

EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE SISTEMAS AGRÍCOLAS DE FINCAS EN MISIONES, ARGENTINA, MEDIANTE EL USO DE INDICADORES

Santiago J Sarandón¹, María Soledad Zuluaga², Ramón Cieza³, Camila Gómez⁴, Leonardo Janjetic⁴, Eliana Negrete⁴

¹Agroecología, CIC Pcia. de Bs. As, Facultad de Cs. Agrarias y Forestales, UNLP, CC 31, 1900, La Plata, Argentina. ²Cerealicultura, ³Dpto. de Desarrollo Rural, ⁴Facultad, Cs. Agrarias y Forestales, UNLP. E-mail: sarandon@ceres.agro.unlp.edu.ar

Resumen

La evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas requiere transformar aspectos complejos en otros más claros, objetivos y generales que permitan detectar tendencias a nivel de sistema, denominados indicadores. El objetivo de este trabajo fue el desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de agroecosistemas de pequeños productores en la Provincia de Misiones, Argentina. Se analizaron 5 fincas, dedicadas a la producción de autoconsumo. Se construyeron indicadores para evaluar el cumplimiento de objetivos económicos, ecológicos y socioculturales. Los indicadores se estandarizaron y se ponderaron de acuerdo a su importancia. El uso de indicadores permitió observar claras tendencias en la sustentabilidad general y en los aspectos económicos, ecológicos y socioculturales. Se observó una alta interdependencia entre las diferentes dimensiones de la sustentabilidad. El cumplimiento de los objetivos ecológicos estuvo condicionado por aspectos económicos y socioculturales. La producción para autoconsumo resultó ecológica, con baja utilización de insumos externos, compatible culturalmente con la conciencia de los productores y proveyó de una dieta adecuada. Este sistema productivo cumpliría objetivos ecológicos, sociales y culturales pero sólo parcialmente los económicos, por lo que los productores se ven obligados a incluir el cultivo de tabaco que responde a un modelo de alto uso de insumos, a cambio de ciertos beneficios, como la obra social. Se concluye que el desarrollo de indicadores es adecuado para detectar puntos críticos a la sustentabilidad, establecer sus causas y proponer soluciones a mediano plazo.

Palabras clave: Agricultura sustentable, agroecosistemas, Agroecología, análisis multicriterio.

Summary

Sustainability evaluation of agricultural systems at a farm level in Misiones, Argentina, by means of indicators

The evaluation of agroecosystems sustainability requires to transform complex aspects in another more simple, objectives and generals that allow to detect tendencies at a system level, called indicators. The aim of this paper was to develop a set of indicators to evaluate the sustainability of traditional agroecosystems in Misiones, Argentina. Five farms, dedicates to self-production were analysed. A set of indicators was constructed to evaluate the fulfilled of Economics, Ecological and Socio-cultural objectives. The indicators were standardized and weighted according to its importance. The use of indicators allowed to detect clear tendencies in general sustainability index and in the ecological, economical and sociocultural dimensions. The ecological sustainability of these agroecosystems was associated to economical and sociocultural aspects. The system were ecologically sound, based on low external inputs, compatible with farmer conscience and provide an adequate diet for the family. This system fulfilled ecological and sociocultural objectives, but only partially the economical ones. Then, farmers have to produce tobacco crop that responds to a technological model based on high inputs use to obtain economical benefits. It is concluded that the development of indicators is adequate to detect critical point to sustainability, to understand its causes and to propose solutions on a long time.

Keywords: Sustainable agriculture, agroecosystems, Agroecology, multiobjectives analysis.

Introducción

A pesar del interés en la evaluación de la sustentabilidad de los agroecosistemas surgido en los últimos años, no se han logrado grandes avances, entre otras razones, por la dificultad de traducir los aspectos filosóficos e ideológicos de la sustentabilidad en la capacidad de tomar decisiones al respecto (Bejarano Ávila 1998). La evaluación de la sustentabilidad se ve afectada por problemas inherentes a la propia multidimensión del concepto (ecológica, económica, social, cultural y temporal). Por lo tanto, requiere un abordaje holístico (Andreoli & Tellarini 2000) y sistémico, donde predomine el análisis multicriterio, que ha mostrado ser adecuado para el análisis de la sustentabilidad en algunos agroecosistemas (Mendoza & Prabhu 2000, Evia & Sarandón 2002).

A pesar de esto, muchas veces, la investigación científica requiere ir más allá de los conceptos holísticos de la sustentabilidad, hacia otros más específicos y susceptibles de medición (Izac & Swift 1994). Diversos autores se han ocupado en proponer sistemas de indicadores (Torquebiau 1972, Izac & Swift 1994, Bockstaller *et al.* 1997, Hansen & Jones 1996, Lewandowski *et al.* 1999, Smyth & Dumansky 1995, Gómez *et al.* 1996, Sarandón 2002, López Ridaura *et al.* 2002, Van der Werf & Petit 2002), entendidos estos como "algo que hace claramente perceptible una tendencia o un fenómeno que no es inmediatamente ni fácilmente detectable, y que permiten comprender, sin ambigüedades, el estado de la sustentabilidad de un agroecosistema o los aspectos críticos que ponen en peligro la misma" (Sarandón 1998). A pesar de que varios autores han abordado la evaluación de la sustentabilidad, tanto en el ámbito regional (Winograd *et al.* 1998, Sepúlveda *et al.* 2002), como en el de finca (Gómez *et al.* 1996, Bockstaller *et al.* 1997, Lefroy *et al.* 2000, Tellarini & Caporali 2000, Pacini *et al.* 2003, Sarandón *et al.* 2003), en general, se coincide en que no existe un conjunto de indicadores universales que puedan ser utilizados para cualquier situación. Por lo tanto, estos deben construirse y adaptarse a la situación en análisis y ser adecuados para los objetivos propuestos.

Un escenario interesante para aplicar y validar indicadores es el estudio de aquellos sistemas agrícolas que han podido mantenerse en el tiempo, demostrando, en la práctica, cierto grado de sustentabilidad "de hecho". De acuerdo con Altieri (1995) y Toledo (1993), los sistemas "tradicionales", tenderían a hacer un uso más sustentable (ecológicamente adecuado) de los recursos naturales, debido a la coevolución de los agricultores con su medio ambiente. A pesar de que algunos de estos sistemas de bajos insumos, generalmente desarrollados por agricultores de escasos recursos para la autosuficiencia alimentaria, son considerados "a priori" como sustentables, no existen muchos estudios que demuestren estas presunciones.

En la Provincia de Misiones, Argentina, existen sistemas de producción, de pequeñas dimensiones, donde

agricultores de escasos recursos realizan una producción diversificada, generalmente destinada al autoconsumo. Aparentemente, estos sistemas cumplirían con los requisitos necesarios para ser considerados sustentables; de hecho son "a priori" considerados de esa manera. Sin embargo, es necesario analizar si realmente estos sistemas realmente cumplen con este objetivo y, lo que resulta aún más importante, cuáles son las razones de esta sustentabilidad, de manera de poder predecir problemas futuros y brindar recomendaciones tendientes a su solución.

El objetivo de este trabajo fue analizar la utilidad del desarrollo y uso de indicadores para evaluar los aspectos críticos a la sustentabilidad de agroecosistemas de pequeños productores en la Provincia de Misiones, Argentina.

Materiales y Métodos

Descripción del lugar

Se analizaron, como estudios de casos, 5 fincas de la localidad de Colonia Güemes, Misiones, Argentina; ubicada en los 26°30' Latitud Sur. El clima es subtropical sin estación seca, con temperaturas medias anuales superiores a 20 °C, y amplitud térmica anual de 10 °C. Las precipitaciones anuales rondan los 1500 mm. Esta región presenta lomas con pendientes medianas y cortas con un 5 a 25 % de gradiente. Los suelos corresponden al orden de los oxisoles, con presencia de óxido de hierro, textura arcillosa, ácidos y de baja a mediana fertilidad natural. La vegetación, al igual que en casi toda la provincia, es de tipo de selva subtropical, degradada por acción antrópica.

Las fincas analizadas, tienen una superficie de 20-25 has. y poseen dos tipos de producciones totalmente diferentes que coexisten en la misma finca. Una producción para autoconsumo, basada en algunos cultivos (maíz, sorgo, girasol, mandioca, zapallo), horticultura, aves de corral (gallinas y patos), conejos, porcinos y ganado de carne y leche. Esta producción está basada en una baja utilización de insumos externos, complementada y/o articulada entre sí, que le permite a la familia acceder a una dieta adecuada y, en algunos casos, vender los excedentes. Este estilo de producción, que podría caracterizarse como ecológica, se contrapone con otra: el tabaco. Este cultivo se realiza con una alta carga de insumos (fertilizantes, herbicidas, insecticidas), que impacta negativamente sobre el ambiente. Sin embargo, es una fuente importante de ingreso y les brinda acceso a la obra social.

Marco conceptual de la sustentabilidad

Para la evaluación de la sustentabilidad se consideró que los sistemas debían mantener constante el capital natural, entendido como las reservas ambientales que proveen bienes y servicios en el futuro (Costanza & Daly 1992, Harte 1995). Se definió a la agricultura sustenta-

ble, como aquella que permite mantener en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales (agroecosistemas) que lo soportan. La idea de la existencia de un límite a la satisfacción de las necesidades, coincide con el criterio de la sustentabilidad fuerte, que considera que el capital natural puede ser sustituido por capital manufacturado, sólo en algunos casos muy puntuales. Esto implica que no puede admitirse una rentabilidad basada en la degradación de los recursos intra o extraprediales. Por esta razón, se consideró que la satisfacción de las necesidades de los productores (objetivos económicos y sociales) no puede ser lograda a expensas de los recursos naturales (objetivos ecológicos).

De acuerdo con este marco conceptual, la agricultura sustentable debe cumplir satisfactoria y simultáneamente con los siguientes requisitos (Sarandón 2002): 1) Ser suficientemente productiva, 2) Ser económicamente viable, 3) Ser ecológicamente adecuada (que conserve la base de recursos naturales y que preserve la integridad del ambiente en el ámbito local, regional y global) y 4) Ser cultural y socialmente aceptable. Sobre la base de estos requisitos se construyeron indicadores para evaluar el cumplimiento simultáneo de 3 objetivos (económicos, ecológicos y socioculturales) basados en las siguientes hipótesis:

1) Económicos. Hipótesis: Un sistema será económicamente sustentable, si puede proveer la autosuficiencia alimentaria, un ingreso neto anual por grupo familiar y si disminuye el riesgo económico en el tiempo.

2) Ecológicos. Hipótesis: un sistema será ecológicamente sustentable si conserva o mejora la base de los recursos productivos y evita o disminuye el impacto sobre los recursos extraprediales. Se consideraron la conservación de los recursos propios y el impacto ambiental externo.

3) Socio-Culturales. Hipótesis: Un sistema se considera sustentable si mantiene o mejora el capital social, ya que éste es el que pone en funcionamiento el capital natural o ecológico. En este caso, los aspectos que fortalecen las relaciones entre miembros de una comunidad fueron considerados como favorables a la sustentabilidad (Torquebiau 1992). Los indicadores evaluaron la satisfacción del productor, su calidad de vida, su nivel de dependencia, el grado de integración social y su nivel de conciencia y conocimiento ecológicos.

Construcción de indicadores

Los indicadores se construyeron de acuerdo a la metodología y el marco conceptual propuesto por Sarandón (2002), siguiendo los lineamientos de Smyth & Dumansky (1995) y Astier *et al.* (2002). Se consideró al indicador como una variable, seleccionada y cuantificada que hace clara una tendencia que de otra forma no es fácilmente detectable (Sarandón 2002). Se eligieron

indicadores que fueran fáciles de obtener, de interpretar, que brindaran la información necesaria, y que permitieran detectar tendencias en el ámbito de finca. Estos estuvieron compuestos a su vez, por subindicadores y variables seleccionadas y cuantificadas que integran, respectivamente, los indicadores o subindicadores escogidos. Se eligieron indicadores de presión, para evaluar el efecto de las prácticas de manejo sobre algunos componentes o recursos del agroecosistema (finca).

Los datos se obtuvieron mediante encuestas, entrevistas y observaciones a campo realizadas por estudiantes de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata.

Estandarización y ponderación de los indicadores

Para permitir la comparación de las fincas y facilitar el análisis de las múltiples dimensiones de la sustentabilidad, los datos fueron estandarizados, mediante su transformación a una escala, para cada indicador, de 0 a 4, siendo 4 el mayor valor de sustentabilidad y 0 el más bajo. Todos los valores, independientemente de su unidad original, se transformaron o adecuaron a esta escala. Esto permitió la integración de varios indicadores de distinta naturaleza, en otros más sintéticos o robustos. Posteriormente, los indicadores fueron ponderados multiplicando el valor de la escala por un coeficiente de acuerdo a la importancia relativa de cada variable respecto a la sustentabilidad. Este coeficiente multiplica, tanto el valor de las variables que forman el indicador, como el de los indicadores, para construir indicadores de mayor nivel o índices. La ponderación, es un paso inevitable, que puede hacerse por consenso, por medio de la consulta con expertos en el tema (Gayoso & Iroumé 1991), o teniendo en cuenta la opinión de los propios agricultores (Roming *et al.* 1996, Lefroy *et al.* 2000). En este trabajo, la ponderación se realizó por discusión y consenso entre los integrantes del grupo de trabajo. El peso de cada indicador refleja la importancia del mismo en la sustentabilidad.

Resultados

Descripción y ponderación de los indicadores elegidos

La aplicación del marco conceptual y la metodología para la construcción de indicadores adecuados a los objetivos buscados, permitió obtener una serie de indicadores estandarizados y ponderados para las 3 dimensiones analizadas (económica, ecológica y sociocultural).

Dimensión Económica. Para evaluar si los sistemas eran económicamente viables se eligieron los siguientes indicadores.:

A- Autosuficiencia alimentaria. Para este tipo de productores, la autosuficiencia alimentaria se consideró

fundamental para su sustentabilidad. Esta se estimó, a través de 2 indicadores:

A1- Diversificación de la producción. Un sistema es sustentable si la producción alimentaria es diversificada y alcanza para satisfacer el nivel nutricional de la familia: (4): más de 9 productos; (3): de 7 a 9; (2): de 5 a 3; (1): de 3 a 2 productos; (0): menos de 2 productos.

A2- Superficie de producción de autoconsumo. Un sistema es sustentable si la superficie destinada a la producción de alimentos para el consumo es adecuada con relación a los integrantes del grupo familiar. Variable: superficie de autoconsumo (has)/ integrantes de la familia. (4): más de 1 ha; (3): 1 a 0,5 ha; (2): 0,5-0,3 has; (1): 0,3-0,1 has; (0) <= 0,1 has.

B- Ingreso neto mensual por grupo. El sistema es sustentable si puede satisfacer las necesidades económicas del grupo familiar. Estos ingresos fueron evaluados en pesos por mes (4): + de 300; (3): 300-250 ; (2): 250-200 ; (1): 200-100 ; (0): < 100.

C- Riesgo económico. Un sistema será sustentable si minimiza el riesgo económico, asegurando la estabilidad en la producción para las futuras generaciones. Se consideraron 3 aspectos:

C1- Diversificación para la venta. Un sistema será sustentable si el productor puede comercializar más de 1 producto, ya que si sufriera alguna pérdida o daño del mismo, podría compensarlo con los demás productos que vende. (4): 6 o más productos; (3): 5 a 4 productos; (2): 3 productos; (1): 2 productos; (0): 1 producto.

C2- Número de vías de comercialización. La diversificación comercial disminuye el riesgo económico. (4): 5 o más canales; (3): 4 canales; (2): 3 canales; (1): 2 canales; (0): 1 canal

C3- Dependencia de insumos externos. Un sistema con una alta dependencia de insumos es insustentable en el tiempo: (4): de 0 a 20% de insumos externos; (3): de 20 a 40 % de insumos externos; (2): de 40 a 60% de insumos externos; (1): de 60 a 80% de insumos externos; (0): de 80 a 100 % de insumos externos.

Se consideró que el indicador más importante, por las características del grupo productivo, era la autosuficiencia alimentaria, por lo que, en la ponderación, se le otorgó el doble de peso que al resto. El valor del indicador económico (IK), que evaluó la satisfacción de este objetivo, se calculó como la suma algebraica de sus componentes multiplicados por su peso o ponderación, de la siguiente manera:

Indicador Económico (IK):

$$\frac{2((A1 + A2)/2) + B + (C1 + C2 + 2C3)/4}{4}$$

Dimensión Ecológica. Se evaluó a través de 3 indicadores:

A- Conservación de la vida de suelo. Un sistema es sustentable si las prácticas mantienen o mejoran la vida en el suelo. Para construir este indicador se tuvieron en cuenta 3 subindicadores:

A1- Manejo de la cobertura vegetal. La misma provee al suelo de una protección contra los agentes climáticos y disminuye el riesgo de erosión. (4): 100% de cobertura; (3): 99 a 75 %; (2): 75 a 50 %; (1): 50 a 25 %; (0): < 25 %.

A2- Rotaciones de cultivos. (4) Rota los cultivos todos los años. Deja descansar un año el lote, incorpora leguminosas o abonos verdes; (3): Rota todos los años. No deja descansar el suelo; (2): Rota cada 2 ó 3 años; (1): Realiza rotaciones eventualmente; (0): No realiza rotaciones.

A3- Diversificación de cultivos. (4): Establecimiento totalmente diversificado, con asociaciones de cultivos y con vegetación natural; (3): Alta diversificación de cultivos, con asociación media entre ellos; (2): Diversificación media, con muy bajo nivel de asociación entre ellos; (1): Poca diversificación de cultivos, sin asociaciones; (0): Monocultivo.

B- Riesgo de erosión. Un sistema es sustentable si logra minimizar o evitar la pérdida de suelo debido a la erosión (en este caso, hídrica). Se tuvieron en cuenta 3 subindicadores:

B1- Pendiente predominante. (4): del 0 al 5 %; (3): del 5 al 15 %; (2): del 15 al 30 %; (1): del 30 al 45 %; (0): mayor al 45 %

B2- Cobertura vegetal. La misma le provee al suelo una protección contra los agentes climáticos y al riesgo de erosión. (4): 100% de cobertura; (3): 99 a 75 %; (2): 74 a 50 %; (1): 49 a 25 %; (0): 24 a 0 % de cobertura.

B3 Orientación de los surcos. (4): Curvas de nivel o terrazas; (3): Surcos perpendiculares a la pendiente; (2): Surcos orientados 60° con respecto a la pendiente; (1): Surcos orientados 30° con respecto a la pendiente; (0): Surcos paralelos a la pendiente. A ésta, se le otorgó el doble de peso que a las otras variables

C- Manejo de la Biodiversidad. La biodiversidad es importante para la regulación del sistema ya que, entre otras funciones, proporciona hábitat y nichos ecológicos para los enemigos naturales. La diversidad vegetal es la base de la diversidad heterotrófica (Swift *et al.* 2004). El efecto del sistema de manejo de la finca sobre la biodiversidad, se evaluó a través de 2 componentes:

C1- Biodiversidad temporal. Las rotaciones de cultivos en los predios, aumentan la diversidad en el tiempo. (4): Rota todos los años. Deja descansar un año el potrero o incorpora leguminosas o abonos verdes; (3): Rota todos los años. No deja descansar el suelo; (2): Rota cada 2 ó 3 años; (1): Realiza rotaciones eventualmente; (0): No realiza rotaciones.

C2- Biodiversidad espacial. Diversidad de cultivos en el espacio: (4): Establecimiento totalmente diversificado, con asociaciones entre ellos y con vegetación natural; (3): Alta diversificación de cultivos, con media asociación entre ellos; (2): Diversificación media, con muy bajo nivel de asociación entre ellos; (1): Poca diversificación de cultivos, sin asociaciones; (0): Monocultivo.

El indicador o índice que mide el grado de cumplimiento de la dimensión ecológica (IE), se calculó de la siguiente manera, otorgándoseles el mismo peso a los 3 indicadores:

Indicador Ecológico (IE):

$$\frac{(A1 + A2 + A3) / 3 + (2B1 + B2 + 2B3) / 5 + (C1 + C2) / 2}{3}$$

Dimensión Socio-Cultural. El grado de satisfacción de los aspectos socioculturales, se evaluó mediante 3 indicadores:

A- Satisfacción de las necesidades básicas. Un sistema sustentable es aquél en el cual los agricultores tienen aseguradas sus necesidades básicas. Comprende vivienda, educación, salud, servicios. Comprende los siguientes subindicadores:

- A1- Vivienda. (4): De material terminada. Muy buena. (3): De material terminada. Buena. (2): Regular. Sin terminar o deteriorada. (1): Mala. Sin terminar, deteriorada, piso de tierra; (0): Muy mala.
- A2- Acceso a la educación. (4): Acceso a educación superior y/ o cursos de capacitación; (3): Acceso a escuela secundaria; (2): Acceso a la escuela primaria y secundaria con restricciones; (1): Acceso a la escuela primaria; (0): Sin acceso a la educación.
- A3- Acceso a salud y cobertura sanitaria: (4): Centro sanitario con médicos permanentes e infraestructura adecuada; (3): Centro sanitario con personal temporario medianamente equipado; (2): Centro sanitario mal equipado y personal temporario; (1): Centro sanitario mal equipado y sin personal idóneo; (0): Sin centro sanitario.
- A4- Servicios. (4): Instalación completa de agua, luz y teléfono cercano; (3): Instalación de agua y luz; (2): Instalación de luz y agua de pozo; (1): Sin instalación de luz y agua de pozo cercano; (0): Sin luz y sin fuente de agua cercana.

B- Aceptabilidad del sistema de producción. La satisfacción del productor está directamente relacionada con el grado de aceptación del sistema productivo. (4): Está muy contento con lo que hace. No haría otra actividad aunque ésta le reporte más ingresos; (3): Está contento, pero antes le iba mucho mejor; (2): No está del todo satisfecho. Se queda porque es lo único que sabe hacer; (1): Poco satisfecho con esta forma de vida. Anhela vivir en la ciudad y ocuparse de otra actividad; (0): Está desilusionado con la vida que lleva, no lo haría más. Está esperando que se le presente una oportunidad para dejar la producción.

C- Integración social. Se evaluó la relación con otros miembros de la comunidad. (4): Muy alta; (3): Alta; (2): Media; (1): Baja; (0): Nula.

D- Conocimiento y Conciencia Ecológica. El conocimiento y la conciencia ecológica son fundamentales para tomar decisiones adecuadas respecto a la conservación de los recursos. (4): Concibe la ecología desde una visión amplia, más allá de su finca y conoce sus fundamentos; (3): Tiene un conocimiento de la ecología desde su práctica cotidiana. Sus conocimientos se reducen a la finca con el no uso de agroquímicos más prácticas conservacionistas; (2): Tiene sólo una visión parcializada de la ecología. Tiene la sensación que algunas prácticas pueden estar perjudicando al medio ambiente; (1): No presenta un conocimiento ecológico ni percibe las consecuencias que pueden ocasionar algunas prácticas. Pero utiliza prácticas de bajos insumos; (0): Sin ningún tipo de conciencia ecológica. Realiza una práctica agresiva al medio por causa de este desconocimiento.

Dentro de este objetivo, se consideraron de mayor peso los indicadores de satisfacción de necesidades básicas y el grado de aceptabilidad del sistema productivo:

Indicador Sociocultural (ISC):

$$\frac{2((A1 + 2A2 + 2A3 + 2A4) / 7) + 2B + C + D}{6}$$

Por último, con los datos de los macro indicadores económicos (IK), ecológicos (IE) y socioculturales (ISC), se calculó el índice de sustentabilidad general (ISGen), valorando a las tres áreas u objetivos por igual, de acuerdo al marco conceptual definido previamente.

Índice de Sustentabilidad General (ISGen):

$$(IK + IE + ISC) / 3$$

Se definió un valor umbral o mínimo que debía alcanzar el índice de sustentabilidad general (ISGen), para considerar una finca sustentable: igual o menor que el valor medio de la escala, es decir, 2. Además, se consideró que ninguna de las 3 áreas debía tener un valor menor a 2.

Análisis de la Sustentabilidad del manejo de las fincas

El uso de indicadores permitió detectar, a pesar de la similitud entre las fincas, una alta variabilidad en la sustentabilidad general y en las dimensiones económicas, ecológicas y socioculturales. El Índice de sustentabilidad general (ISGen: 2,46) promedio de las 5 fincas, fue superior al valor umbral (Tabla 1), aunque se observaron diferencias entre los valores de las diferentes dimensiones. En promedio, el manejo de las fincas satisfizo en mayor grado los objetivos económicos (2,94), que los

Tabla 1. Valores de los Indicadores empleados en 5 fincas de Misiones, Argentina. AS: autosuficiencia alimentaria, INM: ingreso neto mensual, RE: riesgo económico, IK: indicador de área económica, VS: vida del suelo, REr: riesgo de erosión, MB: Manejo de la biodiversidad, IE: indicador de área ecológica, SNB: satisfacción de necesidades básicas, Acept: aceptación el sistema productivo, InSoc: integración social, ConEc: conocimiento ecológico, ISC: Indicador de área sociocultural, ISGen: índice de sustentabilidad general. La última columna señala el cumplimiento o no, de las condiciones de sustentabilidad general de la finca (ver texto).

Finca	AS	INM	RE	IK	VS	REr	MB	IE	SNB	Acept.	InSoc	ConcEc	ISC	ISGen.	Susten
1	3	0	1,5	1,88	2	1,8	1,5	1,76	1	2	2	0	1,33	1,66	No
2	4	2	3,5	3,37	3	2,8	2,5	2,8	0,57	3	3	3	2,2	2,79	Si
3	4	2	1,75	2,94	2	1,8	1,5	1,8	1	2	2	0	1,33	2,02	No
4	4	4	2,75	3,70	2,3	2,0	2,0	2,11	0,57	3	3	2	2,03	2,61	Si
5	4	1	2,25	2,81	4	3,2	4,0	3,73	1,29	4	4	4	3,1	3,21	Si
Prom,				2,94				2,44					2,0	2,46	
Coef. Variación %				23				34					37	25	

Tabla 2. Variables, subindicadores e indicadores de la dimensión económica (IK) en el análisis de 5 fincas en la Provincia de Misiones, Argentina: Número de productos (Nprod), superficie por persona (SupxPers), IAS: Indicador de autosuficiencia alimentaria, Ingreso neto mensual (INM), Diversificación de la producción (divers), canales de comercialización (canales), Diversificación económica (DIE), Índice de riesgo económico (IRE).

Finca	Autosuf. Alimentaria			Riesgo económico					
	Nprod	SupxPers.	IAS	INM	Divers.	canales	DIE	IRE	IK
1	3	3	3	0	2	0	2	1,5	1,88
2	4	4	4	2	4	2	4	3,5	3,37
3	4	4	4	2	2	1	2	1,75	2,94
4	4	4	4	4	4	3	2	2,75	3,70
5	4	4	4	1	1	0	4	2,25	2,81

Tabla 3. Variables, subindicadores e indicadores de la dimensión ecológica (IEcol) en el análisis de 5 fincas en la Provincia de Misiones, Argentina: Vida del suelo (IVS), Riesgo de Erosión (IRE) y Manejo de la Biodiversidad (IMB): Manejo de la cobertura del suelo (Cob), rotaciones (Rot), y diversidad de vida del suelo (Div), Pendiente (Pte) y Cobertura del suelo (Cob), Orientación de los surcos (Orient), Manejo de la biodiversidad temporal (Temp) y espacial (Esp).

Finca	Vida de suelo			Riesgo de Erosión				Manejo de la Biod.				
	Cob.	Rot.	Div.	IVS	Pte.	Cob.	Orient	IRE	Temp	Esp.	IMB	IEcol.
1	1	3	2	2	3	1	1	1,8	1	2	1,5	1,76
2	2	4	3	3	3	2	3	2,8	2	3	2,5	2,8
3	1	3	2	2	3	1	1	1,8	1	2	1,5	1,8
4	2	3	2	2,33	3	2	1	2,0	2	2	2,0	2,11
5	4	4	4	4	3	4	3	3,2	4	4	4,0	3,73

Tabla 4. Variables, subindicadores e indicadores de la dimensión sociocultural (ISC) en el análisis de 5 fincas en la Provincia de Misiones, Argentina: Satisfacción de las necesidades básicas (ISNB): Acceso a la vivienda (Viv), educación (Edu), Salud y Servicios (Serv).

Finca	Sat. Necesid. Bas.				ISNB	Aceptab.	Integración Social	Conocimiento Ecológico	ISC
	Viv	Edu	Salud	Serv.					
1	3	0	0	2	1	2	2	0	1,33
2	2	0	0	1	0,57	3	3	3	2,2
3	3	0	0	2	1	2	2	0	1,33
4	0	0	0	2	0,57	3	3	2	2,03
5	3	0	0	3	1,29	4	4	4	3,1

ecológicos (2,44) o los objetivos socioculturales (2,0). No todas las fincas cumplieron los requisitos para ser consideradas sustentables. La finca 1 no logró alcanzar el valor umbral (2) en el valor del IGen, ni en ninguna de las dimensiones evaluadas. La finca 3, a pesar de superar el umbral en el valor general (2,02), no alcanzó el valor mínimo en el indicador sociocultural (ISC: 1,33) ni en el ecológico (1,80), por lo que no cumplió con la condición requerida para ser considerada sustentable. El resto de las fincas, 2, 4 y 5 cumplieron los requisitos para ser consideradas sustentables, aunque con diferencias importantes en el valor de los diferentes indicadores.

Los indicadores del área económica (Tabla 2) confirmaron la prioridad que estos productores le otorgan a la autosuficiencia alimentaria (AS). Tanto la diversidad de productos, como su nivel de producción alcanzaron valores casi ideales de este indicador. Sin embargo, el ingreso neto mensual (INM), resultó muy variable. El riesgo económico (RE) en general está bien manejado, debido a una buena diversificación de la producción. En el área económica sólo la finca 1 no alcanzó el nivel del umbral (1,88), por lo que fue considerada económicamente no sustentable.

En el área ecológica se observó una gran variabilidad en los valores de los indicadores entre las distintas fincas (Tabla 3). Las fincas 2, 4 y 5, mostraron valores por encima del umbral, sugiriendo que el manejo de las parcelas dedicadas al autoconsumo es adecuado para la conservación de los recursos, sobre todo de la vida del suelo. Se observó una mayor variabilidad en el manejo de la biodiversidad y, en algunos casos, cierto riesgo de erosión de suelos.

El aspecto más crítico y variable de los sistemas analizados fue el sociocultural (Tabla 4). Dentro de ésta dimensión, las variables que componen el indicador de satisfacción de las necesidades básicas (ISNB), fueron las más bajas, señalando, desde este punto de vista, sistemas bastantes frágiles, fundamentalmente por deficiencias en el acceso a la educación y la salud, que fueron muy similares en todas las fincas (Tabla 4). Sin embargo, los indicadores que evaluaron el grado de aceptabilidad

e integración social, demostraron un buen desarrollo de estos aspectos, que, en parte, compensaron las deficiencias anteriores. Un indicador muy variable fue el que evaluó el grado de conciencia y conocimiento ecológico que sugiere que, a pesar de estar en una misma zona ecológica, pueden existir diferencias marcadas en la percepción del ambiente entre agricultores.

El análisis holístico de los diferentes aspectos de la sustentabilidad permitió abordar la complejidad del análisis y comprender la relatividad de los resultados según las dimensiones de la sustentabilidad analizadas. Sin embargo, cuando se analizaron las fincas teniendo en cuenta sólo parcialmente algunos aspectos, el resultado fue diferente. Desde el punto de vista económico (IK: que en este caso incluyó aspectos no monetarios como la seguridad alimentaria) se encontró que la finca 4 fue la mejor, seguida de la 2, luego la 3 y finalmente la 5 (Fig. 1). Sin embargo, si se admite el principio de sustentabilidad fuerte, que considera que la satisfacción del productor no puede ser lograda a costa de la degradación de los recursos, y se pondera con igual peso el componente ecológico (IE), la finca 4 pasa al 3º lugar y la mejor es la finca 5. Si a estos objetivos agregamos, con igual peso, el componente sociocultural (ISC), entonces la finca 5 es aún más sustentable que el resto y la 1 la peor en todos los aspectos. Este resultado muestra claramente que, según las dimensiones analizadas y el peso que se les otorgue a cada una, un mismo manejo puede ser valorado de diferentes maneras, señalando que un objetivo multidimensional como la sustentabilidad, debe ser abordado por una metodología multiobjetivos como la de los indicadores.

El análisis de los indicadores de las 2 fincas ubicadas en los extremos: la 1 y la 5, a través de un diagrama en tela de araña, permitió detectar grandes diferencias en los componentes de la sustentabilidad (Fig. 2). En la finca 5 el manejo del sistema fue mejor en todos los aspectos analizados, presentando menos puntos críticos que el resto. Varios de los aspectos analizados tuvieron valores cercanos a los ideales.

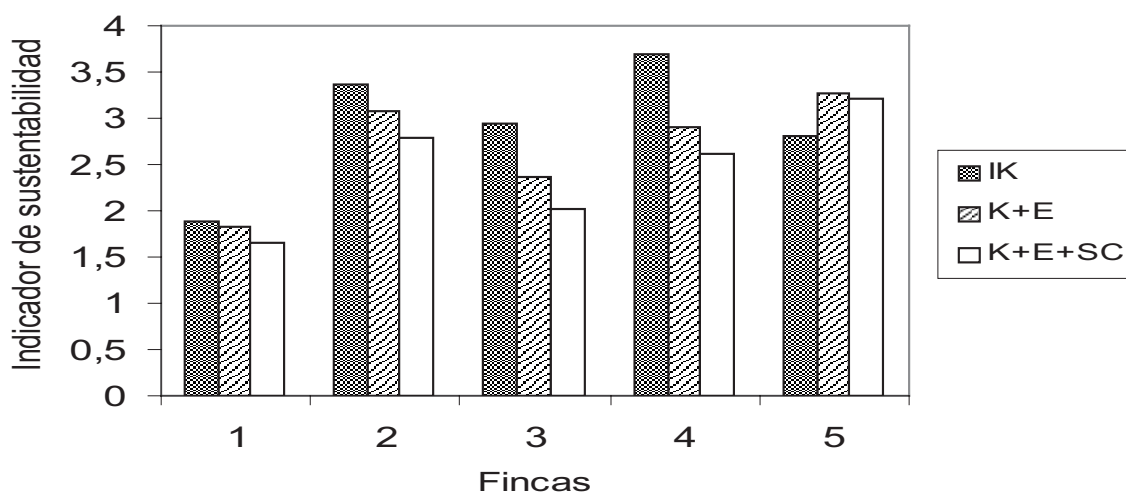


Figura 1. Valores de los indicadores en las 5 fincas analizadas, según criterio económico solamente (K), económico y ecológico (K + E) y el económico, ecológico y sociocultural (K+E+SC).

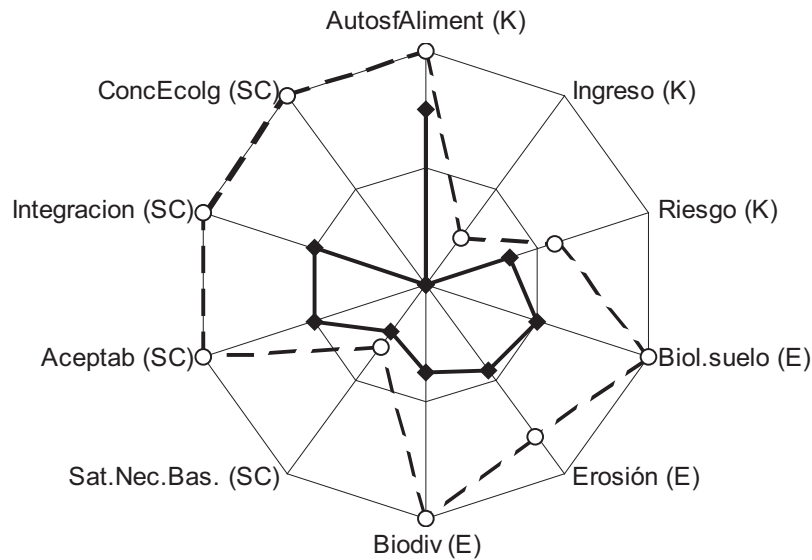


Figura 2. Representación gráfica en un diseño en tela de araña, de los indicadores de sustentabilidad en dos fincas de la provincia de Misiones, Argentina. Los límites exteriores representan el valor ideal de sustentabilidad y el intermedio el valor umbral. Línea punteada: finca 5, línea llena: finca 1. Entre paréntesis figura la dimensión de los indicadores: económicos (K), ecológicos (E) y socio-culturales (SC).

En la finca 1, tanto los objetivos ecológicos, como los socio-culturales y los económicos presentaron aspectos críticos a la sustentabilidad. La satisfacción de las necesidades básicas mostró aspectos muy críticos, aunque se logró cumplir con la seguridad alimentaria que fue el indicador de mayor valor en esta finca. Sin embargo, el logro de este objetivo sería a costa del deterioro de los recursos naturales para las generaciones futuras y con una gran inestabilidad por la falta de lazos sólidos con la comunidad. A su vez, la poca conciencia y conocimiento ecológico repercuten claramente en el deterioro de los recursos debido al efecto sobre la biodiversidad, la biología del suelo y el riesgo de erosión.

Discusión

La evaluación de la sustentabilidad es un objetivo difícil de alcanzar debido a la propia complejidad del término. El uso de indicadores, a través de un análisis multicriterio, puede resultar un instrumento válido para traducir esta complejidad en valores objetivos y claros que permitan cuantificar y comparar estos aspectos (Sarandón 2002). A pesar de que existen trabajos que han encarado este desafío, incluso en el ámbito de finca, (Gómez *et al.* 1996, Bockstaller *et al.* 1997, Lefroy *et al.* 2000, Tellarini & Caporali 2000, Van der Werf & Petit, 2002, Pacini *et al.* 2003, Sarandón *et al.* 2003) no existe un conjunto de indicadores preestablecidos que permitan su utilización en forma universal. De esta manera, el desarrollo de los indicadores debe ser realizado teniendo en cuenta las características locales de los agroecosistemas a analizar y de los objetivos del análisis. La metodología especialmente aplicada para este trabajo (Sarandón 2002), basada en un abordaje holístico (Andreoli & Tellarini 2000) se tradujo en un conjunto de indicadores que permitieron comparar diferentes fincas y evaluar el grado de sustentabilidad de las mismas.

Su empleo permitió concluir que, en general, estos sistemas productivos, de bajos insumos, cumplirían adecuadamente con los objetivos ecológicos, sociales, culturales. Una de las condiciones para considerar un sistema ecológicamente sustentable fue la conservación del capital natural, (Costanza & Daly 1992, Harte 1995). De acuerdo con el análisis de la sustentabilidad realizado, 3 de las 5 fincas cumplirían con este criterio, manteniendo la biodiversidad, la vida del suelo y evitando la erosión. Este último aspecto ha sido señalado como uno de los principales a ser considerados en condiciones agroclimáticas (abundante lluvias, suelos con alta pendiente) similares a las de estas fincas (Gómez *et al.* 1996).

Los valores de sustentabilidad obtenidos confirman la existencia de una cierta racionalidad ecológica de parte de los agricultores de bajos recursos, aspecto que ha sido señalado, entre otros, por Altieri (1995) y Toledo (1993). La estrategia de buscar un alta biodiversidad en los agroecosistemas, sobre todo en estas condiciones agroclimáticas subtropicales, coincide con la practicada en los sistemas de huertos diversificados alrededor de las casas, considerados como sustentables por Torquebiau (1992). El papel que puede jugar la agrobiodiversidad como fuente de servicios ecológicos (gratuitos) en los agroecosistemas, está siendo revalorizado actualmente, sobre todo para pequeños productores. En este sentido, el mantenimiento de niveles mínimos de biodiversidad puede ser importante, entre otros aspectos, para la regulación de plagas que, de lo contrario, deberá ser lograda a través del uso de insumos (Swift *et al.* 2004). Para agricultores de escasos recursos, como los de Misiones, no hay dudas que aquellas prácticas que aumenten o mantengan niveles elevados de biodiversidad, pueden ser un aporte positivo a la sustentabilidad.

Sin embargo, esta "sustentabilidad ecológica" alcanza

a compensar sólo parcialmente los aspectos económicos. Los sistemas de producción diversificados y ecológicamente adecuados de estos agricultores les aseguran una dieta adecuada y variada, con un uso mínimo de insumos, que satisface adecuadamente sus necesidades alimentarias. Pero no aseguran un ingreso monetario adecuado, ni la satisfacción de otras necesidades básicas, tal como lo señalaron los indicadores empleados. Por estas razones, los productores se ven obligados a cultivar tabaco. Este cultivo responde a un paquete tecnológico "cerrado" ofrecido por las empresas tabacaleras que proveen la tecnología y todos los insumos necesarios y suministran dinero y otros beneficios como obra social. La modalidad de este cultivo conlleva una alta carga de insumos externos, impactando negativamente, además, en el suelo por un exceso de laboreo. El alto uso de insumos afecta negativamente la biodiversidad (fauna y flora) y la salud de la familia, siendo ecológicamente insustentable, pero "económicamente adecuado". De acuerdo al principio de sustentabilidad fuerte (Harte 1995) adoptado en nuestro análisis, esta condición sería, por lo tanto, no sustentable.

El empleo de los indicadores permitió observar una alta interdependencia entre las diferentes dimensiones analizadas. En este sentido, la sustentabilidad ecológica de estos sistemas productivos, estuvo claramente condicionada por aspectos económicos y socioculturales. El análisis del diagrama en tela de araña mostró una estrecha asociación entre el conocimiento y la conciencia ecológica de los productores (indicador sociocultural) y la conservación de los recursos (indicador ecológico). Así, en la finca 1, los menores valores del índice ecológico se correspondieron con bajos valores de este indicador sociocultural. Esto confirma la fuerte relación que existe entre la racionalidad ecológica de los agricultores y el manejo de sus recursos en la finca. Por otra parte, reafirma la importancia de los valores culturales de los agricultores para la conservación de los recursos como la agrobiodiversidad (UNEP 1997).

Las variaciones en la clasificación de las fincas cuando estas se analizaron con diferentes criterios (económico, ecológico y sociocultural) en forma parcial, reafirma que el manejo económicamente más adecuado, no necesariamente es el más sustentable. Esto se debe a que el análisis costo-beneficio, principal instrumento de la economía neoclásica, no tiene en cuenta el deterioro o agotamiento de los recursos, ni otros costos ocultos productos del proceso productivo. De esta manera, decisiones que parecen económicamente racionales pueden ser, a su vez, ecológicamente insustentables (Rees & Wackernagel 1999). Está claro que la solución no consiste en introducir los problemas ecológicos dentro de la teoría económica, "valorando monetariamente" los bienes ambientales, sino en reconocer que la economía debe ser considerada dentro de los límites de las reglas ecológicas (Flores & Sarandón 2003), para lo cual es necesario el uso de indicadores biofísicos, como los propuestos en este trabajo.

Los resultados obtenidos en esta investigación, confirman la utilidad de emplear un enfoque sistémico y holístico, con una óptica multicriterio para abordar la multidimensión de la sustentabilidad (Mendoza & Prabhu 2000, Evia & Sarandón 2002). A través de estas metodologías es posible un análisis que tenga en cuenta el cumplimiento de varios objetivos a la vez. El resultado no es una única respuesta, sino varias posibilidades ponderadas de acuerdo a los criterios prevalecientes en la sociedad o en quienes tienen que tomar decisiones (Evia & Sarandón 2002). En este caso, el peso de los indicadores surgió por consenso dentro del grupo de trabajo, como ha sido realizado en otra oportunidad con indicadores de manejo de suelos (Sarandón et al. 2003). Está claro que los resultados podrían haber variado si el peso otorgado a los diferentes indicadores o dimensiones de análisis hubiera sido diferente. Incluso la participación de los agricultores en esta decisión, podría haber arrojado resultados interesantes como sugieren Roming *et al.* (1996) y Lefroy *et al.* (2000). Mas allá de estas posibilidades, el desarrollo y uso de indicadores, aun con sus limitaciones, resulta una herramienta adecuada y flexible para evaluar tendencias, establecer diferencias entre fincas y detectar los puntos críticos de manejo para el logro de una agricultura sustentable.

Referencias

- Altieri MA. 1995. El estado del arte de la agroecología y su contribución al desarrollo rural en América Latina. En *Agricultura y desarrollo sostenible* (Cárdenas Marín A, ed.), Madrid, pp. 153-203.
- Andreoli M, Tellarini V. 2000. Farm sustainability evaluation: methodology and practice. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 77: 43-52.
- Astier M, López Ridaura S, Pérez Agis E, Masera OR. 2002. El Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) y su aplicación en un sistema agrícola campesino en la región Purhepecha, México. En *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable* (Sarandón SJ, ed.). Ediciones Científicas Americanas, Capítulo 21: 415-430.
- Bejarano Ávila JA. 1998. Un marco institucional para la gestión del medio ambiente y para la sostenibilidad agrícola. En *Agricultura, Medio Ambiente y Pobreza Rural en América Latina* (Reca LG, Echeverría RG, comp.). Washington: Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Agrarias (IFPRI), Banco Interamericano de Desarrollo (BID). pp. 191-205, 227-228.
- Bockstaller C, Girardin P, van der Werf HMG. 1997. Use of agroecological indicators for the evaluation of farming systems. *European Journal of Agronomy* 7: 261-270.
- Costanza R, Daly HE. 1992. Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology*, 6: 37-46. In Harte (1995) *Ecology, sustainability and environ-*

- ment as capital. *Ecological Economics* 15: 157-164.
- Evía G, Sarandón SJ. 2002. Aplicación del método multicriterio para valorar la sustentabilidad de diferentes alternativas productivas en los humedales de la Laguna Merín, Uruguay. En *Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable*, (Sarandón SJ, ed.). Ediciones Científicas Americanas, Capítulo 22: 431-448.
- Flores CC, Sarandón SJ. 2003. ¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica? El análisis económico convencional y el costo oculto de la pérdida de fertilidad del suelo durante el proceso de Agricultura en la Región Pampeana Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía La Plata* 105 (1): 52-67.
- Gayoso J, Iroumé A. 1991. Metodología para estimar la fragilidad de terrenos forestales. *Medio Ambiente* 11(2): 13-24.
- Gómez AA, Swete Kelly DE, Syers JK, Coughlan KJ. 1996. Measuring sustainability of agricultural systems at the farm level. *Methods for assessing soil quality*, SSSA Special Publication 49: 401-410. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Hansen JW, Jones JW. 1996. A systems framework for characterizing farm sustainability. *Agricultural Systems* 51: 185-201.
- Harte MJ. 1995. Ecology, sustainability, and environment as capital. *Ecological Economics* 15: 157-164.
- Izac AMN, Swift MJ. 1994. On agricultural sustainability and its measurement in small-scale farming in sub-Saharan Africa. *Ecological Economics* 11: 105-125.
- Lefroy RD, Bechstedt HD, Rais M. 2000. Indicators of sustainable land management based on farmer surveys in Vietnam, Indonesia and Thailand. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 81: 137-146.
- Lewandowski I, Hardtlein M, Kaltscmitt M. 1999. Sustainable crop production: definition and methodological approach for assessing and implementing sustainability. *Crop Science* 39: 184-193.
- López-Ridaura S, Masera O, Astier M. 2002. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. The MESMIS framework. *Ecological Indicators* 2: 135-148.
- Mendoza G, Prabhu R. 2000. Multiple criteria decision making approaches to assessing forest sustainability using criteria and indicators: a case study. *Forest Ecology and Management* 131: 107-126
- Pacini C, Wossink A, Giesen G, Vazzana C, Huirne R. 2003. Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and field-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 95: 273-288.
- Rees WE, Wakernagel M. 1999. Monetary analysis: turning a blind eye on sustainability. *Ecological Economics* 29: 47-52.
- Roming DE, Jason Garlynd M, Harris RF. 1996. Farmer-based assessment of soil quality: a soil health scorecard. In *Methods for Assessing Soil Quality* (Doran JW, Jones AJ, eds.). SSSA Special Publication 49, pp. 127-158. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Sarandón SJ. 1998. The development and use of sustainability indicators: a need for organic agriculture evaluation. XII International Scientific Conference IFOAM 1998. Mar del Plata, Argentina, pp. 135.
- Sarandón SJ. 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable* (Sarandón SJ, ed.). Ediciones Científicas Americanas, Capítulo 20: 393-414.
- Sarandón SJ, Marasas ME, Dipietro F, Belaus A, Muiño W, Oscares E. 2003. Evaluación de la sustentabilidad del manejo de suelos en agroecosistemas de la provincia de La Pampa, Argentina, mediante el uso de indicadores. Resúmenes (CD Rom), I Congreso Brasileiro de Agroecología, IV Seminario Internacional sobre Agroecología, V Seminario Estadual sobre Agroecología, Porto Alegre (RS), Nov 2003. EMATER/ASCAR, Resumen RN117, pp. 4.
- Sepúlveda S, Cavaría H, Castro A, Rojas P, Picado E, Bolaños D. 2002. Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible en espacios territoriales, IICA, pp. 47.
- Smyth AJ, Dumansky J. 1995. A framework for evaluating sustainable land management. *Canadian Journal of Soil Science* 75: 401-406.
- Swift MJ, Izac AMN, van Noordwijk M. 2004. Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes: are we asking the right questions? *Agriculture, Ecosystem & Environment* 104: 113-134.
- Tellarini V, Caporali F. 2000. An input/output methodology to evaluate farms as sustainable agroecosystems: an application of indicators to farms in central Italy. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 77: 111-123
- Toledo VM. 1993. La racionalidad ecológica de la producción campesina. En *Ecología, campesinado e historia* (Sevilla Guzmán E, González de Molina M, eds.). La Piqueta, Madrid, pp. 197-218.
- Torquebiau E. 1992. ¿Are tropical agroforestry home gardens sustainable? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 41: 189-207.
- UNEP/CDB/COP/3. 1997. The Biodiversity Agenda. Decisions from the third Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity. Second Edition, Buenos Aires, Argentina, 4-15 Nov, 1996, pp. 116.
- Van der Werf HMG, 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 & Environment* 93: 131-145.
- Winograd M, Eade J, Farrow A. 1998. Atlas de Indicadores ambientales y de sustentabilidad para América Latina y el Caribe. Convenio CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Programa en CD.