

Introducción a la sostenibilidad agraria: con enfoque de sistemas e indicadores

Salomón Barrezueta Unda



Universidad Técnica de Machala

Introducción a la sostenibilidad agraria:
Con enfoque de sistemas e indicadores



Ing. César Quezada Abad, MBA
Rector

Ing. Amarilis Borja Herrera, Mg. Sc.
Vicerrectora académica

Soc. Ramiro Ordóñez Morejón, Mg. Sc.
Vicerrector administrativo

COORDINACIÓN EDITORIAL
VICERRECTORADO ACADÉMICO

Tomás Fontaines-Ruiz, PhD.
Investigador Becario Prometeo-UTMACH
Asesor del Programa de Reingeniería

Ing. Karina Lozano Zambrano
Coordinadora editorial

Ing. Jorge Maza Córdova, Ms.
Ing. Cyndi Aguilar
Equipo de Publicaciones

Introducción a la sostenibilidad agraria: Con enfoque de sistemas e indicadores

Salomón Barrezueta Unda

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
2015

Primera edición 2015

ISBN: 978-9942-24-077-4

D.R. © 2015, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
Ediciones UTMACH
Km. 5 1/2 Vía Machala Pasaje
www.utmachala.edu.ec

Este texto ha sido sometido a un proceso de evaluación por pares externos con base en la normativa editorial de la UTMACH.

Portada:

Concepto editorial

Samanta Cabezas (est. comunicación social)

Fotografía: Teresa Gutierrez (est. Agropecuaria)

Diseño, montaje y producción editorial: UTMACH

Impreso y hecho en Ecuador

Printed and made in Ecuador

Advertencia: “Se prohíbe la reproducción, el registro o la transmisión parcial o total de esta obra por cualquier sistema de recuperación de información, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electro-óptico, por fotocopia o cualquier otro, existente o por existir, sin el permiso previo por escrito del titular de los derechos correspondientes”.

Dedicatoria

Este libro está dedicado a mi hermano Raúl (+) que con su fortaleza y animo me acompañan, a mi padre Salomón (+), que gracias a sus valores y ejemplo de bien me animan a seguir adelante, con mucho afecto y cariño.

Atentamente
Salomón Alejandro Barrezueta Unda

Agradecimiento

Quiero agradecer a las autoridades de la Universidad Técnica de Machala, Ing. Cesar Quezada Abad MBA, Ing. Amarilis Borja Herrera Mg. Sc. y al Soc. Ramiro Ordoñez Mg. Sc. por estimular entre los docentes la superación académica y apoyar la realización del presente libro; al Dr Antonio Paz González por su paciencia en mi formación como investigador, a mi familia por sus ánimos y dios por permitirme cumplir el sueño de mi padre y hermano.

Índice de contenido

Prólogo	15
Introducción.....	17
CAPITULO 1.- Los sistemas agrarios	19
1.1 Base conceptual	19
1.2 Ecología de los sistemas agrarios	21
1.3 Clasificación de los sistemas agrarios	22
1.4 El impacto de los sistemas agrarios al ambiente	24
CAPITULO 2.- La sostenibilidad agraria y el desarrollo sostenible.....	27
2.1 Bases para la sostenibilidad agraria.....	27
2.2 Relación sostenibilidad y ecosistemas	28
2.3 Los modelos de sostenibilidad	28
2.3.1 La sostenibilidad fuerte y débil.....	29
2.4 Manejo de recursos naturales como base para la sostenibilidad de los sistemas agrarios	29
2.5 Los vínculos del desarrollo sostenible y la agricultura	30
CAPITULO 3.- Los enfoques sociales, económicos y ambientales	35
3.1 Dimensión social.....	35
3.2 Dimensión económica	36
3.2.1 Los factores de económicos de los sistemas agrarios	37
3.2.2 Dimensión Ambiental.....	38
CAPITULO 4.- El enfoque agroecológico como herramienta para alcanzar la sostenibilidad agraria	41
4.1 Los fundamentos de la agroecología	41
4.2 Los enfoques agroecológicos	42
4.3 La sostenibilidad relacionado con la agroecología.....	43
4.3.1 Factores limitantes para alcanzar la sostenibilidad	44
4.4 Gestión agroecológica del recurso suelo	44
4.4.1 La calidad del suelo como factor de la sostenibilidad agraria.....	45
4.4.2 Evaluación de la calidad del suelo.....	47
4.5 Prácticas agronómicas en un modelo de producción agroecológica.....	49
4.6 Indicadores de manejo del cultivo	50
CAPITULO 5.- Metodologías y marcos de trabajos para medir la sostenibilidad en sistemas agrarios.....	53
5.1 Fundamentos para medir la sostenibilidad	53
5.2 Métodos y marcos de trabajo para medir la sostenibilidad	54

5.2.1 PSR (Pressure-State-Response y/o Presión-estado-respuesta) y DPSIR (Fuerza Motriz e Impacto).....	54
5.2.2 Método FESLM (framework for evaluating sustainable land management)	54
5.2.3 Medición propuesta por De Camino y Muller.....	55
5.2.4 Método RISE (Response, Inducin Sustainability, Evaluation)	55
5.2.6 Método MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad)	56
5.2.7 Esquema de medición de Sarandón.....	57
5.2.8 Marco de trabajo SAFE (Sustainability Assessment of Farming and the environment Framework)	58
 CAPITULO 6.- Establecimiento de indicadores de sostenibilidad.....	 61
6.1 Criterios para establecer un Indicador	61
6.2 Clasificación de índices e indicadores.....	62
Enfoque ambiental	62
Enfoque social.....	63
Enfoque económico.....	63
Enfoque socio-ambiental.....	63
Enfoque económico ambiental	64
Enfoque socio-económico.....	64
Enfoque social-económico-ambiental	64
6.3 Selección de indicadores	64
Glosario.....	65
Referencias bibliográficas	69
Biografía.....	69

Índice de figuras

Figura 1. Identificación de los elementos de un sistema (Pons & Sivardiere, 2002).....	19
Figura 2. La gallina como un sistema biológico (Spedding, 1982).	20
Figura 3. Modificación del ambiente de la gallina para establecer sus límites en un nuevo sistema (Spedding, 1982).....	20
Figura 4. Jerarquías de sistema y niveles de organización (Saravia, 1983)	21
Figura 5. Cultivo de papa en la provincia del El Carchi, Ecuador.	22
Figura 6. Estructura del sistema rumiantes con sus niveles jerárquicos (Wadsworth, 1997).....	24
Figura 7.- Crecimiento porcentual de la superficie agrícola por décadas (FAOSTAT-2016).....	24
Figura 8.- Proceso de aspersion en un invernadero de rosas para exportación en Cayambe, Ecuador.....	30
Figura 9. Empleo de trampas adhesivas para capturar mosca blanca (<i>Aleurothrixus floccosus</i>) y psilidos sp. en cítricos.....	33
Figura 10. Cultivo de melón en el sitio La Cuca, Cantón Arenillas, Provincia del El Oro, Ecuador.	37
Figura 11. Uso indiscriminado de pesticidas en arroz, zona La Cuca, en Arenillas, Ecuador.	39
Figura 12. Cultivos asociados (naranja-planto) como parte de un proceso agroecológico, en el litoral sur del Ecuador, sitio La Cuca provincia del El Oro.....	43
Figura 13. Erosión de suelos aluviales por efectos hídricos, en banano en la zona Pajonal, Machala-Ecuador.	45
Figura 14. Estructura del modelo MESMIS de Masera et al., (1999).	56
Figura 15.- Interacciones de las dimensiones social, económica y ambiental para generar enfoques para el desarrollo sostenible (Fernández, 2006)...	62

Índice de cuadros

Cuadro 1. Crecimiento poblacional total desde 1969 a 2015	25
Cuadro 2. Principios agroecológicos para el manejo sostenibles de sistemas agrarios	42
Cuadro 3. Escala de la degradación del suelo (Oldeman & Lynden, 1998)	46
Cuadro 4. Conjunto mínimos de datos (CMD) de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, utilizados para establecer indicadores de calidad del suelo según Doran y Parkin (1994) y Larson y Pierce (1993) .	48
Cuadro 5. Prácticas agroecológicas para mejorar la eficiencia del agua y la conservación del suelo (Labrador; 2001) modificado por el autor	49
Cuadro 6. Indicadores del estado fitosanitario de los cultivos, con un enfoque agroecológico (Pérez y Marasas; 2013).....	50
Cuadro 7. Estructura metodológica de SAFE (Van Bueren & Blom, 1997; Van Cauwenbergh <i>et al.</i> , 2007)	58
Cuadro 8. Marcos metodológicos para construir índices e indicadores de sostenibilidad agraria	59

Prólogo

A través de mi labor como profesor de la Universidad Técnica de Machala, he procurado inculcar entre mis estudiantes investigaciones sobre los efectos de las actividades agrarias hacia el ambiente y del aprovechamiento de los recursos naturales de forma sostenible, detectando poca información en el Ecuador sobre estas temáticas que abordan los aspectos sociales, económicos y ambientales. Lo que llevo a proponer una investigación sobre la sostenibilidad agraria en el marco de mi formación doctoral, con la cual pueda aportar en la formación de profesionales vinculados al sector agrario. Motivado por este tema propongo este libro el cual lo estructuro en seis capítulos que abordan aspectos teóricos que faciliten la comprensión del término sostenibilidad y su integración holística.

El tratamiento del primer capítulo parte de un análisis de sistemas en la que pretendo se comprenda de forma básica la relación entre el ecosistema y los modelos agrarios para su posterior estructura en agroecosistema con un enfoque de niveles jerárquicos.

En el segundo capítulo se aborda las bases de la sostenible, la visión holística del concepto partiendo de las relaciones positivas y negativas entre desarrollo agrario y ecosistemas confluyendo en los modelos de sostenibilidad fuerte y débil con un sesgo hacia lo económico.

A continuación en el capítulo tres se explica las dimensiones de la sostenibilidad, tomando aspectos relevantes para una medición de lo social, económico y ambiental. En este capítulo también se muestra ejemplo de los efectos negativo de prácticas agrarias hacia el ecosistema y la necesidad de un desarrollo armónico para abastecer de alimentos a una población en crecimiento.

El cuarto capítulo trata de la agroecología como una ciencia que vincula las dimensiones social, económica y ambiental con un enfoque hacia la generación de tecnología, el uso racional de recursos naturales y los factores que relaciona esta ciencia con el desarrollo sostenible. Dentro de este capítulo se presenta al factor suelo como cimiento para la sostenibilidad agraria aportando con información de práctica convencional que degrada el suelo y bases agroecológicas con implicación para la conservación de este recurso, insumo que serán utilizados en el proceso de medición de la sostenibilidad.

El capítulo quinto es un análisis de los diferentes modelos para medir la sostenibilidad, desde la perspectiva ambientalista de la evaluación los efectos de una determinada actividad al ecosistema, hasta la integración de indicadores sintéticos desarrollada para agrupar información en criterios o dimensiones.

Al final se aborda en el capítulo sexto, los principios básicos para la conformación de un indicador, su implicación dentro de la medición de la sostenibilidad agraria para mostrar su clasificación al momento de interrelacionar las dimensionales.

Introducción

El consumo de recursos naturales que viene ocurriendo desde la época de la revolución industrial, está provocando el deterioro del planeta, donde el crecimiento poblacional, trae como consecuencia el aumento de la producción de alimentos, por lo que urge encontrar el modelo ideal para una agricultura de bajo impacto al ambiente, que maximice la producción en igual o menor superficie de la existente, con menos insumos externos con el fin de lograr la sostenibilidad agraria.

Los primeros intentos por determinar un equilibrio sostenible se da en la década del 70 con la primera crisis petrolera, donde los efectos en una sociedad dependiente de este recurso para su cotidianidad (energía para aviones, cocina, automóvil, y otros) traerían cambios en su comportamiento, cuando se agoten las reservas de petróleo. De este cambio, no estaría excluida la agricultura la cual depende de la energía fósil para mover la maquinaria agrícola, la cual es necesaria para producir alimentos para la población en constante aumento.

En la década de los 70 fue difícil determinar el grado de agotamiento de los recursos naturales o medir el impacto que una industria causa a otro sector económico (una fábrica contamina el río cuyas aguas son para regar un cultivo) siendo ambos interdependiente, nombrando los economistas a este fenómeno como externalidad, partiendo que ambos procesos productivos son vitales para el desarrollo económico de una nación.

Con el propósito de medir las externalidades y cuantificar los impactos al ambientes se desarrollan varias metodologías las cuales fueron adaptadas para determinar el desarrollo sostenible, cuyo concepto fue establecido en 1987 por la comisión Brundtland con el intuito de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Gallopín, 2003). Si contextualizamos lo que sucede en Ecuador, el desarrollo está limitado, por depender de la explotación del petróleo y de los monocultivos banano, cacao, camarón y rosas. Por lo que se debe replantear la diversificación de la agricultura con especies vegetales de alto rendimiento y resistentes a plagas, así como también desarrollar tecnologías de bajo impacto que sustituyan a los recursos no renovables.

Toda iniciativa para aumentar la producción agraria en un marco de equilibrio ambiental debe estar enfocada no solo en la productividad sino que también se puedan alinear a las dimensiones económicas y sociales, mantenido el objetivo de lograr la seguridad alimentaria del país.

Con esta visión holística se conforman distintos modelos, estructuras y marcos de trabajo para medir esta sostenibilidad que tiene su mayor auge

entre 1995 y el 2009, donde todas estas propuestas tienen como objetivo cuantificar que tan sostenible es un proceso productivo en un determinado tiempo para la toma de acciones de carácter político, siendo fundamental utilizar indicadores que reflejen la variabilidad de un proceso dentro de los sistemas agrarios (Kammerbauer, 2001) .

La finalidad de este texto es ilustrar el origen y alcance del concepto sostenibilidad, la importancia de la agroecología como base para alcanzar la sostenibilidad en un sistema agrario y mostrar esquemas básicos partiendo del recurso suelo en la determinación de variables que proporcionen a profesionales, estudiantes universitarios y agricultores del Ecuador información cualitativa y cuantitativa para establecer indicadores.

Capítulo I: Los sistemas agrarios

1.1 Base conceptual

Desde el siglo IV A.C., Aristóteles estableció que el todo es mayor que la suma de sus partes. Esta posición holística ha ganado seguidores siendo formalizada en el ambiente científico bajo la concepción de la teoría general de sistemas en la década del 50 (Kammerbauer, 2001). Con este concepto se emplea para el análisis de que es un sistema agrario.

Spedding (1982) en su libro los Sistemas Agrarios menciona que un vehículo, un teléfono, un conejo, un árbol o el cuerpo humano se pueden considerar como un sistema pero en algunos casos no, siendo primordial distinguir todos los elementos del sistema con sus propiedades y límites. Para que un conjunto de objetos puedan actuar como un sistema, tienen que existir relaciones o conexiones para que de alguna forma se asocien las partes individuales y constituyan un sistema estando determinados por entradas, procesos y salida como se ilustra en la Figura 1 (Saravia, 1983).

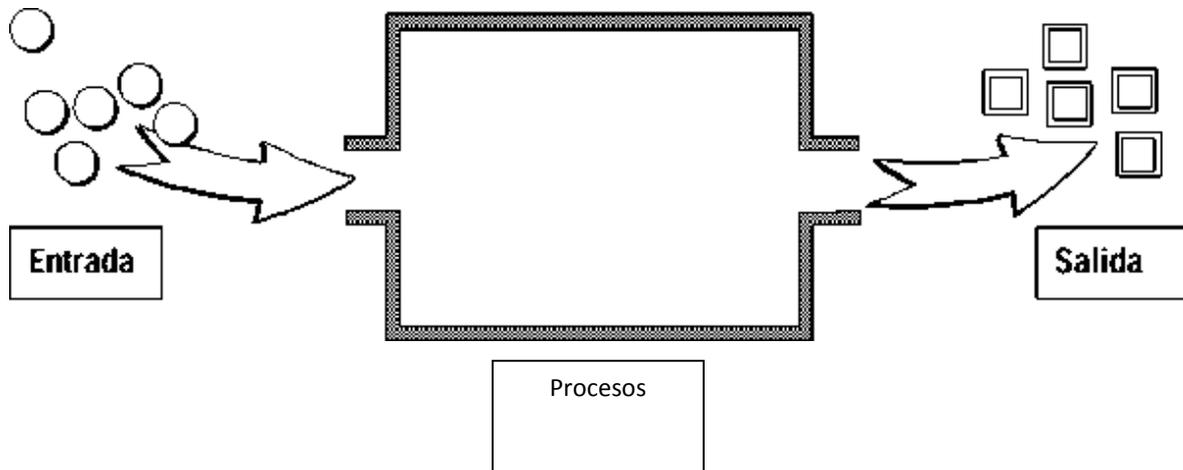


Figura 1. Identificación de los elementos de un sistema (Pons & Sivardiere, 2002)

Si este concepto se aplica a una finca debe establecer: los elementos de entrada de la finca (energía, semilla, animales, maquinaria y otros) para delimitar los procesos (arado de la tierra, siembra, cosecha, etc.) que producen las salidas (productos y residuos) (Spedding, 1982).

Una vez establecido los elementos de un sistema se debe identificar con exactitud los límites de este para proceder con su análisis. El experimento de la gallina (Spedding, 1982) publicado en su libros sobre los Sistemas Agrarios constituye un ejemplo tangible sobre los límites del sistema, donde

se estudia a la gallina (Figura 2) como un sistema biológico obteniendo alimentos (entradas), excretando heces y generando calor (salidas) comportándose como un todo a estímulos externos (ambiente) con lo que definimos el sistema.

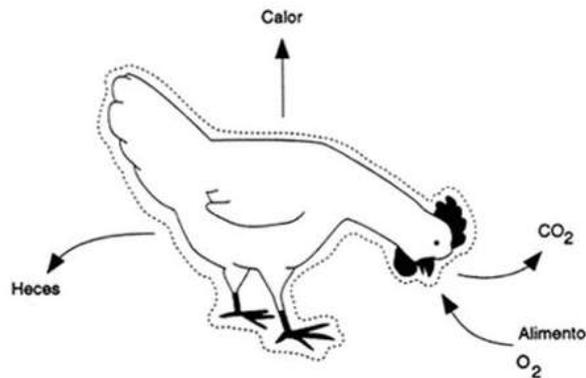


Figura 2. La gallina como un sistema biológico (Spedding, 1982).

Ahora si colocamos esta ave en una caja (Figura 3), el calor que produce la gallina influye en su microclima, reduciendo el consumo de alimentos y oxígeno (entradas) lo que ocasiona disminución de su producción fecal y generación de CO₂ (salida), ahora, esta ave es parte de otro sistema llamado gallina en la caja, donde se establecen nuevos límites al ser modificadas las entradas, por la limitante del oxígeno que antes (Figura 2) no se consideró por su abundancia en la atmosfera y la salida de CO₂ que con facilidad se disipaba en el ambiente.

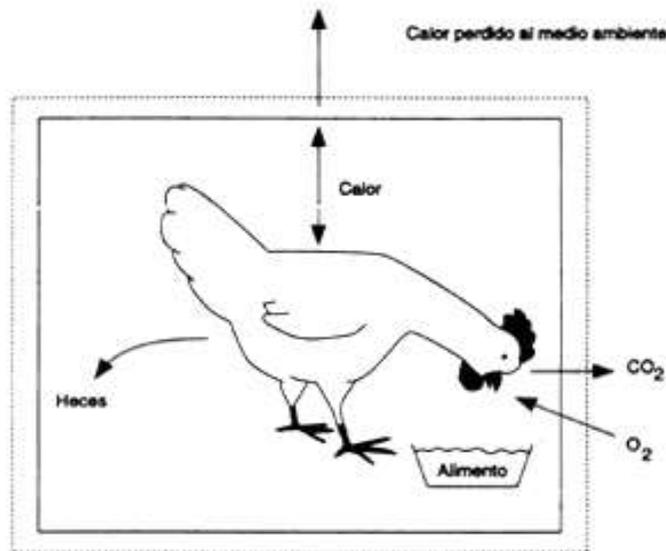


Figura 3. Modificación del ambiente de la gallina para establecer sus límites en un nuevo sistema (Spedding, 1982)

Otro ejemplo es una vaca, un sistema biológico individual, pero si tenemos 100 vacas las cuales por el tipo de sistema de explotación se denomina hato ganadero se constituirán en un nuevo sistema, en la que cada animal representa un subsistema. Ahora consideremos que el ganado es parte de una finca productora de frutales, se debe considerar a cada uno (ganado y frutales) como subsistemas de producción del sistema finca donde cada animal o planta es una unidad de producción (Spedding, 1982). La definición de sistema y subsistema cambia según la decisión de ubicar el límite del sistema, así como la relación con su jerarquía, la cual determina qué lugar ocupa en un determinado nivel de organización de carácter biológico, físico, social y político como se muestra en la Figura 4.

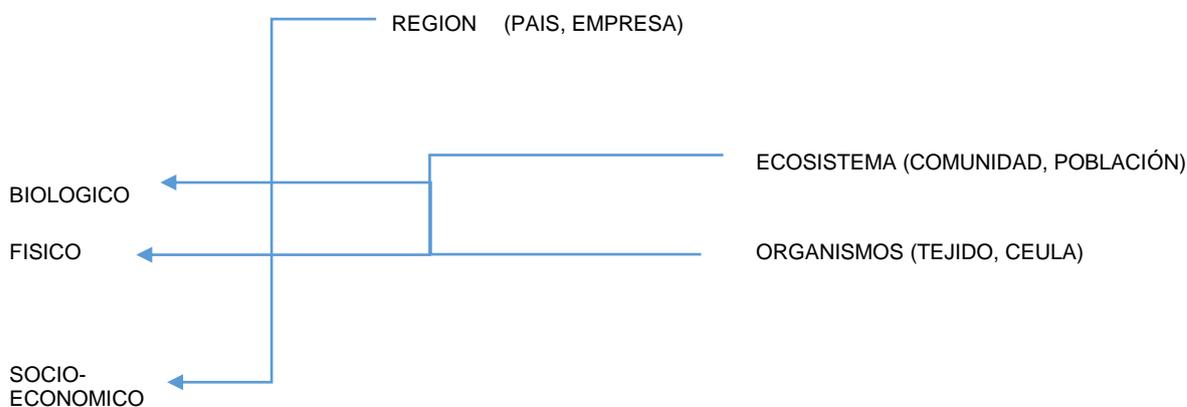


Figura 4. Jerarquías de sistema y niveles de organización (Saravia, 1983)

1.2 Ecología de los sistemas agrarios

Los sistemas agrícolas son un subconjunto de los sistemas ecológicos porque tienen al menos un componente vivo, donde la finca es análoga de la unidad ecosistema en ecología (Spedding, 1982; Wadsworth, 1997). Denominando el sistema agrícola como agroecosistema.

El agroecosistema es un conjunto de poblaciones de plantas, animales y microorganismos, que puede incluir poblaciones de cultivos, animales domésticos o ambos. Estas poblaciones dan valor agrícola que pueden ser separadas de las otras poblaciones y definidas como subsistemas de cultivos o animales que interactúan entre sí y con el ambiente (Wadsworth, 1997).

Los agroecosistemas interactúan para formar los procesos de producción agrícola que se relacionan horizontal y verticalmente. La interacción vertical

determina la jerarquía de los sistemas agrícolas. Este principio, se denomina el principio de tres niveles mínimos que incluye el nivel agroecosistema, nivel de sistema de cultivos y nivel de cultivo, que servir como pauta en la investigación de cualquier agroecosistema (Saravia, 1983).

Ahora, cuando se hace un estudio entre los agroecosistemas y el ambiente, nos encontramos con temas de discusión como: deforestación, erosión hídrica del suelo, contaminación por utilización de agroquímicos de alta toxicidad, problemas de salinidad en la agricultura de regadío, compactación del suelo en otros, se declara a la agricultura como uno de los factores principales de impacto ambiental, espacio que estaba reservado sólo a la industria (Bello & González-Pérez, 1997) a pesar de lo descrito, sigue siendo de mucha importancia los sistemas agrarios debido a su capacidad de producción de alimentos.

1.3 Clasificación de los sistemas agrarios

Las características de las explotaciones agrarias como: el tamaño del predio, las áreas con riego, el uso principal del suelo, modo de tenencia de la tierra entre otras están relacionadas con desarrollo agrario; así como, los pisos altitudinales, la pendiente del terreno o las condición edáficas de los suelos, son claros ejemplos del uso de criterios para establecer diferencias entre los sistemas agrarios y construir una clasificación en virtud de sus características (Escobar & Berdegué, 1990) con el caso de los cultivos en la zona Andina Ecuatoriana (Figura 6) donde el minifundio, los sistema de riego en terrazas, la pendiente y las características físicas condicionan las labores agrícolas.



Figura 5. Cultivo de papa en la provincia del El Carchi, Ecuador.

En algunos casos la clasificación de sistemas agrarios se complementa con estudios denominados tipologías de trayectorias, que identifican la evolución histórica de las fincas de una región determinada y las variables o fenómenos que tienen mayor influencia en esas trayectorias como el uso anteriormente dado al suelo, estado fitosanitario de la finca, tierras en descanso y otros

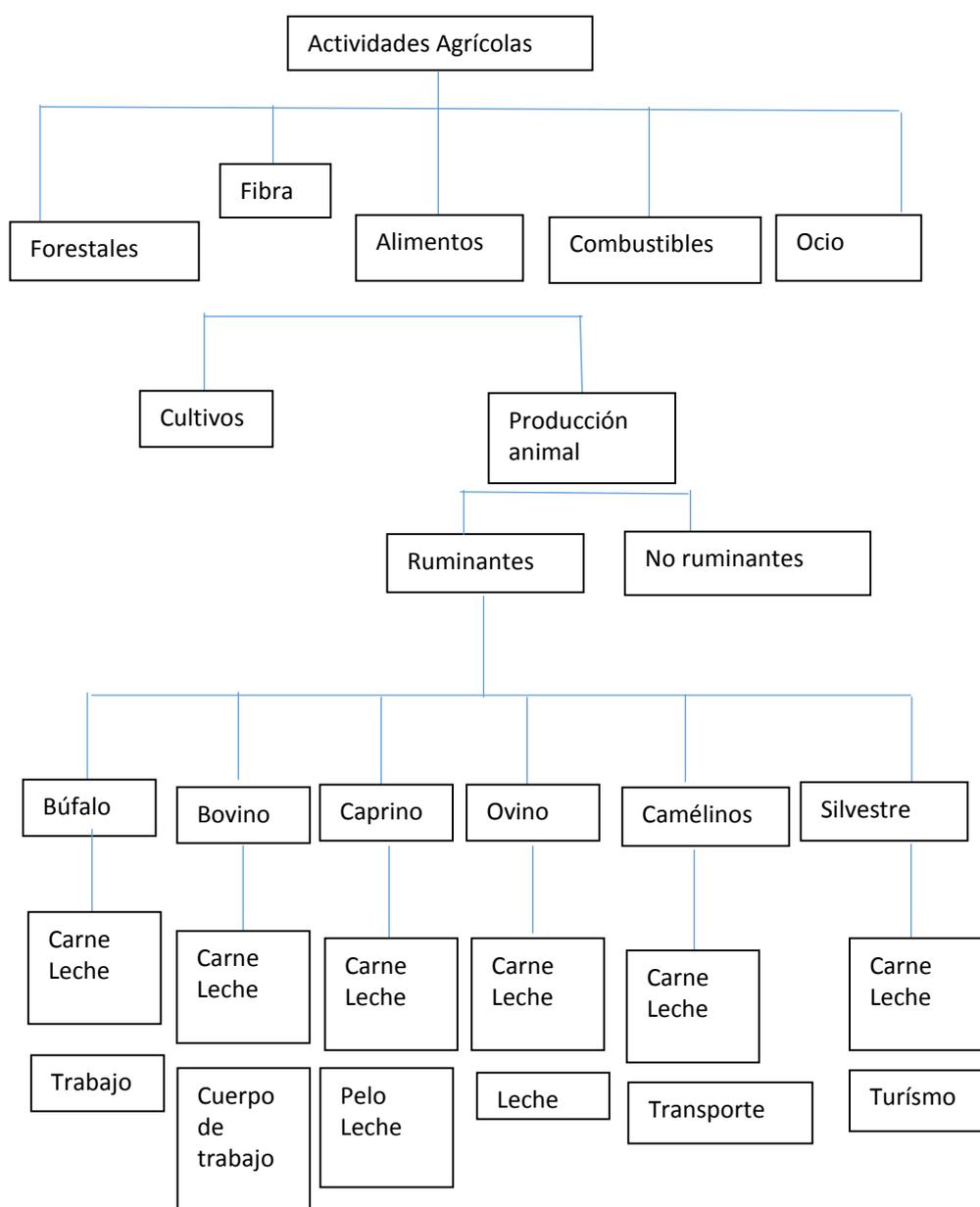


Figura 6. Estructura del sistema rumiantes con sus niveles jerárquicos (Wadsworth, 1997)

El objetivo de clasificar y determinar un tipo de sistema agrario es poder actuar en la gestión e investigación del sistema para lograr resolver

problemas específicos de cada subsistema o unidad de producción (Saravia, 1983; Spedding, 1982).

Un sistema agrícola debe incluir las nociones de : a) el propósito de porque el sistema es utilizado, b) la frontera que marque los límites del sistema; c) el contexto, es decir el ambiente externo en el cual funciona, d) los componentes principales que conforman el sistema, e) las interacciones o relaciones de los componentes, f) los recursos (entradas) que son utilizados en el sistema para su funcionamiento y g) los productos (salidas) o resultados esperados del sistema.

Wadsworth (1997) explica (Figura 6) partiendo del sector agrícola como elemento macro, realiza subdivisiones en niveles y subniveles jerárquicos (alimentos-producción animal) hasta obtener la clasificación de sistemas agrarios rumiantes de acuerdo al fin de cada explotación ganadera.

1.4 El impacto de los sistemas agrarios al ambiente

La expansión agraria aceleró su crecimiento en la década de los 80 (Figura 7) gracias al aumento a la generación de tecnologías en función de mejorar la fertilidad de los suelos, mejoramiento genético y sistematización del riego; los cuales, son factores externos al ecosistema que también están incidiendo en la disminución de la superficie cultivada hasta el 2015. Desde el punto de vista económico estos elementos inciden en la productividad reflejándose en la generación de divisas al país, pero desde un análisis ambientalista causan impactos significativos a la biodiversidad; sin embargo, esta productividad debe seguir en aumento ya que se prevé que entre 2005 y 2050 la demanda de alimentos se duplicara (Dong, *et. al.*, 2013) en virtud que el crecimiento poblacional sigue en aumento como se observa en el Cuadro 1.

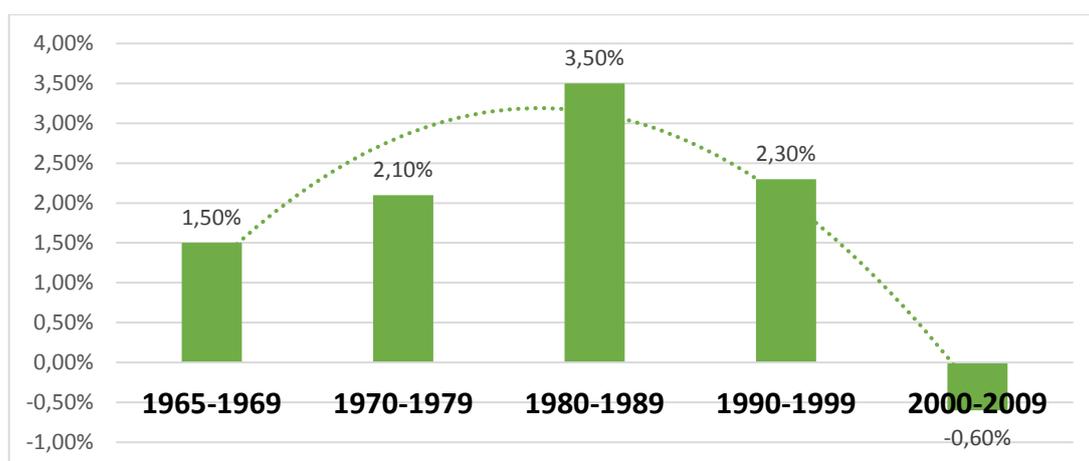


Figura 7. Crecimiento porcentual de la superficie agrícola por décadas (FAOSTAT-2016).

Cuadro 1. Crecimiento poblacional total desde 1969 a 2015

Años	Población
1969	3.607.865.510
1979	4.362.189.530
1989	5.218.978.020
1999	6.049.205.200
2009	6.846.479.520
2015	7.349.472.100

Capítulo 2: La sostenibilidad agraria y el desarrollo sostenible

2.1 Bases para la sostenibilidad agraria

El término sustentar o sostener proviene del latín *sustenerere* que significa mantener, sostener, sustentar, aunque la influencia del vocablo inglés *sustainable* al ser traducido al castellano significa sostenible, se añade a este significado los términos soportar y tolerar, por lo que se impuso el epíteto de *sostenible*, en lugar de *sustentable* (German, 2007; Luffiego & Rabadán, 2000).

La palabra sostenibilidad quiere ser reflejo de una política y estrategia de desarrollo económico y social continuo que no vaya en detrimento del ambiente y de los recursos naturales de cuya calidad depende la continuidad de las actividad y desarrollo de los seres humanos (Gómez, 2007). Este concepto es esbozado por las corrientes económicas de la década de los 80 como la armonía entre el crecimiento poblacional y la utilización de los recursos naturales.

Los estudios sobre sostenibilidad de los recursos naturales en las décadas de los 80 y 90 identifican tres nociones de la sostenibilidad (Masera, *et al.*, 1999): a) como una percepción biofísica para un recurso natural determinado; b) una noción biofísica usado para un grupo de recursos o un ecosistema, y c) como un concepto biofísico, económico y social, con lo cual se busca mantener el crecimiento indefinido desde la perspectiva económica pasando por la conservación de los recursos naturales con una visión ecológica hasta el campo de la sociología en sus aspecto de equidad, convirtiéndose la sostenibilidad en un metaconcepto (Linares, 2012).

La sostenibilidad también combina las tecnologías y políticas que se integran con la socioeconómica y el ambiente; con este fin, se plantean cuatro pilares de la gestión sostenible de la tierra como son: a) Reducir niveles de riesgo la de producción, mantener o mejorar la producción / servicios (productividad), b) Proteger la calidad y el potencial de recursos naturales evitando la degradación del suelo y agua (seguridad), c) Ser económicamente viable (viabilidad), y d) Ser socialmente aceptable (aceptabilidad) (Smyth, *et al.*, 1993).

2.2 Relación sostenibilidad y ecosistemas

La sostenibilidad puede ser una herramienta analítica para insertar los impactos humanos en el ambiente de una forma armónica como son el de conservar la biodiversidad de especies nativas sin comprometer las fuentes de alimentos a la población, generando empleo y mejorando la calidad de vida de los campesinos que explotan de forma racional los agroecosistemas. Pero la capacidad de sostenibilidad de un ecosistema está determinada por la intensidad al que es sometido, ejemplo la deforestación de un bosque.

En este contexto para lograr niveles de sostenibilidad óptimos es conveniente que la intensidad de la agricultura no debe ser superior a la determinada por las variables de acción del hombre a través de la tecnología (nivel mínimo de acidificación o compactación del suelo) y el conjunto de recursos disponibles del ecosistema (biodiversidad, agua, y otro).

Cabe agregar que las características del ecosistema y el conjunto de recursos son difíciles de cambiar en escalas de tiempo humanas, mientras que el estado (compactación, salinidad, y otros) puede ser mejorado mediante restauración en el mediano a largo plazo; sin embargo, la acción del hombre sobre el ecosistema es una variable clave y debe ser ajustada de modo de alcanzar sostenibilidad del mismo.

2.3 Los modelos de sostenibilidad

Los investigadores de fenómenos socioeconómicos y ambientales muestran tres pensamientos científicos al momento de desarrollar modelos de sostenibilidad. El primero llamado modelo analítico que se fundamenta en lo tradicional que parte de las ciencias naturales, en la que analizan los fenómenos desde la causa, estado, efecto y respuesta.

El segundo modelo es del tipo sistémico, el cual plantea una visión holística entre la ecología, la política y la economía, centrados en el estudio de la huella ecológica, índices globales de impacto al ambiente e intensidad en el uso de materiales. Por último, el modelo normativo, con visión multidimensional entre lo social, económico y ambiental que engloba a los indicadores de causa, estado, efecto y respuesta con los sistémicos. Los ejemplos de modelos normativos son los índices con ponderación y los gráficos tipo amiba (radial o tela araña) (Kammerbauer, 2001).

2.3.1 La sostenibilidad fuerte y débil

Varios investigadores como Daly (1992) y Guhl (2006) definen desde la óptica de la economía dos tipos de sostenibilidad: la débil que se enfoca al reemplazo del capital natural (Kn) por el capital de manufacturado (km) para alcanzar desarrollo armónico de la economía bajo los principios de sostenibilidad definidos en la década de los 80 y la sostenibilidad fuerte donde el Kn y Km no se reemplazan porque son complementarios y no sustituibles con enfoque ecosistémico, considerando algunos autores que los factores socioeconómicos son dependiente del ecosistema (Luffiego & Rabadán, 2000; Pérez, 2012).

2.4 Manejo de recursos naturales como base para la sostenibilidad de los sistemas agrarios

El manejo de los recursos naturales es el principio fundamental de un sistema agrario en el que buscamos una base de sostenibilidad para el manejo adecuado del agua, suelo y recursos genéticos (IICA, 1992). El desgaste del suelo por malas prácticas agrícolas que ocasiona la compactación, salinización, desertificación y pérdida de la biodiversidad de especies se desarrollan sobre y dentro de este recurso, limitando el acceso de alimentos de las sociedades del futuro (Rodríguez & Hernández, 1994).

Pero los recursos naturales no solo se emplean como insumos inmersos en la producción primaria como fuentes de fertilización, sino que son la energía que mueve todo el sistema productivo. En estos momentos los recursos no renovables de origen fósiles (petróleo) son fundamentales como fuerza motriz de los tractores, equipos de bombeo, vehículos para el transporte logísticos, aviones para aspersiones, equipos para uso en invernaderos (Figura 8) y otros usos, por lo que el cambio tecnológico está en la generación de energía limpias, siendo necesario el cambio de la matriz energética en todo el planeta.



Figura 8.- Proceso de aspersión en un invernadero de rosas para exportación en Cayambe, Ecuador

Si someramente se analiza que los recursos no renovables están llegando a su límite de extracción, particularmente, siendo el recurso petróleo con sus derivados la principal fuente de energía en los sistemas agrarios, podemos decir que el principio de sostenibilidad no se cumple, debido a que la premisa holística de las dimensiones social, económica y ambiental deben estar interrelacionadas en el tiempo para asegurar equilibrio en el uso de los recursos naturales para la sociedad del presente y la del futuro.

2.5 Los vínculos del desarrollo sostenible y la agricultura

El trabajo como actividad económica procesa recursos naturales con el propósito de crear objetos para satisfacer necesidades de la sociedad, este fenómeno lo observamos a lo largo de la historia y se le ha denominado como desarrollo. Esta relación que confluye en un consumo de recursos naturales crea crisis socioeconómica y ecológica donde el estado, la comunidad y el individuo moderan o aceleran este consumo (Contreras & Aguilar, 2012).

A partir de la cumbre de Estocolmo en 1972 y antes de acuñar la frase “desarrollo sostenible” se empleaba el termino Eco-Desarrollo donde los economistas sostienen que los sistemas de mercado son piezas claves del manejo de recursos y de energía que generan valor y por lo tanto precio a los recursos (Contreras & Aguilar, 2012). En esta cumbre se argumentó con base al informe de Meadows (1972) denominado Los Límites del Desarrollo; en que los aspectos de sostenibilidad tienen que ver con la

realidad biofísica y con los límites impuestos a las actividades humanas (Toca, 2011).

Después de esta cumbre a fines de los 70 e inicios de los 80 las dimensiones social, económica y ambiental fueron objeto de discusión, especialmente, cuando se trata de determinar cuál predomina sobre las demás. La disyuntiva está en el bienestar de la especie humana versus los animales y vegetales. El dilema desaparecería al garantizar equilibrio en las tres dimensiones.

La definición de desarrollo sostenible fue propuesta por la Comisión Brundtland de las Naciones Unidas en su informe *Nuestro Futuro Común* en 1987 donde se define: “El desarrollo sostenible es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de generaciones futuras para satisfacer sus necesidades” planteando esta definición con enfoque integrador de la interdependencia sistemas y subsistemas (Jonker & Harmsen, 2012).

Al final de los 80 en respuesta a las externalidades negativas observadas en la llamada “revolución verde”, se conforma el paradigma de agricultura sostenible (Masangano & Miles, 2004), que supone el diseño de estrategias de desarrollo rural que van más allá que las acciones con efectos a corto plazo, que exige una visión y planificación sobre horizontes de mediano a largo plazo, actuando en el presente pero para influir en el futuro de las zonas rurales (Martinez de Anguita, *et al.*, 2006).

La agricultura sostenible vincula aspectos ambientales que en primera instancia se definieron como ecológicos por su considerando hacia la conservación y mejoría de las condiciones químicas, físicas y biológicas del suelo; de biodiversidad y de los recursos naturales en general, que constituyen la base para el alcance de la sostenibilidad y siendo pre requisitos de las ciencias económicas y sociales, manteniendo los principios holístico y el enfoque sistémico, con el propósito de integrar a todos los elementos del agroecosistema, aplicando las estrategias de reutilización de insumos y energía (De Muner, 2011; Philippe, *et al.*, 2008; Van Der Werf & Petit, 2002).

Al sector agrario en primera instancia se relacionó con las dimensiones ambiental y económica dejando de lado el tercer pilar, el componente social básicos en la conformación de un modelo rural sostenibilidad (Masangano & Miles, 2004) que incluye la búsqueda de mejores niveles de calidad de vida a través de la conformación de modelos de producción agrarios que proporcione alimentos con calidad biológica, con perspectiva de distribución, con equidad, lo que implica menor desigualdad en la repartición de activos, capacidades y oportunidades (Hergoz de Muner, 2011).

Para cumplir con la interrelación entre los tres ejes de la sostenibilidad (Matera y López, 1999) describen los siguientes objetivos estratégicos: a)

asegurar la satisfacción de las necesidades humanas esenciales, comenzando por las necesidades de los más pobres, b) promover la diversidad cultural y pluralismo, c) reducir las desigualdades entre individuos/región/nación, d) conservar y aumentar la base de los recursos naturales existentes, e) aumentar las posibilidades de adaptación a las perturbaciones naturales y antropogénicas, f) desarrollar tecnologías eficientes y de bajo consumo de recursos, adaptadas a las circunstancias socioeconómicas locales y que no signifiquen riesgos importantes para las generaciones presentes y futuras, g) generar estructuras productivas de distribución y consumo que brinden los servicios y bienes necesarios, además de que propicien el empleo total y el trabajo con sentido, con la finalidad de mejorar las capacidades de desarrollo de los seres humanos.

Para alcanzar desarrollo sostenible en el ámbito rural hay que estudiar diversos factores como la baja densidad poblacional, capacidad para explotar recursos naturales cercanos, su importancia en la actividad agraria como fuente generadora de divisas, seguridad alimentaria para la nación, su relación entre los habitantes y el medio natural, así como su identidad social y cultural (Sancho & Reinoso, 2013).

En el campo agrario la sostenibilidad no tiene interpretación única sino que depende de las ideas dominantes en cada momento sobre la naturaleza, la sociedad y las relaciones entre ambas (Saurí & Boada, 2006). Los análisis agrarios en la década de los 90 se fundamentaron en estudios nacionales, regionales y locales que tenían un objetivo muy general sin llegar a determinar problemas de fondo como la gestión del recurso hídrico o el manejo de plagas. En la actualidad la base de la sostenibilidad se centra a nivel de finca (Merma. & Alberto, 2012) .

La finca es la unidad sistémica donde se enumeran las barreras técnicas, ecológicas y sociales más relevantes, que sirven de diagnóstico para proponer políticas agrarias (Huerta *et al.*, 2014). Debido a los múltiples aspectos a los que se enfrenta la aplicación de modelos sostenibles agrarios se vuelve necesario acoger esquemas que se adapten a las fincas, caracterizando a la sostenibilidad con base al análisis agroecológico (Merma. & Alberto, 2012), ciencia que globaliza, define, y clasifica desde una perspectiva ecológica (ambiental), económica y social (Labrador, 2001). La adopción de una agricultura sostenible con enfoque agroecológico está envuelta en el uso de técnicas de mejoramiento genético, niveles apropiados de fertilizantes, uso adecuado de pesticidas, rotación de cultivos, manejo integrado de plagas, debido a que estas interacciones influyen en los rendimientos (Bolívar, 2012).

El costo para mantener los procesos agroecológicos está en función recursos adicionales que ingresan a la finca, lo que dificulta que el agricultor determine su grado de desarrollo sostenible en el tiempo a lo que se agrega que las técnicas de manejo agronómicos utilizadas para mantener su sostenibilidad se definen como la habilidad de producción biológica con un manejo eficiente, con los recursos disponibles a nivel de campo, con el

propósito principal de maximizar las salidas económicas de un conjunto de restricciones biofísicas no controladas (Guzmán, *et al.*, 2011).

En la Figura 9, se observa trampas adhesivas para captura de *Psilidos* sp. y mosca blanca (*Aleurothrixus floccosus*) en un cultivo de limón con el objetivo de monitorear estas plagas y ejecutar acciones respecto a la fluctuación poblacional y su nivel de daño, evitando en algunos casos el uso innecesario de insecticidas.



Figura 9. Empleo de trampas adhesivas para capturar mosca blanca (*Aleurothrixus floccosus*) y psilidos sp. en cítricos.

Capítulo 3: Los enfoques sociales, económicos y ambientales

La estructura socioeconómica actual es incapaz de resolver los tres fenómenos más acuciantes de la humanidad para alcanzar el desarrollo sostenible como son: el incremento de la pobreza, los servicios básicos y el deterioro de la infraestructura que se agudizan en países en vías de desarrollo (Navarro, 1997). De esta manera, resulta imposible separar lo social, económico y ambiental en un estudio detallado de las condiciones de desarrollo de un país, región, localidad o finca.

Ahora se enfocara el análisis de las tres dimensiones social, económica y ambiental para comprender las propuestas metodológicas y estructuras de un estudio de sostenibilidad agrario en la cual se orientara el siguiente capítulo.

3.1 Dimensión social

Las razones que justifican tener en cuenta un sistema donde interactuaran las dimensiones para el desarrollo sostenible es la existencia de importantes vinculaciones entre sociedad y naturaleza, ejemplo de estos es la agricultura (Gallopín, 2003).

Desde un punto de vista social, las personas y las instituciones desempeñan un papel muy importante en la meta de obtener el desarrollo sostenible de las naciones, para lo cual es importante una correcta organización social que permita el desarrollo perdurable tanto en inversión de capital humano como educación, inclusión social, fomento de capacidades en el sector primario y otros logros que incrementan la cohesión social entre los agricultores y los consumidores urbanos (Durán, 2000).

En la dimensión social trata de definir las nociones para crear relaciones y condiciones sociales justas en una localidad, región o país, siendo el enfoque de los bienes individuales básico en el marco de un buen vivir de la población para lograr una sociedad justa. Entre los bienes individuales tenemos la salud, alimentos, vestido, vivienda, derechos políticos y recursos sociales como son la tolerancia, la solidaridad, la capacidad de integración social, la orientación hacia el bien común, el sentido de derecho y justicia y las condiciones para una vida digna individual o grupal; consideradas como parte de los derechos humanos (Moller, 2010).

La contribución de la mujer en los procesos productivos rurales y su intervención a nivel de organización comunitario son valorados al realizar

un estudio social considerándose como equidad de género e inclusión social (Delgado *et al.*, 2010).

Los indicadores recomendados para esta dimensión tienen que identificarse con los aspectos culturales del sitio de análisis. En esta publicación se sugiere algunos indicadores que se adaptarían al contexto latinoamericano como son: nivel de empleo, equidad de género, seguridad alimentaria, sentido de conservación del ambiente, migración de la población rural entre otras (González & Martín, 2004).

3.2 Dimensión económica

La economía se compone de varios actores que se encuentran en el hogar, empresas y el estado. Su objetivo y función es la producción de bienes y servicios permitiendo con los ingresos la satisfacción de las necesidades materiales de los miembros de la sociedad y de contribuir al bienestar de la población y como un todo (Labandeira *et al.*, 2007).

La dimensión económica parte del concepto de renta de Hicks definida como la cantidad máxima que un individuo puede consumir en períodos determinados sin reducir su consumo durante este tiempo, cuantificando la productividad para realizar un análisis de sostenibilidad (Durán, 2000).

Para alcanzar este objetivo de sostenibilidad se debe considerar la distribución equitativa de los costos y beneficios de forma adecuada, tanto entre el total de la población actual (equidad intergeneracional) como entre las generaciones presentes y futuras (equidad intergeneracional) mejorando en la calidad de vida de los agricultores (Durán, 2000; Gastón *et al.*, 2008). Los elementos económicos en un entorno de sostenibilidad surge como imperativo de la necesidad de elevar la productividad, ya no entendida como sinónimo de crecimiento económico sino también como la internalización de una evaluación insumo / producto existente por unidad de producción resultante, sin olvidar que el ecosistema es el proveedor de los recursos de entrada de los sistemas que precisan los procesos productivos (Contreras & Aguilar, 2012).

Se consideran como aporte positivo a la economía de la finca, la utilización de insumos internos y los ingresos extra a la producción primaria como la venta de servicios ecosistémicos o las siembre de cultivos asociados para lograr una relación de ingreso favorable (Delgado *et al.*, 2010).

Una adecuada rotación de cultivos en función de la demanda del mercado es una alternativa, no solo agronómica para mejorar los suelos o romper ciclo de plagas, sino que puede favorecer su economía sembrando cultivos diferentes en épocas cuando estén con buenos precios. Un ejemplo de esta práctica sucede en el cantón Arenillas provincia del El Oro donde se cultivan cucurbitáceas (Figura 10) en época de escasez hídrica o sobre oferta del arroz.



Figura 10. Cultivo de melón en el sitio La Cuca, Cantón Arenillas, Provincia de El Oro, Ecuador.

Los indicadores económicos más comunes en un análisis de sostenibilidad son: a) total de ingresos por la explotación, b) total de ingresos por otra actividad diferente a la agricultura, c) costos por la adquisición de agroquímicos, d) relación costo-beneficio, e) punto de equilibrio, f) nivel de insumos externos, g) nivel de ingresos extra de la producción agraria, h) nivel de endeudamiento, i) estructura de la empresa, j) comercialización, y k) tasa de inflación.

La idea de mantener un sistema sostenible desde el enfoque socioeconómico puede ser compatible con la idea de “sostenibilidad débil”. Ésta hace hincapié en el valor de proteger procesos ecológicos y bioquímicos que, una vez perdidos, son irrecuperables. Estos procesos y su conjunto asociado de especies, se conocen como capital natural crítico (Gallopín, 2003).

3.2.1 Los factores de económicos de los sistemas agrarios

Los sistemas agrarios operan como eje estratégico de las naciones para lograr la seguridad alimentaria de su población, para lo cual se definen políticas con el objeto de lograr el desarrollo sostenido, pero están condicionados a factores no controlados como las condiciones meteorológicas y orográficas así como también factores controlados como el suministro de insumos, maquinaria y mano de obra (Bel Durán, 1997). La interacción de estos factores cambio el modelo de vida de los agricultores al adoptar nuevas tecnologías, estas repercutieron en la disminución de la mano de obra pero aumentaron la dependencia de sistemas tecnológicos

con efectos sobre la economía, con implicaciones en la relación costo-beneficio.

La importancia de los factores de producción controlados o no controlados varía de individuo a individuo siendo que la interpretación representa gran dificultad, pues incluye desde servicios hasta recreación y cultura. Definir cuándo un sistema se encuentra en estado de sustentabilidad o no sustentabilidad está influido por juicios éticos o de valor (Gastón *et al.*, 2008).

Moeller (2010) manifiesta que “los bienes básicos no se pueden relacionar únicamente con una de las dimensiones, sea ambiental, social o económica del desarrollo sostenible; tienen siempre relación con varias a la vez”. Como ejemplo se puede utilizar el bien ambiental (bosque tropical) para extraer los frutos del árbol para alimentos, talar los árboles con el objetivo de obtener ganancias o mantener el bosque intacto para proteger la biodiversidad para las futuras generaciones, o para dedicarse a un proyecto de ecoturismo. Si se quiere reflejar adecuadamente esta complejidad se debe constituir a nivel estratégico y analítico las dimensiones del desarrollo sostenible en los procesos productivos para equilibrar el sistema agrario.

3.2.2 Dimensión Ambiental

Navarro (1997) indica que el sector privilegiado es el urbano industrial, este se desarrolló sobre la base del sector rural y la depredación de la naturaleza con lo que la sociedad actual altero el equilibrio del ambiente, considerado como un conjunto de todos los procesos que se dan en el lugar donde habita un ser vivo y se hallan en continua relación con factores físicos: aire, luz, agua, temperatura y suelo con los factores bióticos.

Esta dimensión es susceptible a cambios como ya se analizó cuando interviene la mano del hombre o por catástrofes naturales, estas alteraciones en especial las de origen antropogénico tienen carácter de irreversibilidad, por lo que es de vital importancia determinar variables productivas que muestren en el transcurso del tiempo la conservación o disminución de los recursos naturales.

Tomado como referencia los cambios en la agricultura y ganadería extensiva desde la década de los 50, podemos establecer que las variables agrícolas se transformaron en indicadores, lo que antes tenía utilidad para predecir la cosecha o para planificar el presupuesto de las fincas ahora se aplican en la ponderación de variables correlacionadas para generar indicadores que muestran si la producción es sostenible en el tiempo (Pulido, 2014).

En la Figura 11 se observa agricultores del cantón Arenillas aplicando insumos de sin la protección adecuada, actividad que la podemos considerar indicador al calcular las variables de cobertura de aplicación con agroquímicos, dosis, método de aplicación, eficiencia del producto, etc.



Figura 11. Uso indiscriminado de pesticidas en arroz, zona La Cuca, en Arenillas, Ecuador.

En el capítulo seis se explora los diversos tipos de métodos y marcos de trabajo para medir la sostenibilidad agrícola, haciendo énfasis en el dominio ambiental donde se toma como base al suelo como sustento de todo sistema de producción primario, las prácticas culturales y la conservación de la biodiversidad.

Capítulo 4.- El enfoque agroecológico como herramienta para alcanzar la sostenibilidad agraria

4.1 Los fundamentos de la agroecología

En las décadas del 60 y 70 los sistemas agrarios fueron analizados por ecólogos y socialistas proponiendo las bases de lo que se denomina agroecología en los 80 los sistemas de agricultura tradicional de los países en desarrollo fueron la referencia del manejo de los recursos naturales y es en los 90 que la agroecología surge como una disciplina científica, con un marco conceptual y una metodología bien definida, para el estudio holístico de los agroecosistemas, donde se incluyen elementos humanos y ambientales, facilitando principios para el diseño y manejo de sistemas de agrícolas sostenibles (Gliessman, 2002; Naranjo *et al.*, 2007).

Altieri (2009) considera la agroecología como una disciplina científica que enfoca el estudio de la agricultura desde una perspectiva ecológica y se define como un marco teórico cuyo fin es analizar los procesos agrícolas de una manera interdisciplinaria. El enfoque agroecológico considera a los sistemas agrarios como las unidades fundamentales de estudio; y en estos sistemas, los ciclos minerales, las transformaciones de la energía, los procesos biológicos y las relaciones socioeconómicas son analizados como un todo. De esta forma, a la investigación agroecológica le interesa no sólo la maximización de la producción de un componente particular, sino la optimización del agroecosistema total.

Otro concepto es el que expone Kass (1996), donde “La Agroecología es un abordaje agrícola que incorpora cuidados especiales relativos al ambiente, así como a los problemas sociales, enfocando no sólo la producción, sino también la sostenibilidad del sistema de producción”.

Al referirse a la agroecología se involucra en varios casos a técnicas ancestrales, uso de tecnología de bajo insumos, reciclaje de material y de otros factores que influyen en la producción de alimentos así como la administración de otros recursos; además, del propio cultivo. Estos sistemas de producción fueron desarrollados para disminuir riesgos ambientales y económicos, manteniendo la base productiva de la agricultura a través del tiempo (Altieri & Nicholls, 2002; Altieri, 2009).

El diseño de los sistemas agroecológicos se fundamentan en los principios propuestos por Reijntjes-Haverkort & Waters-Bayer (1992) que se describen en el Cuadro 2. Estos principios pueden tomar diversas formas tecnológicas de acuerdo a las condiciones ambientales y socioeconómicas imperantes y

cada una de ellas puede tener efecto diferente sobre la productividad, estabilidad y resiliencia dentro de cada finca, dependiendo de las oportunidades locales, la disponibilidad de recursos y, en muchos casos, del mercado (Altieri, 2009).

Cuadro 2. Principios agroecológicos para el manejo sostenibles de sistemas agrarios

Principios agroecológicos
1.- Aumentar el reciclado de biomasa y optimizar la disponibilidad y el flujo balanceado de nutrimentos.
2.- Asegurar condiciones del suelo favorables para el crecimiento de las plantas, particularmente a través del manejo de la materia orgánica y aumentando la actividad biótica del suelo.
3.- Minimizar las pérdidas debidas a flujos de radiación solar, aire y agua mediante el control del microclima y el manejo suelo a través del aumento en la cobertura vegetal.
4.- Diversificar específica y genéticamente el agroecosistema en el tiempo y el espacio.
5.- Aumentar las interacciones biológicas y los sinergismos entre los componentes de la biodiversidad promoviendo procesos y servicios ecológicos claves.

4.2 Los enfoques agroecológicos

Se menciona en los párrafos anteriores que la tecnología ocasiona mejoras a corto plazo en la producción y a largo plazo causa impacto al ambiente en especial al suelo, pero también influye la tecnología a los aspectos socioeconómicos debido a que no están al alcance a los pequeños agricultores por su alto valor teniendo en cuenta que muchos de los pequeños agricultores practican una agricultura de subsistencia o de venta a los mercados locales. Es necesario mejorar los medios de vida de estos campesinos, buscando enfoques alternativos que intensifiquen la producción a la vez que conserven la base de recursos naturales, manteniendo la biodiversidad y conservando el conocimiento tradicional (Gliessman, 2002; Naranjo *et al.*, 2007).

Los enfoques agroecológicos se basan en metodologías que son realizadas por equipos de investigación de carácter multidisciplinario, donde se da importancia a la participación del agricultor, el investigador, el técnico y el especialista en ciencias sociales y económicas. También se tiene en cuenta las condiciones ecológicas y socioeconómicas en las cuales los productores tienen sus predios (Restrepo *et al.* 2000).

Considerar a la agroecología como generadora de modelos económicos viables en relación a la eficiencia del uso de recursos, donde sea mínima la generación de residuos y de aprovechamiento de los subproductos para la

reducción de los costos ecológicos, para ser socialmente equitativos cumple con la premisa de sostenibilidad (Labrador, 2001)

4.3 La sostenibilidad relacionado con la agroecología

Los modelos tradicionales de desarrollo atribuían al sector agrícola el papel de proveedor de alimentos, de materias primas agroindustriales a bajo costo, como mano de obra barata para otros sectores de la economía; mercado para las industrias de insumos, máquinas y equipamientos agrícolas y generador de divisas para el país. A partir de la década del 90 el agricultor y la agricultura familiar pasaron a ser considerados como opción económicamente importante para la generación de empleo y ocupación rural con el objeto de asegurar la provisión de alimentos disminuyendo la dependencia de las importaciones agrícolas (Hergoz de Muner, 2011)

En la Figura 12, observamos dos cultivares asociados, en este caso el plátano es un complementos de los árboles de cítricos en la cual se comporte el recurso agua y nutrimentos, el plátano se siembra en época de alta producción de cítricos y se cosecha en época de baja de producción de este cultivo, práctica común en el sur del litoral Ecuatoriano donde el plátano se asocia con café y cacao por la sombra y con cítricos y mango como cultivo de aprovechamiento en época de floración.



Figura 12. Cultivos asociados (naranja-planto) como parte de un proceso agroecológico, en el litoral sur del Ecuador, sitio La Cuca provincia del El Oro.

4.3.1 Factores limitantes para alcanzar la sostenibilidad

Un factor que limita la difusión de las innovaciones agroecológicas es la falta de análisis, sistematización y validación de principios que determinan el nivel de éxito de las iniciativas locales (Gastón *et al.*, 2008).

Para alcanzar la sostenibilidad de un sistema agrario es necesario establecer criterios básicos como los sugeridos por Gliessman (2002): a) tener el mínimo efecto negativo al ambiente que no provoquen liberación de sustancias tóxicas a la atmósfera y al agua superficial o subterráneas, b) preservar y reconstruir la fertilidad del suelo, prevenir la erosión y mantener la salud ecológica del suelo, c) hacer uso de los recursos dentro del agroecosistema, incluyendo las comunidades cercanas, reemplazando los insumos externos para mejorar el ciclo de nutrición de las plantas y animales, adecuada conservación y amplio conocimiento ecológico, d) valorar y conservar la diversidad biológica, tanto en los paisajes silvestres como los domesticados; y e) garantizar la equidad en el acceso a las prácticas agrícolas apropiadas, al conocimiento y a la tecnología así como permitir el control local de los recursos agrícolas.

La agroecología como ciencia incorpora a la agricultura los conceptos de estabilidad, resiliencia y adaptabilidad, además de productividad, eficiencia y eficacia en la producción con el objetivo de mejorar el bienestar, la calidad de vida y la equidad de los agricultores (Gastón *et al.*, 2008).

4.4 Gestión agroecológica del recurso suelo

La agricultura tiene dos objetivos esenciales, la producción de alimentos con fines de subsistencia y de desarrollo económico que generar ingresos para los agricultores (Bellido, 1999). Para lograrlo, es indispensable la utilización del suelo como medio biofísico que brinda el soporte para plantas y animales que al relacionarlo con las ciencias sociales se le considera como recurso escaso y susceptible de usos alternativos, a diferencia de la edafología que lo determina como parte fundamental de un ecosistema determinado, con un grado de artificialidad creciente en el tiempo mientras el hombre lo altera (Montes, 2001), pero también depende de sus características físico-químicas, de las condiciones climáticas y las prácticas de conservación que van a influir en la producción del futuro (Baquero, 1964)

Labrador (2008) menciona algunos servicios del suelo como: a) producción de biomasa (alimento, fibra y energía) por su actuación como sustrato del desarrollo vegetal, b) reactor que filtra, regula y transforma la materia para proteger de la contaminación el ambiente, las aguas subterráneas y la cadena alimentaria, c) hábitat biológico y reserva genética de muchas plantas, animales y organismos, que estarían protegidos de la extinción, d)

medio físico que sirve de soporte para estructuras industriales y actividades socioeconómicas, e) fuente de materias primas que proporciona agua, arcilla, arena grava, minerales entre otros, f) elemento de herencia cultural, que contiene restos paleontológicos y arqueológicos importantes para conservar la historia de la tierra y de la humanidad.

4.4.1 La calidad del suelo como factor de la sostenibilidad agraria

Antes de establecer las condiciones en que se pierde la calidad del suelo y los indicadores que proporcionan la información se tiene que definir degradación del suelo, termino propuesto por Stocking y Murnaghan (2003) que es referido a la disminución acumulada del potencial productivo de la tierra, incluyendo sus principales usos (secano, suelo arable, regadío, pastos, bosques) con los sistemas de cultivo y su valor como un recurso económico (Stocking & Murnaghan, 2003).

Cuando se produce la degradación del suelo se pueden tener varios inconvenientes, entre ellos la acidificación, la falta de nutrimentos, el exceso de porosidad, falta de limpiezas de drenaje (Figura 13) o de retención de agua, por la compactación y otras limitaciones que se pueden superar con manejo agroecológico adecuado (Núñez, 2000).



Figura 13. Erosión de suelos aluviales por efectos hídricos, en banano en la zona Pajonal, Machala-Ecuador.

Oldeman & Lynden (1998) proponen cuatro grados de degradación de suelos cultivados por diferentes sistemas agrario (Cuadro 3), siendo la agricultura sostenible la que menos afecta al suelo en los grados de leve a moderado.

Cuadro 3. Escala de la degradación del suelo (Oldeman & Lynden, 1998)

GRADOS				
Tipo	Leve	Moderado	Severo	Extremo
Agricultura sostenible	Sostenible	Todavía sostenible	Marginal	Nada
Agricultura productiva	Algo reducido	Muy reducido	Casi nula	Nada
Restauración potencial	Modificación del sistema	Alteración estructural necesaria	Requiere mejoras de ingeniería	Más allá de la restauración
Función Biótica	Gran parte intacto	En gran parte intacto	En gran parte destruido	Completamente destruido

Mantener los suelos desnudos o la sobre explotación de monocultivo se considera como los uso que más degradan el suelo, incrementado la incidencia de plagas y pérdida de la biodiversidad (Padilla & Suchini, 2013; Stocking & Murnaghan, 2003). Otro factor para tomar en cuenta son las condiciones climáticas y de relieve del terreno debido a que practicas no adecuadas aceleran el proceso degradación.

Stoking y Murnaghan (2003) proponen tres niveles de análisis de la degradación del suelo: a) el primero a nivel de terreno o finca en la que se requiere de cartografía y de observación en campo, b) la categorización del riesgo según su gravedad de degradación; y c) el análisis costo-beneficio sobre las técnicas que se emplearan para evitar la degradación del suelo comparado con no realizar ninguna actividad.

Los diferentes tipos de degradación del suelo mencionados por Stoking y Murnaghan (2003) son: a) erosión hídrica del suelo: eliminación de partículas de suelo por acción del agua, por lo general la fracción más fina y fértil del suelo es la que se pierde; b) erosión eólica del suelo: eliminación de partículas del suelo a causa del viento erosión de tipo laminar; c) disminución de la fertilidad del suelo: por degradación de las propiedades físicas, biológicas y químicas del suelo reflejado en reducción de materia orgánica, cambios en el contenido de elementos disponibles que puede originar intoxicación de las plantas y acumulación de sustancias toxicas por uso de agroquímicos o uso incorrecto de fertilizantes; d) encharcamiento: por aumento de aguas subterráneas o drenaje inadecuado de las aguas superficiales lo que provoca la saturación de la zona radicular conduciendo a la muerte de la planta; e) aumento de sales: por saturación en la capa cultivable o sodificación en las partículas del suelo; f) sedimentación o enterramiento del suelo: fenómeno que ocurre a través de

inundaciones o deslizamiento de tierra donde el suelo fértil es cubierto por sedimentos menos fértiles; g) descenso de la capa freática: por extracción de aguas subterráneas que excedió la capacidad natural de recargar la capa freática; h) pérdida de la cobertura vegetal: La protección del suelo con vegetación es importante debido a su efecto protector del suelo evitando pérdidas por erosión y problemas de compactación; i) aumento de la pedregosidad en la superficie: asociados a niveles extremos de erosión que ocasiona el florecimiento de las rocas.

4.4.2 Evaluación de la calidad del suelo

La calidad del suelo o salud del suelo como lo definen Doran y Parkin (1994) es la interacción entre la productividad biológica, calidad ambiental y la salud de plantas, animales y humanos esto manifiesta la capacidad del suelo para actuar dentro de los límites del ecosistema del cual forma parte y con el que interactúa en el triángulo de sostenibilidad la calidad del suelo (Cruz *et al.*, 2004) que está inmersa en las dimensión ambiental pero relacionada con los económico y social, motivo por el cual el concepto de calidad del suelo es parte fundamental de los marcos de trabajo para los análisis de sostenibilidad agraria como lo sugiere Smyth & Dumanski (1995) y Cruz *et al.*, (2004).

El uso de indicadores de la calidad del suelo es una herramienta para la toma de decisiones, para su aplicación en prácticas agroecológicas en el corto, mediano y largo plazo, en dependencia de la estructura del suelo que se evalúe, en el caso de la textura, para medir el cambio se necesitan 1 000 años pero si evaluamos un perfil al cual se adicione material orgánica, se observara cambios como su capacidad para retener agua en su primer horizonte en menos de un año.

Cruz *et al.*, (2004) consideran que las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo son calificadas como indicadores de calidad y que deben cumplir los siguientes requisitos: a) representar los procesos del ecosistema; b) integrar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; c) expresar los atributos de sostenibilidad que se quieren medir; d) ser sensible a variaciones de clima y manejo; e) ser asequibles a muchos usuarios y aplicables a condiciones de campo; f) ser reproducibles; g) ser fáciles de entender; h) ser sensibles a los cambios en el suelo que suceden como resultado de la degradación antropogénica; y i) cuando sea posible, ser elementos de una base de datos del suelo ya existente.

Para la valoración de la calidad del suelo se deben establecer criterios que nos permitan observar y realizar mediciones sencillas fáciles de reproducir (German, 2007) estas variables deben ser sensibles al cambio y se los denomina como conjunto mínimos de datos que se detallan en el Cuadro 4 (Doran & Zeiss, 2000).

Cuadro 4. Conjunto mínimos de datos (CMD) de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, utilizados para establecer indicadores de calidad del suelo según Doran y Parkin (1994) y Larson y Pierce (1993)

Tipo de indicador	Indicadores del suelo	Relación Condición/Funciones del suelo	Unidades de medida
Físicas	Textura	Retención y transporte de agua y minerales; modelización del nivel de erosión del suelo y estimación de la variabilidad.	% de arena, limo y arcilla
	Profundidad	Estimación de la productividad potencial y erosión. Normalización del paisaje y variabilidad geográfica.	cm
	Infiltración o densidad del suelo	Potencial para lixiviación, productividad y erosión	Min/2,5 cm agua Y Mg/m ³
Químicas	Materia Orgánica	Fertilidad del suelo, estabilidad y extensión de la erosión; Uso en modelos de procesos y para normalización de sitios.	Kg C o N /ha/30 cm
	pH	Umbral de la actividad biológica y química.	Comparado con los límites superior e inferior para la actividad microbiológica.
	Conductividad eléctrica	Umbrales definidos por las plantas y la actividad microbiológica.	dS/m
	N-P-K extractable	Nutrientes utilizables por las plantas y pérdidas potenciales de N, productividad e indicadores de calidad ambiental.	Kg/ha/30 cm
Biológico	C y N de la biomasa microbiana	Potencial catalítico microbiano y reposición de C y N; modelización; efecto de la materia orgánica y manejo de la tierra	Kg C o N/ha/30 cm o -CO ₂ producido
	N potencialmente mineralizable	Productividad del suelo y suministro potencial de N; modelización de los procesos.	KgN/ha/30 cm
	Respiración del suelo, contenido de agua y temperatura	Mediciones de la actividad microbiana, modelización de los procesos; estimación de la actividad microbiana	Kg C/ha/día, pérdida de C versus entradas; pool de C total (Kg/m ² / 30 cm)

4.5 Prácticas agronómicas en un modelo de producción agroecológica

El propósito de un agroecosistema sostenible es mantener equilibrio físico-químico-biológico del suelo con lo cual se logra un estado adecuado de sanidad de las plantas (Núñez, 2000) evitando prácticas culturales inadecuadas que ocasionan la pérdida de la biodiversidad: los monocultivos con fines de exportación, los métodos de preparación del suelo como la labranza continua que destruye la estructura y biología del suelo, el uso innecesario de insumos químicos que elimina organismos benéficos y plantas que cumple la función de proteger la erosión y compactación del suelo (Padilla & Suchini, 2013).

Labrador (2001) recomienda algunas prácticas agronómicas, la cuales buscan eficiencia en su productividad, por generar bajo impacto al ambiente y minimizar los insumos externos; así como también mejorar la salud de suelo y la cantidad de agua retenida y otras características que se mencionan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Prácticas agroecológicas para mejorar la eficiencia del agua y la conservación del suelo (Labrador; 2001) modificado por el autor

Actividad	Característica
Calendario de cultivo	Adaptación del calendario de cultivo vinculado a la probabilidad de lluvias, rotación con variedades adaptadas a las condiciones locales
Siembra	Selección del ciclo y fecha de siembra; densidad siembra en virtud del cultivo asociado
Control de malezas	Uso de aperos adecuados, control mecánico y manual de la maleza, uso de acolchados, solarización.
Sistema de laboreo	Cero labranzas, labranza en fajas, bajo cubierta de rastrojo, labranza reducida.
Fertilización	Aumento de la materia orgánica: estiércol, humus, composta, abonos verdes y restos de cultivos. Rotación con leguminosas o en asociación
Cubierta del suelo	Acolchado, barbecho, uso de cultivos asociados (leguminosas)
Sistemas mixtos	Mejora de la rotación con forrajes. Mantenimiento de prados naturales mejorados. Aporte de estiércol directo por el ganado. Control de la carga ganadera en el predio
Técnicas de conservación de suelos	Cultivos a nivel, cordones a nivel, canales, cortavientos, terrazas. Respetar la vocación del suelo cultivado
Técnicas de conservación y recolección del agua	Control del suministro de agua y sistema de riego adaptados. Cultivos en bandas, trazados de camellones a nivel, surcos interrumpidos, terrazas. Manejo óptimo del barbecho.

Manejo del suelo en condiciones de salinidad	Evitar encharcamiento, mejorar la permeabilidad del perfil, con medios mecánicos o con materia orgánica. Añadir yeso al suelo. Reemplazo de partes del sodio por calcio. Instalar zanjas para drenaje en suelo con niveles freáticos altos. Acolchados orgánicos en suelos sódicos. Disminuir el paso de maquinaria y las labores en suelos húmedos para disminuir la compactación.
Manejo del agua en condiciones de salinidad	Análisis del agua previo a su utilización para evitar la entrada de sales. Aplicar la cantidad agua suficiente a intervalos regulares, para estar por encima de las necesidades de transpiración de los cultivos y para lavar de sales. Aplicar riegos ligeros y frecuentes para ablandar costras y no producir dispersión.

4.6 Indicadores de manejo del cultivo

El diseño de un sistema agrario con enfoque de sostenibilidad empleando prácticas agroecológicas se requiere de un conjunto de elementos que conforma un plan de manejo el cual tiene dos aristas (Padilla & Suchini, 2013; Pérez & Marasas, 2013):

1. Manejo del suelo, donde se considera los aportes de materia orgánica, labranza de conservación, cobertura vegetal, adición controlada de fertilizantes de acuerdo al análisis de suelo y requerimiento del cultivo.
2. Manejo de la biodiversidad, incluyendo los policultivos, control de arvenses, rotación de cultivos, cercas vivas y evitar el uso de agroquímicos solo cuando superen el umbral de daño y aplicando productos naturales.

Para lograr la integración de los tipos de manejo con los factores concernientes al estado fitosanitario de los cultivos Pérez y Marasas (2013) elaboran un conjunto de variables (Cuadro 6) con el objeto de lograr una evaluación rápida a nivel de campo.

Cuadro 6. Indicadores del estado fitosanitario de los cultivos, con un enfoque agroecológico (Pérez y Marasas; 2013)

Indicador o variable	Características
Apariencia	Plantas pequeñas, deformes, cloróticas y descoloridas; con severos síntomas de deficiencias Cultivo poco desarrollado, verde claro; con algunas decoloraciones y deformaciones Plantas sin ninguna deformación o daño; con buen color
Crecimiento del cultivo	Plantas pequeñas y débiles; cultivo poco denso Plantas pequeñas, no muy robustas; cultivo uniforme Plantas robustas; cultivo uniforme

Incidencia de enfermedades	Cultivo susceptible a enfermedades; más de 50% enfermo De 10 a 20% de las plantas con síntomas de leves a severos Cultivo resistente; menos de 10% de las plantas con síntomas leves
Competencia por malezas	Cultivo estresado; dominado por malezas Presencia de malezas que compiten poco con el cultivo Cultivo vigoroso que no es afectado por las malezas o malezas chapeadas
Daños por plagas	Pérdidas importantes de la cosecha por ataque de plagas Daño visual producido por plagas que afecta la calidad, pero no reduce sensiblemente la producción Presencia de plagas que no dañan al cultivo

Capítulo 5: Metodologías y marcos de trabajo para medir la sostenibilidad en sistemas agrarios

5.1 Fundamentos para medir la sostenibilidad

Dentro de los acuerdos de la primera cumbre de la tierra desarrollada en Río de Janeiro en 1992 fue suscribir “*La Agenda 21*”, donde insertan en los capítulos 14 y 40 los temas vinculados al desarrollo de metodologías que determinaron el uso generalizado de indicadores e índices para medir la calidad ambiental, calidad de suelos, sustentabilidad, desarrollo sustentable, riesgo, vulnerabilidad, planificación territorial, equidad y desarrollo económico (Cantún *et al.*, 2009; Grenza, *et al.*, 2013).

Los requisitos que deberían cumplir un conjunto de indicadores son de carácter puntual o parcial, sin llegar a instituir un método guía (Fernández Latorre, 2006), los cuales deben tener asociados objetivos que deben cumplir o verificar el sistema agrario para que pueda ser calificado como sostenible.

Todos los métodos propuestos en este libro tienen como fin evaluar el progreso de un sistema agrario en un marco de desarrollo sostenible, para lo cual haremos referencia a “*Los 10 Principios de Bellagio*” los cuales fueron propuestos por un grupo de investigadores en noviembre de 1996 en Bellagio, Italia. Esta reunión fue auspiciada por la Fundación Rockefeller (Bell & Morse, 2008). Estos principios proporcionan una base conceptual para el diseño de los índices de sostenibilidad los cuales Swisher *et al.*, (2012) describen a continuación:

- 1.-Visión compartida y metas: El método debe definir la visión de futuro de la comunidad;
- 2.-Perspectiva holística: tomar los componentes social, económico y ambiental como dominios de un sistema;
- 3.- Los elementos esenciales: Se toma elementos de cada dominio de los cuales se va a generar variables que afecten a la generación actual y futura;
- 4.- Un enfoque adecuado: los métodos deben tomar en cuenta la escala temporal humana como la del ecosistema en la que se reflejen las necesidades de la generación actual y futuras;
- 5.- Enfoque práctico: Limitar el número de variables las cuales deben vincular la visión y los objetivos del conjunto de indicadores;
- 6.-Transparencia: la información obtenida debe ser pública y de fácil acceso a todo el mundo;
- 7.- Comunicación: Se hace énfasis en la comunicación clara y sencilla de las necesidades de la sociedad;
- 8.- Participativa: Incluir a todos los grupos sociales que están vinculados con el sistema a evaluar;
- 9.-Evaluación continua: los indicadores deben adaptarse a las metas, a las prácticas, a los cambios tecnológicos y a la

nueva información disponible; y, 10.-Capacidad institucional: Las comunidades deben asegurar la continuidad hacia la mejora de indicadores para la sostenibilidad.

Estos principios mantienen un sesgo hacia el desarrollo empresarial sostenible, pero sus definiciones generales se pueden adaptar para la construcción de indicadores que resulten de la intersección de las tres dimensiones.

5.2 Métodos y marcos de trabajo para medir la sostenibilidad

Desde los años 70 después de la cumbre de Estocolmo se originaron varias metodologías conducentes a medir el impacto del desarrollo económico en el ambiente. Pero es a partir de la primera cumbre de la Tierra en Río de Janeiro en el 92 que se conformó el marco de trabajo donde se consolida el concepto de desarrollo sostenible y su enfoque holístico de lo social, económico y ambiental.

En este capítulo realizaremos una síntesis de los diferentes métodos y marcos de trabajo propuesto para medir las sostenibilidad agraria.

5.2.1 PSR (Pressure-State-Response y/o Presión-estado-respuesta) y DPSIR (Fuerza Motriz e Impacto)

Se plantearon diferentes métodos para medir la sostenibilidad agraria partiendo del PSR (Pressure-State-Response / Presion-estado-respuesta) implementado en la década del 70 por Anthony Friend que se fundamenta en la modificación del hombre (presión) sobre la calidad del medio (estado) y la réplica de la sociedad (respuesta) con políticas ambientales, económicas o sociales. A estos parámetros la Agencia Europea del Medio Ambiente le agrego fuerza motriz e Impacto relacionándose entre sí por una matriz de causa-efecto (OECD, 1999; Sanchez, 2009).

5.2.2 Método FESLM (framework for evaluating sustainable land management)

En 1993 la FAO (establece el Marco de la Evaluación del Manejo Sustentable de las Tierras FESLM por sus siglas en inglés diseñado por Smyth y Dumanski (1995), donde se propone de forma integrada el manejo agrícola con énfasis en la protección del ambiente y en la prevención de la degradación del suelo (*Masera et al.*, 1999; *Smyth et al.*, 1993)

El esquema se fundamenta en 7 principios:

1.- Define el uso del suelo; 2.- Ubicación específica del sitio para medir la sostenibilidad; 3.- Actividad multidisciplinaria por el enfoque dimensional

de la sostenibilidad, 4.- La medición debe desarrollarse en términos del contexto físico, biológico, económico y social; 5.- La sostenibilidad se mide en un periodo de tiempo definido; 6.- Los procesos y prácticas del uso del suelo deben estar plenamente entendidos; y, 7.- Procedimientos y datos científicos deben ser validados para una selección de criterios e indicadores que reflejen las causas.

En la estructura del modelo FESLM sigue una secuencia lógica que identifica el propósito con su objetivo, los criterios de diagnóstico, indicadores y umbrales para proseguir con la evaluación, validación e implementación.

5.2.3 Medición propuesta por De Camino y Muller

El IICA (Instituto Interamericana de Cooperación para la Agricultura) en 1993 presentó un método de medición de la sostenibilidad elaborado por De Camino y Muller en 1993 y perfeccionado por Muller en 1996 donde la información deriva de una extensa revisión bibliográfica, conformando sistema de indicadores, en escalas jerárquicas que inicia en sistemas, categorías, recursos y otros componente del sistema, donde se toman en cuenta los siguientes principios: 1.- Recopilación de la información, 2.- Desarrollo de indicadores. Dentro de esta es necesario señalar: a) en la que se determina los objetivos específicos para cada componente en este caso de carácter técnico, económico, ecológico y social; b) también se definen los indicadores claves para cada objetivo propuesto y c) se determina el sistema de referencia basados en valores óptimos, sub-óptimos y, 3.- Se evalúa la sostenibilidad del sistema en : a) el valor actual de cada indicador por componente de cada dimensión; b) se estandarizan cada indicador; c) cada indicador, componente y dimensión se pondera mediante un ranking de acuerdo a su importancia relativa; d) mediante el proceso de agregación con los indicadores se obtuvo un índice agregado de sostenibilidad por componentes y dimensión e integral por subsistema (De Camino & Müller, 1993; Sanchez, 2009).

5.2.4 Método RISE (Response, Inducin Sustainability, Evaluation)

En 1999 por solicitud de agricultores de Brasil al Colegio Suizo de Ciencias Agrícolas, Forestal y Alimentación de la Universidad de Ciencias Aplicadas de Berna, enfocados en la visión del desarrollo sostenidos de Río 1992 se elaboró RISE (Response, Inducin Sustainability, Evaluation - Evaluación de la sostenibilidad para inducir cambios a nivel de finca) método que incluye en su primera versión 12 indicadores (energía, agua, suelo, biodiversidad, emisiones potenciales, cultivos protegidos, desechos, flujo de fondos, ingresos, inversión, economía local y situación local) con 57 parámetros. Determinando la sostenibilidad con base a dos niveles, estado (S) y Fuerza Impulsora (D) en una escala de 0 a 100 donde:

Estado (S): 0 pts = situación problemática 100 pts = situación ideal
 Fuerza impulsadora (D): 0 pts = bajo riesgo, 100 pts = alto riesgo.
 Grados de sostenibilidad DS = S - D:
 Positivo: $10 < x \leq 100$ pts; área límite: $-10 \leq x \leq 10$ pts;
 Negativa: $-100 \leq x < -10$ pts.

RISE se construyó con una visión holística de cuantificar para su aplicación a nivel de finca con un enfoque de agronegocio buscando reflejar el estado actual de las dimensiones ambientales, económicas y sociales (Grentz *et al.*, 2009; Grenza *et al.*, 2013; Hãni *et al.*, 2003) .

5.2.6 Método MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad)

Masera *et al.*, (1999) basados en la metodología FESLM (1995) y la investigación De Camino y Muller (1993) con el objeto de diseñar un marco de evaluación de la sostenibilidad (Sarandón *et al.*, 2006) que sea aplicado de proyectos agropecuarios y forestales orientados al desarrollo o a la investigación propone el *Marco para la Evaluación de Sistema de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sostenibilidad* (MESMIS) (Masera *et al.*, 1999; Sanchez, 2009) el cual incorpora el análisis multicriterio conformado por 6 pasos

- 1.- Determinar objeto de estudio;
- 2.- Determinar puntos críticos;
- 3.- Selección de indicadores estratégicos,
- 4.- Medición y monitoreo indicadores;
- 5.- Presentación e integración de resultados y
- 6.- Conclusión y recomendaciones.

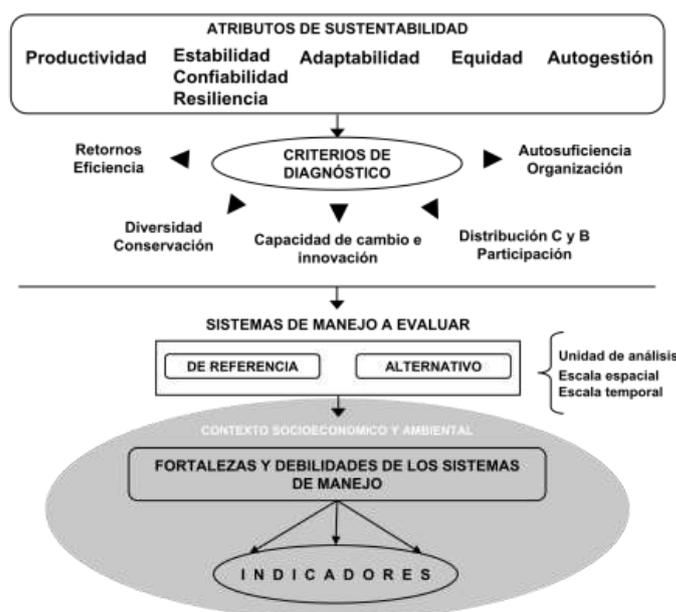


Figura 14. Estructura del modelo MESMIS de Masera et al., (1999).

El método MESMIS propone una estructura cíclica adaptada a diferentes niveles de información y capacidad técnica, obteniendo respuestas endógenas, en forma participativa definiendo los productores sus metas basadas en un enfoque participativo (Maserá *et al.*, 1999; Ramírez *et al.*, 2008).

Esta metodología emplea cinco atributos que se detallan en la Figura 14 los cuales parten de un criterio de diagnóstico para evaluar el sistema agrario, determinado los indicadores que son: productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad, autogestión.

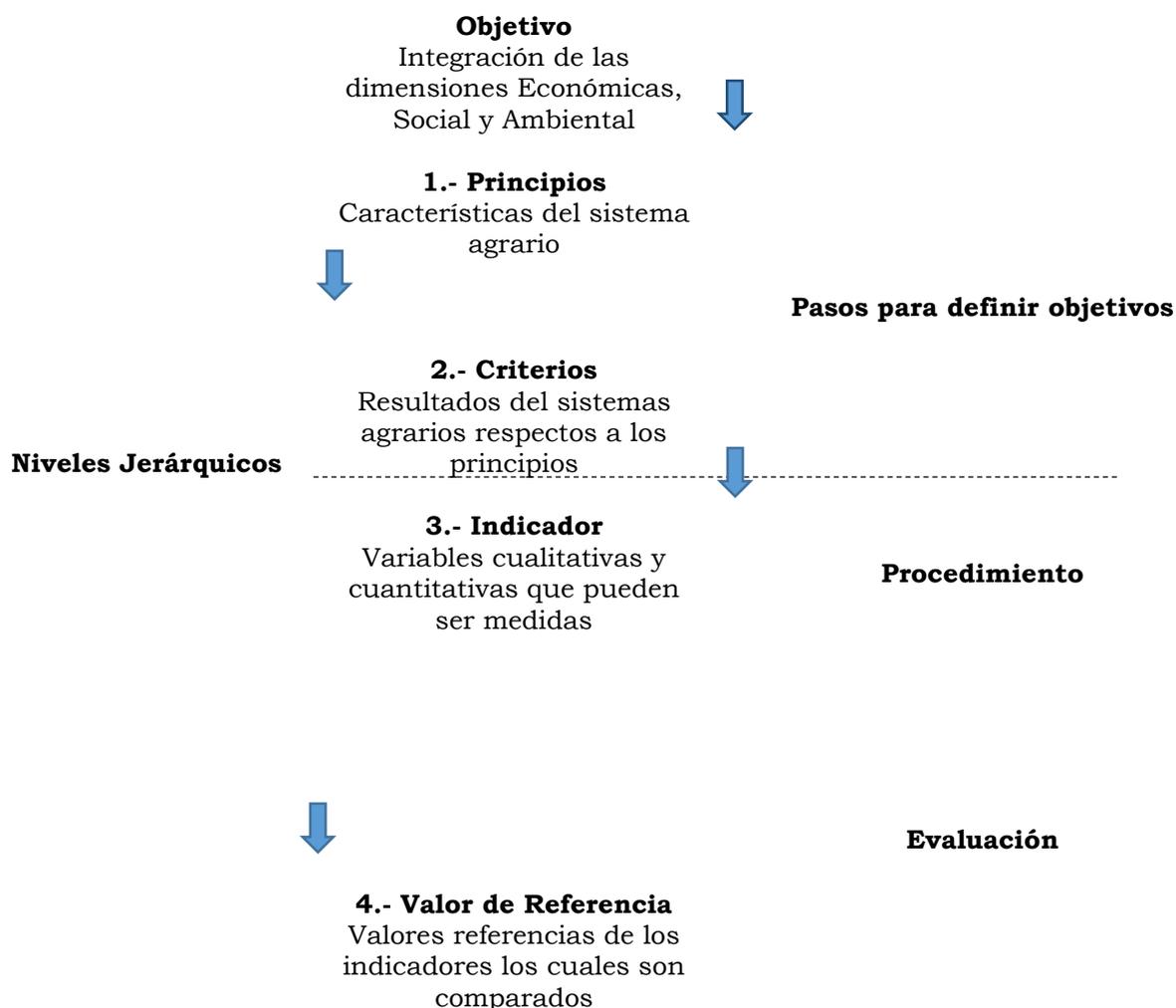
5.2.7 Esquema de medición de Sarandón

Sarandón (2002) y Sarandón y Flores (2006) proponen un marco de evaluación por jerarquía de niveles (Dimensión-Categoría-Indicador) y umbrales aplicados a fincas, realizando un esquema que distingue entradas (input) y salidas (output) relacionado las consecuencia de acciones humanas sobre la sostenibilidad de sistema. Para la selección de los indicadores utilizan el criterio de Presión-Estado-Resultado siendo el objetivo de este marco de evaluación determinar los puntos críticos de los agroecosistemas (Sarandón & Flores, 2014).

5.2.8 Marco de trabajo SAFE (Sustainability Assessment of Farming and the environment Framework)

La propuesta de un marco de evaluación de sustentabilidad denominado SAFE (Sustainability Assessment of Farming and the environment Framework), propuesto por Suvenier *et al.*, (2006) y Van Cauwenbergh *et al.* (2007) se aplica a nivel geográfico de las actividades agrarias mediante una estructura jerárquica adaptada de la aplicación de la Teoría de PCI (Principio- Criterio- Indicador) que se detalla en el Cuadro 7. La metodología fue diseñada con el objetivo de evaluar bosques estructurándose para sistemas agrarios con los siguientes puntos: a) objetivos donde se integran aspectos económicos, sociales y ambientales; b) principios donde se definen las condiciones generales para alcanzar la sostenibilidad que relaciona el carácter multifunciones de los agroecosistemas, c) criterios donde el estado es el resultados del agroecosistema; d) indicador que son variables cuantitativa o cualitativas que puede ser evaluadas con relación al criterio de donde se desprenda los indicadores (Sanchez, 2009; Van Cauwenbergh *et al.*, 2007).

Cuadro 7. Estructura metodológica de SAFE (Van Bueren & Blom, 1997; Van Cauwenbergh *et al.*, 2007)



En el Cuadro 8 se integró varias características de métodos y marcos de trabajos para medir la sostenibilidad de los sistemas agrarios, con el objetivo de establecer diferencias en torno a su aplicación y tipo de información que generan

Cuadro 8. Marcos metodológicos para construir índices e indicadores de sostenibilidad agraria

Criterios	PSR Y DPSIR /OECD-EE, 1993 y 1995	FELSM/FAO-1993	De Camino y Müller/II CA-GTZ-1995	MESMIS /Masera, Aster y López Raura-1999	RISE/BFH 2000	Sarandon 2002/Flores Y Sarandon 2007	SAFE/ Van Cauwemberg, et. al 2007
Escala de análisis	Nacional/Regional	Nacional	Finca	Regional/sistema de explotación agrarios	Finca	Sistemas de explotación agrarios/fincas	Sistemas de explotación agrarios/fincas
Escala temporal	Exante Expost	Expost	Expost	Exante Expost	Exante Expost	Expost	Exante Expost
Propósito primario	Evaluación ambiental	Planificación uso del suelo	Análisis de sistemas de explotación agrarios	Evaluación sostenibilidad proyectos agrarios	Supervisión de finca	Análisis de sistemas de explotación agrarios	Política y normativa
Estructura	Matriz de doble entrada: Presión Estado Respuesta	4 Niveles 1.- Objetivo 2.- Medición 3.- Evaluación de factores 4.- Indicadores	Sistemas Categorías Elementos Descriptor es	Atributos de Sostenibilidad Criterios de diagnostico Sistema de manejo a evaluar Indicadores	Indicador Parámetro Niveles 1.- Estado 2.-Fuerza impulsora	Dimensión Categoría Indicador Umbrales (limites)	Metas Principios Criterios Indicadores
Tipo de evaluación	Analítico	Normativo	Analítico	Normativo	Sistémico	Analítico	Normativo
Enfoque	Ambiental	Ambiental (degradación de suelo) Económico	Ecológico, Económico	Ambiental, Económico y Social	Ambiental, Económico y Social	Ambiental, Económico y Social	Ambiental, Económico y Social
Representación Gráfica	Índice agregado	No integra gráficos	No integra gráficos	Grafico AMOEBA	Grafico AMOEBA	Grafico AMOEBA	Dendograma

Fuente: Sánchez, (2009), Gómez-Limón & Sánchez, (2009); Schader *et al.*, (2014) modificado por el autor

Capítulo 6: Establecimiento de indicadores de sostenibilidad

6.1 Criterios para establecer un Indicador

Para lograr la meta de un sistema sostenible se deben seleccionar indicadores que miden en el tiempo las dimensiones ambientales, económicas y sociales delimitando la localidad y caracterizando los aspectos técnicos -productivos a nivel de fincas, aunque la utilidad de los índices sintéticos o indicadores no está correctamente difundida, en algunos casos se le atribuyen bondades negativas referidas a puntos críticos de contaminación; pero, son muy útiles para el conocimiento interno de una organización, la gestión de riesgos, la capacidad de respuesta y de adaptación a los cambios de cualquier entidad (Fernández Latorre, 2006).

Los indicadores se definen como la estadística que mide el estado del ambiente o los cambios que se presentan en una determinada condición; el término criterio utilizado en la evaluación sostenible se le considera como la norma o regla que rigen las condiciones ambientales y umbrales; además, los niveles más allá de un sistema experimental basando su construcción en las necesidades humanas para lograr su eficiencia de recursos y la capacidad de mantener el balance con el ambiente estableciendo un sistema agroalimentario equilibrado (Doran & Zeiss, 2000).

Sarandón (2002) define, al indicador como una variable, seleccionada y cuantificada que permite ver una tendencia que de otra forma no es fácilmente detectable. Otra consideración del indicador está en relación al tiempo, que por medio de variables ofrecen información sobre la tendencia del sistema que se planea estudiar. Morales de Casas y Holguín (2014) indican que los indicadores de sustentabilidad pueden estar formados por una variable o por un grupo de variables que están relacionadas entre sí.

En este libro se partirá de dos tipos de indicadores, los de conjuntos de indicadores (data set) que proporcionan información individual, generalmente es difícil de obtener una caracterización completa de un área de interés y los marcos de trabajo de naturaleza empírica en la cual las variables en estudio se agrupan para conformar indicadores que luego sintetizan la información para la construcción de un índice (Pecher *et al.*, 2013).

Este tipo de metodología agrupa tres grupos de datos: los analíticos que son causa efecto utilizados en matrices para estimar impacto al ambiente, los

sistémico de carácter integrador con el enfoque holístico del desarrollo sostenible y los normativos donde se determinan los dominios con metas, objetivos y umbrales (OECD, 1999; Sánchez, 2009).

6.2 Clasificación de índices e indicadores

En esta sección mostraremos un grupo de índices e indicadores que se originan de la propuesta de Fernández (2006) que propone la intersección de la dimensión social, económica y ambiental de las que se derivan siete enfoques generando los indicadores como se observa en la Figura 15.

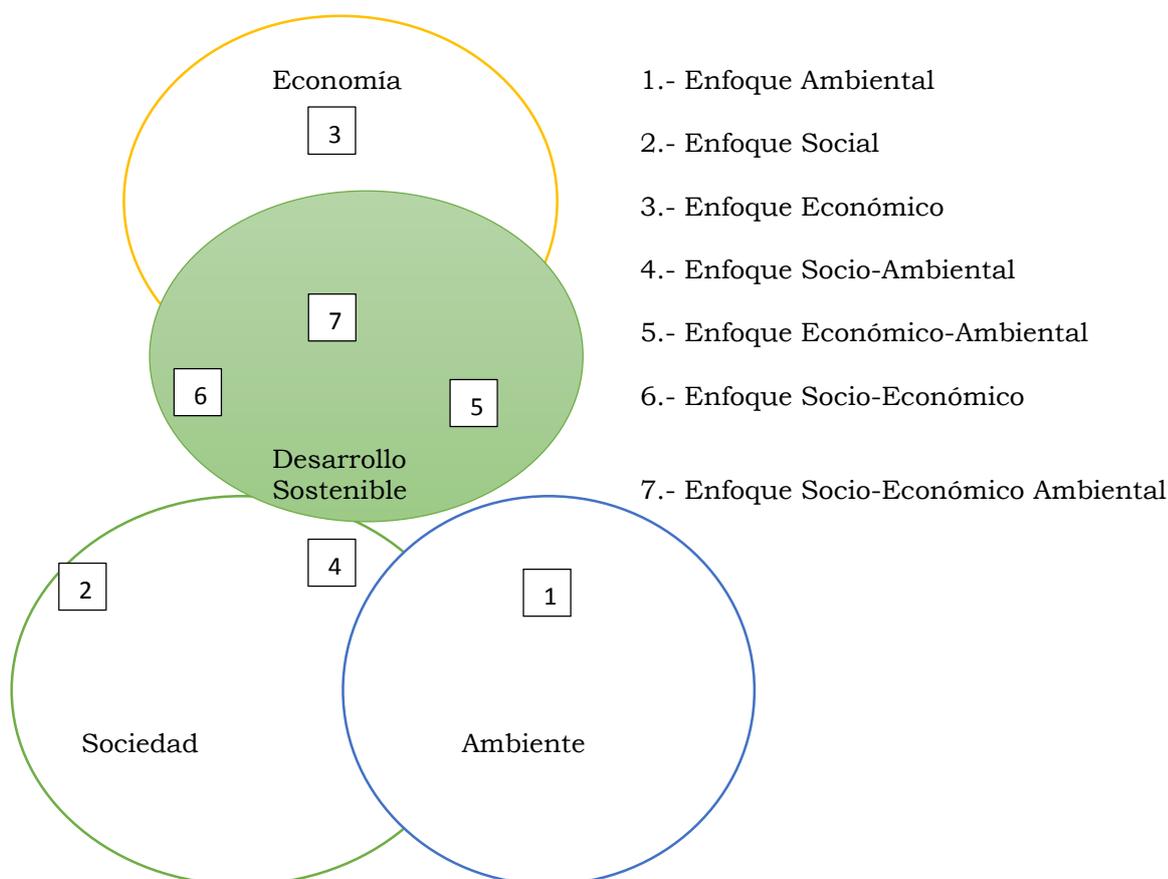


Figura 15.- Interacciones de las dimensiones social, económica y ambiental para generar enfoques para el desarrollo sostenible (Fernández, 2006)

Enfoque ambiental

1.- Denominados bioindicadores de los cuales se desprende:

- a) Indicadores de la naturaleza que incluyen a los bióticos y abióticos
- b) Indicadores de pureza atmosférica basados en la frecuencia y cobertura de especies presente en el área de estudio

2.- Geoindicadores que contiene información que se mide en escala de tiempo obteniendo:

- a) Indicadores geológicos: Miden procesos y fenómenos geológicos que ocurren en la superficie
- b) Índice de planeta vivo: Determina el estado general del ecosistema a partir de los siguientes subíndices:
 - ✓ Índice de población de especies forestales
 - ✓ Índice de población en aguas continentales
 - ✓ Índice de población en aguas marinas

3.- Índice capital ecológico: Cuantifica el estado de los ecosistemas definidos por la calidad de sus elementos

4.- Índice de vulnerabilidad ambiental: Dirigido a medir la vulnerabilidad de las regiones insulares de los cuales se desprende:

- a) Índice de exposición de riesgos
- b) Índice de resiliencia intrínseca
- c) Índice para la degradación ambiental

5.- Indicadores ambientales para proyectos: Los subíndices que se puedan generar depende del modelo de valoración de los estudios ambientales que por lo general son factores bióticos, abióticos, sociales y culturales.

Enfoque social

1.- Indicadores de derechos humanos: Se evalúa a nivel país referido a los aspectos de la libertad de expresión

2.- Indicadores de calidad institucional: Están relacionados al capital social, percepción de la corrupción y transparencia en la gestión.

3.- Índice de salud comunitaria: Este indicador mide el número promedio de años que se espera pueda vivir un recién nacido, de mantenerse las condiciones de riesgo de mortalidad dadas durante un determinado periodo.

Enfoque económico

1.- Índice producto interno bruto (PIB): Representa la suma del valor añadido de todos los productores de una economía

2.- Índice de precios de consumo (IPC): Se fundamenta en el estudio sobre el costo de la canasta, definida por las compras de bienes y servicios, representando el crecimiento medio durante un periodo determinado de estos elementos.

Enfoque socio-ambiental

1.- Índice del espacio ambiental: Compara el uso del planeta *per cápita* de una serie de recursos con el consumo *per cápita* nacional de cada recurso (energía, agua, suelo, biomasa, madera, recursos no renovables)

2.- Índice de huella ecológica: Representa la superficie *per cápita* que consume una población para generar los recursos consumidos y asimilar los residuos generados.

Enfoque económico ambiental

1.- Indicadores de contabilidad ambiental: Sistema que recoge información relacionada a estadísticas económico-ambiental empleando tablas de entrada y salidas.

2.- Indicador de ciclo de vida: creado para determinar la carga ambiental asociadas al ciclo de vida de un producto.

Enfoque socio-económico

1.- Índice de pobreza: Mide las necesidades básicas insatisfechas y puede medirse a nivel de región, país, zona y comunidad.

2.- Índice de Gini: Mide la distribución de ingresos (o de gastos de consumo) entre individuos u hogares a partir de la diferencia entre una curva de Lorenz y una línea hipotética de absoluta equidad, expresado como porcentaje del máximo área posible bajo esta línea.

3.- Índice de pobreza humana: Mide el índice de pobreza de los países en desarrollo y los países industrializados.

Enfoque social-económico-ambiental

1.- Indicadores sintéticos: Empleo de estadística inferencial y multivariada para determinar factores con los que se conforma una estructura jerárquica donde se sintetiza la información con el fin de tomar decisiones.

- a) Calidad de vida
- b) Índice de bienestar económico sostenible
- c) Índice de sostenibilidad ambiental
- d) Índice de sostenibilidad agraria

6.3 Selección de indicadores

El uso de indicadores se centró originalmente en la economía de sostenibilidad, que utilizando indicadores como la red de ingresos y margen bruto. Cuando la definición de indicadores se hizo extensiva a los estudios ambientales y a la sostenibilidad ambiental, el enfoque ganó fuerte influencia en los recursos naturales. Para medir la sostenibilidad en sistemas agrarios sean enmarcado en el objetivo de establecer el impacto de la agricultura al ambiente (Bockstaller *et al.*, 2009), logrando observar claras tendencias en los aspectos económicos y socioculturales en un sistema agrario. En forma general los indicadores (Espinoza, 2001) deben reunir características que son: 1. Ser integradores, es decir dar

información condensada sobre varios atributos importantes del sistema; 2. Ser fáciles de medir, susceptibles de monitorear y basados en información fácilmente disponible; 3. Ser adecuados a la escala espacial del análisis del sistema bajo estudio; 4. Ser preferentemente aplicables en un amplio rango de ecosistemas y condiciones socioeconómicas y culturales; 5. Tener un alto grado de robustez y reflejar realmente el atributo de sustentabilidad que se desea evaluar; 6. Estar basados en información de base confiable; 7. Ser sencillos de entender, no sólo para los expertos en el tema; 8. Permitir medir cambios en el sistema en el periodo considerado de evaluación y 9. Centrarse en aspectos prácticos y ser claros.

Los indicadores en lo posible deben ser variables cuantitativas, aunque pueden ser cualitativas o nominales o de rango ordinales, cuando no hay disponibilidad de información cuantitativa, o el atributo de la variable no es cuantificable o cuando los costos para cuantificar son elevados. La función de un indicador agrario es evaluar condiciones o tendencias, comparar transversalmente sitios o situaciones y evaluar metas con sus objetivos (Cantún *et al.*, 2009).

Hay que definir para la medición de la sostenibilidad agraria que se construyan indicadores que tomen en cuenta las prácticas de producción y no en base a los efectos ambientales de estado de las práctica (Van Der Werf & Petit, 2002). Para realizar una correcta selección de indicadores debemos tener en cuenta los dos tipos definidos en este capítulo que son de carácter simple derivados de un conjunto de datos (data set) en la que se realiza el análisis por separado de cada indicador comparando su valor observado con un valor límite (umbral) expresando los resultados mediante gráficos tipo AMIBA (Singlas en ingles de Método General de Descripción y Evaluación de Ecosistema) implantado por Brink *et al.*, (1991) y los sintéticos en la que se realiza una conversión de indicadores mediante funciones matemáticas fundamentadas en la agregación o síntesis de la información relevante en un menor número de caracteres adimensional que sobre la base de un único parámetro agregado se sintetiza y simplifica la información de grandes grupos de indicadores conformando un índice como lo manifiesta Sánchez (2009).

En una investigación de carácter empírica (Lazarsfeld, 1958) los indicadores para su integración deben cumplir 4 etapas que son: 1.- Representación literia del concepto a medir; 2.- Especificar la dimensión o aspectos; 3.- Selección de indicadores observables y, 4.- Síntesis de los indicadores o elaboración del índice

Glosario

Abono verde: Materia orgánica adicionada al suelo, cuando una cobertura vegetal, frecuentemente leguminosa, esta cultivada en él.

Agricultura: Es el conjunto de técnicas y conocimientos para cultivar la tierra, es la parte del sector primario que se dedica a ello. Englobando los diferentes trabajos de tratamiento del suelo y de plantas.

Agroecosistema: Sistema agrícola, conformado por un ecosistema.

Agrotoxicidad: Daño producido a las plantas, cuando se aplica sustancias orgánicas o minerales de forma incorrecta.

Antrogenicos (antrópico): Procesos o productos resultados de la actividad humana

Biodiversidad: Amplia variedad de seres vivos sobre la tierra y los patrones naturales que la conforman.

Ciclo biogeoquímicos: Se refiere al movimiento de los elementos de ozono, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, calcio, sodio, azufre, fósforo, potasio y otros elementos entre los seres vivos y el ambiente (atmósfera, biomasa y sistemas acuáticos) mediante una serie de procesos: producción y descomposición.

Curva de Lorenz: Es la representación gráfica utilizada frecuentemente para plasmar la distribución relativa de una variable en un dominio determinado. El dominio puede ser el conjunto de hogares o personas de una región o país

Ecología: Es la ciencia que estudia las interrelaciones de los diferentes seres vivos entre sí y con su entorno.

Economía: Ciencia que trata los aspectos del comportamiento social y las instituciones que se relacionan con el uso recursos escasos para producir y distribuir bienes y servicios para satisfacer necesidades humanas.

Ecosistema: Sistema funcional de relaciones complementaria entre los organismos vivos y el ambiente en un área física determinada.

Erosión: proceso de alteración del suelo con pérdida de fertilidad.

Factores bióticos: Son todos los organismos de un ecosistema que sobreviven, es decir, los que tienen vida. Pueden referirse a la flora, la fauna, de un lugar y sus interacciones.

Herbicida: Producto utilizado para matar las malezas del suelo cultivado

Horizontes: Estratos distinguible visualmente en el perfil del suelo.

Humus: Fracción de la materia orgánica del suelo resultante de la descomposición o mineralización del material orgánico.

Indicador: Es una medida de resumen, de preferencia estadística, referente a la cantidad o magnitud de un conjunto de muestras o atributos

Índice: Conjunto de indicadores.

Insumo: Es todo aquello disponible para el uso y el desarrollo de la vida humana, desde lo que encontramos en la naturaleza, hasta lo que creamos, es decir la materia prima de una cosa.

Producción: Rendimiento del cultivo o cosecha.

Productividad: Es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. También puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos.

Sistema: Es un objeto complejo cuyos componentes se relacionan con al menos algún otro componente; puede ser material o conceptual.

Bibliografía

- Altieri, M. (2009). El estado del arte de la agroecología: Revisando avances y desafíos. In M. A. Altieri (Ed.), *Vertientes del pensamiento agroecológico: Fundamentos y aplicaciones* (pp. 69–74). Medellín, Colombia: SOCLA.
- Altieri, M. (2009). Vertientes del pensamiento agroecológico: Fundamentos y Aplicaciones. In *Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA)*.
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2002). Un Método Agroecológico rápido para la Evaluación de la Sostenibilidad de Cafetales. In *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* (pp. 17–24). Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Baquero, G. (1964). Aspectos Económicos de la Conservación del Suelo. *Revista de Estudios Agrosociales*, 46.
- Bel Durán, P. (1997). Análisis del marco socio-económico e institucional de las sociedades cooperativas agrarias. *Revista de Estudios Cooperativos*, 63, 10–44.
- Bell, S., & Morse, S. (2008). *Sustainability Indicators* (Second Ed.). London: Earthscan.
- Bellido, M. M. (1999). Medida Agroambiental y agricultura sostenible. In *Congreso Hispano-Luso: Agricultura de conservación y medio ambiente*. Badajoz: Junta de Extremadura.
- Bello, A., & González-Pérez, J. . (1997). Ecología de sistemas agrarios. *Geórgica*, 5, 73–96.
- Bockstaller, C., Guichard, L., Keichinger, O., Girardin, P., & Galan, M. (2009). Comparison of Methods to Assess the Sustainability of Agricultural Systems. In É. Lichtfouse (Ed.), *Sustainable Agriculture* (Vol. 29, pp. 769–784). Bolívar, H. (2012). Metodología e Indicadores de Evaluación de sistemas Agrícolas. *Centro de Investigación de Ciencias Administrativas Y Gerenciales*, 8(1), 1–18.
- Cantún, M. ., Becker, A. ., Bedano, J. ., Schiavo, H. ., & Parra, B. . (2009). Evaluación del impacto del cambio de uso y manejo de la tierra mediante indicadores de calidad de suelo , Córdoba , Argentina. *Cadernos Do Laboratorio Xeoloxico de Laxe*, 34, 203–214.
- Contreras, R., & Aguilar, O. (2012). Desarrollo sostenible (semblanza histórica). *Revista Del Centro de Investigación*, 10(37), 101–121.
- Cruz, A. B., Barra, J. E., Castillo, R. F., & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas- Revista Científica Y Tecnología de Ecología Y Medio Ambiente*, 13, 90–97.

- De Camino, R., & Müller, S. (1993). *Sostenibilidad De La Agricultura Y Los Recursos Naturales*. (Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura - IICA-, Ed.). San Jose, Costa Rica: Deutsche Gesellschaft fur Technisch Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
- Delgado, A., Armas, W., D'Aubeterre, R., Hernández, C., & Araque, C. (2010). Sostenibilidad del sistema de producción capra hircus-aloe vera en el semiárido de cauderales (estado Lara, Venezuela). *Agroalimentaria*, 16, 49–63.
- Dong, F., Mitchell, P. D., & Colquhoun, J. (2013). Department of Agricultural & Applied Economics Measuring Farm Sustainability Using Data Envelope Analysis with Principal Components : The Case of the Wisconsin Cranberry. *Journal of Environmental Management*, 147(568), 175–183.
- Doran, J. W., & Zeiss, M. R. (2000). Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, 15(1), 3–11.
- Durán, G. (2000). Medir La Sostenibilidad: Indicadores Económicos, Ecológicos Y Sociales. In *Jornadas de Economía Crítica* (pp. 1–19). Madrid.
- Escobar, G., & Berdegué, J. (Eds.). (1990). Aplicaciones de la Clasificación de Sistema de Finca. In *Tipificacion Sistemas de Produccion Agricola* (pp. 16–17). Santiago de Chile: RIMISP.
- Fernández Latorre, F. (2006). Aproximacion a los indicadores de sostenibilidad y medio ambiente. In *Indicadores de Sostenibilidad y Medio Ambiente: Métodos y Escala* (pp. 23–71). Sevilla: Consejería del Medio Ambiente, Junta Andalucía.
- Gallopín, G. (2003). Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico. In G. de los P. Bajos (Ed.), *Medio ambiente y desarrollo* (Vol. 64, p. 43). Santiago de Chile, Chile: CEPAL.
- Gastón, J., Cedillo, G., Isaac, L., Gómez, A., Ernesto, C., & Esquivel, G. (2008). Agroecología y sustentabilidad. *Convergencia - Revista Social*, (Revista Social), 51–87.
- German, W. (2007). *Uso de la Tierra en el Area de Bosques Nativos de Entre Rios, Argentina*. Universidade Da Coruña.
- Gliessman, S. (2002). *Agroecología: Procesos Ecología en Agricultura Sostenible*. (CATIE, Ed.). Turrialba, Costa Rica.
- Gómez, D. (2007). *Evaluacion ambiental estrategica*. (Mundi-Prensa, Ed.). Madrid.
- Gómez-Limón, J., & Sánchez, G. (2009). Evaluación empírica de la sostenibilidad agraria a través. *Cuaderno Interdisciplinar de Desarrollo Sostenible*, 9(3).
- González, F., & Martín, F. (2004). Diseño de un índice sintético de desarrollo sostenible y aplicación a la Unión Europea. *Economía Agraria Y*

- Recursos Naturales*, 4(7), 3–26.
- Grentz, J., Thalmann, C., Stämpfli, A., Studer, C., & Häni, F. (2009). RISE – a method for assessing the sustainability of agricultural production at farm level. *Rural Development News*, 1, 5–9.
- Grenza, J., Thalmann, C., Schoch, M., & Stalder, S. (2013). *RISE (Response - Inducing Sustainability Evaluation)*, versión 2. O. Berna.
- Guzmán, G. I., González de Molina, M., & Alonso, A. M. (2011). The land cost of agrarian sustainability. An assessment. *Land Use Policy*, 28(4), 825–835.
- Häni, F., Braga, F., Stämpfli, A., & Keller, T. (2003). RISE, a Tool for Holistic Sustainability Assessment at the Farm Level. *IAMA International Food and Agribusiness Management Review*, 6(4).
- Hergoz de Muner, L. (2011). *Sostenibilidad de la caficultura arabica en el ambito de la agricultura familiar en el estado de Esprito Santo-Brasil*. Univerisidad de Cordoba.
- Huerta, E., Kampichler, C., Ochoa-gaona, S., Jong, B. De, Hernandez-daumas, S., & Geissen, V. (2014). A Multi-Criteria Index for Ecological Evaluation of Tropical Agriculture in Southeastern Mexico, 9(11).
- IICA. (1992). Agricultura Sostenible: un enfoque ecológico, socioeconómico y desarrollo tecnologico. In Colegio de postgraduados (Ed.), *Memorias II Simposio y I Reunion Nacional* (pp. 5–12). Montecillo, Mexico.
- Jonker, G., & Harmsen, J. (2012). *Ingeniería para la sostenibilidad*. (Reverte, Ed.). Barcelona.
- Kammerbauer, J. (2001). Las dimensiones de la sostenibilidad: Fundamentos ecológicos, modelos paradigmáticos y senderos. *Ensayos*, 26(8), 353–359.
- Kass, D. C. L. (1996). Agroecology: The science of sustainable agriculture. *Agroforestry Systems*, 35(1), 111–115.
- Labandeira, X., León, C., & Vázquez, M. X. (2007). *Economía Ambiental*. Pearson Educación. Madrid: Pearson. Retrieved from
- Labrador, J. (2001). Aproximacion a la Gestion Agroecologica de la Fertilidad del Suelo. In M. A. Altieri & J. Labrador (Eds.), *Agroecologia y Desarrollo: Aproximacion a los fundamentos agroecologicos para la gestion sustentable de agrosistemas mediterraneos* (pp. 129–161). Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Lazarsfeld, P. (1958). De los conceptos a los índices empíricos. *Metodología de Las Ciencias Sociales*, 36–46.
- Linares, P. (2012). El concepto marco de sostenibilidad: variables de un futuro sostenible. Madrid, España: Universidad Pontifica de Comillas.
- Luffiego, M., & Rabadán, J. M. (2000). La evolución del concepto de sostenibilidad y su introducción en la enseñanza. *Historia Y Epistemología de Las Ciencias*, 18(3), 473–486.
- Martinez de Anguita, P., Gonzalez de Canales, F., & Garcia, A. (2006). *¿Que*

- es el Desarrollo rural?* (U. R. J. Carlos, Ed.) *Desarrollo rural sostenible*. Madrid: McGraw Hill.
- Masangano, C. M. M., & Miles, C. a. a. (2004). Factors Influencing Farmers' Adoption of Kalima Bean (L.) Variety in Malawi. *Journal of Sustainable Agriculture*, 24(March 2015), 117–129.
- Masera, O. R., Astier, M., & López-Ridauro, S. (1999). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El marco de evaluación MESMIS*.
- Merma., I., & Alberto, J. (2012). Caracterizacion y Evaluacion de la Sustentabilidad de fincas en Alto Urubamba, Cusco, Peru. *Ecologia Aplicada*, 11(1), 1–11.
- Moller, R. (2010). Principios de Desarrollo Sostenible para América Latina. *Ingeniería de Recursos Naturales Y Del Ambiente*, 9, 101–110.
- Montes Gascó, J. M. (2001). El suelo como Recurso. In M. A. Altieri & J. Labrador (Eds.), *Agroecología y Desarrollo: Aproximacion a los fundamentos agroecologicos para la gestion sustentable de agrosistemas mediterraneos* (pp. 119–127). Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Naranjo, S., Dullo, E., Thabet, S., & Villarreal, M. (2007). *Agricultura Y Desarrollo Rural Sostenibles (Adrs) Y La Agroecología. Agricultura Y Desarrollo Rural Sostenibles (Adrs) Sumario De Política* (Vol. 11).
- Navarro, S. (1997). *Economía, Agricultura Ecológica Y Agroecología. Baética. Estudios de Arte, Geografía E Historia*. Málaga, España: Universidad de Málaga.
- Núñez, M. Á. (2000). *Manual De Técnicas Agroecológicas: Serie Manuales de Educación y Capacitación Ambiental*. (PNUMA, Ed.) (Primera Ed). Mexico D.F.
- OECD. (1999). Concepts and Framework. In *Environmental Indicators for Agriculture* (Vol. 1, p. 44). Paris, Francia: OECD.
- Oldeman, L. R., & Lynden, G. W. J. Van. (1998). *Revisiting the GLASOD Methodology* (No. 96). *Methods for Assessment of Soil Degradation*.
- Padilla, D., & Suchini, J. G. (2013). *Guía para el sondeo agroecológico de suelos y cultivos*. (No. Manual tecnico N°.112). (CATIE, Ed.). Turrialba, Costa Rica.
- Pecher, C., Tasser, E., Walde, J., & Tappeiner, U. (2013). Typology of Alpine region using spatial-pattern indicators. *Ecological Indicators*, 24, 37–47.
- Pérez, M. A. (2012). Conceptualización sobre el Desarrollo Sostenible : operacionalización del concepto para Colombia. *Punto de Vista*, 8(5), 141–157.
- Pérez, M., & Marasas, M. E. (2013). Servicios de regulación y prácticas de manejo: aportes para una horticultura de base agroecológica. *Ecosistemas- Revista Científica Y Tecnología de Ecología Y Medio Ambiente*, 22(1), 36–43.
- Philippe, G., Bockstaller, C., & Van der Werf, H. (2008). Indicators: Tools to Evaluate the environmental impacts of farming systems. *Journal of*

- Sustainable Agriculture*, 46, 37–41.
- Pons, J.-C., & Sivardiere, P. (2002). *Manual de capacitacion: Certificación de calidad de los alimentos orientada a sellos de atributos de valor en países de América Latina*. (M. T. Oyarzun & F. Tartanac, Eds.). Santiago de Chile: FAO.
- Pulido, M. (2014). *Indicadores de Calidad del Suelo en Áreas de Pastoreo*. Universidad de Extremadura.
- Ramírez, L., Alvarado, A., Pujol, R., & Brenes, L. G. (2008). Caracterización física de la cuenca media del río Reventado, Cartago, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 32(2), 73–92.
- Reijntjes, C., Haverkort, B., & Waters-Bayer, A. (1992). *Farming for the future: an introduction to low external input and sustainable agriculture*. Macmillan Press Ltd..
- Restrepo, J., Angel, D. I., & Prager, M. (2000). *Agroecología*. Bogota: Univerisdad Nacional de Colombia.
- Rodríguez, R., & Hernández, R. (1994). *Agricultura sostenible: Inventario Tecnológico*. (P. I. de La Libertad, Ed.) (Primera). San Salvador: IICA.
- Sanchez, G. (2009). *Análisis De La Sostenibilidad Agraria Mediante Indicadores Sintéticos: Aplicación Empírica Para Sistemas Agrarios de Castilla y Leon*. Universidad Politecnica de Madrid, Madrid.
- Sancho, J., & Reinoso, D. (2013). La delimitación del ámbito rural: una cuestión clave en los programas de desarrollo rural. *Estudios Geográficos*, 73(273), 599–624.
- Sarandón, S. J., & Flores, C. C. (2014). *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*. (S. Sarandón & C. Flores, Eds.) *Cuadernos de Catedra*. Mar del Plata, Argentina: Universidad Nacional de La Plata.
- Sarandón, S. J., Zuluaga, M. S., Cieza, R., Gómez, C., Janjetic, L., & Negrete, E. (2006). *Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en misiones, argentina, mediante el uso de indicadores*. *Agroecología* (Vol. 1). La Plata.
- Saravia, A. (1983). *Un Enfoque de Sistemas para el Desarrollo Agrícola*. San Jose, Costa Rica: IICA.
- Saurí, D., & Boada, M. (2006). Sostenibilidad y cultura campesina: Hacia modelos alternativos de desarrollo rural. Una propuesta desde cataluña. *Boletin de La Asociacion de Geografos Espanoles*, 315–328.
- Schader, C., Grenz, J., Meier, M. S., & Stolze, M. (2014). Scope and precision of sustainability assessment approaches to food systems. *Ecology and Society*, 19(3).
- Smyth, a. J., & Dumanski, J. (1995). A framework for evaluating sustainable land management. *Canadian Journal of Soil Science*, 75(Fao 1976), 401–406.
- Smyth, J., Dumanski, J., Spendjian, G., Swift, J., & Thornton, K. (1993).

- FESLM: An international framework for evaluating sustainable land management. *Evaluation*, 74.
- Spedding, C. R. . (1982). *Sistemas Agrarios*. (ACRIBA, Ed.). Zaragoza.
- Stocking, M., & Murnaghan, N. (2003). *Manual para la Evaluacion de Campo de la Degradacion de la Tierra*. (Mundi-Prensa, Ed.). Madrid.
- Swisher, M. E., Rezola, S., & Sterns, J. (2012). *El Sexto Paso en el Desarrollo Sostenible de la Comunidad : Implementar y Evaluar el Proyecto 1*.
- Toca, C. E. (2011). Las versiones del desarrollo sostenible. *Sociedade E Cultura*, 14(1), 195–204.
- Van Bueren, E., & Blom, E. (1997). Hierarchical framework for the formulation of sustainable forest management standards. In *Principal criteria indicators* (pp. 14–18). Leiden, The Netherlands: The Tropenbos Foundation.
- Van Cauwenbergh, N., Biala, K., Biolders, C., Brouckaert, V., Franchois, L., Garcia Ciudad, V., ... Peeters, a. (2007). SAFE-A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 120(2-4), 229–242.
- Van Der Werf, H. M. G., & Petit, J. (2002). Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: A comparison and analysis of 12 indicator-based methods. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93(1-3), 131–145.
- Wadsworth, J. (1997). *Análisis de sistemas de producción animal Tomo 1: Las bases conceptuales*. (FAO, Ed.) (Estudios F). Roma.

Biografía

Salomón Barrezuela Unda (Machala, 1977) Ingeniero Agrónomo (2001) y Master en Gerencias y Administración Agropecuaria (2004) por la Universidad Técnica de Machala (UTMACH), candidato a Doctor en Investigación Agraria y Forestal por la Universidade da Coruña, España. Es docente de mercadeo y comercialización, Economía ambiental y Administración de granjas en la UTMACH. Consultor en tema de certificación fitosanitaria, carbono, construcción de indicadores agrarios y agroecología.

Introducción a la sostenibilidad agraria
Se terminó de imprimir en marzo de 2016 en la
imprenta de la UTMACH, calle Loja y 25 de Junio
(Campus Machala)
Esta edición consta de 300 ejemplares.

www.utmachala.edu.ec

El programa de Reingeniería del Conocimiento en la Universidad Técnica de Machala (UTMACH) es un modelo emergente de gestión de la investigación que promueve saberes científicos con pertinencia social. Desde el Vicerrectorado Académico impulsamos la investigación colectivista, donde docentes y estudiantes se engranan en la construcción y divulgación del resultado de sus ejercicios pedagógicos, heurísticos y de vinculación social, en aras de contribuir con el fortalecimiento de nuestras ventajas comparativas y competitivas a nivel transfronterizo.

Mediante este programa estratégico la UTMACH impacta sus imaginarios respecto a la relación de la docencia con la investigación, muestra de ello es la presente obra donde se cristaliza el empoderamiento y profesionalismo de sus actores y redes al servicio de la formación crítica de profesionales de avanzada.

En la UTMACH seguimos conquistando el conocimiento a través de la investigación, por ello en cada acción emprendida *proyectamos nuestra historia*.

Ing. Amarilis Borja Herrera, Mg. Sc.
VICERRECTORA ACADÉMICA



ISBN: 978-9942-24-077-4

