivas del indicador (Guía)

Control competencia por arvenses Clases descriptiva	Rangos (del 1 al 10)
Control bajo, las arvenses compiten con los cultivos en el 100% de los momentos críticos.	
Control medio, las arvenses compiten con los cultivos en el 50% de los momentos críticos	
Control alto, las arvenses están presentes en los momentos críticos o todo el tiempo del cultivo, pero no compiten	

Fuente: Adaptado de Altieri y otros, 2001.

16. RENDIMIENTO

El rendimiento de los cultivos hace referencia a los productos que salen de los predios de cultivo, bien sea para autoconsumo o para venta externa. Dado que el potencial de producción involucra tantas variables, es necesario conocer el comportamiento de los rendimientos locales o regionales para poder contar con un punto de referencia.

A partir de conocer el rendimiento promedio en la zona o región, se compara con los rendimientos obtenidos en las fincas evaluadas, para finalmente expresarse en forma proporcional.

Las unidades de normalización son fundamentales para poder evaluar este indicador y posibilitar comparaciones con agroecosistemas similares. Generalmente los rendimientos se expresan en términos de kilos/hectárea, toneladas/hectárea, pero se pueden utilizar las unidades de normalización usadas localmente.

El promedio de los rendimientos locales se deben referenciar a sistemas de cultivo similares, de manera que se puedan comparar adecuadamente. Factores como la densidad de siembra, variedades, disponibilidad de riego, entre otros afectan este promedio, por lo cual es fundamental basarse en la información obtenida en la Caracterización General (Formato 3).

Clases descriptivas del indicador (Guía)

Rendimiento Clases descriptiva	Rangos (del 1 al 10)
Muy bajo, el rendimiento es < 60% del promedio local	
Bajo, el rendimiento esta entre 60 - 85% del promedio local	
Aceptable, el rendimiento esta entre 85 - 100% del promedio local	
Optimo, el rendimiento es > 100% del promedio local	

Fuente: Adaptado de Altieri y otros, 2001.

17. DIVERSIDAD GENETICA

Este indicador se refiere a la diversidad genética dentro de cada una de las especies cultivadas, de manera que se tiene como deseable tener más de una variedad de cada especie.

Se evalúa el número de variedades por cada cultivo y el porcentaje de participación de cada variedad en el conjunto del cultivo.

Este indicador se puede evaluar de manera cualitativa haciendo la estimación de la participación de cada variedad, o cuantitativamente cuando se tiene información precisa sobre la densidad de siembra de cada variedad.

Clases descriptivas del indicador (Guía)

Diversidad Genética Clases descriptiva	Rangos (del 1 al 10)
Baja, solo una variedad por especie cultivada	
Media, dos variedades por especie cultivada, dominancia > 70% de una variedad	
Alta, mas de dos variedades por especie cultivada, ninguna variedad domina mas del 50% en el cultivo	

Fuente: Adaptado de Altieri y otros, 2001.

18. DIVERSIDAD ESPECÍFICA Y ESPACIAL DE LOS CULTIVOS

La cantidad de especies cultivadas y su arreglo en el espacio, son factores determinantes en la estabilidad del agroecosistema. Como diversidad específica se entiende como el número de especies cultivadas y su proporción entre si, y la diversidad espacial como la distribución horizontal y vertical en la cual están esas especies.

La distribución horizontal hace referencia al área ocupada por cada cultivo y la forma en que se organizan para crear el mosaico de cultivo. Se pueden considerar arreglos de cultivo en forma de bloques, franjas, corredores, islas, y entre los cultivos se pueden sembrar asociados, alternados, en relevo, y otros. Verticalmente los cultivos pueden cubrir distintos estratos en razón a su habito de crecimiento y según la densidad de siembra permitir estar sembrados de manera simultanea sin interferir sensiblemente entre ellos.

Para evaluar este indicador se necesita saber: el número de especies cultivadas; si no están asociadas, el área ocupada por cada una; si están asociadas estimar el porcentaje de ocupación de cada una en la asociación; clasificar los cultivos según su estrato (herbáceo, arbustivo, arbóreo).

Clases descriptivas del indicador (Guía)

Diversidad específica y espacial Clases descriptiva	Rangos (del 1 al 10)
Muy baja, una sola especie cultivada	
Baja, dos especies no asociadas donde una especie ocupa > 70% del área cultivada, o, dos especies asociadas donde una predomina con más del 70% y ocupan igual estrato de cultivo.	
Media, 2 especies no asociadas, con máximo de un 70% del área por una especie, o, 2 especies asociadas donde ninguna supera el 70% del área y por lo menos una es arbórea	
Alta, > 2 especies no asociadas, con máximo de un 50% del área por una especie, o, > 2 especies asociadas donde ninguna supera el 70% del área y son herbáceas, arbustivas y arbóreas.	

19. VEGETACION NATURAL EN EL AGROECOSISTEMA

El área y la forma de la ocupación de las áreas naturales dentro de los agroecosistemas, permite que los cultivos se beneficien de manera directa por distintos procesos que ocurren en dichas áreas.

Entre otros beneficios se han identificado: refugio y fuente de alimento temporal o permanente para distintos organismos; permite la movilidad de insectos, aves, y otros organismos, entre las zonas naturales y las cultivadas; protección contra inclemencias ambientales; barrera biológica contra la diseminación de plagas y enfermedades; barrera contra la erosión; captación y reciclaje de nutrientes; y otras mas.

Para evaluar este indicador se requiere: conocer el área total de la finca; conocer el área ocupada por las formaciones vegetales naturales; la forma en que se presenta el área natural (corredores, franjas dentro del cultivo, parches); y el conjunto de la distribución del área natural (concentrado en una parte de la finca, dispersa por la finca)

Clases descriptivas del indicador (Guía)

Vegetación natural Clases descriptiva	Rangos (del 1 al 10)
Muy baja, no hay áreas naturales en el agroecosistema	
Baja, < 2 % del área total de la finca es vegetación natural, en forma de corredores y concentrada en una sola parte de la finca.	
Media, entre un 2 – 4% del área total de la finca es vegetación natural, en forma de corredores, franjas y parches y dispersos en varias partes de la finca.	
Alta, > 4% del área total de la finca es vegetación natural, en forma de corredores, franjas y parches y dispersos en varias partes de la finca.	

Fuente: Adaptado de Kabourakis, 1996.

20. SISTEMA DE MANEJO

En este caso el sistema de manejo se refiere a las prácticas y especialmente a las sustancias de control de plagas y enfermedades que afectan a los cultivos, como también a las fuentes de fertilización. Según las sustancias utilizadas, los agroecosistemas se ven afectados por su toxicidad, deteriorando significativamente su funcionamiento natural.

El disminuir el uso de las sustancias con ese potencial de daño, permite que el agroecosistema funcione preferencialmente mediante los procesos naturales de control de poblaciones y ciclo de los nutrientes. Igualmente el productor en términos de sostenibilidad, puede aumentar su autonomía mediante la consecución local o elaboración de los insumos necesarios, bien sean orgánicos o no.

Este indicador evalúa el tipo de insumo (orgánico, no orgánico), el porcentaje entre el total de los insumos utilizados diferenciando entre abonos y pesticidas, y su origen (comprado fuera de la finca, elaborado en la finca).

Se requiere para evaluar este indicador la siguiente información: total de kilos y/o litros de pesticidas utilizados durante un ciclo completo de cultivo (para la zona de muestreo); total de kilos de abonos utilizados durante un ciclo completo de cultivo (para la zona de muestreo); clasificar los pesticidas y a los abonos según sean orgánicos o no orgánicos y estimar el porcentaje de los insumos adquiridos fuera de la finca o elaborados dentro de ella.

También se consideran como insumos orgánicos, las fuentes de minerales (Carbonatos, sulfatos, evaporitas, otras), que no han sido tratados con sustancias químicas para su obtención o refinamiento.

Clases descriptivas del indicador (Guía)

Sistema de manejo Clases descriptiva	Rangos (del 1 al 10)
El 100% de los insumos no son orgánicos y el 100% se compran	
Entre un 1 – 60% de los insumos son orgánicos y se elaboran en finca	
Entre un 60 – 99% de los insumos son orgánicos y se elaboran en finca	
El 100% de los insumos son orgánicos y se elaboran en finca	

Fuente: Adaptado de Altieri y otros, 2001.

PARTE 3. DOCUMENTOS DE SOPORTE

1. INDICADORES PARA EVALUACION RAPIDA DE CULTIVOS DE CAFE

	Indicadores
Calidad del suelo	<ol style="list-style-type: none">1. Estructura y textura2. Compactación e infiltración3. Profundidad del suelo4. Estado de residuos5. Color, olor y M.O6. Retención de humedad7. Desarrollo de raíces8. Cobertura del suelo9. Erosión10. Actividad biológica
Salud del cultivo	<ol style="list-style-type: none">1. Apariencia2. Crecimiento del cultivo3. Tolerancia al estrés4. Incidencia de enfermedades5. Competencia por malezas6. Rendimiento actual/potencial7. Diversidad genética8. Diversidad vegetal9. Diversidad natural circundante10. Sistema de manejo

Fuente: Altieri y otros, 2001.

2. INDICADORES DE CALIDAD DE SUELOS Y CULTIVO EN PLANTACION DE SOJA

	Indicadores
Calidad del suelo	1. Estabilidad de la estructura
	2. Retención de la humedad
	3. Velocidad de infiltración
	4. Espesor del horizonte A
	5. Descomposición de los residuos
	6. Cobertura del suelo
	7. Contenido de materia orgánica
	8. Contenido de fósforo disponible
	9. Erosión (eólica e hídrica)
	10. Capacidad de intercambio catiónico
Salud del cultivo	1. Estado nutricional del cultivo
	2. Crecimiento del cultivo
	3. Competencia por malezas
	4. Rendimiento actual
	5. Índice de cosecha
	6. Balance de nutrientes o disponibilidad
	7. Número de nódulos por planta
	8. Peso seco de nódulos por planta
	9. Biomasa seca parte aérea soja
	10. Biomasa seca raíces.

Fuente: Rivero y otros, 2002.

3. COEFICIENTES ISOHUMICOS K1 PARA DIFERENTES FUENTES DE MATERIA ORGANICA

Tabla 25. Coeficientes isohúmicos K₁ de diferentes residuos vegetales y abonos orgánicos según diferentes autores (Labrador, 1996)

Especie	Autor			
	Soltner (1990)	Muller (1982)	Boiffin et al. (1986)	Delas y Molot (1983)
Trigo/cebada/avena				
-raíces	0,15	0,08	0,15	-
-partes aéreas	0,15	0,08	0,08	0,14
Maíz				
-raíces	0,15	0,06	0,15	-
-partes aéreas	0,08	0,06	0,12 ⁽²⁾	0,20
Remolacha				
-raíces	0,15	-	0,15	-
-partes aéreas	-	0,04	-	-
Patata				
-raíces	0,15	-	0,15	-
-partes aéreas	-	-	-	-
Colza				
-raíces	0,15	0,10	0,15	-
-partes aéreas	0,15	0,10	-	-
Restos de prados				
	-	0,15	-	-
Guisante/judía/haba				
-raíces	0,15	-	0,15	-
-partes aéreas	0,08	-	0,08	-
Lino				
-raíces	0,15	-	-	-
-partes aéreas	0,20	-	-	-
Abono verde				
-raíces	0,15	-	0,15	-
-partes aéreas	0,05-0,08 ⁽¹⁾	0,01	0	-
Alfalfa				
-raíces	0,20	-	0,15	-
-partes aéreas	0,12	0,15	0,12	-
Abonos orgánicos				
- Estiércol bien maduro	0,50	0,30-0,50	0,30	0,32
- Estiércol semimaduro	0,40	-	0,30	0,32
- Estiércol fresco con paja	0,25	0,20-0,40	0,30	0,32
- compost RSU	0,25	-	-	-
- lodos EDAR	0,20	-	0,20	-
- turba	1	-	-	-
- sarmientos/orujo	-	-	-	0,37
- restos forestales	-	-	-	0,31

⁽¹⁾ Según que el abono verde contenga mucha o poca lignina

⁽²⁾ 0,10 para la base de los tallos del maíz no recolectados para ensilar

Fuente: Ribó M, 2004.

4. EXTRACION DE NUTRIENTES POR DIFERENTES CULTIVO

Tabla 1. Extracciones de macronutrientes obtenidas por diferentes autores

Cultivo	Rendimiento (t/ha m.f.)	Elementos extraídos (kg/ha)				Fuente
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	
Alicachofa						
Total	23,9	229	104	478	31	Anstett (1965)
Capítulos	-	80	34	108	14	cv. Gros Vert de Laon
Total	22,5	271	87	575	62	Pomares y Tarazona (1995)
Capítulos	-	75	29	115	16	cv. Blanca de Tudela
Apio						
Cosecha	80,5	196	146	560	19	Prats (1970)
Cosecha	20	130	50	200	--	cv. Dorado barbier Jacob y Von Uesküll (1973)
Brócoli						
Total	--	599	53	868	--	Magnífico (1979)
Pellás	32,3	99	9	172	--	
Total	--	153	48	208	18	Shelp y Liu (1992)
Pellás	--	32	11	35	3	
Cebolla						
Bulbos	31,8	116	44	144	29	Prats (1970)
Bulbos	30	80	40	120	--	cv. Taif de Vauginard Jacob y Von Uesküll (1973)

Tabla 1. Extracciones de macronutrientes obtenidas por diferentes autores (Continuación)

Cultivo	Rendimiento (t/ha m.f.)	Elementos extraídos (kg/ha)				Fuente
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	
Coliflor						
Total	--	198	66	295	22	Anstett (1965)
Pellás	37,5	151	47	227	17	Coliflor de verano
Total	--	363-373	68-103	291-373	53-56	Casas (1994)
Pellás	44-47	108-125	27-36	107	8-9	Coliflor de otoño. Goteo.
Hinojo						
Bulbos	--	55	20	120	--	Fersini (1976)
Judía verde						
Total	35,9	174	48	198	10	Anstett (1965)
Total	22,4	135-219	7,8-13,5	58-62	6	Knott (1962)
Lechuga Iceberg						
Primavera	--	80	27	195	20	Rincon (1991)
Invierno	--	95	36	244	25	
Lechuga Little gem						
Invierno	11,8	16,7	7,7	31,4	--	Pomares (2003)
Invierno	13,5	17,2	8	32,3	--	
Lechuga Romana						
Otoño	67,9	136	44	246	33	Corbí (1993)
Otoño	75,6	113	46	193	18	
Maíz dulce						
Mazorcas	20,9	85,0	37,5	59,4	--	Pomares (2003)
Mazorcas	19,8	86,2	33,7	58,4	--	
Mazorcas	26,5	111	56,5	81	--	
Patata						
Total	83,4	234	24,3	339	33,8	Tarazona (1992)
Total	95,6	274	32,7	480	63,1	2 cv. Jaeria y Desirée
Tubérculos	27	224	50	291	30	Knott (1962)
Pimiento						
Frutos	13,4	111	17,2	136	34	Millar (1979) Var. Keystone Resistant Giant
Frutos	54	201	56	269	40,6	INFULVEC (1970) cv. Pimiento dulce de las Landas

Tabla 1. Extracciones de macronutrientes obtenidas por diferentes autores (Continuación)

Cultivo	Rendimiento (t/ha m.f.)	Elementos extraídos (kg/ha)				Fuente
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	
Sandía						
Frutos	33,2	84	42	81	54	Quesada (1990)
Frutos	58-95	148-206	26-39	282-347	44-58	Barona (1994)
Tomate						
Frutos	60	136	55	232	36	Anstett (1965)
Frutos	50	290	96	680	76	cv. Moneymaker Cornillon (1974)

Fuente: Ribó, 2004

5 . PORCENTAJE DE MINERALIZACIÓN DE NITROGENO PARA VARIOS RESIDUOS DE CULTIVOS Y OTRAS FUENTES

Residuo de Cultivo/ Abono verde/Estiércol	Coefficiente (en %) de mineralización de N en el primer año
Lechuga	50
Papa	50
Veza	50
Alcachofa	30
Sandía	30
Coliflor	30
Pimiento	30
Tomate	30
Judías verdes	30
Estiércol bovino	20 – 30
Estiércol de ovino	30 – 50
Gallinaza	40 - 60
Compost de lodos de depuradora	20 – 40

Fuente: Ribó, 2004.

6. COEFICIENTE DE MINERALIZACION DE LA MATERIA ORGANICA DEL SUELO

Coeficiente k2	Observaciones	Fuente
0,02	Suelos de regadío del Levante, España	Saña et al., 1996, en Ribó, 2004

7. EJEMPLO LISTA DE INDICADORES Y CLASES DESCRIPTIVAS DE LA GUIA

El siguiente ejemplo es utilizando los formatos 5 y 6, con los 20 indicadores y clases descriptivas propuestas en esta Guía.

EVALUACION DE INDICADORES – Calidad de Suelo

Nombre del Productor:	Nombre de la Finca:	Formato 05
Fecha de elaboración:	Quien elaboró:	

1. Indicador: **Balance de Nutrientes**

Clase descriptiva	Rangos (1 al 10)	Valor en campo
Entradas muy deficitarias o desbalanceadas de nutrientes mayores, el % de balance de cada nutriente es < 60%. O por lo menos dos nutrientes tiene un % de balance > 250%.		
Entradas deficitarias o desbalanceadas de nutrientes mayores, máximo dos nutrientes no compensan las salidas y el % de balance total esta entre 60 a 90%. O un nutriente tiene un % de balance > 250%.		
Equilibrio de las entradas y las salidas, el % de balance de cada nutriente esta entre 90 a 150%.		
Equilibrio en el balance y mejoramiento de nutrientes, el % de balance de cada nutriente esta entre 150 a 250%.		

2. Indicador: **Balance de Materia Orgánica**

Clase descriptiva	Rangos (1 al 10)	Valor en campo
Muy bajo aporte de MO fresca y de utilización de residuos de cultivos, % de balance de materia orgánica menor al 30%.		
Bajo aporte de MO fresca y de utilización de residuos de cultivos, % de balance de materia orgánica menor al 60%.		
Aporte medio de MO fresca y de utilización de residuos de cultivos, % de balance de materia orgánica entre 60%.y el 90%		
Equilibrio y acumulación de materia orgánica fresca, y adecuada utilización de residuos de cultivos, % de balance de materia orgánica es superior al 90%		

3. Indicador: **Estructura del suelo**

Clase descriptiva	Rangos (1 al 10)	Valor en campo
Sin estructura (masiva o granos sueltos) o cualquier tipo de estructura, con grado débil, tamaño muy fino y poco consistentes.		
Sin estructura o granular, bloques, laminar, columnar y prismática, con grado débil a moderado, tamaño fino a medio y poco consistentes		
Granos simples, granular, bloques, laminar, columnar y prismática, con grado moderado a fuerte, tamaño medio a grande y moderadamente consistentes		
Granular, bloques, laminar, columnar y prismática, con grado fuerte, y tamaño grande, muy grande y consistentes.		

4. Indicador: **Profundidad efectiva**

Clase descriptiva	Rangos (1 al 10)	Valor en campo
Suelos muy resistentes a la penetración, con alta pedregosidad y/o condiciones muy húmedas		
Suelos resistentes a la penetración, moderadamente pedregosos y/o condiciones húmedas		
Suelos moderadamente resistentes, poco pedregosos, y/o poco húmedos		
Suelos sin resistencia, sin pedregosidad, sin humedad		

5. Indicador: **Actividad Biológica del Suelo**

Clase descriptiva	Rangos (1 al 10)	Valor en campo
No se observan invertebrados, lombrices ni túneles		
Se ven muy pocos invertebrados, lombrices y túneles		
Presencia moderada de invertebrados, lombrices y túneles		
Alta presencia de invertebrados, lombrices y túneles		

6. Indicador: **Estado de la materia orgánica superficial**

Clase descriptiva	Rangos (1 al 10)	Valor en campo
Presencia generalizada de residuos poco descompuestos, de tamaño medio a grande y/o olor desagradable		
Presencia generalizada de residuos parcialmente descompuestos, de tamaño medio a fino, sin olor desagradable		
Presencia generalizada de residuos bien descompuestos, de tamaño medio a fino, sin olor desagradable		
Presencia generalizada de residuos poco descompuestos, de tamaño medio a grande y/o olor desagradable		

7. Indicador: **Cobertura del suelo**

Clase descriptiva	Rangos (1 al 10)	Valor en campo
El suelo esta desnudo durante todo el año		
El suelo tiene una cobertura entre el 0 al 40%, durante por lo menos 6 meses del año		
El suelo tiene una cobertura entre el 40 al 80%, durante por lo menos 10 meses del año		
El suelo tiene una cobertura mayor del 80%, durante mas de 10 meses		

8. Indicador **Condiciones de aireación del suelo**

Clase descriptiva	Rangos (1 al 10)	Valor en campo
Baja aireación, a suspensión de CaCO ₃ penetra muy lentamente la muestra de suelo		
Aireación media, la suspensión de CaCO ₃ penetra lentamente en la muestra de suelo		
Buena aireación, la suspensión de CaCO ₃ penetra rápidamente en la muestra de suelo		
Baja aireación, a suspensión de CaCO ₃ penetra muy lentamente la muestra de suelo		

9. Indicador: **Control de la erosión**

Clase descriptiva	Rangos (1 al 10)	Valor en campo
Control muy bajo, mas del 40% de la zona de muestreo presenta cárcavas o canales y/o entre el 90 al 100% del horizonte A se ha perdido.		
Control bajo, entre el 20 y el 40% de la zona de muestreo presenta cárcavas o canales y/o entre el 50 al 80% del horizonte A se ha perdido.		
Control moderado, entre el 5 y el 20% de la zona de muestreo presenta cárcavas o canales y/o entre el 80 al 99% del horizonte A se ha perdido.		
Control alto		

10. Indicador: **Velocidad de infiltración**

Clase descriptiva	Rangos (1 al 10)	Valor en campo
Muy Lenta , < 1,5 cm/ hora.		
Lenta, 1,5 – 5,0 cm/ hora.		
Moderada, 5,0 – 15,5 cm/hora		
Rápida, 15,5 – 50,0 cm/hora		

Sumatoria	
Promedio Calidad de Suelos (sumatoria/10)	

EVALUACION DE INDICADORES – Calidad y Salud de Cultivos

Nombre del Productor:	Nombre de la Finca:	Formato 06
Fecha de elaboración:	Quien elaboró:	

1. Indicador: **Apariencia del Cultivo**

Clase descriptiva	Rangos (1 al 10)	Valor en campo
Mas del 50% del cultivo presenta clorosis generalizada y/u otro síntoma severo de deficiencia o desbalance nutricional		
Entre un 20 al 50% del cultivo presenta clorosis generalizada y/u otro síntoma severo de deficiencia o desbalance nutricional		
Entre un 1 al 20% del cultivo presenta clorosis generalizada y/u otro síntoma severo de deficiencia o desbalance nutricional		
El cultivo no presenta ningún signo de clorosis o problema nutricional		

2. Indicador: **Crecimiento del Cultivo**

Clase descriptiva	Rangos (1 al 10)	Valor en campo
Cultivo poco denso, de crecimiento pobre. Tallos y ramas cortas y quebradizas. Casi no hay crecimiento de follaje nuevo		
Cultivo más denso pero no muy uniforme, con crecimiento nuevo y con ramas y tallos aun delgados		
Cultivo denso, uniforme, buen crecimiento con ramas y tallos gruesos y firmes		
Cultivo poco denso, de crecimiento pobre. Tallos y ramas cortas y quebradizas. Casi no hay crecimiento de follaje nuevo		

3. Indicador: **Resistencia o tolerancia al estrés**

Clase descriptiva	Rangos (1 al 10)	Valor en campo
Baja resistencia y tolerancia, el cultivo no se recupera luego de un factor de estrés.		
Moderada resistencia y tolerancia, el cultivo no se recupera totalmente luego de un factor de estrés, afectando parcialmente su desarrollo.		
Alta resistencia y tolerancia, el cultivo se recupera totalmente luego de un factor de estrés.		
Baja resistencia y tolerancia, el cultivo no se recupera luego de un factor de estrés.		

4. Indicador: **Control Incidencia de plagas y enfermedades**

Clase descriptiva	Rangos (1 al 10)	Valor en campo
Mas del 50% del cultivo muestra síntomas de daño por plagas y/o enfermedades		
Entre un 20 a 50% del cultivo muestra síntomas de daño por plagas y/o enfermedades		
Entre un 5 a 20% del cultivo muestra síntomas de daño por plagas y/o enfermedades		
Menos de un 5% del cultivo muestra síntomas de daño por plagas y/o enfermedades		

5. Indicador: **Control competencia por arvenses**

Clase descriptiva	Rangos (1 al 10)	Valor en campo
Control bajo, las arvenses compiten con los cultivos en el 100% de los momentos críticos.		
Control medio, las arvenses compiten con los cultivos en el 50% de los momentos críticos		
Control alto, las arvenses están presentes en los momentos críticos o todo el tiempo del cultivo, pero no compiten		

6. Indicador: **Rendimiento**

Clase descriptiva	Rangos (1 al 10)	Valor en campo
Muy bajo, el rendimiento es < 60% del promedio local		
Bajo, el rendimiento esta entre 60 - 85% del promedio local		
Aceptable, el rendimiento esta entre 85 - 100% del promedio local		
Optimo, el rendimiento es > 100% del promedio local		

7. Indicador: **Diversidad Genética**

Clase descriptiva	Rangos (1 al 10)	Valor en campo
Baja, solo una variedad por especie cultivada		
Media, dos variedades por especie cultivada, dominancia > 70% de una variedad		
Alta, mas de dos variedades por especie cultivada, ninguna variedad domina mas del 50% en el cultivo		
Baja, solo una variedad por especie cultivada		

8. Indicador: **Diversidad específica y espacial**

Clase descriptiva	Rangos (1 al 10)	Valor en campo
Muy baja, una sola especie cultivada		
Baja, dos especies no asociadas donde una especie ocupa > 70% del área cultivada, o, dos especies asociadas donde una predomina con más del 70% y ocupan igual estrato de cultivo.		
Media, 2 especies no asociadas, con máximo de un 70% del área por una especie, o, 2 especies asociadas donde ninguna supera el 70% del área y por lo menos una es arbórea		
Alta, > 2 especies no asociadas, con máximo de un 50% del área por una especie, o, > 2 especies asociadas donde ninguna supera el 70% del área y son herbáceas, arbustivas y arbóreas.		

9. Indicador: **Vegetación natural**

Clase descriptiva	Rangos (1 al 10)	Valor en campo
Muy baja, no hay áreas naturales en el agroecosistema		
Baja, < 2 % del área total de la finca es vegetación natural, en forma de corredores y concentrada en una sola parte de la finca.		
Media, entre un 2 – 4% del área total de la finca es vegetación natural, en forma de corredores, franjas y parches y dispersos en varias partes de la finca.		
Alta, > 4% del área total de la finca es vegetación natural, en forma de corredores, franjas y parches y dispersos en varias partes de la finca.		

10. Indicador: **Sistema de manejo**

Clase descriptiva	Rangos (1 al 10)	Valor en campo
El 100% de los insumos no son orgánicos y el 100% se compran		
Entre un 1 – 60% de los insumos son orgánicos y se elaboran en finca		
Entre un 60 – 99% de los insumos son orgánicos y se elaboran en finca		
El 100% de los insumos son orgánicos y se elaboran en finca		

Sumatoria	
Promedio Calidad y Salud de Cultivos (sumatoria/10)	

BIBIOGRAFIA DE LA GUIA

- Alonso A, Guzmán G. 2006. Evaluación comparada de la sostenibilidad agraria en el Olivar ecológico y convencional. En :Revista Agroecología. Vol. 1. Facultad de Biología, Universidad de Murcia, España.
- Altieri MA, Nicholls CI. 2001. Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos en el agroecosistema de café. En: <http://www.agroeco.org/doc/SistAgroEvalSuelo2.htm>
- Altieri MA, Nicholls CI. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. En: Revista Digital Ecosistemas. URL: http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=457&Id_Categoria=1&tipo=portada.
- Doran JW, Coleman DC, Bezdicek DF, Stewart BA. 1994. Defining soil quality for a sustainable environment. Proceedings of symposium of the Soil Science Society of America in Minneapolis, 1992. USA.
- Espinoza Y, Malpica L. 2006. Mediciones simples para evaluar el estado de la calidad y salud del suelo bajo pasturas. Revista Digital CENIAP HOY N° 11. INIA-CENIAP. Maracay, Venezuela.
- Ferreira J. 2005. Indicadores de qualidade do solo e de sustentabilidade em cafeeiros arborizados. Dissertação Mestrado em Agroecossistemas. Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Brazil.
- Jackson ML. 1964. Análisis químico de suelos. Ediciones Omega. Barcelona, España.
- Kabourakis E. 1996. Prototyping and Dissemination of Ecological Olive Production Systems. A Methodology for Designing and First Step Towards Validation and Dissemination of Prototype Ecological Olive Production System (EOPS) in Crete. Published doctoral thesis. Wageningen, University, The Netherlands.
- Labrador J, Porcuna J. 2004. Aproximación a las bases técnicas de la Agricultura ecológica. En: Conocimientos , técnicas y productos para la agricultura y ganadería ecológica. Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España.
- López-Ridaura S, Masera O, Astier M. 2002. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. the MESMIS framework.. In: Ecological Indicators 35 (2002) 1–14. Edit . Elsevier.

- Pérez MA. 2000. Evaluación de la sostenibilidad predial en el sistema de producción bovino de leche en la sabana de Bogotá, Colombia. Tesis de Maestría en Agroecología, Universidad Internacional de Andalucía, España.
- Pérez, MA. 1998. Evaluación de la calidad del suelo. En: Asociación Colombiana de exportadores de flores- ASOCOLFLORES. Memorias del segundo congreso nacional del crisantemo. Rionegro, Colombia.
- Pérez, MA. 1998. Agroecología y desarrollo rural sostenible. En: Memorias del primer curso de formación en agricultura sostenible. Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales-CIAA. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Rosales F, Pocasangre L, Trejos J, Serrano E, Acuña O, Segura A, Delgado E, Pattison T, Rodríguez W, Staver C. 2006. Guía para el diagnóstico de la calidad y la salud de suelos bananeros. En: Memorias de la Reunión Internacional de la Asociación para la Cooperación e Investigación sobre el Banano en el Caribe y América Tropical. Santa Catarina, Brasil
- Rivero E, Irurtia C, Michelena R. 2002. Indicadores cuantitativos de calidad de suelo y salud de un cultivo de soja en siembra directa. Documento Técnico. INTA, Argentina.
- Ribó M. 2004. Balance de Macronutrientes y materia orgánica en el suelo de agroecosistemas hortícolas con manejo integrado y ecológico. Tesis doctoral. Departamento de Recursos Naturales, Universidad de Valencia. España.
- Rossiter DG, Jimenez A, Van Wambeke A. 1995. Sistema Automatizado para la evaluación de tierras, Manual para usuarios. Cornell University. Ithaca, NY, USA.
- Sárandon SJ. 2002. La agricultura como actividad transformadora del ambiente. El impacto de la agricultura intensiva de la revolución verde. En: Agroecología: el camino hacia una agricultura sostenible. Editor: SJ. Sárandon. Ediciones Científicas Americanas. Cap. 30: 394-414. Argentina.
- USDA. 2002. Field Book for Describing and Sampling Soils, Version 2.0. National Soil Survey, Center Natural Resources Conservation Service. USA.
- USDA, 1999. Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. National Soil Survey, Center Natural Resources Conservation Service. USA.
- USDA, 2001. Guidelines for Soil Quality Assessment in Conservation Planning. Natural Resources Conservation Service, Soil Quality Institute. Department of Agriculture. USA.