



USDA Natural Resources Conservation Service



Soil Quality Indicators

INDICADORES DE CALIDAD DEL SUELO

Indicadores Químicos y Funciones del Suelo

¿Qué significa la calidad del suelo? Definiciones de calidad del suelo incluye “ajuste para su uso” y “la capacidad del suelo para su uso y función”. Combinando estas dos definiciones, la calidad del suelo es la habilidad de un suelo para poseer lo necesario para una intención de uso. Doran and Parkin (1994) definieron la calidad del suelo como la capacidad que tiene un suelo para funcionar dentro de un ecosistema y su uso con el fin de sostener la productividad biológica, mantener la calidad ambiental, y promover la salud animal y vegetal. Otra definición de calidad del suelo es su capacidad y ajuste para sostener el crecimiento de cultivos sin causar degradación del suelo o ser una amenaza para el ambiente, o simplemente, ajustarse para el propósito de su empleo (Oliver et al., 2013). La calidad del suelo a menudo se percibe como una característica abstracta de los suelos, la cual no se puede definir porque depende de factores externos como el uso y prácticas de manejo del suelo, interacciones entre el ambiente y los ecosistemas, y de prioridades de índole socioeconómicas y políticas (Pankhurst et al., 1997). La calidad del suelo se evalúa de acuerdo con las funciones específicas del suelo (Larson and Pierce, 1994). Sin embargo, las funciones del suelo no se pueden medir directamente. Algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo se usan en lugar de cuantificar la calidad del suelo de acuerdo con especificas metas u objetivos; estas propiedades se denominan indicadores de calidad del suelo.

Los indicadores de calidad del suelo son mediciones que pueden representar las condiciones del sistema o la habilidad del suelo de poseer las funciones del sistema. Los atributos de un buen indicador que pueden ser monitoreados son: sensibilidad al cambio, facilidad de medición e interpretación, métodos de medición repetibles y reversibles de modo que su incremento o decremento pueda ser detectado.

Diferentes indicadores químicos comúnmente usados se relacionan con las funciones básicas respectivas que estos miden; estas funciones básicas incluyen: (1) promoción de la biodiversidad y productividad, (2) filtración, moderación, degradación y desintoxicación de materiales orgánicos e inorgánicos, (3) control de la regulación y partición del flujo de agua y de solutos, (4) ciclo del carbono y nutrientes, y (5) proporcionar estabilidad física para las plantas y animales, así como, el soporte de estructuras asociadas a los hábitats humanos. Ver Tabla 1.

Los componentes químicos y las propiedades del suelo afectan muchas reacciones y procesos que ocurren en el ambiente del suelo; por ejemplo, el pH del suelo controla la solubilidad y movilidad de metales pesados como Al, Fe, Mn, Cu, y Zn, y nutrientes como el fósforo y también controla la toxicidad de muchos metales pesados. El pH también afecta el porcentaje de saturación, la capacidad buffer del suelo, la capacidad de intercambio catiónico (CEC), y propiedades biológicas como el crecimiento de microbios y diversidad (bacterias, excepto especies acidófilas, son muy sensibles a bajos pH, en contraste con los hongos). Así como los indicadores físicos y biológicos, los indicadores químicos son sensibles al manejo del suelo y a desordenes naturales. Las prácticas de labranza (ejemplo, labranza continua, labranza de conservación, y enmiendas orgánicas e inorgánicas) pueden cambiar los niveles de la reacción del suelo (pH), como nitratos, carbono orgánico total COT, y contenido de fósforo. El cultivo continuo sin corrección

de pH a través del encalado puede conducir a la acidificación del suelo. La aplicación continua de fertilizantes acidificadores, tal como nitrato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{NO}_3$, sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, y sulfuro elemental (S), para alcalinizar suelos de pH bajo. Las leguminosas pueden acidificar ligeramente el suelo. El agua de irrigación con altas concentraciones de sal puede inducir a la salinización del suelo (valores altos de CE).

Adicionalmente a los indicadores de la Tabla 1, otras propiedades químicas se han sugerido como potenciales indicadores de la calidad del suelo, como la CEC, porcentaje de saturación, y porcentaje de sodio intercambiable (PSI).

Estas propiedades, sin embargo, sólo son medibles en laboratorio y muy pocas propiedades químicas son medibles en el campo debido a que en condiciones de campo hay gran variabilidad de un punto a otro (micro variación), variación estacional (contenido de agua), tipo de suelo (textura), etc. A causa de las variaciones en campo la precisión de las mediciones de muchas propiedades químicas es difícil de obtener, por lo tanto, se requieren varias mediciones a través del campo (i.e., número de muestras suficientemente grande) para reducir la incertidumbre.

Los indicadores químicos que se pueden medir directamente en el campo son: pH, CE, nitrato-nitrógeno, y fósforo-fosfatos (medido por tiras de P particularmente usado en el medio oeste). Carbono reactivo se mide en laboratorio y en campo respectivamente, aunque este indicador se relaciona con la materia orgánica, los agentes químicos usados en el procedimiento pueden disolver el carbón asociado a la fracción mineral de la muestra de suelo.

Tabla 1 Muestra como diferentes indicadores químicos están correlacionados con varias funciones de calidad del suelo. Como se muestra en la tabla, un indicador puede estar relacionado con más de una función.

Tabla 1. Indicadores químicos relacionados con las funciones de calidad del suelo. (el número con asterisco indica la significancia de la correlación entre el indicador y la función. Por ejemplo, 3 asteriscos significan que el químico es mayor indicador y 1 o 2 asteriscos significa que el químico es menor indicador)

Indicador de calidad del suelo	Función del Suelo				
	Sostiene diversidad biológica, actividad y productividad "D"	Regula el flujo y la partición de agua y solutos	Filtro, búfer, degradación, detox materiales orgánico e inorgánicos "F"	Almacenamiento y ciclo de nutrientes y carbón "N"	Estabilidad física y soporte de plantas y estructuras de hábitat humana "S"
Fósforo ^b	★	★	—	—	—
Carbon reactivado ^a	★★	★	★★★	★★	★★
Conductividad eléctrica del ^b	—	★★★	—	—	—
Nitratos del suelo ^b	★	★	—	—	—
pH del suelo ^{b,d}	★★	★★★	★★★	★★★	—

^a laboratorio/método de oficina ^b método de campo ^c tiempo ^d simple observación visual

Reacción de (pH) del suelo generalmente se refiere al grado de acidez o alcalinidad del suelo. Químicamente, se define como el logaritmo de iones de (H^+) en la solución del suelo. (H^+) representa la actividad de iones de hidrógeno en solución y no la concentración de iones de hidrógeno, la cual se

representa como $[H^+]$. La escala de pH varía entre 0 y 14; un pH igual a 7 se considera neutral. Si el valor del pH es mayor de 7, la solución se considera básica o alcalina; y si es menor de 7, la solución es ácida.

Es importante tener en cuenta que la escala del pH está en unidades logarítmicas entonces un pequeño cambio en las unidades de pH puede significar grandes cambios en el ambiente químico y sensibilidad en procesos biológicos. Por ejemplo, un suelo con pH igual a 5 es 10 o 100 veces más ácido que un suelo con pH de 6 o 7, respectivamente. Fuentes de iones de H^+ en la solución del suelo incluye ácido carbónico que se produce cuando el dióxido de carbono (CO_2) a partir de la descomposición de la materia orgánica, la respiración de la raíz y la atmosfera del suelo se disuelve en el agua del suelo. Otras fuentes de iones de H^+ iones liberadas por la raíz son, reacción de iones de aluminio (Al^{3+}) con el agua, nitrificación de amonio a partir de fertilizantes y de la mineralización de materia orgánica, reacción de compuestos de sulfuro, agua lluvia, y lluvia ácida. Ciertos suelos son más resistentes a caídas o incrementos en el pH (capacidad buffer). Entonces, los requerimientos de limo, que son la cantidad cal o carbonato de calcio ($CaCO_3$) que se necesita para aumentar el pH de un suelo ácido a un nivel deseado, se debe determinar específicamente en las parcelas antes de la enmienda del suelo. Algunos cultivos pueden o no tolerar suelos ácidos para su crecimiento, mientras que otros pueden o no crecer adecuadamente en suelos alcalinos. La mayoría de cultivos crece bien en suelos con pH entre 6 y 7.5; sin embargo, pocos cultivos prefieren o suelos ácidos o alcalinos.

Carbón Reactivo (CR), También conocido como permanganato de carbón oxidable (POC) o carbón activado, es una fracción de la materia orgánica del suelo (SOM) reservorio de C que es oxidable en la presencia de permanganato de potasio en solución. Carbón oxidado por este compuesto incluye el C más fácilmente degradable por microorganismos y provoca la liberación de minerales del suelo, lo cual hace más complicada la interpretación de CR. Debido a esta asociación con la fracción mineral, CR se considera un indicador químico y no un indicador biológico. Sin embargo, un proyecto de investigación reciente llevado a cabo en variados rangos ambientales y condiciones de manejo (12 estudios) mostró que POC estuvo significativamente relacionado con partículas de carbono, carbón proveniente de la biomasa microbial (CBM) y, en un estudio, con carbono orgánico del suelo.

El tiempo de residencia de CR se estima entre 2 y 5 años, en contraste con el carbono recalcitrante (ed. humus) que permanece cientos a miles de años. El carbón reactivo se origina de varias fracciones de MOS que incluyen material orgánico, biomasa microbial del suelo, partículas de materia orgánica, y otros compuestos orgánicos fácilmente metabolizables, tales como carbohidratos (azúcares) y proteínas (aminoácidos), así como también C unido débilmente a los minerales del suelo. A causa de su relativa corta duración o permanencia, CR es más sensible a cambios de manejo que afectan el C del suelo en agro sistemas que el COT. El carbono reactivo se puede usar como indicador del cambio producido por el cultivo y prácticas de manejo del suelo que hacen variar el contenido de MOS.

Conductividad eléctrica del suelo (CE) mide la capacidad del agua del suelo para conducir corriente eléctrica. La conductividad eléctrica es un proceso electrolítico que se desarrolla principalmente por el agua que llena los espacios porosos; cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , and NH_4) y aniones (SO_4 , Cl , NO_3 , and HCO_3) provenientes de sales disueltas en el agua del suelo arrastran cargas eléctricas y conducen la corriente eléctrica. Consecuentemente, la concentración de iones determina la CE de los suelos. En agricultura, CE se usa principalmente como una medida de salinidad (véase Tabla 1); sin embargo, en suelos no salinos, CE puede ser una estimación de otras propiedades del suelo, tal como, humedad del suelo, profundidad de suelo, y contenido de nutrientes (e.d. concentración de nitratos). CE se expresa en deciSimens por metro (dS/m). Suelos con CE mayores de 4 mmhos/cm (4 dS/m) medido en el extracto saturado son salinos, por lo que el crecimiento de cultivos sensibles a la salinidad es restringido. Recientemente, se han usado sensores para mapear la conductividad eléctrica y deducir la concentración de nitratos, Smith and Doran (1996) reportaron incrementos de nitratos acompañados de incrementos en CE.

Traducción

Melba Salazar-Gutierrez, Professor, Biological Systems Engineering Department and Bernardita Sallato, Regional Tree Fruit Extension Specialist, Agriculture, and Natural Resources Unit. Washington State University.

References

- Doran, J.W., and T.B. Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. *In* Doran et al. (eds.) *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, pp. 3-22. SSSA/ASA, Madison, WI.
- Culman S.W., and others. 2011. Permanganate oxidizable carbon reflects a processed soil fraction that is sensitive to management. *Soil Science Society of America Journal* 76:494-504.
- Larson, W.E., and F.J. Pierce. 1994. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. *In* Doran et al. (eds.) *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, pp. 37-52. SSSA Special Publication 35:37-52.
- Lucas, S.T., and R.R. Weil. 2012. Can a labile carbon test be used to predict crop responses to improve soil organic matter management? *Agronomy Journal* 104:1160-1170.
- Oliver, D.P., R.G.V. Bramley, D. Riches, I. Porter, and J. Edwards. 2013. Soil physical and chemical properties as indicators of soil quality in Australian viticulture. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 19:129-139.
- Pankhurst, C E., B.M. Doube, and V.V.S.R. Gupta. 1997. Biological indicators of soil health: Synthesis. *In* C.E. Pankhurst, B.M. Doube, and V.V.S.R. Gupta (eds.) *Biological Indicators of Soil Health*.
- Smith, J.L., and J.W. Doran. 1996. Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analysis. *In* *Methods for Assessing Soil Quality*. Soil Science Society of America Special Publication 49:169-185.