

EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD EN AGROECOSISTEMAS: UNA PROPUESTA METODOLÓGICA

Santiago J. Sarandón, Claudia C. Flores

Agroecología. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. Comisión de Investigaciones Científicas, Prov. de Bs Aires, CC31 (1990). La Plata. Buenos Aires. Argentina. E-mail: sarandon@agro.unlp.edu.ar

Resumen

A pesar de su aceptación, la sustentabilidad no se ha hecho operativa, debido, entre otras razones, a la dificultad de traducir sus aspectos filosóficos e ideológicos en la capacidad de tomar decisiones al respecto. Se propone una metodología que consiste en una serie de pasos que conducen a la obtención de un conjunto de indicadores adecuados para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. El uso de indicadores sencillos y prácticos, es vital para proveer a técnicos, productores, y políticos, de información confiable y comprensible de los impactos y costos de la incorporación de diferentes paquetes tecnológicos. Se discuten los alcances y limitaciones de esta propuesta.

Palabras clave: Agroecología, indicadores, abordaje multidisciplinario, análisis sistémico.

Summary

Agroecosystem sustainability evaluation: a methodological proposal.

Despite its acceptance, sustainability has not been made operational, due, among other reasons, the difficulty of translating philosophical and ideological aspects in the ability to make decisions. This paper proposes a methodology consisting in a series of steps leading to obtain a set of indicators to assess the sustainability of agroecosystems. The use of simple and practical indicators is necessary to provide technicians, agricultures, and politicians, reliable and understandable information on the impacts and costs of technology adoption. The scope and limitations of this proposal are discussed.

Key words: Agroecology, Indicators, multidisciplinary approach, systemic analysis.

Introducción

En los últimos años, la creciente conciencia sobre el negativo impacto ambiental, social y cultural de ciertas prácticas de la agricultura moderna, ha llevado a plantear la necesidad de un cambio hacia un modelo agrícola más sustentable (Gliessman 2001, Sarandón 2002). Sin embargo, el término sustentabilidad no se ha hecho "operativo", debido, entre otras razones, a la dificultad de traducir los aspectos filosóficos e ideológicos de la sustentabilidad en la capacidad de tomar decisiones al respecto (Bejarano Ávila 1998). El concepto de sustentabilidad es complejo en sí mismo porque implica cumplir, simultáneamente, con varios objetivos: productivos, ecológicos o ambientales, sociales, culturales, económicas y temporales. Por lo tanto, es necesario un abordaje multidisciplinario para medir un concepto interdisciplinario (Kaufmann y Cleveland 1995), lo que se contrapo-

ne a la visión reduccionista que prevalece en muchos agrónomos y científicos.

El desarrollo de una metodología de evaluación, que permita una cuantificación y análisis objetivo de la sustentabilidad, es una necesidad para avanzar en el logro de la misma. Muchos autores que han intentado evaluar la sustentabilidad, tanto en el ámbito regional (Winograd *et al.* 1998, Sepúlveda *et al.* 2002, Evia y Sarandón 2002, Viglizzo *et al.* 2003, Flores y Sarandón 2006), como en el de finca (Izac *et al.* 1994, Gómez *et al.* 1996, Bockstaller *et al.* 1997, Lefroy *et al.* 2000, Tellarini y Caporali 2000, Van der Werf y Petit 2002, Pacini *et al.* 2003, Flores y Sarandón 2004, Viglizzo *et al.* 2006, Sarandón *et al.* 2006 a y b, Flores *et al.* 2007, Abbona *et al.* 2007a), han recurrido a la utilización de indicadores. Sin embargo, es importante entender que no existe un conjunto de indicadores universales. Las diferencias en la escala de análisis (predio, finca, región), tipo de establecimiento, objetivos deseados, activi-

dad productiva, características de los agricultores, hacen imposible su generalización. Por esta razón, es que se han propuesto algunos marcos conceptuales para el desarrollo de indicadores como el FESLM (Smyth y Dumanski 1995) y, en el ámbito agronómico, el MEMIS (Astier *et al.* 2002) basado en el FESLM y el de De Camino y Muller (1993). A pesar del valioso aporte de estos autores, aún quedan varios aspectos para discutir en la construcción de indicadores de sustentabilidad.

Este artículo pretende proponer una metodología para la construcción y uso de indicadores de sustentabilidad, y discutir sus alcances y limitaciones. La misma se basa en la desarrollada originalmente por Sarandón (2002), y en los trabajos posteriores de Flores y Sarandón (2004, 2006), Flores *et al.* (2007), Sarandón *et al.* (2006a y 2006b), Abbona *et al.* (2007a).

La metodología consiste en una serie de pasos que conducen a la obtención de un conjunto de indicadores adecuados para evaluar los puntos críticos de la sustentabilidad de los agroecosistemas. Se ha buscado que la misma sea sencilla, de bajo costo y que permita evaluar aquellos aspectos que comprometen el logro de la sustentabilidad de los sistemas agrícolas. Estos pasos se han volcado en un diagrama (Figura 1) para una clara visualización y se explican a continuación.

1. Establecer y definir el marco conceptual de la sustentabilidad

Aunque este paso es esencial para el éxito del trabajo, no siempre ha sido considerado adecuadamente. Una primera cuestión a tener en cuenta, es que la sustentabilidad no puede comprobarse, ya que no existe un valor real de referencia contra el cual testar los resultados obtenidos. De ahí que la coherencia interna del análisis es esencial. Es necesario, por lo tanto, un desarrollo claro del marco conceptual de la evaluación, entendido como el sistema de valores o ideas que define lo que es bueno o malo para la sustentabilidad, y del que se desprenden calificaciones positivas o negativas en relación a la misma (Imbach *et al.* 1997). Es fundamental clarificar la definición de Agricultura Sustentable adoptada y los requisitos que se considera que debe cumplir esta agricultura. Se debe explicitar lo que se entiende por sustentabilidad ya que este concepto no es unívoco y, por lo tanto, existen numerosas definiciones del mismo que responden a las variadas disciplinas, percepciones y paradigmas de sus autores.

En la construcción del marco conceptual, se debe aclarar si se adhiere al concepto de sustentabilidad débil o fuerte (Cabeza Gutiérrez 1995, Harte 1995). La sustentabilidad débil considera a la naturaleza como una forma de capital, que puede ser sustituido por capital de formación humana (Pearce y Atkinson 1993). La idea de sustentabilidad fuerte, por el contrario, considera al capital natural como proveedor de algunas funciones que no pueden ser sustituidas por capital hecho por el hom-

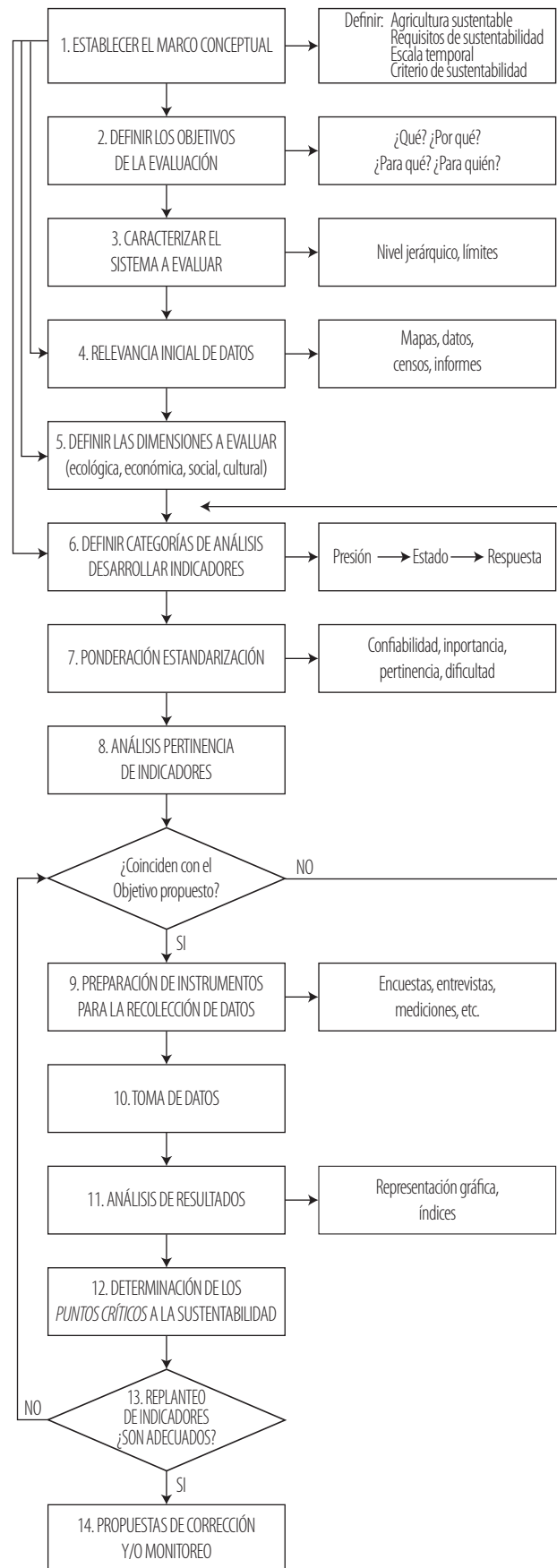


Figura 1: Pasos metodológicos para la construcción de indicadores de sustentabilidad.

bre (Constanza y Daly 1992). Esta discusión no es menor, ya que de ella dependen los indicadores elegidos y la posterior interpretación que hagamos de los resultados.

También debe definirse la escala temporal de evaluación, dado que la definición de sustentabilidad incorpora intrínsecamente esta dimensión. Aunque la idea de sustentabilidad no define un horizonte temporal, para su evaluación es práctico definir un período de tiempo acotado y visible. Se puede considerar que, si en la definición de sustentabilidad se habla de satisfacer las necesidades de las futuras generaciones, el horizonte temporal no debería ser menor a 1 generación, es decir, 25 años (Sarandón 2002).

2. Definir los objetivos de la evaluación

Es otro paso trascendental dado que de él dependen las características de los indicadores a desarrollar. No existe una sola forma de encarar la evaluación de la sustentabilidad ya que ésta depende de los objetivos o del tipo de pregunta que se busca responder. Por lo tanto, la definición de tales objetivos constituye la esencia del proceso evaluativo, y puede abordarse con relativa sencillez respondiendo a las siguientes preguntas: ¿Qué se va a evaluar?, ¿Por qué se va a evaluar?, ¿Para qué se va a evaluar?, ¿Quién es el destinatario de la evaluación?

La definición de qué, por qué y para qué evaluar, es fundamental para la correcta elección del conjunto de indicadores a utilizar. La definición de quién será el destinatario de la evaluación es importante para adaptar la metodología al requerimiento de los usuarios, de manera que los resultados sean lo más significativos posibles para ellos. No es lo mismo desarrollar un conjunto de indicadores para los científicos, que para una autoevaluación de los agricultores, o para los políticos, o si deseamos hacer una evaluación rápida que si disponemos de más tiempo. La disponibilidad o no de instrumental también es importante en la elección de los indicadores a usar.

3. Caracterizar el sistema a evaluar

En esta etapa se debe definir el nivel de análisis y caracterizar el sistema a evaluar. El nivel de análisis puede ser el ámbito de finca o bien el ámbito regional. El tipo de indicadores elegido está influenciado fuertemente por esta decisión. El análisis, deberá ser hecho con un abordaje holístico y sistémico, definiendo los límites del sistema, los componentes del mismo y sus niveles jerárquicos superior e inferior.

En este caso es muy útil, y casi imprescindible, realizar un diagrama o esquema (modelo) del sistema a analizar (ver Figura 2). Este tipo de diagramas permite percibir y analizar las interrelaciones entre los componentes del sistema, distinguir las entradas y salidas (deseadas o no) del mismo y detectar las consecuencias de las acciones humanas sobre la sustentabilidad del sistema en estudio. La figura 2 representa en un diagrama, el funcionamiento de un sistema de

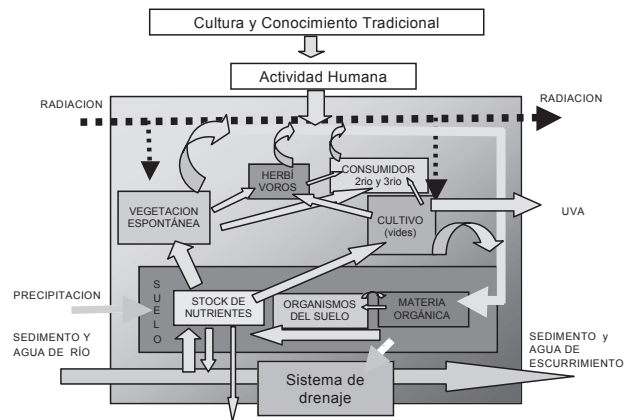


Figura 2: Modelo simplificado de un sistema de producción de vid (viñedo) en la zona inundable cercana a la Costa de Berisso, Argentina (Abbona *et al.* 2006).

producción de vid en la zonas bajas de la costa de Berisso, Argentina analizado por Abbona *et al.* (2006). La construcción de este modelo permitió comprender, por un lado, la importancia del flujo de agua del río en la incorporación de sedimentos al sistema, y, por el otro lado, el rol que la práctica de los agricultores (limpiar los canales de agua y volcar esta materia orgánica sobre las vides) tenía en el mantenimiento de los nutrientes del sistema. De esta manera, se pudo construir un conjunto de indicadores adecuados para analizar la sustentabilidad ecológica del manejo de los agricultores tradicionales de la zona (Abbona *et al.* 2007b).

4. Relevamiento inicial de datos. Diagnóstico preliminar

Una vez que se han establecido los objetivos y el nivel de análisis, se debe proceder a la búsqueda y análisis de la información existente sobre el sistema o sistemas a evaluar: características de la zona geográfica, latitud, altitud, tipo de suelos, clima, vegetación y fauna, tipologías de productores en la zona, aspectos socioculturales, etc. Esto puede basarse en el uso de mapas, cartas topográficas, censos, publicaciones, series históricas y todo otro dato (ecológico, económico sociocultural) que se considere que puede aportar información preliminar sobre el objeto de estudio. Este diagnóstico inicial permite relevar la información que se utilizará como base para la selección del conjunto de indicadores a utilizar.

5. Definición de las dimensiones de análisis

Dada la característica multidimensional de la sustentabilidad, existe más de una dimensión u objetivo de análisis. Las dimensiones a considerar surgen de la definición de agricultura sustentable que se haya adoptado en el marco conceptual y de la selección de los requisitos que debe cumplir la misma (paso 1). En general, a pesar de que no existe un claro acuerdo sobre qué es la sustentabilidad, la mayoría de los autores proponen, al menos,

tres dimensiones de evaluación: la ecológica, la económica y la socio-cultural. Por lo tanto, se deberá desarrollar un conjunto de indicadores para evaluar el grado de cumplimiento de cada uno de estos objetivos. Es decir, habrá indicadores ecológicos, económicos y socioculturales.

6. Definición de categorías de análisis, descriptores e indicadores:

En función del marco conceptual adoptado, para cada dimensión, se deben definir diferentes niveles de evaluación. Estos niveles han sido denominados, de lo más general a lo particular, categorías de análisis, descriptores e indicadores (de Camino y Müller 1993, Torquebiau 1992). A su vez, se pueden seleccionar niveles inferiores de evaluación a los que se propone denominar como subindicadores y variables.

Las categorías de análisis son un aspecto de un sistema, significativo desde el punto de vista de la sustentabilidad, mientras que los descriptores son características significativas de un elemento de acuerdo con los principales atributos de sostenibilidad de un sistema determinado (de Camino y Müller 1993). Veremos un ejemplo más adelante pero, previamente, debemos discutir qué son los indicadores y las características que deben reunir.

6.1. Definición y características de los indicadores

¿Qué es un indicador? Un indicador es una variable, seleccionada y cuantificada que nos permite ver una tendencia que de otra forma no es fácilmente detectable (Sarandón 2002). Un ejemplo de esto es el tablero de un automóvil: en lugar visible, los fabricantes han colocado un instrumental que brinda valiosa información (indicadores) necesaria para manejar adecuadamente el sistema automóvil y tomar decisiones acertadas sobre su manejo. Algunos brindan información sobre el estado actual (temperatura del motor, velocidad) y otros sobre tendencias futuras (nivel de combustible).

Un aspecto que es necesario definir, de acuerdo al objetivo de la evaluación, es el tipo o clase de indicadores a utilizar. Esto se refiere al modelo de indicadores de presión, de estado o de respuesta. Se consideran *indicadores de estado* a los que aportan información sobre la situación actual de sistema. Los *indicadores de presión* son aquellos que indican el efecto que las prácticas de manejo ejercen sobre los indicadores de estado. Finalmente, los *indicadores de respuesta* indican qué se está haciendo para modificar el estado actual del sistema. Por ejemplo, el % de materia orgánica del suelo es un indicador de estado: nos brinda información sobre un aspecto de la calidad del suelo en un momento dado. Los indicadores de presión son aquellos que nos indican las acciones que pueden modificar esta variable, por ejemplo, la intensidad de laboreo del suelo. Un excesivo laboreo del suelo, disminuirá la materia orgánica del mismo. Los indicadores de respuesta se refieren a qué es lo que se está haciendo para remediar este proble-

ma. Por ejemplo, cambio de la labranza convencional por el sistema de siembra directa.

Es muy importante tener en claro el tipo de indicadores con los que se va a trabajar ya que no es conveniente mezclar indicadores de estado con indicadores de presión.

Independientemente de la clase de indicador escogido, es fundamental que la elección de los mismos cumpla con el requisito de que todos ellos se deduzcan de alguno de los objetivos o categorías de análisis elegidos. Por otro lado, ninguna de las dimensiones o condiciones de sustentabilidad debe quedar sin un indicador que la cuantifique o evalúe. Veamos un ejemplo de construcción de un indicador, derivándolo del marco conceptual y sus requisitos:

Marco conceptual de la sustentabilidad: Definiremos la agricultura sustentable 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" (Sarandón *et al.* 2006). Podemos deducir que "un sistema será sustentable si es económicamente viable, ecológicamente adecuado y cultural y socialmente aceptable". Por lo tanto, tendremos 3 dimensiones que habrá que evaluar: económica, ecológica y socio-cultural (4 si separamos lo cultural de lo social). Elegimos, por ejemplo, la dimensión ecológica y definimos los objetivos que se deben satisfacer en esta dimensión: "Un sistema será sustentable (ecológicamente) si conserva o mejora la base de los recursos intra y extraprediales". Por lo tanto, deberemos definir y fundamentar cuáles son los recursos que hay que conservar: éstos se transformarán en categorías de análisis. Por ejemplo, suelo, agua, biodiversidad, atmósfera y otros recursos no renovables.

Elegimos ahora una categoría de análisis, por ejemplo, el suelo. ¿Qué propiedades se deben mantener de este recurso? Debemos mantener su calidad en el tiempo, lo que podría sintetizarse en conservar sus atributos físicos, químicos y biológicos. Cada una de esas propiedades puede ser considerada un descriptor de la categoría.

Ahora avanzamos sobre los aspectos que involucran cada uno de esos descriptores. Por ejemplo, entre las propiedades físicas, una de las más importantes es la estructura. La conservación de la estructura es, por lo tanto, un requisito para el cual debemos desarrollar un indicador. Si hemos decidido escoger indicadores de presión este indicador podría llamarse "efecto de las prácticas de manejo sobre la estructura del suelo".

Ahora debemos preguntarnos cuáles son aquellas prácticas de manejo que afectan la conservación de la estructura del suelo. Una de ellas es el mantenimiento de la cobertura vegetal, ya que provee al suelo de una protección contra los agentes climáticos y disminuye el riesgo de erosión y oxidación de la materia orgánica. Es decir, el porcentaje de

cobertura del suelo será un subindicador del indicador efecto de las prácticas de manejo sobre la estructura del suelo. Este subindicador tendrá sus respectivas unidades, que, en este caso, se expresan en porcentaje de suelo con cobertura vegetal. Cuanto mayor sea este valor, más sustentable será el sistema. De esta manera, hemos llegado al menor nivel de evaluación, en este caso un subindicador, que ha sido deducido de la definición de sustentabilidad adoptada y de sus requisitos. Es un gran paso, aunque aún tenemos varias dificultades que vencer, las que serán analizadas más adelante. Si los indicadores no logran derivarse mediante este proceso lógico, se puede incurrir en el error de obtener indicadores que constituyen una serie inconexa de datos o variables a medir, sin un orden o motivo claro lo que dificulta enormemente la interpretación correcta de los resultados.

La elección de las categorías de análisis y de los distintos niveles de evaluación, debe realizarse en función de una sólida fundamentación teórica y en un correcto conocimiento sobre el funcionamiento del sistema en cuestión. Esto permite escoger aquellas variables que tienen impacto significativo sobre la sustentabilidad del sistema.

6.1.1. Características de los indicadores

A pesar de que existe una gran variabilidad en el tipo de indicadores, en la siguiente tabla se han sintetizado algunas características que estos deberían reunir (Sarandón 2002):

Tabla 1: Algunas características deseables de los indicadores de sustentabilidad

• Estar estrechamente relacionados con los requisitos de la sustentabilidad.
• Ser adecuados al objetivo perseguido.
• Ser sensibles a un amplio rango de condiciones.
• Tener sensibilidad a los cambios en el tiempo.
• Presentar poca variabilidad natural durante el período de muestreo.
• Tener habilidad predictiva.
• Ser expresados en unidades equivalentes por medio de transformaciones apropiadas. Escalas cualitativas.
• Ser de fácil recolección y uso y confiables.
• No ser sesgados (ser independientes del observador o recolector)
• Ser sencillos de interpretar y no ambiguos.
• Brindar la posibilidad de determinar valores umbrales.
• Ser robustos e integradores (brindar y sintetizar buena información).
• De características universales, pero adaptados a cada condición en particular.

Las dos primeras ya han sido analizadas. Otra característica deseable es que los indicadores sean sensibles a un amplio rango de condiciones y a los cambios en el tiempo. La textura del suelo, aunque importante, no sería un buen indicador, pues generalmente no presenta variaciones en el tiempo. La estructura, o la materia orgánica, en cambio, sí resultan buenos indicadores, porque se modifican en un plazo relativamente corto con diferentes prácticas de manejo. Por otro lado, los indicadores no deben tener gran variabilidad natural en el corto plazo, es decir, no deben tener grandes fluctuaciones durante período de análisis (i.e. humedad del suelo o el nivel de nitratos). Una característica siempre deseable es que los indicadores sean de fácil recolección y uso, aunque esto no siempre es posible.

La independencia del observador en la determinación del valor del indicador, es otro aspecto importante a tener en cuenta. Hay que evitar utilizar indicadores demasiado ambiguos, como, por ejemplo buena o mala cosecha, alto o bajo rendimiento. Lo que para un observador puede ser malo para otro puede no serlo tanto. Por otra parte, la interpretación de los mismos debe ser sencilla, es decir que la lectura del valor en que se expresa nos indique rápidamente una idea de lo que está pasando. En algunos casos, alguna variable biológica puede ser importante (índice de diversidad de Shannon), pero su correcta interpretación puede ser compleja o requerir la opinión de un experto.

Uno de los aspectos deseables, aunque no siempre posible, es establecer valores umbrales; es decir, un valor por debajo del cual la sustentabilidad del sistema evaluado se verá seriamente comprometida. Aunque este valor no deja de tener cierto grado de subjetividad, constituye una gran ayuda para la interpretación de los resultados. Un ejemplo de aplicación de umbrales, puede encontrarse en los trabajos de Gómez *et al.* (1996) y Sarandón *et al.* (2006).

7. Estandarización y ponderación de los indicadores

7.1. Estandarización:

Debido a las múltiples dimensiones de la sustentabilidad, los indicadores se expresan en unidades diferentes, en función de la variable que se quiera cuantificar (ecológica, económica, sociocultural). Habrá indicadores que se expresen en unidades de peso, longitud, área, número (insectos, plantas), actitudes de los productores, ganancia económica, etc. Esto, como es evidente, dificulta enormemente la interpretación de los resultados.

Aunque existen varias propuestas para superar este inconveniente, consideramos que la más sencilla es la construcción de escalas, por ejemplo de 0 a 4, siendo 0 la categoría menos sustentable y 4 la más sustentable. Independientemente de las unidades originales de cada indicador, estos se convertirán y expresarán en algún valor de la escala. De esta manera, todos los indicadores se

rán directos: a mayor valor, más sustentable. Esto facilita la comparación entre diferentes sistemas e, incluso, entre sistemas similares de diferentes zonas o regiones.

Una duda que puede surgir, es cuál debe ser la amplitud de la escala a utilizar. Una escala muy amplia (por ejemplo de 0 a 10) permitirá una mayor sensibilidad de análisis, pero resulta sumamente difícil de construir y, a veces, puede resultar forzado asignar valores coherentes para todas esas categorías. Por otro lado, una escala estrecha (por ejemplo de 0 a 2) resulta más sencilla de construir, pero puede resultar poco apropiada para el objetivo que buscamos. En general, una escala con 4 y/o 5 valores es adecuada. Siguiendo con el ejemplo anterior, la cobertura vegetal podría evaluarse con una escala de 4 valores (de 0 a 3), **3**: 75 a 100 %; **2**: 50 a 74 %; **1**: 25 a 49 %; **0**: 0 a 24 % de cobertura vegetal. El máximo valor, representa la situación ecológicamente más favorable para mantener la calidad del recurso, en este caso, la estructura del suelo.

7.2. Ponderación de los indicadores

Otro paso fundamental, tanto para la construcción de los indicadores, como para la interpretación de los mismos, es su ponderación, la que, además, resulta inevitable. No todos los indicadores tienen el mismo valor o peso para la sustentabilidad. Hay algunos que, seguramente, serán más importantes que otros (independientemente del valor de la escala que tengan). Se debe decidir, entonces, la importancia relativa de los diferentes indicadores, subindicadores y variables que los componen. La ponderación es, en definitiva, un coeficiente por el cual se debe multiplicar, tanto el valor de los subindicadores y las variables que los forman, como los propios indicadores.

Tal vez un ejemplo sirva de ayuda. Imaginemos que evaluamos en una finca 3 indicadores (A, B y C), que tienen que ver con el recurso suelo. Los valores obtenidos de estos indicadores, en una escala de 0 a 4 son: A: 2, B: 3 y C: 4. Ahora deseamos integrar estos 3 indicadores en un único valor. ¿Cuál es este valor? Si consideramos que los 3 son igualmente importantes, podemos promediarlos, en cuyo caso obtendríamos un valor 3 $((2+3+4)/3)$. Sin embargo, podemos considerar que la importancia relativa de los 3 indicadores no es igual, y que el indicador A es mucho más importante que los otros dos (por ejemplo 3 veces más). El valor del indicador ahora no sería 3 (el promedio), sino $(2*3 + 3*1 + 4*1)/5 = 2,6$, donde, el primer término, en negrita, es el valor en la escala del indicador, el segundo (que lo multiplica) es su ponderación o peso, y el denominador (5) es la suma de los valores de los factores de ponderación (en este caso: 3+1+1). El valor actual (2,6), es menor que el anterior (3) porque el indicador de mayor peso (A) es el que menor valor tenía de los 3.

Una de las dudas que surgen es cómo decidir la ponderación. Este paso es tal vez uno de los que presenta más dificultad. El peso que le otorguemos a cada indi-

cador, depende de la importancia que este tenga en el funcionamiento del sistema en cuestión. Aunque no existen normas generales para la ponderación, se pueden tener en cuenta algunos criterios. Un criterio para decidir la importancia de los indicadores es el de la reversibilidad, es decir, la posibilidad o la dificultad de volver a la situación inicial; cuanto más difícil, más importante. Esto es especialmente útil para indicadores que miden aspectos de deterioro ambiental. Según este criterio, la conservación de la vida del suelo será más importante que la fertilidad química del mismo, ya que esta última puede reponerse por medio de fertilizantes, pero no es fácil reconstruir la vida del suelo una vez perdida. Lo mismo sucede con la biodiversidad: es importante porque su pérdida o deterioro es, generalmente, irreversible.

Otro criterio que puede tenerse en cuenta es el de la dependencia. Por ejemplo, la conservación de la diversidad vegetal sería más importante que la diversidad de insectos, porque aquella es la base trófica de esta: si no hay diversidad vegetal no puede haber fauna. Finalmente, la correcta elección de los indicadores apropiados, depende de la capacidad de comprensión del funcionamiento del sistema (Sarandón 2002).

Es interesante la ponderación cuando se trabaja con agricultores. En este caso, es fundamental que ellos participen reflejando sus valores y criterios en la importancia de cada indicador tiene. De esta manera, es mucho más probable que los propios agricultores se "apropien" de esta metodología, que si les entregamos una metodología hecha exclusivamente desde el punto de vista científico. Roming *et al.* (1996) construyeron una práctica cartilla para evaluar la calidad del manejo del suelo basada en la valoración que los propios agricultores hacían de las principales variables. En otra experiencia Lefroy *et al.* (2000), sometieron los indicadores a la opinión de los agricultores, quienes debían votar la importancia relativa (muy importante, medio o de baja importancia) de cada uno de ellos. La idea de la participación de los agricultores también fue sostenida por Dalsgaard y Oficial (1997), que incluso consideraron que las categorías indígenas de clasificación de los recursos naturales cumplen un rol importante en el diseño de los muestreos y el monitoreo a campo.

Un dato a resaltar es que la importancia de los indicadores debe establecerse antes de ir al campo, y no después, ya que con la ponderación estamos señalando el rol que cumple ese indicador en la sustentabilidad del sistema a evaluar. Y esto es independiente de lo que encontremos en el campo.

8. Análisis de la coherencia de los indicadores con el objetivo planteado. Pertinencia

Una vez construido el conjunto de indicadores, debe analizarse si la utilización de los mismos permite cum-

plimentar los objetivos definidos en el paso 2. Puede suceder que, una vez que hemos desarrollado los indicadores, nos demos cuenta que estos son demasiado complicados o difíciles de obtener, o que requieren de una alta tecnología, lo que puede no ser compatible con los objetivos buscados, por ejemplo, para pequeños productores. En el caso de detectar un desfase entre la información que aportarán dichos indicadores y los objetivos de evaluación propuestos, deberá replantearse la elección de los mismos, retomando el método en el paso 6 (definición de categorías de análisis, descriptores e indicadores). En caso de cumplir con las condiciones, se puede seguir adelante con los próximos pasos.

9. Preparación para la obtención de datos a campo

Este es un paso sencillo pero importante para elegir o construir instrumentos adecuados para la toma correcta de los datos. Aquí cabe recordar los objetivos de la evaluación, (paso 2) ya que de ellos dependerá la metodología a elegir. Cuando se quieren obtener datos derivados de preguntas a los agricultores, es importante la preparación de encuestas o entrevistas adecuadas. Según el objetivo elegido y las características del o los entrevistados, se elegirá el tipo de preguntas, el modo y duración de la entrevista, si se hará en forma individual o colectiva. En este punto, la formación de un equipo interdisciplinario que incluya sociólogos o antropólogos puede ser muy importante.

10. Toma de datos

La información necesaria para la construcción de los indicadores es muy variada, depende de innumerables factores y objetivos, disponibilidad de recursos, objetivos planteados, y de la escala temporal y espacial adoptada. Dicha información puede obtenerse mediante encuestas o entrevistas, por relevamiento de datos a campo y/o análisis de laboratorio, o por recopilación y análisis bibliográfico.

11. Análisis y presentación de los resultados

Una vez recabados los datos, y construidos los indicadores, los resultados deben ser expresados de manera sencilla y clara. Una forma de hacer esto es representándolos en un gráfico tipo tela de araña, radar, ameba o cometa, usado por varios autores (Astier *et al.* 2002, Gómez *et al.* 1996, Sarandón 2002, Bockstaller *et al.* 1997, Flores y Sarandón 2004, Sarandón *et al.* 2006 a y b, Abbona *et al.* 2007a). En este diagrama se representan los valores de los indicadores obtenidos y se comparan con una situación ideal. Esto permite detectar los puntos críticos de cada sistema, al dar una idea de la distancia entre la situación ideal y la actual. A su vez, sintetiza numerosa información importante y permite una visión general,

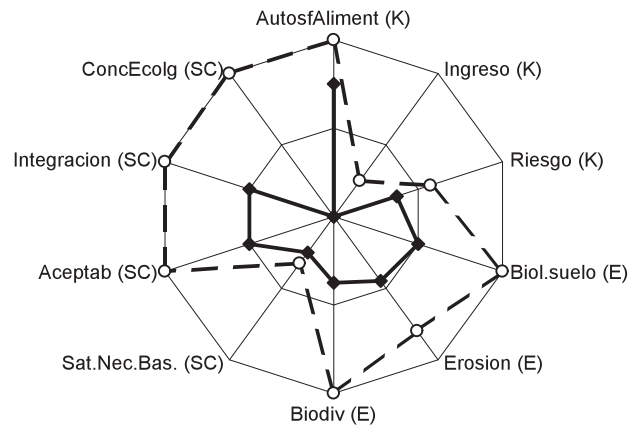


Figura 3: Representación gráfica de los indicadores de sustentabilidad en dos fincas de la provincia de Misiones, Argentina. Los límites exteriores representan el valor ideal de sustentabilidad y el intermedio el valor umbral. Línea punteada: finca 1, línea llena: finca 2. Entre paréntesis figura la dimensión de los indicadores: económicos (K), ecológicos (E) y socioculturales (SC). (Sarandón *et al.* 2006).

global, u holística del problema. La figura 3, muestra, en forma de esta figura, un conjunto de indicadores desarrollados para la comparación de fincas de pequeños agricultores en la Provincia de Misiones, Argentina (Sarandón *et al.* 2006). Sin embargo, si queremos comparar muchas fincas, no conviene utilizar este diagrama porque la superposición de tantas líneas lo haría poco útil. En este caso, es necesario sintetizar aún más la información hasta obtener un solo valor o índice de sustentabilidad relacionando todos los indicadores entre sí, considerando la importancia relativa de cada uno de ellos (ponderación) o su contribución a la sustentabilidad, para construir un supra valor o índice de sustentabilidad (Sarandón 2002).

12. Determinación de los puntos críticos a la sustentabilidad

Este es el objetivo de la metodología y, por lo tanto, el resultado buscado de todos los pasos anteriores. Si está bien hecho, el análisis de los indicadores permitirá detectar aquellos puntos críticos del manejo del sistema que atentan o comprometen la sustentabilidad. Esto se aprecia como la diferencia entre el valor ideal y el valor real obtenido. La distancia entre ambos (ver figura 3) es una medida de la insustentabilidad. Por ejemplo, en esta figura, la finca 2, representada con líneas punteadas, presenta varios indicadores con valores cercanos al óptimo (borde exterior de la figura). Por lo tanto, es más sustentable que la 1 (línea llena). A su vez, en la finca 2, se observa claramente que los puntos críticos (más alejados del borde) son los indicadores de satisfacción de necesidades básicas (Sat.Nec.Bas.) que pertenece a la dimensión sociocultural (SC) y el nivel de ingreso que pertenece a la dimensión económica (K). Muchas veces,

como en este caso, el contar con valores umbrales previamente definidos (anillo interior de la figura) facilita la interpretación de los resultados. Por otra parte, si los indicadores están bien construidos, nos brindarán información valiosa acerca de las causas que originan estos problemas con el fin de promover el avance hacia la sustentabilidad.

13. Replanteo de los indicadores

Muchas veces, es necesario replantearse si los indicadores elegidos, o la metodología empleada, fue la correcta. Si existen dudas acerca de los resultados, o si se considera que la metodología no estuvo adecuada a los objetivos, o que los resultados son muy diferentes de lo esperado, entonces conviene ir al paso 6 y comenzar de nuevo el desarrollo de indicadores. Si, por el contrario, los resultados son convincentes y racionales, se puede pasar al paso 14

14. Propuestas de corrección y /o monitoreo

A partir del diagnóstico efectuado, se pueden proponer medidas correctivas de estos puntos críticos y efectuar un monitoreo de los mismos en el tiempo. Para ello es necesario elaborar un conjunto de indicadores para el monitoreo en el tiempo, que permitan realizar un seguimiento de la evolución de aquellos aspectos detectados como críticos para la sustentabilidad del sistema analizado. Para ello, ahora con otros objetivos, se debe comenzar de nuevo la serie de pasos a partir del punto 2. En este sentido, el método MESMIS (Astier *et al.* 2002), constituye una buena metodología, para comparar la sustentabilidad de innovaciones de un sistema en el tiempo.

Alcances y limitaciones de la metodología propuesta

El uso de indicadores sencillos y prácticos, es vital para proveer a los técnicos, productores, y políticos, de información confiable y comprensible de los impactos y costos de la incorporación de diferentes paquetes tecnológicos. La metodología desarrollada puede ser una herramienta adecuada para evaluar los puntos críticos a la sustentabilidad del manejo de agroecosistemas, lo que significa un avance importante en la concreción del objetivo de hacer operativo y medible el concepto de sustentabilidad. Permite la transformación de aspectos complejos en valores claros, sencillos, objetivos y generales que conducen a la posibilidad de evaluar el impacto que las prácticas de manejo tienen sobre la sustentabilidad de los agroecosistemas. Esto es posible, siempre y cuando los indicadores sean deducidos correctamente de la definición de sustentabilidad y de sus requisitos. La estandarización y ponderación, permite transformar las distintas unidades en que se expresan las diferentes variables, en valores comparables entre sí, permitiendo

la integración de los indicadores y, de esta manera, detectar, en forma sencilla y global, aquellos puntos críticos a la sustentabilidad del sistema. Es una metodología sencilla y flexible, ya que permite desarrollar indicadores para diferentes situaciones o problemáticas, tanto a escala regional como de finca.

Sin embargo, la metodología desarrollada, presenta una serie de limitaciones que deben ser tenidas en cuenta para su utilización y la posterior interpretación de los resultados obtenidos. En primer lugar, si bien los pasos metodológicos tienen carácter universal y pueden ser utilizados para la evaluación de cualquier sistema de producción, y para cualquier escala de análisis, los indicadores deben ser desarrollados para la evaluación de determinadas prácticas de manejo en un determinado sistema, de una región dada. No hay un conjunto de indicadores preestablecidos, listos para usar. Lo que es válido para una región o problema, puede no serlo para otra.

Una segunda limitación es que los resultados alcanzados sólo serán coherentes con los objetivos de sustentabilidad planteados y, por lo tanto, con los indicadores escogidos para medir el cumplimiento de dichos objetivos. En consecuencia, si el marco conceptual es diferente, o los objetivos perseguidos son otros, la metodología deberá ser readecuada en función de los nuevos objetivos.

La estandarización y ponderación, aunque facilita enormemente el análisis, tiene un alto componente de subjetividad, por lo que puede estar sujeta a controversias. Sin embargo, esta subjetividad es inevitable ya que depende de la capacidad de entender la función de cada componente sobre la sustentabilidad del sistema en cuestión (Sarandón 2002) tarea que, en muchos casos, es dificultosa por falencias o carencias en la información disponible. El proceso de desarrollar y ponderar los indicadores es muchas veces interesante porque detecta falencias relacionadas con la falta de información científica, lagunas en la información existente o baja calidad en la información disponible.

A pesar de las limitaciones detalladas, creemos que la metodología desarrollada permite detectar, en forma clara y sencilla, los principales problemas para alcanzar una mayor sustentabilidad en agroecosistemas.

Por último, está claro que esta metodología de análisis hace hincapié o está basada en un abordaje holístico de la problemática. Esto no significa que el análisis deba restringirse, necesariamente, sólo a las apreciaciones generales del problema. La profundización de aquellos aspectos que aparezcan como críticos, es un paso sucesivo que puede continuarse o emprenderse con la profundidad y nivel de análisis que se desee. Lo que esta metodología permite es clarificar cuales son, justamente, aquellos aspectos que merecen un análisis más detallado.

Agradecimientos

A Esteban Abbona, la lectura crítica del manuscrito.

Referencias

- Abbona E, Sarandón SJ, Marasas ME. 2006. Aplicación del enfoque sistémico para la comparación de dos agroecosistemas (viñedos) en Berisso, Argentina, *Revista Brasileira de Agroecología* 1(1): 1433-1436.
- Abbona EA, Sarandón SJ, Marasas ME, Astier M. 2007a. Ecological sustainability evaluation of traditional management in different vineyard systems in Berisso, Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119 (3-4): 335-345.
- Abbona E, Sarandón SJ, Marasas M. 2007b. Los viñateros de Berisso y el manejo ecológico de los nutrientes. *LEISA* 22: 13-15.
- 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: 415-430 pp.
- Bejarano Avila A. 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. IFPRI-BID, Washington DC.
- 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.
- Cabeza Gutiérrez M. 1996. The concept of weak sustainability. *Ecological Economics* 17: 147-156.
- Costanza R, Daly HE. 1992. Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology* 6:37-46.
- Dalsgaard JP, Oficial RT. 1997. A quantitative approach for assessing the productive performance and ecological contributions of smallholders farms. *Agricultural System* 55(4): 503-533.
- de Camino R, Müller S. 1993. Sostenibilidad de la Agricultura y los Recursos Naturales. Bases para establecer indicadores. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Serie de Documentos de Programas pp 133.
- Evia 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: 431-448.
- Flores CC, Sarandón SJ. 2004. Limitations of the economic neo-classical analysis to evaluate the sustainability of agricultural systems. An example comparing organic and conventional horticultural systems. *Journal of Sustainable Agriculture* 24 (2): 77-91.
- Flores CC, Sarandón SJ. 2006. Desarrollo de indicadores para la evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas a escala regional. *Revista Brasileira de Agroecología* 1(1): 353-356.
- Flores CC, Sarandón SJ, Vicente L. 2007. Evaluación de la sustentabilidad en sistemas hortícolas familiares del partido de La Plata, Argentina, a través del uso de indicadores. *Revista Brasileira de Agroecología* 2(1): 180-184.
- Gliessman SR. 2001. *Agroecología: Processos ecológicos em agricultura sustentable*. Segunda edición. Editorial Universidade/ UFRGS. Porto Alegre, Brasil.
- 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.
- Harte MJ. 1995. Ecology, sustainability, and environment as capital. *Ecological Economics* 15: 157-164.
- Imbach A, Dudley E, Ortiz N, Sánchez H. 1997. Mapeo analítico, reflexivo y participativo de la sostenibilidad (MARPS) Unión Mundial para la naturaleza (UICN). Programa de estrategias para la sostenibilidad. Serie herramientas y capacitación.
- Izac AMN, Swift MJ. 1994. On agricultural sustainability and its measurement in small-scale farming in sub-Saharan Africa. *Ecological Economics* 11:105-125.
- Kaufmann RH, Cleveland CJ. 1995. Measuring sustainability: needed-and interdisciplinary approach to an interdisciplinary concept. *Ecological Economics* 15:109-112.
- Lefroy RDB, Bechstedt HD, Rais M. 2000. Indicators for sustainable land management based on farmer surveys in Vietnam, Indonesia, and Thailand. *Agriculture Ecosystem & Environment* 81: 137-146.
- 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.
- Pearce D, Atkinson G. 1993. Capital theory and measurements of sustainable development: an indicator of "weak" sustainability. *Ecological Economics* 8(2): 103-108
- Roming D, Jason Garlynd M, Harris R. 1996. Farmer-based assessment of soil quality: a soil health scorecard. En *Methods for Assessing Soil Quality* (Doran JW, Jones AJ, eds). SSSA Special Publication N 49. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Sarandón SJ. 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas.

- temas. In: Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable (Sarandón SJ, ed). Ediciones Científicas Americanas: 393-414
- Sarandón SJ, Marasas ME, Dipietro F, Belaus A, Muiño W, Oscars E. 2006a. Evaluación de la sustentabilidad del manejo de suelos en agroecosistemas de la provincia de La Pampa, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Revista Brasileira de Agroecología* 1(1): 497-500.
- Sarandón SJ, Zuluaga MS, Cieza R, Gómez C, Janjetic L, Negrete E. 2006b. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Revista Agroecología* 1: 19-28.
- Sepúlveda S, Chavarría H, Castro A, Rojas P, Picado E, Bolaños D. 2002. Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible en espacios territoriales, IICA.
- Smyth AJ, Dumanski J. 1995. A framework for evaluating sustainable land management. *Canadian Journal Soil Science* 75:401-406.
- 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.
- Torquebiau E. 1992. ¿Are tropical agroforestry home gardens sustainable? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 41:189-207.
- 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.
- Viglizzo EF, Pordomingo AJ, Castro MG, Lertora FA. 2003. Environmental assessment of agriculture at a Regional scale in the pampas of Argentina. *Environmental monitoring and assessment* 87: 169-195.
- Viglizzo EF, Frank F, Bernardos J, De Buschiazzo, Cabo S. 2006. A Rapid Method For Assessing the Environmental Performance of Commercial Farms in the Pampas of Argentina *Environmental Monitoring And Assessment* 117: 109-134.
- 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).