

## LA CALIDAD DE SUELOS COMO MEDIDA PARA SU CONSERVACIÓN

JIMÉNEZ BALLESTA R. y GONZÁLEZ-QUIÑONES V.

Universidad Autónoma de Madrid. Dpto. de Geología y Geoquímica. Ciudad Universitaria de Cantoblanco, 28049, Madrid. España. Teléfono: 914974810, e-mail: rai-mundo.jimenez@uam.es, vanesa.gonzalez@uam.es

**Summary.** This paper gives an overview of the relatively new concept of soil quality, in terms of complementation but not as a replacement of the traditional land capability concept. This analysis aims a main objective: to supply a useful tool that will allow us to apply suitable management practices for a correct use of the soil, while contributing to its conservation.

**Resumen.** Se revisa el concepto de un relativo nuevo término “calidad del suelo”, como complementario y no sustitutivo de la tradicional “capacidad de uso”. La reflexión se realiza en el marco de un objetivo fundamental: disponer de una herramienta que permita dictar medidas adecuadas para su uso, contribuyendo a la conservación del suelo.

NOTA: Este texto corresponde a la conferencia dictada en la Asamblea de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo, celebrada en Madrid en febrero de 2007.

### INTRODUCCIÓN

Como consecuencia de las numerosas amenazas que conducen a la degradación del suelo se ha producido, en época relativamente recientemente, un nuevo impulso en los estudios de suelos, entre los que cabe citar el derivado de un término nuevo: “calidad”. Palabra casi mágica que aparece como en otros campos (aire, agua etc.), pero que, a diferencia de lo que sucede en éstos, su aplicación al suelo resulta harto compleja.

En efecto, existe un auténtico alud de trabajos sobre calidad de suelos. Pero es evidente y meridiana la diversidad conceptual y las dificultades de su evaluación, ya que al abordar su

caracterización deben incluirse las múltiples funciones que puede realizar que, como se sabe, pueden ser complejas de complementar. Un suelo puede considerarse de buena calidad para una función y no tan buena e incluso baja para otra. Además se han propuesto numerosas propiedades indicadores de la calidad.

Este nuevo campo en la investigación de los suelos, iniciado en las últimas décadas del siglo pasado, se identifica con un impulso y concienciación producido entorno a una pérdida de la calidad física, química y biológica de algunos suelos. Se trata de un problema a escala mundial, pues son numerosas las zonas o lugares afectados por contaminación, erosión, salinización, etc. Algunos datos así lo reflejan.

Tampoco resulta novedosa la percepción reciente de un cambio conceptual en el papel medioambiental del suelo, ponderando la reconocida capacidad o habilidad para amortiguar un efecto nocivo.

El interés sobre este nuevo concepto aumentó considerablemente tras la publicación del "Soil and Water Quality: an Agenda for Agriculture" (NRC, 1993). Después se celebran varios congresos y emanan varias publicaciones (Doran *et al.*, 1994; Doran y Jones, 1996; Doran y Parkin, 1994; entre otros). Más tarde, el concepto evoluciona con la denominada agricultura sostenible (Gómez *et al.*, 1996). La Sociedad Española de la Ciencia del Suelo, siempre a la vanguardia científica, programó una conferencia sobre este tema, impartida con rigor, criterio y abundantes datos por el Dr. Antonio Rodríguez (2001).

### FUNCIONES DEL SUELO

Desde que se popularizó, la calidad se percibe de diversas formas, aunque quizás y de forma resumida se entiende como la conjunción de la utilidad y "salud" del suelo. Conviene no obstante acotar el término en virtud de su funcionalidad como:

➤ capacidad de servir como sustrato para el crecimiento de las plantas, promoviendo la productividad de forma sostenible y

➤ capacidad de atenuar la actividad contaminante y de favorecer la salud de las plantas, animales y el hombre.

El suelo es un componente fundamental de la biosfera ya que es la interfaz entre la tierra, el aire y el agua. Es un recurso no renovable, a escala de tiempo humana, que desempeña diversas funciones importantes para la vida. Karlen *et al.* (1997) destacan las siguientes:

1. Sostiene el crecimiento y diversidad de plantas y animales aportando el medio físico, químico y biológico para los intercambios de agua, aire, nutrientes y energía.

2. Regula la distribución del agua entre la infiltración y escorrentía y regula el flujo de agua y solutos, incluyendo nitrógeno, fósforo, pesticidas y otros nutrientes y compuestos disueltos en el agua.

3. Almacena y modera la liberación de los nutrientes de los ciclos de las plantas y otros elementos.

4. Actúa como filtro para proteger la calidad del aire, agua y otros recursos.

5. Es el apoyo de estructuras y alberga riquezas arqueológicas asociados a la vivienda humana.

6. Filtra, amortigua, degrada, inmoviliza y detoxifica sustancias orgánicas e inorgánicas.

### CAPACIDAD DE USO Y CALIDAD DE SUELOS, ¿DOS CONCEPTOS DIFERENTES?

El proceso de evaluación de la capacidad de uso de los suelos se extendió como una prolongación del reconocimiento y caracterización de los mismos, de tal modo que ponderaba de manera práctica una serie de variables básicas que previamente se identifican, pero que dualmente servían para evaluar la capacidad de un suelo para su uso óptimo (Dorrnsoro, 2002). En este sentido, existen numerosos métodos o sistemas generalmente basados en el grado de idoneidad de las propiedades o factores limitantes del mismo. Como se sabe, básicamente se distinguen dos tipos de sistemas, a saber: generales y específicos.

Los sistemas generales clasifican las tierras en clases según el carácter limitante de alguna de sus propiedades. Estos sistemas expresan el resultado final en términos numéricos o categorías, establecidas por umbrales dentro de una escala. Algunos aplican fórmulas matemáticas para transformar el resultado en términos numéricos de tipo aditivo (Índice = A+B+C....) o multiplicativo (Índice = AxBxCx...). Han sido ampliamente aceptados ya que son: simples, objetivos, cuantitativos,

fiables, fáciles de entender y fáciles de modificar y adaptar a nuevos usos.

El primer sistema paramétrico desarrollado fue el "Índice de Storie" (Storie, 1933), que evaluaba los suelos dependiendo de los factores limitantes como: profundidad (s), permeabilidad (p), textura (x), pendiente (t), y otros como drenaje (d), sales (a), etc. Frente a este sistema se sitúa un no paramétrico, el desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos de USA: "Sistema de Clasificación de Capacidad Agrológica" (Klingebiel y Montgomery, 1961) con tres niveles de clasificación: clases, subclases y unidades. Otro sistema paramétrico multiplicativo es el "Sistema de Evaluación de la Productividad Agraria de la F.A.O." (Riquier *et al.*, 1970), que considera que la productividad agrícola del suelo, bajo condiciones óptimas de manejo, depende de las características intrínsecas del mismo.

Los sistemas de evaluación han ido evolucionando con el tiempo y han pasado a ser cada vez más concretos y precisos, debido a la necesidad de diferenciar entre la diversidad de cultivos y diferentes usos del suelo. Siguiendo esta tendencia surgen los sistemas específicos que evalúan el suelo basándose en un uso concreto y considerando que éste tiene sus propias limitaciones y exigencias. Dentro de estos sistemas específicos se encuentra la "Clasificación de la Capacidad de Fertilidad del Suelo" (Buol *et al.*, 1975), método que trata de evaluar la fertilidad integrando propiedades del suelo y del entorno. Otro sistema específico es el desarrollado por Sys (1976) que selecciona el uso óptimo para cada unidad de tierra teniendo en cuenta propiedades físicas, socio-económicas y la conservación de los recursos naturales para el futuro.

En la bibliografía de este tema referida a suelos españoles existen numerosas referencias, ya que se han efectuado numerosas aplicaciones metodológicas para evaluar suelos de diversas características: Aguilar (1982), Aguilar y Ortiz (1992), Sánchez *et al.* (1984), An-

drades *et al.*, (1993), Recatalá y Sánchez (1993), Calvo de Anta (1996), Dorronsoro (2000), etc. En varios de estos trabajos se utilizan las metodologías antes citadas, si bien con modificaciones a dichos sistemas, con el ánimo de una mejor adecuación en la evaluación de suelos específicos.

Con todos estos sistemas lo que se persigue es evaluar la capacidad de uso o productividad desde la perspectiva fundamentalmente agrícola. Sin embargo, desde las últimas dos décadas se evalúan otros aspectos como son el medio ambiente, la salud humana y la sostenibilidad. De este modo, las recientes evaluaciones de suelo han ido incorporando nuevos criterios y conceptos que se pueden aunar en uno nuevo: "calidad del suelo", representando una nueva forma de evaluación, más completa, ya que incluye la evaluación de propiedades físicas, químicas, además de las biológicas y bioquímicas, (estas dos últimas en algunos casos no consideradas hasta entonces, o insuficientemente ponderadas). Sin embargo, como algunos autores afirman, no es un concepto nuevo, pues los sistemas de evaluación del terreno ya incluían este enfoque. En todo caso, las evaluaciones de calidad se refieren específicamente a los procesos que tienen su origen excluyendo variables económicas, sociales y políticas que, sin embargo, pueden ser consideradas cuando el suelo sea objeto de decisión o gestión del mismo.

## DEGRADACIÓN VERSUS CALIDAD

El suelo es la capa superficial de la tierra y su lenta tasa de formación (100-400 años/cm de suelo para algunos autores) hace que se le considere un recurso no renovable y que debe preservarse. Alrededor del 15% de la superficie del planeta se ha degradado (PNUMA, 2002) y cada vez es más frecuente encontrar suelos cuya degradación es tan extrema que se considera irreversible; concepto definido por la

AEMA (1999) como cualquier pérdida de más de 1 tonelada/hectárea/año en un lapso de tiempo de entre 50 y 100 años. Cada vez son mas frecuentes, a nivel mundial, cambios adversos en la calidad física, química y/o biológica de los suelos. Desde el entorno de los años 1950 hasta fin de siglo, de los 8,7 billones de hectáreas de suelos agrícolas, de pastos permanentes y de bosques, se han degradado alrededor de 2 billones de hectáreas.

Y es que la capacidad de amortiguamiento del suelo, su resiliencia y su capacidad de filtrar y absorber sustancias contaminantes hacen que los daños que sufre no se perciban hasta una fase muy avanzada. De este modo, a veces solo tras varios años de usos inadecuados es cuando aparecen las señales del impacto negativo sufrido durante el pasado. Probablemente sea esta la razón principal de que no se haya fomentado la protección del suelo en la misma medida que la protección del aire y del agua (AEMA, 2002).

En este contexto, la calidad se presenta como la herramienta ideal para identificar o conocer en que estado de degradación funciona el suelo en un momento dado, así como que medidas son necesarias para un mejor funcionamiento, ya que proporciona información sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

Inicialmente el concepto de calidad era confuso, ya que no estaba bien definido, de forma que se relacionaba con la degradación; así se consideraban tierras de buena calidad aquellas que permitían maximizar la producción y minimizar la erosión. Sin embargo, el término de calidad ha ido evolucionando hasta incorporar el concepto de sostenibilidad del suelo, aunando criterios tanto productivos como medioambientales. Por ello, han sido numerosos y frecuentes los trabajos realizados para evaluar la calidad del suelo relacionándolo con alguna forma de degradación.

## **CONFUSIÓN EN LA TERMINOLOGÍA: DEFINICIÓN DE CALIDAD**

Para definir la calidad del suelo es necesario, en primer lugar, analizar etimológicamente la palabra calidad. Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española la palabra calidad es un nombre derivado del latín *qualitas* y entre las definiciones dadas se encuentran:

1. Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una cosa, que permiten apreciarla como igual, mejor o peor que los restantes de su especie.

2. En sentido absoluto, buena calidad, superioridad o excelencia.

Tradicionalmente el término "calidad del suelo" aparecía como sinónimo de productividad del mismo, siendo en la década de los pasados años 80-90 cuando comienzan a establecerse las primeras definiciones. Pero su asociación a la sostenibilidad ha provocado cierta confusión (Sojka y Upchurch, 1999).

Y es que el creciente impacto de la agricultura en el medio ambiente ha creado un renovado interés en la salud de suelo, entendiendo que esta puede interpretarse como la capacidad para funcionar. Los filósofos griegos y romanos (hace ya más de 2000 años) hablaban de la salud del suelo para la producción de alimentos, o lo que es lo mismo la prosperidad agrícola.

En el contexto de sus múltiples funciones, aunque se han producido varios esfuerzos para definirla, probablemente los primeros que contextualizaron el término fueron Warkentin y Fletcher (1977), a los que siguieron inmediatamente un alud de formalizaciones conceptuales. Hay quien considera la calidad como sinónimo de salud. Algunos autores utilizan ambos conceptos indistintamente (Roming *et al.*, 1995), mientras otros, como Karlen *et al.*, (1997), utilizan ambos conceptos como sinónimos.

Pero, ¿cuál es la diferencia entre capacidad de uso-salud y calidad del suelo?. Calidad y salud son conceptos equivalentes, aunque no siempre sinónimos (Doran y Parkin, 1994). La capacidad de uso es la habilidad del suelo para un uso determinado, si bien generalmente se refiere al de productividad agrícola. Mientras la calidad debe entenderse como la utilidad del suelo para un fin específico y durante un tiempo continuado y duradero.

La salud del suelo viene definida por el estado de las propiedades dinámicas del suelo, tales como contenido en materia orgánica, diversidad de organismos, productos microbianos (Romíng *et al.*, 1995). La calidad del suelo sería una evaluación de cuan bien realiza todas sus funciones ahora, (lo que equivaldría a capacidad de uso mas salud), además de como las preserva para el futuro. La calidad del suelo no sólo está relacionada con su productividad efectiva, sino también con la salud de otros recursos como al agua, aire, plantas y animales. Por ello, no se mide directamente, sino a través de indicadores cuantitativos o cualitativos.

Ahora bien, ¿se utiliza el término calidad con el mismo significado a escala mundial, nacional, regional?. En Europa residuos y lodos son la principal fuente de contaminación de suelos, lo que ha motivado la existencia de niveles críticos, por ejemplo, para concentraciones de metales pesados en suelos (Cd, Cu, Pb, Hg, etc.) aplicables en todos los países (Anexo 1<sup>a</sup> de la Directiva 86/288/EEC), de tal modo que estos valores no pueden superarse al añadir lodos al suelo para agricultura. También se han establecido valores críticos para limpiar suelos basados en criterios funcionales y aspectos de salud. Se ha hecho uso del término calidad en un sentido o percepción sobre contaminación CCME (1996); Danish Epa (1995); Van Straalen y Denneman (1989); Urcelay y Angulo (1995) etc. En UK y en relación al desarrollo de suelos potencialmente contaminados, el ICRC (Howard 1993) presentó los “trigger values” para un rango de suelos contaminados

y diferentes tipos de usos. En Holanda se introdujo la “Guía para limpiar suelos” (Moen *et al.*, 1986). En 1988, en Alemania, el “Soil Protection Act” incluyó ambos valores “trigger y precautionary” como anticipo Bachmann *et al.*, (1997). En España, el IHOBE (2003) promulga la “Guía de determinación de la calidad del suelo”. Todas ellas son guías ampliamente usadas aunque, a veces, no se sabe o no se conoce de forma cierta su fundamento y fuentes.

Howard (1993), en su revisión en el contexto europeo, subraya la existencia de diferentes percepciones y poco acuerdo. Así pues, no encontramos consenso dentro de la UE sobre cómo entender o definir la calidad de suelos, aunque más bien parece enfocada hacia la contaminación. Otro tanto sucede en Canadá dónde Singer y Ewing (2000) enfatizan esta falta de consenso, sugiriendo que el debate internacional sobre calidad del suelo se ha complicado por el hecho de que en USA la noción de calidad incluye fertilidad y productividad del suelo, sostenibilidad y calidad ambiental.

Autores como Sojka y Upchurch (1999) creen que las definiciones de calidad son contextuales y subjetivas, ya que ninguna evaluación de la calidad considera de manera objetiva los aspectos positivos y negativos de todos los indicadores empleados.

En nuestra opinión, el carácter subjetivo del término, unido a la dependencia de factores externos al mismo, tales como el uso funcional, interacciones con los ecosistemas, y por qué no, la incidencia de ciertas prioridades políticas y socioeconómicas, dificultan las posibilidades de alcanzar un consenso. No es extraño, por tanto, que existan dificultades en establecer una definición clara y objetiva.

Las definiciones dadas por algunos de los autores han sido las siguientes:

Larson y Pierce (1991). La capacidad de un suelo para funcionar dentro de los límites de los ecosistemas e interactuar positivamente con el medio ambiente externo a ese ecosistema.

Arshad y Coen (1992). Su capacidad para aceptar, almacenar y reciclar agua, minerales y energía para la producción de cultivos, preservando un ambiente sano.

Pierce y Larson (1993). Capacidad para uso.

Doran y Parkin (1994). La capacidad de un suelo para funcionar dentro de los límites de los ecosistemas para sostener la productividad biológica, mantener la calidad medioambiental, y promover la salud de animales y plantas.

Sin embargo, la definición más aceptada es la tomada por la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo (SSSA) como:

“la capacidad de un suelo específico para funcionar, dentro de los límites de los ecosiste-

mas naturales o manejados, para sostener productividad de plantas y animales y mantener o mejorar la calidad del agua y aire, y apoyar la salud humana y hábitat” (Karlen *et al.*, 1997).

Un rasgo común a todas las definiciones realizadas es que la calidad del suelo debe tener en cuenta tres aspectos fundamentales (Doran y Parkin 1994):

1.Productividad. Habilidad del suelo para aumentar la productividad

2.Calidad ambiental. Habilidad del suelo para atenuar contaminantes ambientales.

3.Salud. Las interrelaciones entre la calidad del suelo y plantas, animales y salud humana

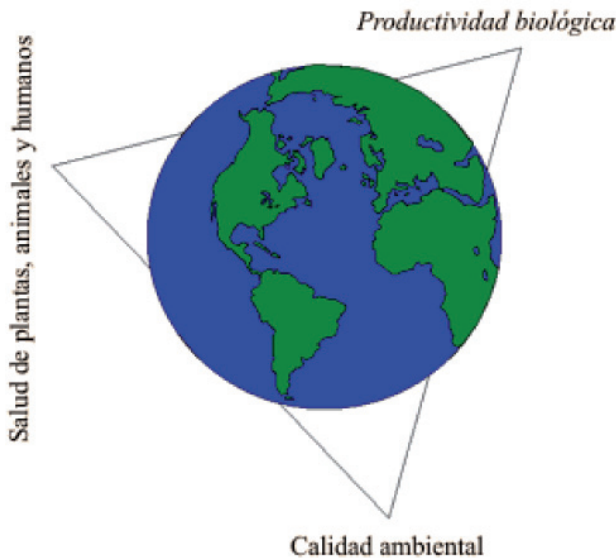


FIGURA 1. Principales componentes de la calidad del suelo (Doran & Parkin, 1994)

En términos simples calidad es “la capacidad para funcionar” (Karlen *et al.*, 1997); concepto que equilibra tres metas básicas: sostenimiento de la productividad biológica, calidad ambiental y salud de las plantas, animales y del hombre (Mausbach y Tugel, 1997). Hay quien sugiere que la calidad del suelo equivale simplemente a productividad; frente a

estos, otros enfatizan la importancia de la calidad en relación a la calidad de los alimentos. También se ha hecho énfasis en calidad ambiental, salud humana y animal y buena calidad de alimentos (Haberern, 1992). Finalmente otros proponen que debe ser evaluada sobre la base de su impacto sobre el hábitat para una diversidad de biota (Warkentin, 1995).

Pero en términos de producción agrícola, quizás la clave sea máxima producción sin efectos adversos en el medio ambiente.

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD**

Aunque la calidad del suelo no puede medirse directamente, toma valor sin embargo como concepto que engloba el examen e integración de relaciones y funciones entre varios parámetros biológicos, químicos y físicos que son medidos e integrados para un sistema agrícola y medioambiental sostenible (Karlen *et al*, 1997). Se persigue, por tanto, evaluar la calidad del suelo a través de un índice de calidad o salud del suelo con el fin de promover la mayor calidad posible y teniendo en cuenta que existe una relación directa entre la salud humana y la calidad de los suelos.

Debido a la diversidad en la potencialidad de los usos del suelo Karlen *et al*. (1997) sugirieron ver la evaluación de la calidad de suelos como algo relativo no como algo absoluto, reconociendo de esta forma que los suelos son diferentes y que para una función específica la calidad de los suelos puede ser diferente sin ser necesariamente limitante.

Autores como Larson y Parkin (1991) afirman que una evaluación es práctica sólo y cuando se consideren las funciones y sus variaciones en el tiempo y en el espacio. Arshad (2002) afirma que una evaluación realizada mediante la comparación con valores deseados (límites críticos) a diferentes intervalos de tiempo para un uso específico, en un agroecosistema seleccionado, proporcionará información sobre la efectividad de un sistema de manejo. Así la evaluación de la calidad se puede realizar siguiendo principalmente dos metodologías:

1. A lo largo del tiempo: consiste en realizar mediciones periódicas en un mismo suelo y comparar los valores y observar los cambios producidos en él.

2. Tomando un suelo de referencia ideal y compararlo con nuestras mediciones

Las evaluaciones de la calidad del suelo deben tener en cuenta propiedades y procesos biológicos, químicos y físicos, de tal modo que la interpretación y las mediciones deben evaluarse con respecto a tendencias a largo plazo o a señales de sostenibilidad, que se traducirán en una degradación, mantenimiento o aumento de su calidad (figura 2).

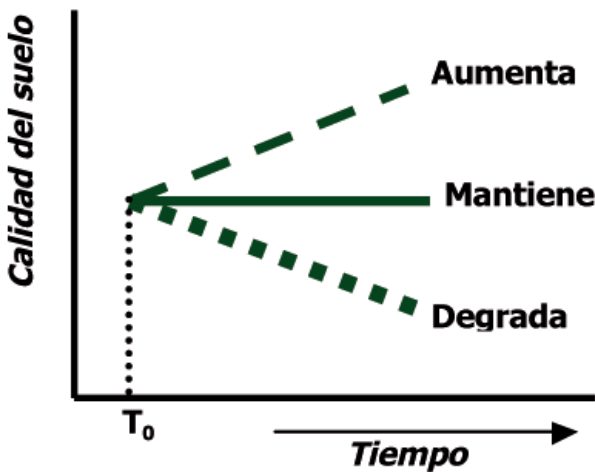


FIGURA 2. Posibles tendencias de la evaluación de la calidad del suelo (adaptado de Seybold *et al.*, 1998).

La evaluación va a ofrecer información sobre el estado funcional que presenta el suelo en ese determinado momento y mediante ella va a ser posible identificar áreas de especial interés, áreas problemáticas, o comparar suelos sometidos a manejos diferentes.

Sposito (2003) considera como requisito fundamental que la calidad traduzca el conocimiento científico en decisiones efectivas para su manejo. Por ello, es necesaria la implicación en el proceso del agricultor (Wienhold et al., 2004). Esta interrelación entre científico y agricultor ayudará a efectuar una evaluación más completa y realista. Stocking y Murnaghan, (2003) consideran al agricultor como la persona más en contacto directo con el suelo y, por tanto, el idóneo para proporcionar una visión más práctica de los tipos de intervenciones que pueden practicarse en un determinado suelo.

### INDICADORES DE CALIDAD

Cualquier índice de calidad de suelo debe considerar la función del suelo, pero estas funciones pueden ser variadas y a menudo complejas (González Quiñones, 2006). Un suelo que es considerado de alta calidad para una función puede no ser igual para otras. Como consecuencia hay potencialmente muchas propiedades del suelo que pueden servir como indicadores de la calidad del suelo (Nortcliff, 2002).

Los indicadores de calidad del suelo se refieren a las propiedades del suelo medibles que influyen en la capacidad de realizar funciones de producción agrícola o medioambiental, Arshad (2002). En consecuencia, se trata de las propiedades utilizadas en producción agrícola que además sirvan para identificar la calidad medioambiental, o bien, aquellas mas unas nuevas que reflejen este ultimo valor. Y como normalmente se exigía para producción agrícola, es deseable que los indicadores de calidad sean:

- Válidos y relevantes científicamente

- Ser datos fiables
- Deben ser representativos
- Sensibles a los cambios y útiles
- Ser sencillos
- Razonables en la relación coste/beneficio

Las evaluaciones de la calidad realizadas por diferentes autores varían o en el método seguido o en los indicadores seleccionados, algo que es entendible pues, como hemos afirmado, la calidad es algo específico de un suelo y uso determinado. Sin embargo, algunos estudios consideran indicadores de la calidad del suelo cualquiera de las propiedades físicas, químicas y biológicas (SQI, 1996); otros establecen la necesidad de aunar todas las propiedades para conocer el estado global del suelo (Doran y Parkin, 1996).

La siguiente tabla muestra una serie de indicadores para una caracterización inicial de calidad del suelo propuesta por varios autores como Larson y Pierce (1991), Doran y Parkin (1994) y Seybold *et al.* (1997). Sin embargo, existen indicadores importantes no incluidos que podrían incluirse, tales como capacidad de intercambio cationico, estabilidad de agregados y algunas propiedades bioquímicas.

### REFLEXIONES FINALES

¿Utilidad?

Acceptamos que la evaluación de la calidad es una herramienta útil, (como otras), para el conocimiento del recurso suelo, pero sobre todo, para apoyar en la toma de decisiones adecuadas sobre su manejo.

¿Aceptada?

Sin embargo, el concepto de calidad del suelo no ha sido aceptado universalmente, probablemente debido a que se ha tratado como un método supletorio de la capacidad de uso, cuando realmente es un complemento: calidad = capacidad de uso + salud. La calidad puede interpretarse como el método sensible,



TABLA 1. Conjunto de indicadores físicos, químicos y biológicos propuesto para controlar los cambios que ocurren en el suelo (adaptado de Larson y Pierce, 1991; Doran y Parkin, 1994; Seybold *et al.*, 1997).

<b>Propiedad</b>	<b>Relación con la condición y función del suelo</b>
<b>Físicas</b>	
Textura	Retención y transporte de agua y compuestos químicos; erosión del suelo
Profundidad del suelo, Infiltración y densidad aparente	Estima la productividad potencial y la erosión Potencial de lavado; productividad y erosividad
Capacidad de retención de agua	Relación con la retención de agua, transporte, y erosividad; humedad aprovechable, textura y materia orgánica
<b>Químicas</b>	
Materia orgánica (N y C total)	Define la fertilidad del suelo; estabilidad; erosión
PH	Define la actividad química y biológica
Conductividad eléctrica	Define la actividad vegetal y microbiana
P, N, y K extractables	Nutrientes disponibles para la planta, pérdida potencial de N; productividad e indicadores de la calidad ambiental
<b>Biológicas</b>	
Biomasa microbiana (C y N)	Potencial microbiano catalítico y depósito para el C y N, cambios tempranos de los efectos del manejo sobre la materia orgánica
Respiración, humedad y temperatura	Mide la actividad microbiana; estima la actividad de la biomasa
N pot. mineralizable	Productividad del suelo y suministro potencial de N

dinámico y adecuado para responder al manejo y a fuerzas de estrés impuestas por factores naturales o humanos.

### ¿Calidad vs Soil Survey?

Todo esfuerzo en calidad difiere de los tradicionales estudios de suelos (soil survey), clasificación e interpretación. La calidad incluye énfasis en las propiedades y procesos, mientras que los estudios tradicionales de clasificación e interpretación se basan casi enteramente en las características inherentes determinadas por los factores de formación. Las propiedades inherentes determinan la capacidad absoluta del suelo, generalmente enfocados enteramente sobre el perfil. Las propiedades dinámicas se focalizan en la superficie (20-30 cms). De este modo capacidad de uso y calidad no son competitivos sino complementarios.

En todo caso, resulta complejo evaluar la calidad del suelo, dada la multiplicidad de factores de diferente naturaleza que controlan los procesos biogeoquímicos y su variación en el tiempo, espacio e intensidad.

### ¿Cuándo?

Sugerimos que la calidad debe llevarse a cabo posteriormente al establecimiento de la capacidad de uso, realizando una priorización en función de los objetivos de manejo específicos, es decir, tras proponer las funciones críticas.

### ¿Indicadores?

La selección de indicadores adecuados para esta función específica del suelo debe centrarse en los horizontes superficiales, e incluso solo en los 20-30 cms superficiales.

### ¿Universalidad?

No existen criterios universales para evaluar los cambios en la calidad del suelo. El "manejo sostenible del suelo" será aquel que proponga estrategias productivas, al tiempo que

mantengan los valores de los indicadores, (a los que podemos denominar en lo sucesivo 'evaluadores' de la sostenibilidad), dentro de un rango de variación aceptable. Sin embargo, todavía no hay consenso acerca de cuales son esos indicadores y cuales son los valores críticos que en cada uno de ellos señalan un proceso de deterioro del suelo". Dicho de otro modo, no existen criterios universales para evaluar los cambios en la calidad del suelo. La evaluación de la calidad de forma regular en el tiempo debe ser útil para controlar si las medidas adoptadas en un momento determinado han paliado o no la degradación. Es decir una vez establecidas las medidas de protección del suelo será preciso realizar un seguimiento de los efectos que tienen en el suelo dichas medidas, de forma que si se mantiene una buena calidad se tiene un buen síntoma funcional que se traducirá en unos mayores rendimientos en cuanto a producción, a la vez que se va a proteger al suelo contra los distintos tipos de degradación, esto es asegurando su mantenimiento sostenible para usos futuros.

### ¿Desafío?

Entendemos que en las próximas décadas el uso sostenible del suelo puede ser un desafío comparable al de otros problemas ambientales mundiales, tales como el cambio climático y la biodiversidad. Será preciso pues, emprender acciones necesarias para satisfacer diversas demandas actuales, sin necesidad de comprometer ni su uso, ni su disponibilidad para las generaciones futuras. En todo caso esperamos que el concepto de calidad evolucione positivamente hacia fórmulas de mayor consenso.

## REFERENCIAS

- Aguilar, J., (1982). La fertilidad de los suelos en la ordenación del territorio. VII Congreso Nacional de Química. Sevilla
- Aguilar J. y Ortiz R. (1992). Metodología de

- capacidad de uso agrícola de suelos. Actas III Congreso nacional de la Ciencia del suelo pg 281-287. Pamplona.
- Arshad, M.A., Coen, G.M., (1992). Characterization of soil quality: physical and chemical criteria. *American Journal of Alternative Agriculture* 7, 25– 31.
- Arshad, M.A y Martín, S., (2002). Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88: 153-160.
- AEMA (1999). *Environment in the European Union at the Turn of the Century*. Agencia Europea de Medio Ambiente.
- AEMA, (2002). *Con los pies en la Tierra: la degradación del suelo y el desarrollo sostenible en Europa*. Problemas medioambientales, Nº 16. Agencia Europea de Medio Ambiente.
- Andrades, M., Jiménez-Ballesta, R., Carral, P. y Martínez, E., (1993). Evaluación paramétrica de los suelos del valle de Iregua (La Rioja). *Problemática geambiental y desarrollo*. V Reunión nacional de geología ambiental y ordenación del territorio. pp. 543-552.
- Bachmann, F., Bannick, C.G., Giese, E., Glante, F., Kiene, A., Konietzka, R., Rück, F., Schmidt, S., Tertyze, K., van Borries, D., (1997). Fachliche Eckpunkte zur Ableitung von Bodenwerten im Rahmen des Bundes-Bodenschutzgesetzes. In: Rosenkranz, D., Bachmann, G., Einsele, G., Harress, H.-M. (Eds.), *Bodenschutz — Ergänzbare Handbücher Massnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Boden, Landschaft und Grundwasser*. Kennzahl 3500, Erich Schmidt Verlag, Berlin, Germany.
- Buol, S.W., Sanchez, P.A., Cate, R.B. and Granger, M.A. (1975). Soil fertility capability classification: a technical soil classification system for fertility management. In Bornemisza, E. and Alvarado A. (Ed.) *Soil Management in Tropical America*. N.C. State Univ., Raleigh, NC: 126-145.
- Calvo de Anta, R., (1996). Evaluación de suelos en clima templado-húmedo. Un ejemplo en Galicia (NW de España). *Evaluación y Manejo de Suelos*. J. Aguilar, A. Martínez y A. Roca. pp 119-134.
- CCME. (1996). *A protocol for the Derivation of Environmental and Human Health Soil Quality Guidelines*. CCME Report CCME-EPC-101E
- DANISH EPA. (1995). *Soil Quality Criteria for Selected Organic Compounds Danish EPA Working Report 48*
- Doran, J.W., Jones, A.J., (1996). *Methods for assessing soil quality*. Soil Science Society of America Special Publication, vol. 49. Soil Science Society of America, Madison, WI. 410 pp.
- Doran, J.W., Parkin, T.B., (1994). *Defining and assessing soil quality*. In: Doran, J.W. (Ed.). *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Soil Science Society of America Special Publication No. 35. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 3 – 21.
- Doran, J.W., Parkin, T.B., (1996). *Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set*. *Methods for Assessing Soil Quality*. Soil Science Society of America Special Publication, vol. 49, pp. 25– 37. Madison, WI.
- Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicsek, D.F., Stewart, B.A., (1994). *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Soil Science Society of America Special Publication No. 35. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison,

WI.

- Dorronsoro, C., (2002). Soil Evaluation. The Role of Soil Science in Land Evaluation. Sustainable Use and Management of Soils in Arid and Semiarid Regions. Volume I. p 106-128. Ángel Faz, Roque Ortiz, Ahmet R. Mermut (eds.).
- FAO, (2001). Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural. Boletín de tierras y aguas de la FAO n° 5. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Gómez, A.A., Swete Kelly, D.E., Syers, J.K., Coughlan, K.J., (1996). Measuring sustainability of agricultural systems at the farm level. In: Doran, J.W., Jones, A.J. (Eds.), *Methods for Assessing Soil Quality*. Soil Science Society of America Special Publication, vol. 49. Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 401–409.
- González Quiñones, V. (2006). Metodología, formulación y aplicación de un índice de calidad de suelos con fines agrícolas para Castilla-La Mancha. Tesis doctoral. Univesidad Autonoma de Madrid.
- Haberern, J., (1992). Coming full circle—the new emphasis on soil quality. *American Journal of Alternative Agriculture* 7, 3–4.
- Howard, P.J.A., (1993). Soil protection and soil quality assessment in the EC. *Sci. Total Environ.* 129, 219–239. Interdepartmental Committee on the Redevelopment of Contaminated Land (ICRCL), 1987. *Guidance on Assessment and Redevelopment of Contaminated Land*, 2nd Edition. ICRCL Central Directorate on Environmental Protection, Department of the Environment Circular 59/83, London.
- IHOBE (2003). Investigación de la contaminación del suelo. Calidad del suelo. Valores indicativos de evaluación. Dt° de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente. Gobierno Vasco
- Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., Schuman, G.E., (1997). Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Science Society of America Journal* 61, 4–10.
- Klingebiel, A.A. y Montgomery, P.H. (1961). Land capability classification. USDA Agricultural Handbook 210. US Government Printing Office, Washington, DC.
- Larson, W.E. y Pierce, F.J., (1991). Conservation and enhancement of soil quality. In: Dumanski, J. (Ed.), *Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World*. Proceedings of the International Workshop,
- Mausbach, M.J. and C.A. Seybold. (1998). p. 33-43. In: R. Lal (ed.) *Soil Quality and Agricultural Sustainability*. Ann Arbor Press, Chelsea,
- Mausbach, M.J., Tugel, A., (1997). Soil quality: a multitude of approaches. Keynote Address, Kearney Foundation Symposium, March 25, 1997. Berkeley, CA
- Moen, J.E.T., Cornet, J.P., Ewers, C.W.A., (1986). Soil protection and remedial actions: criteria for decision making and standardisation of requirements. In: Assink, J.W., van den Brink, W.J. (Eds.), *Contaminated Soil*. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, pp. 441–448.
- National Research Council (NRC), (1993). *Soil and Water Quality: An Agenda for Agriculture*. National Academy Press, Washington, DC.
- Nortcliff S. (2002). Standardisation of soil quality attributes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88 :161–168

- Pierce, F.J., Larson, W.E., Dowdy, R.H., (1984). Soil loss tolerance: maintenance of long-term soil productivity. *Journal of Soil and Water Conservation* 39, 136–138.
- Recatalá L. y Sánchez J. (1993). Propuesta de una metodología de valoración de la calidad ambiental de los suelos para evaluación de impacto ambiental en el ámbito mediterráneo valenciano. En R. Ortiz (ed): *Problemática ambiental y desarrollo*. V Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Murcia.
- Riquier, J., Bramao, L. and Cornet, S.P. (1970). A new system or soil appraisal in terms of actual and potential productivity: FAO Soil Resources N o 38. Rome. Italy.
- Roming, D.E., Garlynd, M.J., Harris, R.F., McSweeney, K., (1995). How farmers assess soil health and quality. *Journal of Soil and Water Conservation* 50, 229–236.
- Rodríguez Rodríguez, A., (2001). El concepto de calidad del suelo. *Soc. Esp. Ciencia del Suelo*. Conferencia Asamblea SECS.
- Sánchez J. Rubio J.L., Martínez V., y Antolin C. (1984). Metodología de Capacidad de uso de los suelos para la cuenda mediterránea. I Congr. Nac. De la Ciencia del Suelo, 837-848.
- Seybold, C.A., M.J. Mausbach, D.L. Karlen, and H.H. Rogers. (1997). Quantification of Soil Quality. In: B.A. Stewart and R. Lal (eds.) *Advances in Agronomy*. Proceedings from an International Symposium on Carbon Sequestration in Soil. Lewis Publishers.
- Singer, M.J. y Ewing, S., (2000). Soil quality. In: Sumner, M.E. (Ed.), *Handbook of Soil Science*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. G-271–G-298.
- Sojka, R.E., Upchurch, D.R., (1999). Reservations regarding the soil quality concept. *Soil Science Society of America Journal* 63, 1039– 1054.
- Sposito, A. (2003). The assessment of soil quality. *Geoderma* 114: 143-144.
- SQI, (2001). Soil Quality Institute–Introduction. USDA Natural Resources Conservation Service. Revised June 2001. Soil Quality Information Sheets is available at <http://soils.usda.gov/sqi>.
- Stocking, M. y Murnaghan, N. (2003). Manual para la Evaluación de Campo de la Degradación de la Tierra. C. Padilla y J. Albaladejo (eds.). Mundi-Prensa. ISBN 84-8476-114-2.
- Storie, R.E. (1933). An index for rating the agricultural value of soils. *Bulletin-California Agricultural Experiment Station*. Vol. 556, University of California Agricultural Experiment Station, Berkeley, CA.
- Sys, C. (1976). *Land Evaluation*. State University of Ghent. Belgium, 177 p.
- Urcelay A. y Angulo E. (1995). Generic values to asses soil quality in the Basque Autonomous Community: Ecological criteria. En: “Contaminated soils 95. Kluwer acad.
- Van Straalen N.M y Denneman C. (1989). Ecotoxicological evaluation of soil quality criteria. *Ecotox. Environ. Saf* 18: 427-441
- Warkentin, B.P., Fletcher, H.F., (1977). Soil quality for intensive agriculture. *Intensive Agriculture Society of Science, Soil and Manure*. Proceedings of the International Seminar on Soil Environment and Fertilizer Management. National Institute of Agricultural Science, Tokyo, pp. 594– 598.
- Warkentin, B.P. (1995). The Changing Concept of Soil Quality. *J. Soil Water Cons.* 50:226-8.

Wienhold, B.J, Andrews, S.S. & Karlen, D.L,  
(2004). Soil quality: a review of the  
science and experiences in the USA.  
Environmental Geochemistry and He-  
alth 26: 89-95.