
El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas

Santiago J. Sarandón



1. La sustentabilidad: de concepto abstracto a criterio para la toma de decisiones

Actualmente ya no se discute la necesidad de volcar esfuerzos en pos de una agricultura sustentable que permita “satisfacer las necesidades de las presentes generaciones sin comprometer la posibilidad de satisfacción de las futuras generaciones”. Sin embargo, en la práctica, esto se ha quedado aún en una etapa declarativa, y no se ha hecho operativo el término. Una de las razones de esta situación es la dificultad de traducir los aspectos filosóficos e ideológicos de la sustentabilidad en la capacidad de tomar decisiones al respecto (Bejarano Avila, 1998). Las razones de esto son muy variadas, pero parte de la dificultad radica en los siguientes aspectos (Sarandón, 1998):

- La ambigüedad y poca funcionalidad del concepto. No sugiere cómo hacerlo.
- La característica multidimensional (productiva, ecológica, cultural, temporal, social y económica) de la sustentabilidad.
- La dificultad de percibir claramente el problema desde el enfoque disciplinario o reduccionista predominante en el ámbito científico-académico.
- La ausencia de parámetros comunes de evaluación, junto con el uso de herramientas y metodologías inadecuadas.
- La falta de valores objetivos que posibiliten la comparación entre diferentes variantes de un mismo sistema productivo y/o entre diferentes sistemas productivos.

En primer lugar, debemos aclarar que este desafío no es sencillo. Justamente, la sustentabilidad es uno de esos términos que deben su amplia aceptación, en parte, a su ambigüedad. Todos están de acuerdo en alcanzarla (en teoría), pero nadie sabe bien de qué se trata. Y, por lo tanto, no se pueden medir progresos, ni retrocesos (Sarandón, 2000). La definición más conocida, (WCED, 1987): “el desarrollo sustentable es aquél que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras”, a pesar de su aceptación universal, poco aporta

con respecto a las herramientas o criterios necesarios para medir la sustentabilidad.

Por otra parte, la sustentabilidad es un concepto complejo en sí mismo porque pretende cumplir con varios objetivos en forma simultánea que involucran dimensiones productivas, ecológicas o ambientales, sociales, culturales, económicas y, fundamentalmente, temporales. A su vez, la evaluación de la sustentabilidad, se ve dificultada por el enfoque reduccionista que aún prevalece en los agrónomos y muchos científicos, lo que genera grandes dificultades para entender problemas complejos como éste, que requieren de un abordaje de forma holística y sistémica. Además, como señalan Kaufmann & Cleveland (1995), se requiere un abordaje multidisciplinario para medir un concepto interdisciplinario.

Para esta complejidad no existen parámetros ni criterios universales o comunes de evaluación. Tampoco han sido desarrolladas herramientas y/o metodologías apropiadas para ello. Por esta razón es que, en la actualidad, varias tecnologías, incluso contrapuestas, son promovidas como sustentables. Nadie puede refutar o afirmar tales aseveraciones, porque no se pueden medir. No hay un valor de sustentabilidad contra el cual comparar. Así, mientras por un lado quienes promueven la siembra directa consideran a esta tecnología como sinónimo de la sustentabilidad, hay quienes consideran que es todo lo contrario porque promueve un mayor uso de fertilizantes, herbicidas, insecticidas y, también fungicidas. Lo mismo ocurre con los cultivos transgénicos vs. los no transgénicos. Cómo no se sabe qué es la sustentabilidad, este tipo de polémica amenaza con seguir por mucho tiempo.

Para lograr avanzar, es necesario que la complejidad y la multidimensión de la sustentabilidad sean simplificadas en valores claros, objetivos y generales, conocidos como indicadores. El uso de los indicadores deberá permitir comprender perfectamente, sin ambigüedades, los puntos críticos de la sustentabilidad de un agroecosistema. Permitirá, a su vez, percibir tendencias que, de otra manera, pasarían desapercibidas y tomar decisiones al respecto. Algunas aplicaciones del desarrollo de indicadores de sustentabilidad en el área agropecuaria serían:

- Decidir la conveniencia o no de la adopción de diferentes propuestas o paquetes tecnológicos.
- Evaluar la introducción de un nuevo cultivo o el desplazamiento de un cultivo de una zona a otra.
- Comparar diferentes sistemas de producción. (orgánico vs. convencional, al aire libre vs. bajo cubierta)
- Evaluar el riesgo de un determinado sistema productivo en el tiempo.

Mejorar la capacidad de encarar problemas de este tipo se hace mucho más necesario para quienes permanentemente deben tomar decisiones concernientes a las actividades agropecuarias. En la actualidad, existe una gran velocidad en los cambios de las prác-

ticas agropecuarias y en la incorporación de nuevas tecnologías. Se necesitan, por lo tanto, criterios y metodologías que permitan evaluar el impacto que estas prácticas o tecnologías tendrán sobre la sustentabilidad de los agroecosistemas tanto a nivel de los agricultores, como de una región determinada. Sin embargo, los científicos y técnicos raras veces pueden proveer de información confiable y comprensible a los políticos, planificadores y público en general acerca de los beneficios, costos e impactos de procesos de desarrollo (Winograd *et al.*, 1998).

Los requerimientos de la investigación científica requieren ir más allá de los conceptos holísticos de la sustentabilidad, hacia otros más específicos y susceptibles de medición (Izac & Swift, 1994). La transformación del concepto abstracto de la sustentabilidad a un término operativo es esencial para la planificación a mediano plazo de cualquier actividad. El objetivo de este capítulo es plantear la necesidad del desarrollo de indicadores de sustentabilidad y discutir algunos criterios y metodología necesarios para su construcción y uso en la evaluación de agroecosistemas.

2. Evaluando la sustentabilidad

En los últimos años, ha surgido un marcado interés por investigar sobre aspectos relacionados con la sustentabilidad de los sistemas agrícolas (Bockstaller *et al.*, 1997; Cook, 1996; Goodland & Daly, 1996; Goodland, 1997, 1998; Hansen & Jones, 1996; Izac & Swift, 1994; Lewandowski *et al.*, 1999; Meyer *et al.*, 1993; Ruttan, 1994, 1996; Smith & Thwaites, 1998). Sin embargo, la mayoría de las publicaciones sobre el tema, no han superado aún la etapa enunciativa o enumerativa de las cualidades que debería tener un agroecosistema para lograr ser sustentable y pocos han intentado medir o proponer metodologías o marcos para evaluar la sustentabilidad de los sistemas agropecuarios (Astier & Masera, 1996; De Camino & Muller, 1993; Gomez *et al.*, 1996; Mitchel *et al.*, 1996; Sarandón, 1997, 1998; Smyth & Dumanski, 1995 y Torquebiau, 1992).

Uno de los problemas que surgen cuando se intenta evaluar o medir la sustentabilidad, es la confusión respecto a qué es exactamente lo que se quiere evaluar. Uno de los aspectos más difíciles de manejar es, tal vez el componente temporal. Este es intrínseco a la definición de sustentabilidad y no puede separarse de ella, ya que, por definición, involucra a las futuras generaciones. Sin embargo, esto no está siempre claro en la bibliografía sobre el tema. De hecho, unos de los pocos autores que abordan el tema del tiempo explícitamente son Smyth & Dumansky (1995) que establecen una escala temporal de sustentabilidad e insustentabilidad, fijando un límite superior de 25 años.

No existe una sola forma de encarar la evaluación de la sustentabilidad ya que esta depende del objetivo o el tipo de pregunta que se busca responder. Esto es fundamental y es necesario tenerlo en claro para elegir la metodología más apropiada y no cometer errores que dificultan enormemente la obtención de resultados concretos. Muchos inten-

tos de evaluar la sustentabilidad, tropiezan de hecho con este problema; no pasan de una descripción metodológica, a veces un poco confusa. Pero no consiguen aportar resultados concretos.

En la evaluación de la sustentabilidad hay dos posibilidades: una es la evaluación de la sustentabilidad *per se* y la otra es la evaluación comparativa. La elección de una u otra posibilidad depende del objetivo planteado, y tiene importantes consecuencias metodológicas.

2.1. Evaluación de la sustentabilidad *per se*

Es la más difícil de realizar, ya que intenta evaluar la sustentabilidad por sí misma. Generalmente esta evaluación busca contestar preguntas del tipo: ¿Es sustentable la producción de tomates en invernáculo? ¿Es sustentable la producción orgánica? No hay puntos de comparación, por lo tanto, la respuesta no puede ser *esto es más o menos sustentable que aquello*. Exige una respuesta categórica: sí o no y una definición de un valor absoluto de sustentabilidad. Aunque quizás este tipo de pregunta no tiene mucho sentido, de hecho es bastante común. Aquí el factor tiempo es esencial, porque se transforma en el punto de comparación. Se compara un sistema consigo mismo en el tiempo, por lo que tenemos que tener en claro la escala temporal a usar: ¿*Por cuánto tiempo queremos sustentar el sistema?* Aunque en general uno se ve tentado a contestar que por siempre (lo que, por otra parte no es tan errado) esta respuesta no sirve a fines prácticos, por lo que el horizonte temporal debe ser más acotado y posible de evaluarse. Smyth & Dumansky (1995) establecen que se considera sustentable a corto o largo plazo entre 7 y 25 años. Por debajo de esta cifra se consideran diferentes grados de insustentabilidad, llamando altamente inestable si el lapso es menor de 2 años. Aunque es muy difícil establecer un tiempo determinado, 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 una generación, es decir 25 años. Si el plazo es menor no podemos entonces hablar de sustentabilidad.

Es importante tener presente que no tiene mucho sentido preguntar tan categóricamente si un sistema o tecnología es sustentable o no, ya que el tipo de respuesta (sí o no) no aporta información muy valiosa. No tiene tanta importancia saber si el sistema es sustentable o no, sino cuáles son los puntos débiles o riesgos a la sustentabilidad.

2.2. Evaluación comparativa

Es la más común y sencilla. Las preguntas son del tipo: ¿Cuál de estos 2 sistemas, o tecnologías es más sustentable? ¿Es más sustentable la siembra directa que la labranza convencional? ¿La horticultura en invernáculo que al aire libre? ¿El cultivo de soja o el de maíz? La respuesta esperada es del tipo: *esto es más o menos sustentable que aquello*. Ya no importa el valor absoluto (que por otra parte, resulta muy difícil de definir). Sólo se

busca saber cual de las tecnologías o sistemas a comparar es mejor que el otro en este aspecto. En este caso, hay 2 situaciones posibles:

- a) Comparación retrospectiva ¿Qué pasó?
- b) Comparación prospectiva ¿Qué va a pasar?

2.2.1. Comparación retrospectiva:

La comparación retrospectiva es bastante usada aunque con graves errores. Responde al tipo de pregunta: ¿Cuál sistema de cultivo o tipo de labranza (siembra directa o convencional) ha sido mejor? ¿Cuál de estos productores ha manejado el sistema de forma más sustentable? ¿Es la producción orgánica más sustentable que la convencional? Muchas veces la pregunta está mal formulada o no es del todo clara y conduce a muchos errores metodológicos. Por ejemplo, la evaluación *in situ* de algunas características o propiedades del suelo, fauna, flora, etc. se ha considerado como indicadores de la sustentabilidad de estos sistemas. Por ejemplo el % de materia orgánica en un momento determinado se usa como un indicador de sustentabilidad: a mayor valor, más sustentable. Sin embargo, esto no es siempre válido. Se confunde evaluación o indicadores de calidad con sustentabilidad. Que el valor de materia orgánica en un sistema sea del 2% y en el otro del 3% no indica a priori, absolutamente nada, más que el primer lugar tiene un suelo peor que el otro. Para que esta forma de evaluación sea correcta deben cumplirse ciertas condiciones:

- Conocer el estado inicial o de referencia. Debemos saber si el sistema se degradó o mejoró. Muchas veces esto no es posible. Puede inferirse (con ciertos riesgos).
- Que los cambios en los valores de los indicadores puedan ser atribuidos exclusivamente a lo que se está evaluando (Por Ej. diferentes sistemas de manejo)

Conocer el estado inicial de ambos sistemas es fundamental. Tener datos del tiempo cero. Sólo así sabremos si el uso o aplicación de tales tecnologías o sistemas de producción mejoró o degradó la calidad del sitio. Por ejemplo, Hartemink (1998) utilizan algunas propiedades físicas del suelo como indicadores de manejo sustentable de caña de azúcar en Nueva Guinea, basándose en datos desde 1979 a 1994. En este caso, determinaciones como el pH, contenido en carbono orgánico o el nivel de P disponible tomadas en 1996, eran contrastadas con los valores originales para evaluar el efecto del cultivo de la caña de azúcar sobre estas variables. Según estos autores, los cambios en las propiedades químicas y físicas del suelo indicaron que el sistema de manejo no estaba sosteniendo la base de los recursos para el cultivo de la caña en el largo plazo.

En muchos casos, estos datos no existen, por lo que no es posible la comparación. Existen algunas formas de inferir esto, aunque deben usarse con sumo cuidado. Por ejemplo, se puede comparar la materia orgánica que existe debajo de lugares que no han sido disturbados (debajo de los alambrados) con la de los lugares donde se ha hecho un

uso más intensivo del suelo. La diferencia entre ambos (positiva o negativa) puede dar una idea del efecto del sistema de producción sobre este recurso.

Otra posibilidad es que en la zona existan datos históricos, de por ejemplo el nivel de nutrientes del suelo, o los % de MO de determinada zona. La comparación de los datos y su tendencia puede dar una idea de los cambios positivos o negativos que han ocurrido. Y, por lo tanto, determinar que los sistemas en el pasado eran más sustentables que ahora o que el riesgo a perder la sustentabilidad es mayor ahora que antes.

Es importante tener en cuenta que los cambios que se evalúen puedan atribuirse sin dudas al efecto del sistema que se está evaluando y no estén enmascarados por otros factores. Por ejemplo, si tenemos los datos de hace 20 años, y en la actualidad se está realizando determinado sistema de manejo, debemos ser muy cuidadosos al concluir que los valores actuales de ciertos indicadores son atribuibles al efecto de este sistema. Aunque en la actualidad el % de materia orgánica sea menor que en el momento original, hace 10 años podría haber sido peor, y el actual sistema de manejo en realidad está mejorando este valor y no empeorándolo como podría deducirse a primera vista. No es el indicador en sí el que está equivocado, sino su interpretación.

Si se cumplen estas condiciones, entonces esta comparación es posible y puede aportar datos interesantes.

2.2.2. Evaluación prospectiva

Es quizá, la pregunta más interesante y de más utilidad. Y quizás también la más necesaria para la planificación. Ante la posibilidad de un cambio tecnológico: La nueva tecnología a adoptar ¿es más o menos sostenible que la que desplaza? Ej. Plantas transgénicas, siembra directa, etc. Este tipo de análisis resulta fundamental. Si realmente el concepto de sustentabilidad se hiciera operativo, cualquier cambio tecnológico debería pasar por el filtro de la sustentabilidad. Es decir, esta tecnología que se incorpora en reemplazo de aquella otra, o este cultivo que se propone en reemplazo de este otro, ¿es más sustentable que el anterior? Si la respuesta es afirmativa, se adopta o promueve su adopción. Si es negativa se prohíbe o desalienta según sea el caso. Esta debería ser la norma, pero, lamentablemente no es así y la adopción de tecnologías se hace por intereses comerciales, de corto plazo y sin tener en cuenta el aspecto ambiental. Parte de las razones de esto es la dificultad de este tipo de evaluación: es una pregunta a futuro y requiere, por lo tanto, una capacidad de predicción. Hay 2 maneras de encararla.

a) Monitoreo en el tiempo.

b) Evaluación de tendencias o predicción de la sustentabilidad.

a) Monitoreo en el tiempo: Es un buen método y bastante preciso, si se eligen los indicadores adecuados. Tiene la desventaja de que requiere mucho tiempo para tener una respuesta. Este método se basa en la elección de una serie de parámetros que se considera

son indicadores de sustentabilidad del sistema. Se miden en el tiempo actual y luego se van evaluando a intervalos predeterminados. El valor de estos parámetros, respecto del valor original permite evaluar o tener una idea de lo que ocurre. Como se ve, es un método que brinda resultados confiables recién después de varios años. A veces sirve para comparar sistemas de manejo, como propone el Método MESMIS (Astier & Masera, 1996), que permite comparar un manejo convencional de una finca, con uno alternativo que se propone como mejora del anterior, aunque, según los autores, para obtener resultados confiables hacen falta varios años (5-10). Hasta que se vea una tendencia clara.

Es de destacar que aunque este método es bastante preciso, basa su éxito en la elección de los indicadores correctos. Cosa que, lamentablemente, no siempre sucede.

b) Evaluación de tendencias o predicción de la sustentabilidad. Este método es un poco menos preciso y más complicado, pero mucho más útil porque permite, una vez detectados los puntos críticos, proponer medidas correctivas. Consiste en seleccionar los indicadores adecuados, que permitan predecir tendencias a futuro.

Una forma de hacer esto es con una serie histórica de datos y su proyección a futuro. Si tenemos varios datos y una clara tendencia, con un buen ajuste a alguna función como una recta, podemos evaluar que, de seguir esta tendencia a futuro, existen posibilidades de llegar a valores críticos. Un ejemplo de esto se presenta en el capítulo 24 de este libro con la disminución de la superficie de tierras que se mantienen sin cultivo en la localidad de Tres Arroyos.

Pero no siempre existen series de datos. Por lo que el tema se complica. En este caso, es importante que los indicadores tengan incorporados el factor temporal. Este es el caso del balance de nutrientes anual, es decir la diferencia de lo extraído y lo suministrado al sistema. Un valor negativo indica que, de seguir así, se va a agotar el mismo, lo que dependerá de la cantidad de este nutriente que tengamos como stock en nuestro sistema.

Otra forma es evaluar el efecto del sistema de manejo sobre algún componente del sistema que consideramos esencial para su buen funcionamiento. En este caso se han propuesto el esquema presión-estado-respuesta. *Las variables de estado:* se considerarán como tal a aquellas que definen o aportan información sobre la situación actual. *Las variables de manejo o de presión:* se considerará como tales a aquellas relacionadas al funcionamiento del sistema y que indican el efecto de distintas prácticas de manejo o de uso del suelo, sobre las variables de estado. Las variables de respuesta indican que se está haciendo en ese sentido. Por ejemplo, el % de materia orgánica del suelo. Los indicadores de presión buscan evaluar que es lo que originó esto, por ejemplo un exceso de laboreo. Y las variables de repuesta se refieren a que es lo que se está haciendo para remediar este problema. Por ejemplo cambio por siembra directa o una rotación determinada o incorporación de abonos verdes.

Por ejemplo el laboreo del suelo será considerado un aspecto crítico en suelos some-ros, con poca materia orgánica y con ciertos valores de pendiente. Lo mismo puede

decirse sobre el mantenimiento de la cobertura vegetal. Puede usarse como un indicador del efecto del manejo sobre un componente importante que es la conservación del suelo.

Independientemente del método o forma de evaluar la sustentabilidad, el éxito de este procedimiento está basado, fundamentalmente, en la elección correcta de los indicadores.

3. Los indicadores: un requisito para evaluar la sustentabilidad

La complejidad y la multidimensión de la sustentabilidad hacen necesario volcar aspectos de naturaleza compleja en valores claros, objetivos y generales, llamados indicadores.

3.1. ¿Qué es un indicador?

Es importante entender qué es exactamente un indicador. Este es una variable, seleccionada y cuantificada que nos permite ver una tendencia que de otra forma no es fácilmente detectable. Un ejemplo claro de esto, y comprensible por mucha gente, es el paralelismo con el tablero de los automóviles. Quienes los construyeron consideraron necesario hacer saber a los conductores algunos datos importantes que hacen al funcionamiento del mismo. Independientemente del modelo y tipo de auto hay varios indicadores que los constructores se cuidaron muy bien de poner delante de nuestra vista en el tablero del automóvil. El medidor de combustible, el nivel de aceite, la temperatura del motor, son algunos que están casi siempre presentes. Y son fáciles de interpretar, aún por quienes no conocen de mecánica. Y nos dicen inmediatamente que debemos hacer cuando uno de estos alcanza cierto umbral. Cuando el nivel de combustible baja de cierto nivel, todos sabemos que debemos pensar en cargarlo de inmediato. Caso contrario, el auto dejará de funcionar. Nos están marcando una tendencia a futuro. Lo mismo sucede con el nivel de aceite. Aunque no comprendamos exactamente donde está el aceite, qué piezas baña, qué protege y cuál es exactamente su función, somos conscientes de que, si la aguja desciende de cierto nivel (zona roja) o se enciende la luz, debemos detener el motor o reponer el nivel de aceite de inmediato. Caso contrario el automóvil puede dejar de cumplir su función correctamente. Estos son buenos indicadores: brindan información importante y esencial para el funcionamiento del sistema, son predictivos, son objetivos y son interpretados fácil y correctamente por cualquier observador.

Lamentablemente, no disponemos de este tipo de indicadores para la evaluación de la sustentabilidad de los agroecosistemas. No tenemos un tablero de control de los sistemas agropecuarios, no hay instrumental, relojes ni luces que se prenden. Por lo tanto, debemos desarrollarlos de la mejor manera posible. Pero para ello es necesario tener en cuenta algunas características que estos tienen que cumplir.

3.2. Características de los indicadores

Debido a la complejidad propia de la sustentabilidad, lo que se pretende con los indicadores es una simplificación de la realidad. Esto implica perder cierto grado de información, pero ganar en claridad. Muchas veces, la suma de enormes cantidades de datos, o de censos extremadamente minuciosos, no sirve para saber la tendencia. Esto debe ser evitado. Se busca claridad, a costa de cantidad de información.

Para el desarrollo de indicadores hay que tener presente algunas características que estos deberían reunir (Tabla 1)

Tabla 1

Algunas características deseables que debe reunir los indicadores de sustentabilidad

- Estar estrechamente relacionados con (o derivado de) algunos de 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 directos: a mayor valor más sustentables.
- Ser expresados en unidades equivalentes. Mediante 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.
- Presentar 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.

3.2.1. Estar estrechamente vinculados con la sustentabilidad

Es fundamental, para que los indicadores no sean sólo una colección de datos inconexos, que estos estén estrechamente relacionados con algunos de los requisitos de la sustentabilidad. Algunos trabajos proponen una serie de indicadores, listados de datos o variables que pueden medirse, pero que no aportan demasiado. Aún cuando pudieran recogerse estos datos, difícilmente se pueda luego llegar a una respuesta sobre la sustentabilidad de estos sistemas.

Para evitar esto, todos los indicadores deben ser derivados de los atributos de la sustentabilidad previamente definidos. No puede haber ningún indicador que no haya sido derivado de uno de los requisitos de la sustentabilidad. Y viceversa: no puede haber algún requisito de la sustentabilidad que luego no se traduzca en un indicador. Si se considera, por ejemplo que una agricultura sustentable debe ser socialmente apropiada, entonces deberá existir algún indicador que evalúe esto.

Independientemente de los diferentes lineamientos o bases conceptuales propuestos por De Camino & Muller (1993), Smyth & Dumansky (1995) y Astier & Masera (1996), y Sarandón (1997, 1998), parece que hay en general acuerdo sobre algunos principios que deben cumplirse para un manejo de tierras sustentable. Uno de estos manejos es la agricultura que, por lo tanto, deberá ser: a) Suficientemente productiva, b) Ecológicamente adecuada (que conserve la base de recursos naturales y preserve la integridad del ambiente a nivel local, regional y global), c) Económicamente viable y d) Cultural y socialmente aceptable.

Si aceptamos estas condiciones, entonces los indicadores deberían evaluar o abarcar aspectos: a) ecológicos, b) sociales y culturales y c) económicos:

a) Aspectos ecológicos: Dentro de esta categoría de análisis, los indicadores propuestos deberán evaluar aspectos que afectan:

- *La capacidad productiva del agroecosistema:* Se refieren a aspectos del manejo que ocasionen un cambio en la capacidad o potencial productivo del propio sistema. El mantenimiento o mejoramiento de los recursos productivos, es una condición necesaria para alcanzar la sustentabilidad. Ello implica que los recursos renovables deben ser utilizados a un ritmo menor o igual al de su reposición y los recursos no renovables a un ritmo similar al que permita el desarrollo de una tecnología de sustitución del recurso.

Estos indicadores se referirán, entre otros aspectos a: erosión del suelo, disminución de la materia orgánica, de la estructura, agotamiento de nutrientes, mantenimiento de la biodiversidad.

- *El impacto ambiental externo al predio:* Se refiere a aquellos aspectos que, aunque no atentan contra la productividad del sistema, causan un daño al ambiente o a la salud de animales y/o de la población en el corto o largo plazo. Ej.: contaminación de acuíferos por pesticidas ó nitratos, contaminación con residuos de plaguicidas de los alimentos, el peligro de intoxicación de los trabajadores rurales, la eliminación de animales silvestres, alteración de su hábitat.

b) Aspectos sociales y culturales: se refiere a aquellos relacionados con las condiciones de vida y el grado de aceptación de la tecnología usada. Estos indicadores son tan importantes como los otros (Azar *et al.*, 1996). La agricultura debe ser culturalmente y socialmente aceptada para que sea sustentable. Esto se refiere a algunos aspectos que tienen que ver, por ejemplo con el grado de satisfacción de necesidades. Se trata de preservar el capital social que es el que pone en funcionamiento el capital natural. En definitiva no nos debemos olvidar que es el productor, con su cultura, conocimiento y escala de valores (dentro de una comunidad) quien toma decisiones permanentemente, las que repercuten en los aspectos ecológicos del sistema. (Este tema es más abordado en el capítulo 4). La importancia de considerar estos aspectos es mayor aún cuando se trata pequeños productores o con bajos recursos. En este caso los aspectos que fortalecen las relaciones entre miembros de una comunidad han sido considerados como favorables a la sustentabilidad (Torquebiau,

1992). Asimismo Flora *et al.*, (1994) destacan el rol del análisis a nivel comunidad y la importancia del enfoque de género en la construcción de indicadores de sustentabilidad. Señalan que la sustentabilidad de la comunidad esta basada en la resiliencia de la comunidad en respuesta a los cambios en las condiciones del ambiente.

c) Aspectos económicos: En esta categoría de análisis se deben desarrollar los indicadores relacionados con la rentabilidad de los sistemas productivos. Ningún sistema es sostenible en el tiempo si no es económicamente viable, pero hay que decidir que tipo de evaluación económica se pretende. Aunque los métodos de la economía clásica no consideren dentro de la evaluación económica a los costos ecológicos, estos existen y deben evaluarse. Un modelo económico no es sustentable si no puede asignarle valores al deterioro de los medios de producción.

3.2.2. Adecuados al objetivo perseguido

No existe un conjunto de indicadores aplicables a todos los casos. Los mismos deben ser elegidos y construidos de acuerdo a nuestro objetivo. Es fundamental, por lo tanto, que sean útiles a nuestro propósito. Este puede ser de investigación, de demostración, destinados a productores, científicos, políticos, o como un método de auto-diagnóstico para los propios agricultores. Para cada uno de estos propósitos, los indicadores pueden ser apropiados y no serlo para los otros.

3.2.3. Sensibilidad a los cambios

Es importante que los indicadores sean sensibles a un amplio rango de situaciones y que puedan variar en el tiempo. Por ejemplo, la textura de un suelo no es un buen indicador de sustentabilidad pues no presentará una variación sustancial en tiempos cortos (varios años). La estructura del suelo, por el contrario, es un indicador interesante pues es sensible a los cambios en el tiempo. Sin embargo, hay que tener presente también que los indicadores deben presentar poca variabilidad natural durante el período de muestreo. Por ejemplo, el nivel de nitratos del suelo es un indicador demasiado móvil y que varía en tiempos demasiado cortos como para ser adecuado. El nivel de nitrógeno del suelo puede, entonces, ser un indicador más adecuado.

Ciertas especies animales han sido estudiadas como posibles indicadores por su sensibilidad a los cambios en ciertas condiciones ambientales. Koehler (1992), estudió la mesofauna del suelo como indicador del uso de agroquímicos. Encontró que la alta sensibilidad a los impactos externos, combinada con su importancia para las funciones de los ecosistemas hace a la mesofauna del suelo sumamente valiosa desde el punto de vista toxicológico.

Por otra parte, Pankhurst *et al.*, 1995, evaluaron ciertas propiedades biológicas del suelo como potenciales bioindicadores. Los valores de actividad de las micorrizas, hongos, protozoos y de la peptidasa fueron considerados adecuados, por su capacidad de responder al manejo agrícola. Mientras que el número total de bacterias, hongos y actinomicetes, bacterias celulolíticas, y mineralización del N, entre otros mostraron menos sen-

sibilidad a los tratamientos de manejo agrícola, por lo que estos autores consideraron que tenían un potencial limitado como bioindicadores.

3.2.4. Habilidad predictiva:

En lo posible es deseable que los indicadores tengan habilidad predictiva. Esto quiere decir que la observación del valor del indicador nos indique claramente una tendencia a futuro. Este es el ejemplo del nivel de aceite del automóvil. O podría ser el nivel de nutrientes que se exporta o pierde del sistema con relación al que se incorpora anualmente, como proporción del contenido total. Claramente si el balance neto de un determinado nutriente en nuestro sistema es una pérdida de 50kg por año y tenemos en el suelo 500, nos indica que, de no hacer nada en contrario, en 10 años este nutriente se agotará irremediablemente. Es decir, es un indicador que tiene habilidad predictiva pues nos marca una tendencia a futuro. No lo sería, por ejemplo el % de N del suelo.

3.2.5. Ser fáciles de interpretar

Uno de los atributos más importantes de los indicadores es que éstos deben ser sencillos de interpretar. Por lo tanto, a pesar que se están evaluando diferentes aspectos, económicos, sociales, productivos, que se expresan en diferentes unidades, es importante que los indicadores se presenten en unidades equivalentes. Además, para facilitar su interpretación, deben ser directos, es decir, a mayor valor, más sustentable. Estos requisitos pueden lograrse transformando los valores, por ejemplo a escalas de 0 a 4, siendo 4 el valor que representa lo más sustentable.

Romig *et al.*, (1996) presentan un ejemplo de sencillez en la construcción de indicadores para estimar la calidad del suelo a nivel finca. Seleccionan una serie de indicadores en diferentes áreas, para los cuales construyen una cartilla donde, para cada indicador hay sólo 3 posibilidades que deben ser marcadas en 3 recuadros. Independientemente de la unidad de la variable, todo está estandarizado y simplificado. La suma final del resultado de los valores de cada indicador, da un valor que permite rápidamente saber si ese suelo es saludable o no.

Los indicadores no deben ser sesgados y en lo posible ser independientes del observador: tienen que tener el mismo valor independientemente de la persona que obtenga el dato.

3.2.6. Facilidad de recolección, confiabilidad e importancia

Una aspecto importante a tener en cuenta es que, en lo posible los indicadores deben ser de fácil recolección y uso. Pero esto no debe ser a costa de su confiabilidad.

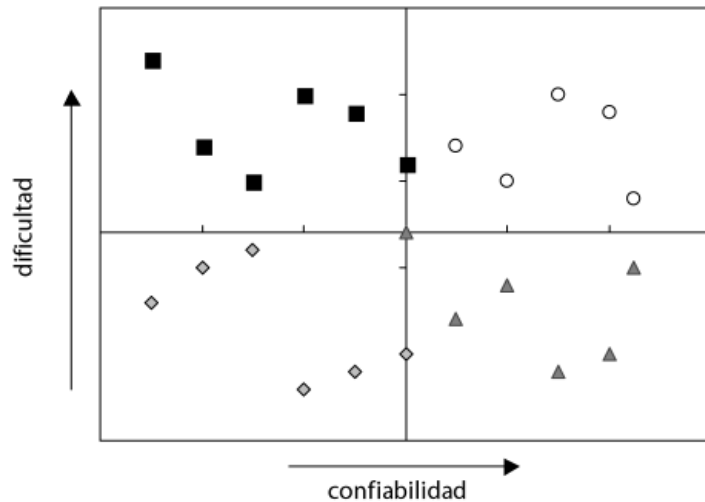
Es importante evaluar la confiabilidad de los indicadores. Esto dará elementos para su correcta ponderación. Un indicador puede ser fácil de obtener (por ejemplo cantidad de aplicaciones de plaguicidas), pero poco confiable, ya que el productor puede no llevar registros de ello y no recordar exactamente los momentos y cantidades. Por otro lado,

es posible que algunos indicadores sean más difíciles de medir pero confiables. Por ejemplo: nivel de fósforo en el suelo ó % de materia orgánica.

La elección de los indicadores adecuados puede hacerse graficando la dificultad y confiabilidad de los mismos en un eje de coordenadas. En lo posible deben elegirse los indicadores más fáciles de obtener, siempre que sean confiables, que corresponde, en la Figura 1, al recuadro inferior de la derecha.

Figura 1

Diagrama que representa diferentes valores de dificultad y confiabilidad de los indicadores



La importancia es otro atributo de los indicadores. Esta deberá considerarse sobre la base de su aporte a la evaluación de la sustentabilidad. Puede ser también denominado *pertinencia*. Hay indicadores confiables y fáciles de obtener, pero poco importantes. Determinar el grado de importancia de los indicadores, no es sencillo ya que requiere entender su aporte a la sustentabilidad. Nuestra correcta elección de los indicadores apropiados depende de la capacidad de comprensión del funcionamiento del sistema

Así, como la importancia del indicador nivel o presión de aceite en el motor para el funcionamiento del automóvil surge del conocimiento del papel que el aceite juega en el mantenimiento de piezas fundamentales para el correcto funcionamiento del sistema en cuestión, debemos hacer un esfuerzo por entender cuáles son los componentes fundamentales de nuestro agroecosistemas y la relación con otros componentes para poder elegir adecuadamente los indicadores. El desarrollo y aplicación exitosa de indicadores exigen, por lo tanto, un enfoque sistémico y holístico y un buen conocimiento del funcionamiento de los ecosistemas. Algo que, por lo general, es bastante deficiente.

3.2.7. Ser robustos e integradores

Otro aspecto que se debe buscar es que los indicadores sean robustos o integradores, que sintetizen mucha información pertinente. Es decir, que con pocos indicadores que tengan mucha información sea suficiente para evaluar la sustentabilidad. Por supuesto que la obtención de un indicador robusto a puede requerir una serie de cálculos previos, que a veces pueden tener cierto grado de dificultad.

Un excelente ejemplo de un indicador robusto es la “huella ecológica”, propuesto por Wackernagel & Yount (1998). Estos autores consideran que cada persona y cada grupo de personas (ej. una ciudad o un país), tienen un impacto sobre la Tierra, que corresponde a la huella ecológica de ese individuo o ese conjunto de individuos. “La huella ecológica cuantifica, para cada población determinada el área biótica productiva mutuamente excluyente que debe estar en uso continuo para proveer los recursos y asimilar sus desechos”. Es decir, cuánta superficie útil necesita un individuo de determinada región para vivir como vive. Por ejemplo una huella ecológica de 3 significa que cada persona de ese grupo requiere 3 hectáreas de superficie útil para obtener sus recursos y procesar sus desechos. Esto se puede comparar con la superficie del país (a veces mucho menor) e incluso con la del planeta. Una huella ecológica 3 en un país con una superficie promedio por habitante de 4 indica que todavía hay recursos disponibles. Por el contrario, una huella de 3 en un país con un promedio de 2 has por persona indica que se ha rebasado el límite y que se está viviendo de otros territorios o degradando los recursos.

La obtención de los resultados exige transformar una serie de datos a superficies, lo que no es muy sencillo. Pero el producto final, el indicador, es extremadamente sencillo de interpretar por cualquiera y cumple con varios requisitos importantes: facilidad de interpretación, da idea clara de la situación (donde estamos y adonde vamos); es predictivo, es comparativo entre regiones; se expresa en área, que es un concepto que todos conocen. “Todos tienen experiencia de lo que es una superficie”, no es sesgado ni ambiguo.

Por supuesto que al sintetizar tanta información, el indicador en sí mismo no dice nada sobre las causas por las cuales se ha llegado a esta situación, ni brinda mucha más información. Pero cumple su función claramente: un solo indicador resume mucha información y es, como dicen los autores, un indicador de progreso hacia la sustentabilidad regional.

3.3. Pasos a seguir para la evaluación de la sustentabilidad mediante el uso de indicadores

El uso de los indicadores debe permitir comprender perfectamente, sin ambigüedades, el estado de la sustentabilidad de un agroecosistema o el peligro de perderla. Su construcción y uso requieren tener en cuenta una serie de pasos:

1. Consensuar una definición de agricultura sustentable y condiciones necesarias para su logro.

2. Definir los objetivos de la evaluación.
3. Definir el ámbito o nivel de análisis: finca, región, país, planeta etc. Lo que es sustentable para un nivel puede no serlo para el otro. Definir una escala temporal adecuada.
4. Desarrollar los indicadores, derivados de los atributos de sustentabilidad, adaptados para los agroecosistemas en cuestión.
5. Estandarizar y ponderar los indicadores según la situación a analizar. Evaluar la dificultad de obtención, su confiabilidad y pertinencia.
6. Realizar la toma de los datos y el cálculo de los indicadores.
7. Traducirlos en una representación gráfica adecuada.
8. Evaluación de la sustentabilidad de los agroecosistemas considerados. (Es decir identificar aquellos aspectos que lo hagan vulnerable en el tiempo).
9. Proponer las medidas alternativas y correctivas para la recuperación del agroecosistema.
10. Evaluar el impacto que esta nueva propuesta tendría sobre la sustentabilidad del sistema.
11. Evaluar la utilidad de los indicadores empleados y proponer las modificaciones necesarias.

1. Consensuar una definición de sustentabilidad

Aunque quizás parezca obvio, el primer paso para evaluar la sustentabilidad es estar de acuerdo en lo que esto significa. Este es un paso importante porque no existe unanimidad de criterios sobre este punto. Es fundamental entonces, que todos los involucrados en este proceso estén de acuerdo y utilicen los mismos conceptos. El desarrollo de los indicadores exige definir “a priori”, aquellos aspectos considerados fundamentales para lograr la sustentabilidad.

2. Definir los objetivos

El siguiente paso es definir claramente los objetivos. Es decir, definir para qué queremos evaluar la sustentabilidad. Se puede tratar del desarrollo de una metodología para ser aplicada por científicos o por productores. No serán los mismos indicadores ni la misma metodología para su obtención entonces, la que se elija. Thompson & Pretty (1996), desarrollaron una serie de indicadores de sustentabilidad y conservación de suelos especialmente apropiados para la autoevaluación de los agricultores de Kenya de bajos recursos. La elección de los indicadores se hizo de una manera participativa con los mismos agricultores y buscó que fuesen sencillos de obtener e interpretar, para lograr una gran adopción de las prácticas innovativas por parte de los mismos productores. Lo mismo proponen Dalsgaard & Oficial (1997), para pequeños campesinos productores de arroz en Filipinas, donde la participación conjunta de agricultores e investigadores es considerada esencial. Incluso para estos autores, las categorías indígenas de clasificación de los recursos naturales cumplen un rol importante en el diseño de los muestreos y el monitoreo a campo.

3. Definir la escala espacial y temporal.

Posteriormente o simultáneamente se debe tener en claro el nivel de análisis. Si es en el ámbito de finca o predio, en el ámbito regional o de cuenca. Para cada uno de estos

niveles se deben elegir los indicadores y la metodología apropiada. Lo que es sustentable a cierto nivel (nivel de finca) puede no serlo en otro (a nivel regional). Por ejemplo, la huella ecológica es un excelente indicador a escala global o regional, pero no a nivel de productor o de finca. Asimismo, los sistemas de información geográfica (GIS) y sensores remotos tienen mucha utilidad para obtención de inventarios de recursos y el modelado para el desarrollo sustentable regional (Hall, 1998; Zhou, 1998), no son útiles para niveles menores. Izac & Swift (1994), consideran que la comunidad es la escala apropiada para la evaluación de la sustentabilidad agrícola en pequeños productores del SubSahara en África. Lo mismo hace Gómez *et al.*, (1996) que evalúa la sustentabilidad de pequeños productores a través de valores referenciados con los valores promedios de la comunidad.

Paralelamente debe definirse también la escala temporal de referencia. Aunque el factor temporal es intrínsecamente parte del concepto de sustentabilidad, no siempre es tenido en cuenta en la construcción de indicadores.

4. Desarrollo de los indicadores

Una vez establecidos estos pasos deben desarrollarse los indicadores apropiados. Estos deben estar de acuerdo con los recursos disponibles. No pueden elegirse indicadores que requieran mediciones sofisticadas si no se cuenta con el instrumental o con el tiempo suficiente para ello. Muchas veces, la evaluación cualitativa puede ser suficiente, según el objetivo perseguido. Sobre todo cuando se busca comparar sistemas.

En lo posible se debe buscar que los indicadores sean robustos e integradores. Es decir que contengan mucha información y pertinente. No debe confundirse un dato con un indicador. El indicador es una construcción sobre la base de datos que se consideran importantes para la sustentabilidad y que son ponderados de determinada manera para brindar información importante y sustancial. Lo ideal es poder definir o desarrollar o construir pocos indicadores bien robustos, aunque no siempre se puede.

5. Estandarización y ponderación de los indicadores: un paso necesario

Una de las dificultades más comunes en el uso de los indicadores deriva de las diferentes unidades en que se expresan las distintas variables, teniendo en cuenta que se evalúan aspectos ecológicos, productivos, sociales, económicos. Esto dificulta enormemente la interpretación de los resultados. Por otro lado, se debe procurar que todos los indicadores sean directos, a mayor valor, más sustentable. De lo contrario deben ser transformados para cumplir con esta condición: a mayor valor mayor sustentabilidad. Esto evitará errores de interpretación y facilitará el análisis posterior. Para ello se propone la construcción de escalas sencillas de 0 a 4, siendo 0 menos sustentable y 4 más sustentable. Todos los valores deben transformarse o adecuarse a estas escalas. Esto dependerá de las condiciones ecológicas y socioeconómicas de la zona. Esto posibilita la comparación de diferentes sistemas productivos e incluso de sistemas similares de diferentes zonas.

Ponderado los indicadores: Tanto para la construcción de los indicadores, como para

la interpretación de los mismos, la ponderación es un paso fundamental, e inevitable, para llegar con éxito a la evaluación de las sustentabilidad. Debemos decidir, entre varios indicadores, cuáles de ellos son los más importantes o si son todos iguales. Esto es inevitable, ya que, si no lo hacemos, estamos considerando, de hecho, que todos tienen el mismo peso relativo. La ponderación es en definitiva un coeficiente por el cual se multiplicará tanto el valor de las variables que forman el indicador, como los indicadores.

La ponderación puede hacerse por consenso o por medio de la consulta con expertos en el tema (Gayoso & Iroumé, 1991). Según las características de los mismos se asignará la importancia relativa a cada parámetro considerado en los indicadores seleccionados. Es importante reconocer un cierto grado de subjetividad en la ponderación de los indicadores. Pero esto es inevitable ya que depende de la capacidad de entender la función de ese componente sobre la sustentabilidad del sistema en cuestión. Esta subjetividad puede resultar más importante cuando se quiere comparar la sustentabilidad *per se*, pero no resulta un impedimento cuando lo que deseamos hacer es una evaluación comparativa.

Es importante desde el punto de vista metodológico, que la ponderación sea previa a su aplicación.

6. Obtención de la información

La información necesaria para la construcción de los indicadores es muy variada, depende de innumerable factores y objetivos, disponibilidad de recursos y de la escala temporal y espacial. Puede obtenerse mediante:

I. Encuestas a los productores: Esto se referirá a las prácticas de manejo, fertilización, aplicación de productos, formas de comercialización, etc. Es importante tener en cuenta las técnicas de investigación participativas. Para ello, y según las características de los productores, es muy importante contar con el asesoramiento de antropólogos o sociólogos.

II. Relevamiento de datos a campo: Se referirán a datos sobre superficie de cultivos, su distribución espacial, presencia de plantas indicadoras, fauna benéfica, daño y presencia de plagas, características del suelo, rendimiento y calidad del cultivo, etc. Pueden ser también datos de catastro, imágenes satelitales.

III. Recopilación y análisis de la bibliografía: Cuando, como se presume, no existan para esta zona algunos de los datos que se consideran importantes, estos serán tomados, extrapolados y adaptados de la bibliografía existente. Este es el caso de la peligrosidad de algunos productos usados por los productores y su destino final. Otro ejemplo es el peligro de lixiviación de nitratos en las aguas.

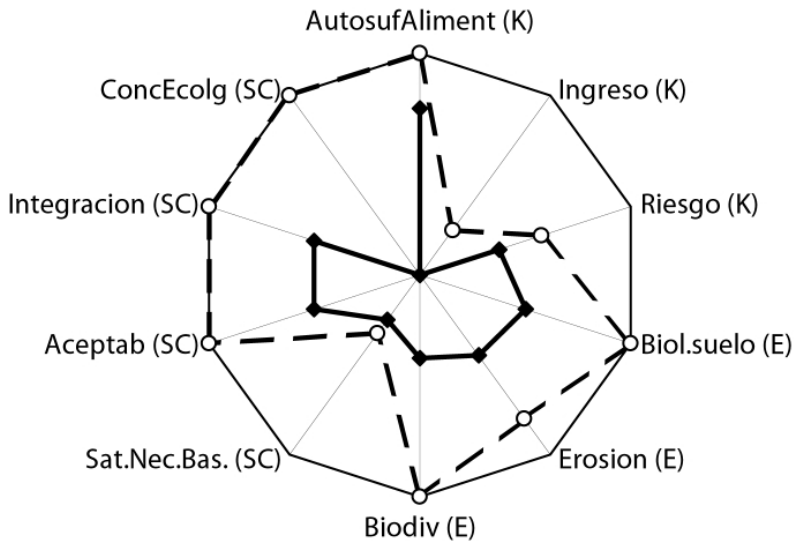
7. Representación de los indicadores

El objetivo de los indicadores, de simplificar la realidad compleja de la sustentabilidad, exige que los resultados puedan ser expresados de manera sencilla y clara. Una forma de hacer esto es su representación gráfica en un diagrama tipo tela de araña, ameba o cometa, como señalan varios autores (Astier & Masera, 1996; Gómez *et al.*, 1996 y

Sarandón, 1997, 1998; Bockstaller *et al.*, 1997). 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 (Figura 2).

Figura 2

Representación gráfica de los indicadores de sustentabilidad en dos fincas de la provincia de Misiones, Argentina, mediante el sistema de tela de araña o cometa. (K): Indicadores económicos, (E): ecológicos y (SC): socioculturales



Esta representación gráfica tiene la ventaja de sintetizar mucha información y permitir la visualización de los puntos críticos y la distancia entre el sistema real y el que se define como ideal. Uno de los problemas que tiene es que requiere definir valores ideales. Este análisis permite detectar aquellos puntos críticos del manejo del sistema que atentan o comprometen la sustentabilidad. Esto permite prestar especial atención, en futuros monitoreos, al manejo de tales aspectos con el fin de observar avances o retrocesos.

A pesar de la capacidad de información que brinda este tipo de diagramas, a veces es necesario sintetizar aún más la información hasta obtener un solo valor o índice de sustentabilidad. Efectivamente, todos los indicadores pueden ser relacionados entre sí, en una suma algebraica donde se considere la importancia relativa de cada uno de ellos o su contribución a la sustentabilidad, para construir un supravvalor o índice de sustentabilidad. Esto puede ser interesante cuando se trata de comparar muchos establecimientos. Por ejemplo, si queremos comparar a 20 productores no podemos utilizar el diagrama de tela de araña porque la superposición de tantas líneas lo haría poco útil. En este caso, dis-

poner de un sólo valor permitirá ordenarlo, elegir los mejores y ahora sí, abrir un poco más la información con este tipo de diagrama.

A pesar de la ventaja que representa poder sintetizar la sustentabilidad en un solo valor, para hacer esto debemos tomar una decisión trascendental que, resulta por otra parte, también inevitable. Es elegir entre el concepto de sustentabilidad débil o fuerte. Por acción u omisión, estamos adhiriendo a alguno de los dos. A pesar que el concepto de sustentabilidad fuerte y débil es un poco complejo (ver capítulo 22), en síntesis consiste en considerar que el capital natural puede ser sustituido por capital hecho por el hombre o no. La sustentabilidad débil sostiene que estos dos son, en cierto grado, sustituibles; mientras el valor total del capital se mantenga constante se puede considerar sustentable. Por el contrario, la idea de la sustentabilidad fuerte no admite este tipo de sustitución entre el capital natural y el capital hecho por el hombre, ya que se considera que ambos son complementarios y no sustitutos ya que se necesita capital natural para conseguir capital manufacturado, pero éste no puede fabricar capital natural el que depende de las leyes de la naturaleza, especialmente las leyes de la termodinámica.

Un ejemplo de esto lo tenemos en el trabajo de Gómez *et al.*, 1996. Estos autores consideran que la sustentabilidad a nivel de finca, puede ser evaluada a través del uso de 6 indicadores, agrupados en dos grandes áreas: la satisfacción del productor: definida por la rentabilidad, riesgo de pérdida de cosecha y los rendimientos en comparación con los otros miembros de la comunidad y el otra área es la conservación de los recursos, integrada por el % de materia orgánica, el % de cobertura del suelo y la profundidad del horizonte superficial. Luego de hacer los cálculos Gómez *et al.*, (1996) sintetizan los 6 indicadores en dos índices, que corresponden a las 2 áreas. Estos se promedian en un solo índice, siempre y cuando, el valor de ambos haya sido superior a 1, que es el valor límite de sustentabilidad. Es decir, no admiten promediar o considerar como sustentable al sistema, si el área conservación de recursos da 0,8 y la satisfacción del productor 1,4, aunque el resultado (1,2) sea mayor que el valor considerado umbral. Esto implica que no puede admitirse una satisfacción del productor a costa de la degradación de los recursos. Aunque los autores no lo mencionan, están optando por el principio de sustentabilidad fuerte.

11. Evaluación de los puntos críticos

El análisis del uso de los indicadores permite detectar aquellos puntos críticos del manejo del sistema que atentan o comprometen la sustentabilidad. Esto permite prestar especial atención, en futuras inspecciones, al manejo de tales aspectos con el fin de observar avances o retrocesos.

A partir de este diagnóstico se pueden proponer medidas correctivas de estos puntos críticos. En este sentido, es importante señalar que, una vez detectados los aspectos más críticos, por ejemplo del manejo de ciertos sistemas, se pueden monitorear estos en el tiempo. Por ejemplo si aparece que el balance de nutrientes es un punto crítico, porque es negativo o por un valor altamente positivo que implica un riesgo grave de conta-

minación, se puede monitorear entonces el nivel de este nutriente periódicamente.

La propuesta de un sistema alternativo que mejore o minimice los riesgos también deberá evaluarse a través de los indicadores para saber que impacto tendría esta nueva propuesta sobre la sustentabilidad del sistema

Finalmente luego de aplicar esta metodología se debe hacer un análisis de la utilidad de los indicadores empleados, su grado de dificultad y la importancia y pertinencia de la información que aportaron. Esto servirá para hacer los ajustes necesarios que permitan ir desarrollando una metodología apropiada y validada para esas circunstancias y objetivos.

4. Conclusiones

La complejidad de la evaluación de la sustentabilidad requiere la simplificación en valores objetivos, claros y que brinden buena información, denominados indicadores. El desarrollo y construcción de indicadores adecuados requiere tener en cuenta una serie de pasos y algunas características que estos deben reunir.

No es algo fácil, es relativamente nuevo, pero se están haciendo avances en este sentido. Es importante tener en claro una característica muy especial de la evaluación de la sustentabilidad. A diferencia de otras evaluaciones, rendimiento, rentabilidad, biomasa etc., la sustentabilidad no tiene un punto de referencia. No se puede comprobar.

Por ejemplo, existen metodologías para evaluar el nivel de nitratos a campo de manera sencilla y rápida y de bajo costo. Igualmente, existen metodologías que buscan hacer sencillo y práctico el análisis del déficit de nitrógeno de un cultivo por medio de la medición de clorofila. O métodos para estimar el % de cobertura de residuos mediante la intersección de varios puntos. En este caso estamos simplificando una realidad un poco compleja a través de métodos indirectos y simples, como los indicadores. Pero, ante la duda, existe siempre la posibilidad de saber la verdad. Nuestro dato puede ser “chequeado” y comprobado. Con la sustentabilidad esto no es posible. No, al menos en un corto período de tiempo. La comprobación quizá puede ser hecha dentro de 25 años cuando comprobemos que el sistema que señalamos como más sustentable aún sigue cumpliendo su función y el otro no. Por eso es tan importante que la presentación de la metodología sea clara y el marco conceptual también.

A pesar de estos inconvenientes, la transformación de la sustentabilidad de un concepto abstracto en un criterio operativo es un objetivo importante y vale la pena hacer el esfuerzo.

Aunque la construcción de los indicadores es un proceso que tiene mucho de personal y no hay recetas, en este capítulo se han tratado de dar algunos elementos a tener en cuenta para facilitar su desarrollo.

- Astier M & O Masera** (1996) Metodología para la evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS). Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada. Gira. Documento de Trabajo N° 17: 1-30.
- Azar CH, J Holmberg & K Lindgren** (1996) Socio-ecological indicators for sustainability. *Ecological Economics* 18: 89-112.
- Bejarano Ávila J** (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 D.C.
- Bockstaller C, P Girardin & HMG van der Werf** (1997) Use of agroecological indicators for the evaluation of farming systems. *European Journal of Agronomy* 7:261-270.
- De Camino V, Ronnie de & S Muller** (1993) Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales. Bases para establecer indicadores. Serie Documentos de Programas N° 38. 134 pp. IICA
- Cook RJ** (1996) Sustainable agriculture: introduction and summary. *Canadian Journal of Plant Pathology* 18: 115-118.
- Dalsgaard JP & RT Oficial** (1997) A quantitative approach for assessing the productive performance and ecological contributions of smallholders farms. *Agric System* 55(4):503-533.
- Flora BC, M Kroma & Ameares** (1994) Indicators of sustainability: community and gender. Proceedings of the indicators of sustainability Conference and Workshop. August 1-5, 1994. Report N° 1:81-94.
- Gayoso J & A Iroumé** (1991) Metodología para estimar la fragilidad de terrenos forestales. *Medio Ambiente* 11(2): 13-24.
- Gomez AA, DE Swete Kelly, JK Syers & KJ Coughlan** (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.
- Goodland R** (1997) Environmental sustainability in agriculture: diet matters. *Ecological Economics* 23:189-200.
- Goodland R** (1998) Environmental sustainability in agriculture: Bioethical and religious arguments against carnivory. *Ecological Sustainability and Integrity* 235- 265.
- Goodland R & H Daly** (1996) Environmental sustainability: Universal and non-negotiable. *Ecological Applications* 6(4):1002-1017
- Hall PJ** (1998) Remote sensing and criteria and indicators of sustainable forest management. In: Automated interpretation of high spatial resolution digital imagery for Forests. Hill DA & DG Leckie (Eds.) Natural Resource Canadá, Canadian Forests Service, Pacific Forestry Centre, Victoria, British Columbia, pp 367-374.
- Hansen JW & JW Jones** (1996) A systems framework for characterizing farm sustainability. *Agricultural Systems* 51:185-201.
- Hartemink AE** (1998) Soil chemical and physical properties as indicators of sustainable land management under sugarcane in Papua New Guinea. *Geoderma* 85:283-306.
- Izac AMN & MJ Swift** (1994) On agricultural sustainability and its measurement in small -scale farming in sub-Saharan Africa. *Ecological Economics* 11:105-125.
- Kaufmann RH & CJ Cleveland** (1995) Measuring sustainability: needed-and interdisciplinary approach to an interdisciplinary concept. *Ecological Economics* 15:109-112.
- Koehler HH** (1992) The use of soil mesofauna for the judgement of chemical impact on ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 40:193-205.
- Lewandowski I, M Hardtlein & M Kaltschmitt** (1999) Sustainable crop production: definition and methodological approach for assessing and implementing sustainability. *Crop Sci* 39:184-193.
- Meyer JL, CL Campbell, TJ Moser, GR Hess, JO Rawlings, S Peck & WW Heck** (1993) Indicators of the ecological status of agroecosystems. In McKenzie DH, DE Hiatt & DJ McDonald (Eds). *Ecological Indicators*, 1 - 2:629-659.
- Mitchel CC, G Traxler & JL Novak** (1996) Measuring sustainable cotton production using total factor productivity. *Journal of Production Agriculture* 9 (2) :289-297.
- Pankhurst CE, BG Hawke, HJ McDonald, CA Kirkby, JC Buckerfield, P Michelsen, KA O'Brien, VVSR Gupta & BM Doube** (1995) Evaluation of soil biological properties as potential bioindicators of soil health. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 35:105-1028
- Romig DE, MJ Garlynd & RF Harris** (1996) Farmer-base assessment of soil quality: A soil health scorecard.

- Methods for assessing soil quality, SSSA Special Publication 49:39-60. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Ruttan VW** (1994) Constraints on the design of sustainable systems of agricultural production. *Ecological Economics* 10:209-219.
- Ruttan VW** (1996) Research to achieve sustainable growth in agricultural production: into the 21st century. *Can Journal of Plant Pathology* 18:123-132.
- Sarandón SJ** (1997) Evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas mediante el uso de indicadores. III Jornadas Científicas sobre Medio Ambiente. Asociación de Universidades del Grupo Montevideo.
- Sarandón SJ** (1998) The development and use of sustainability indicators: a need for organic agriculture evaluation. XII International Scientific Conference IFOAM 1998. 16/19 Noviembre 1998, Mar del Plata, Argentina: pp. 135.
- Sarandón SJ** (2000) ¿Se puede medir la sustentabilidad agrícola? *Revista Horticultura Internacional*, España, Abril 2000, pág 144.
- Smith C & R Thwaites** (1998) TIM: Evaluating the sustainability of agricultural land management at the planning stage. National Soil Conference. Environmental Benefits of Soil Management. Conference Proceedings. Brisbane.
- Smyth AJ & J Dumanski** (1995) A framework for evaluating sustainable land management. *Can Journal Soil Sci* 75:401-406.
- Thompson J & J Pretty** (1996) Sustainability indicators and soil conservation. *J of Soil and Water Conservation* July-August 265-273.
- Torquebiau E** (1992) Are tropical agroforestry home gardens sustainable? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 41:189-207.
- Wackernagel M & DJ Yount** (1998) The ecological footprint: an indicator of progress toward regional sustainability. *Environmental Monitoring and Assessment* 51:511-529.
- WCED** (1987) *Our common future*. Oxford Univ. Press, Oxford.
- Winograd M, J Eade & A Farrow** (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.
- Zhou Q** (1998) Use of GIS technology for land resource inventories and modelling for sustainable regional development. *Ambio* 27 (6):444-450.