

# INDICADORES MICROBIANOS DE LA CALIDAD DEL SUELO

*Juan Aciego<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Edafología,  
Ave. Universidad vía El Limón.  
juanaciego@gmail.com*

## **Resumen**

El concepto de calidad del suelo ciertamente está aquí para quedarse, aun cuando es muy difícil de definir satisfactoriamente. Posiblemente, una definición basada en la capacidad de un suelo para cumplir el propósito para el cual es requerido, aunque con limitaciones, es adecuada en muchas circunstancias. En este trabajo se exponen algunos criterios que deben cumplir los indicadores microbianos de calidad del suelo y algunos ejemplos de ellos.

## **Palabras claves**

Calidad del suelo, indicadores microbianos, biomasa microbiana, actividad microbiana

## **Introducción**

Ciertamente, algunas de las funciones claves determinantes de la calidad del suelo incluyen su capacidad para descomponer residuos de plantas y animales, mantener adecuados niveles de nutrientes y materia orgánica y funcionar como un sistema de filtro para suplir agua pura a los ríos, lagos y aguas subterráneas. Las actividades de los microorganismos del suelo (hongos, bacterias, protozoarios, levaduras, etc.) conducen estos procesos. Cualquier factor que inhibe sus actividades entonces tiene grandes efectos en la fertilidad del suelo, y por tanto en la calidad del suelo. Relacionando las actividades de una, o en el mejor de los casos unas pocas especies de microorganismos, a la calidad del suelo es normalmente una proposición impráctica. Hay literalmente miles de especies, muchas aun esperando por identificación, y muchas cuyas funciones no están claras. Para resolver esto, se han desarrollado un número de métodos para medir los microorganismos del suelo como una sola unidad, no diferenciada, o “caja negra”- denominada la biomasa microbiana. Otros métodos pueden indicar la actividad de esta biomasa. Aun teniendo limitaciones obvias, esta aproximación nos ha permitido detectar la dirección del cambio (disminución o incrementos) en la materia orgánica del suelo y en el funcionamiento del ecosistema suelo debido, por ejemplo, a incrementos en la concentración de metales pesados, cambios en pH o a incorporaciones de residuos de cultivo. La biomasa microbiana puede ser un indicador, o un aviso temprano del cambio en las condiciones del suelo o del cambio en la calidad del suelo.

## **El concepto de calidad del suelo**

Las características químicas, físicas y biológicas del aire y agua pueden ser definidos de forma precisa y exacta debidos a su comparativamente simple estructura y composición. En cambio, el suelo es un medio mucho más complejo, que comprende el aire, agua y las fracciones vivas y no vivas del mismo suelo. Su alta complejidad y variabilidad, en el espacio y el tiempo, aun desafían grandemente el análisis completo de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, a pesar de muchos intentos por

hacerlo. Por consiguiente, una sola definición universal de “calidad del suelo” esta destinada al fracaso desde el inicio.

Desde luego, observar una disminución en la calidad del suelo puede ser más fácil, que definir lo que comprende una buena calidad de suelo. Sin embargo, a pesar de varios intentos internacionales, aun no hay un conjunto definido de indicadores básicos acordados para la evaluación. Esto es atribuido directamente aun a la dificultad en definir calidad del suelo y a la falta de acuerdo en métodos analíticos y su estandarización para que puedan ser evaluados a un nivel internacional, o aun nacional (Bloem *et al.*, 2006). A pesar de esto, la búsqueda continúa. Posiblemente, la definición que aun mejor representa el concepto de calidad de suelo fue aquella dada por Doran y Parkin (1994):

“... la capacidad del suelo para interactuar con el ecosistema para mantener la productividad biológica, la calidad ambiental y promover la salud de plantas y animales.”

### **Criterios para ser usados en la selección de posibles propiedades microbiológicas como indicadores de calidad del suelo**

Hay un número de criterios básicos que de una propiedad biológica se esperaría para cumplir como un indicador de calidad del suelo (modificado de Brookes, 1995):

1. Debe ser medida con precisión y exactitud a lo largo de un amplio rango de condiciones y tipos de suelos.
2. Que sea económica y fácilmente medida.
3. Debe permitir hacer una medición control (o background, en inglés).
4. Debe ser suficientemente sensible para indicar cambios genuinos en la calidad del suelo, ser suficientemente robusta para no dar falsas señales.
5. Necesita validez científica basada en el conocimiento científico fiable y contemporáneo.
6. Confiar en una sola propiedad puede ser inseguro. Dos o más, preferiblemente independientes, deberían ser seleccionadas. Sin embargo, su interrelación en un rango de ambientes debería ser establecido previamente.

### **Posibles indicadores microbianos de calidad del suelo**

Parámetros microbianos como indicadores de calidad del suelo caen dentro de tres principales grupos. El primero mide la población microbiana a un nivel de organismo sencillo, en el nivel de grupo funcional o a nivel de la población completa. El segundo grupo mide la actividad de toda la población, por ejemplo, mineralización de C y N orgánico del suelo. El tercero mide una combinación de ambos, actividad y población, para dar actividades específicas (Cuadro 1).

El uso de microorganismos luego de su crecimiento en medios de cultivo es rechazado completamente. Cepas puras pueden ser atípicas en forma o fisiología cuando crecen en medios artificiales luego de ser aislados de su ambiente ecológico normal. Además, esta demostrado que no más del 1% de las especies de bacterias descubiertas pueden crecer en medios de cultivo tradicionales. En vista de esto, la interpretación de resultados y extrapolación a condiciones de campo serán de poco significado. Por otra parte, el uso de enzimas del suelo puede ser cuestionable ya que la capacidad enzimática total de un suelo puede ser una función de un número de fracciones, por ejemplo, células microbianas vivas, microbios y otros organismos recién muertos, enzimas estabilizadas extra-celularmente de varias fuentes, etc.

El uso de microorganismos, en términos de biomasa, estructura de comunidad o actividad, ciertamente tiene mucho que ofrecer en este tipo de estudio. Primeramente, los microorganismos del suelo están literalmente bañados en la solución del suelo, por eso son un buen dispositivo de muestreo para la detección de contaminantes o cambios en la suplenencia de sustratos. Segundo, muchos microorganismos son en gran parte inmóviles en el suelo, estando unidos a partículas del suelo por una variedad de medios (polisacáridos o hifas). Por ejemplo, incrementos en la concentración de  $Al^{+3}$  intercambiable causados por la disminución del pH del suelo ciertamente tendrá interacción directa con la biomasa debido a las concentraciones de  $Al^{+3}$  en la corriente de difusión del suelo. Sin embargo, cualquier propiedad del suelo, sea química, física o biológica, opera dentro de un rango el cual puede ser considerado “normal”, y algunos estreses como por ejemplo, secado al aire y re-humedecimiento del suelo puede causar que la actividad microbiana fluctúe en varios ordenes de magnitud. Esto puede hacer muy difícil decidir si un parámetro observado esta indicando funcionamiento normal en un suelo particular o esta respondiendo a un estrés externo, por lo que la “calidad del suelo” pudiera ser difícil de definir en este caso.

Cuadro 1. Posibles indicadores fisicoquímicos, biológicos y bioquímicos de calidad del suelo

<i>Propiedades Fisicoquímicas</i>	<i>Población microbiana</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• C orgánico</li> <li>• N total</li> <li>• N inorgánico</li> <li>• pH</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• C-biomasa microbiana</li> <li>• N-Ninhidrina biomasa microbiana</li> <li>• ATP</li> </ul>
<i>Actividad microbiana</i>	<i>Estructura de la comunidad microbiana</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>CO_2</math>; mineralización de N</li> <li>• Respiración específica (<math>qCO_2</math>)</li> <li>• Respiración inducida por sustrato</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PLFAs</li> <li>• Ergosterol</li> <li>• ADN</li> </ul>

PLFAs = ácidos grasos fosfolipídicos; ADN = ácido desoxirribonucleico; ATP = adenosina trifosfato

### Una aproximación para evaluar los indicadores de calidad del suelo bajo diferentes usos del suelo.

Los suelos tienen muchos usos, algunos de los cuales no son intercambiables. Por ejemplo, para producir cultivos para obtener alimentos, fibra y energía se requiere una calidad de suelo muy diferente a la requerida para sostener edificios y carreteras, parques, campos deportivos y otras áreas recreativas, proveyendo drenaje y sosteniendo el hábitat natural para la vida salvaje. Por ejemplo, si un suelo sirve para sostener una carretera, una propiedad para resistir a la compactación (por ejemplo, estabilidad de agregados) es probablemente de mucho más valor que asegurarse que el suelo esta exhibiendo un alto grado de biodiversidad microbiana. Por consiguiente, a las condiciones físicas y químicas se sumarían algunas biológicas, como biomasa microbiana, presencia de especies específicas (micorrizas y fijadores de  $N_2$ ) y actividad microbiana del suelo, que pueden ser consideraciones vitales cuando se cultivan diferentes especies de plantas en la agricultura. Por consiguiente, existe una complejidad creciente de los indicadores de calidad del suelo, ya que las demandas por mejor calidad del suelo incrementan a medida que los requerimientos por mayor

complejidad de los ecosistemas aumentan. De este modo, el uso de indicadores como los perfiles de ácidos grasos fosfolípidicos (PLFAs, por sus siglas en inglés) y de ADN, permitirían evaluar el efecto de prácticas de manejo del suelo sobre la estructura de sus comunidades microbianas, así como comparar la biodiversidad microbiana de suelos bajo diferentes usos con suelos “prístinos”, es decir, no perturbados por alguna actividad humana (Figura 1).

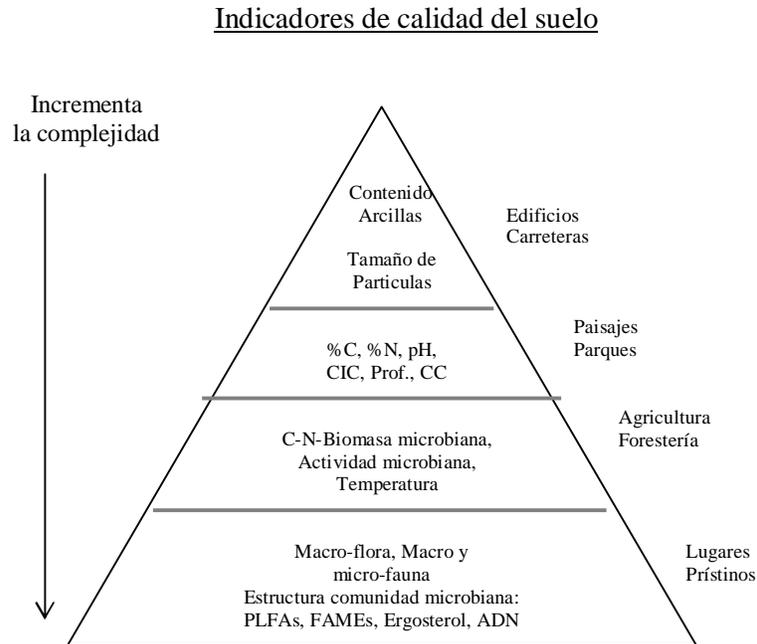


Figura 1. Pirámide jerárquica de indicadores de calidad de suelo (tomado de Brookes y Aciego, 2011)

### Conclusión:

Aplicar un indicador universal de calidad de suelo a diversas situaciones de uso tendría poco sentido. Esto nos lleva al concepto de “más adecuado para el propósito”, y una aproximación más real sería decidir los parámetros que lo indican. En el caso de los indicadores microbianos de calidad de suelos, lo más razonable sería estudiar varios que nos permitan evaluar las funciones claves del suelo, y la pregunta que sigue es: ¿estamos de acuerdo en cuales son esas funciones?.

### Referencias

- Bloem, J.; Schouten A. J.; Soren, J.; Sorensen, M. R.; Van der Werf, A.; Bruere M. (2005). Monitoring and evaluating soil quality. In: Microbiological Methods for Evaluating soil Quality. (Eds. J. Bloem, D. W. Hopkins, A. Benedetti). CABI Publishing pp. 23 – 49.
- Brookes, P.C. (1995). The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biol. Fert. Soils*, 19: 269-279.

Brookes P.C.; Aciego Pietri J.C., Wu Y., Xu J. (2011). Microbial indicators of soil quality in upland soils. In: Molecular Environmental Soil Sciences at the Interfaces of the Earth's Critical Zone. Chinese Book Chapter (In Press).

Doran J. W.; Parkin T.B. (1994). Defining and assessing soil quality. In: Doran J. W., Coleman D. C.; Bezdicek D. F.; Stewart, B. A. (Eds.). Defining Soil Quality for a Special Environment. Special Publication 35. Am Soc. Agron. Madison, Wisconsin, pp. 3-21.