

LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LOS SUELOS FORESTALES. UNA MIRADA A DIFERENTES ESCALAS

Guido Lorenz

Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano (S) 1912, 4200 Santiago del Estero, Argentina; lorenz.guido@gmail.com

RESUMEN

La evaluación de servicios ecosistémicos representa una herramienta útil en el procedimiento de ordenamiento territorial. En esta breve reseña, se analizan el rol de los suelos en la valoración de servicios ecosistémicos, las múltiples funciones del suelo y su evaluación y la interrelación específica entre bosques y suelos. Los bosques se destacan como sistemas de mayor entrega de servicios ambientales, y entre bosques y suelos existen interacciones específicas que generan una sinergia en cuanto a funciones y servicios. Se destaca la necesidad de avanzar en la evaluación multi-funcional de los suelos, para dar visibilidad al suelo y así promover su consideración en la sociedad en general y específicamente en la valoración de servicios ecosistémicos y en el planeamiento ambiental. Recae un rol especial, en este contexto, en los suelos forestales.

INTRODUCCIÓN

Los servicios ecosistémicos son los servicios y bienes que se derivan del funcionamiento de los ecosistemas y que contribuyen al bienestar humano (Costanza et al. 1997; *Millennium Ecosystem Assessment* 2005). De acuerdo con la clasificación del *Millennium Ecosystem Assessment* (2005), se distinguen servicios de provisión, de regulación, culturales y de soporte. El modelo de cascada (Haines-Young and Potschin 2010) refleja la interrelación entre componentes ecosistémicos, su funcionamiento y la entrega de servicios una valoración.

Ante el crecimiento de la población mundial y problemas socio-ambientales, es indispensable un planeamiento ambiental orientado en las 17 metas para el desarrollo sostenible. En este sentido, en el procedimiento de planeamiento ambiental, en el cual se analizan escenarios de modificación del paisaje en cuanto a su impacto ambiental, la evaluación de los servicios ecosistémicos se inserta como una herramienta útil, por ser un valor guía del funcionamiento del sistema y calidad ambiental (Albert, Geneletti, and Kopperoinen 2017).

ROL DE LOS SUELOS EN LA EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

En cuanto a la evaluación de los servicios ecosistémicos, un método comúnmente aplicado asocia un tipo uso de la tierra con un grado de provisión de diferentes servicios (Martínez-Harms and Balvanera 2012). De esta manera, se generan matrices en las cuales se relacionan tipos de uso de la tierra con la asignación de diferentes servicios, cuya evaluación se basa en revisión bibliográfica y juicios de expertos (Burkhard et al. 2009; Koschke et al. 2012; Martínez-Harms and Balvanera 2012).

En este contexto, considerando los trabajos de Burkhard et al. (2009) y Koschke et al. (2012), se destacan los bosques como los sistemas con mayor entrega de servicios ecosistémicos, en número y grado de provisión, en comparación a otros ecosistemas terrestres.

Respecto a la cuestión del rol del suelo en esta valoración, hay que ver que se evalúa el bosque, representando un ecosistema terrestre de muchos componentes. Si bien se sabe que el suelo da el soporte para el bosque y representa un sub-sistema del mismo, no hay una consideración explícita en la valoración. A menudo no existe un imaginario claro de cuáles

son las diferentes funciones, quedando el suelo, con sus funciones, como una caja negra, o por lo menos gris, en cuanto a este esquema de evaluación (fig. 1). Estas apreciaciones se confirman en una revisión de métodos de evaluación funcional de Greiner et al. (2017) y de la integración de los suelos en estimaciones de SE de Adhikari and Hartemink (2016).

Sin conocer todavía exactamente cuáles son las funciones y servicios de los suelos, podemos y debemos exigir que se dé visibilidad a estas funciones del suelo y, en un escenario ideal, se integren las mismas en la evaluación de los servicios ecosistémicos (fig. 1).

Ante esta perspectiva, reconocer y visibilizar las múltiples funciones del suelo y su importancia para los ecosistemas terrestres y el humano son pasos necesarios para que los suelos encuentren su consideración en la sociedad y específicamente en el planeamiento ambiental, en concordancia con las líneas de acción propuestas por la Declaración de Viena (IUSS, FAO, IAEA 2015) y la Carta Mundial de Suelos revisada (FAO 2015).

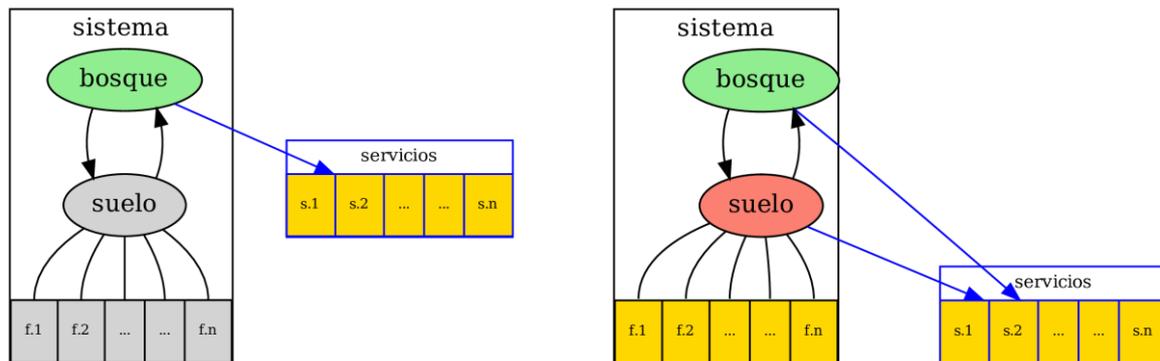


Fig. 1 Modelos de evaluación de los servicios ecosistémicos: estado actual (izquierda): evaluación del sistema, sin conocer y sin considerar las funciones del suelo; modelo deseado (derecha): funciones del suelo conocidas, evaluación de los servicios ecosistémicos, integrando la evaluación de las diferentes funciones del suelo

La evaluación multi-funcional del suelo

La perspectiva multi-funcional del suelo se inicia en los años 70 en la escuela europea, cuando autores como Schlichting (1978) y Blume (1990) hablan de las funciones del suelo en la ecosfera y empiezan a identificar y conceptualizar las diferentes funciones edáficas. En estos tiempos cae también la creación del término “piel de la tierra”, desde la escuela francesa (Ruellan 1985), concepto que posteriormente se adopta en la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (IUSS Working Group WRB 2006; Nachtergaele 2005). Con ello, se refuerza la idea de un sistema continuo en la superficie terrestre, con funciones vitales para la tierra respectivamente para los ecosistemas terrestres.

En cuanto a la múltiples funciones del suelo en el ambiente, podemos diferenciar 6 diferentes clases, de acuerdo con Blume (1990; H.-P. Blume et al. 2016a): (i) La función biológica, de sitio para la vegetación y de hábitat para organismos del suelo, responsable para la biodiversidad en general. (ii) La función de regulador, que se refiere a los ciclos de materia y energía, donde la regulación del ciclo de agua en el paisaje ocupa un lugar destacado. (iii) La función de filtro ambiental efectivo, a través de diferentes procesos químicos, físicos y biológicos, responsable de la calidad de otros compartimentos de la ecosfera. (iv) La función de fuente de materiales, como por ejemplo de minerales, materiales de construcción o combustible. (v) La función de archivo histórico, develando la historia natural de la tierra y el desarrollo de las culturas humanas. (vi) La función de área, que se refiere al uso antrópico de la superficie para fines de construcción, el depósito de residuos y actividades de recreación.

Metodológicamente, en la evaluación funcional se procede en identificar y evaluar las diferentes funciones específicas, mediante diferentes parámetros edáficos y ambientales, obteniendo así un perfil funcional de cada suelo (Ad-hoc-AG Boden 2007; Senate Department for Urban Development Berlin (ed.) 2018; Hochfeld, Gröngröft, and Miehlich 2003; Lehmann, David, and Stahr 2013; Lorenz 2016). Partiendo de mapas de suelos, se generan entonces capas de información de las funciones específicas de suelos, que se podrán usar en contextos de planificación o de evaluación de servicios ecosistémicos.

Entonces, ante la falta de la integración de los suelos en la evaluación de los servicios ecosistémicos, los métodos de evaluación multi-funcional ofrecen una opción para dar

visibilidad al suelos con sus diversas funciones ambientales. En este contexto surgen también incógnitas acerca de la disponibilidad de métodos, su aplicabilidad en diferentes contextos y escalas y la necesidad de la información de base, aspectos que analiza Greiner et al. (2017) en su revisión de las metodologías existentes. Finalmente Adhikari and Hartemink (2016) analizan en qué medida se integran los suelos en las evaluaciones de servicios ecosistémicos.

Interrelaciones específicas entre bosques y suelos

Enfocando los suelos forestales en cuanto a la provisión de servicios ecosistémicos, se tiene que considerar la interrelación entre bosques y suelos respecto a componentes, características y funcionamiento del sistema en sí y específicamente del sub-sistema suelo.

El bosque tiene, en comparación con otras coberturas vegetales, efectos peculiares y específicos en el suelo, que se dan por su cobertura permanente, proporcionando una muy buena protección física del suelo, la deyección de la mayor parte de los materiales orgánicos por la superficie, la provisión de materiales orgánicos diversos en su composición química y un enraizamiento profundo que involucra una mayor sección de la edafosfera en el ciclado de materiales y energía.

En base a la distribución de bosques (FAO 2020) y las zonas de suelos (H.-P. Blume et al. 2016b), se enfocan aquí tres sistemas boscosos, representativos de vastas regiones a nivel mundial: los bosques de zonas templadas frías, con suelos Podzoles, la selva tropical con Ferralsoles y las zonas de bosques de montaña, sobre Leptosoles.

En el caso de los bosques de zonas templadas frías, los suelos Podzoles reflejan una morfología muy peculiar, condicionada por los factores ambientales, con una incidencia especial de la vegetación boscosa. Estos ecosistemas cumplen servicios esenciales a escala global y local, que son ampliamente reconocidos. Hay que mencionar en ese contexto los bosques de *Nothofagus* en Tierra del Fuego sobre Podzoles, donde el factor relieve agrega más fragilidad al sistema. En cuanto al suelo, se destaca la función de sitio de vegetación y hábitat de organismos. A su vez, son importantes sumideros de carbono, por sus gruesos horizontes orgánicos, producto de la vegetación arbórea y una escasa transformación. Si bien las presiones antropogénicas locales son algo menores, al ser zonas climáticamente no aptas para la agricultura, existen las amenazas de sobre-explotación de bosques y el cambio global, con problemas de sequías y aumento del riesgo de fuego, como se lo experimentó en el año 2020 en Siberia.

En cuanto a la selva tropical, con suelos Ferralsoles, estamos hablando de ecosistemas de alta biodiversidad y máxima productividad, donde el Ferralsole, un suelo de alto grado de alteración geoquímica, alta capacidad de reciclar materiales orgánicos y muy buena capacidad de regulación del balance de agua, contribuye a la entrega de servicios ambientales. A pesar de una densidad poblacional baja, la presión antropogénica es alta, y la deforestación en esta ecozona lleva típicamente a una degradación muy intensa del suelo, debido a la agresividad climática. En este contexto, representa un sistema sensible, con baja capacidad de restauración.

En cuanto a los bosques en montañas, sobre Leptosoles, suelos delgados en zonas montañosas, el bosque cumple en primer lugar la función de protección de esta piel de la tierra, aquí aún más delgada. La deforestación en estos lugares lleva rápidamente a la pérdida total del suelo, con su conjunto de servicios ambientales. Ejemplo histórico de una degradación ambiental de este tipo es España, que en tiempos coloniales procedió en la deforestación de zonas montañosas, que posteriormente quedaron como desérticas.

En los tres ambientes, la interacción bosque - suelo da su impronta en una sinergia en cuanto a procesos, funciones y servicios ecosistémicos. A su vez, la eliminación del bosque genera impactos muy importantes a escala local y global, porque se trata de sistemas sensibles a la intervención humana y con baja capacidad de resiliencia. Queda evidenciado, para estas situaciones, que los suelos bajo sistemas forestales desempeñan muchas funciones y servicios específicos, que no se tendrían en la misma calidad en otros sistemas.

No obstante, en el presente, no se disponen todavía de mapas funcionales de suelos, para gran parte de zonas del mundo, y mucho menos para áreas de vegetación natural. Considerando que los bosques son los sistemas de mayor prestación de servicios ambientales y que hay interrelaciones específicas entre bosques y sus suelos asociados, habrá que dar énfasis en el mapeo de las funciones y servicios de los suelos forestales, con especial consideración de las amenazas.

CONCLUSIONES

- Los suelos se consideran como sub-sistemas esenciales para los ecosistemas terrestres y los humanos;
- No obstante, en la evaluación de servicios ecosistémicos, la contribución de los suelos en las mismas se encuentra poco integrada, hasta el momento;
- Es necesario avanzar en la evaluación multi-funcional de suelos y generar mapas de funciones y servicios de suelos, como un insumo base para un ordenamiento territorial bajo las metas del desarrollo sostenible;
- Es importante aumentar la interacción de la ciencia del suelo con otras disciplinas y ámbitos de la sociedad, para lograr una mayor visibilidad del suelo y su importancia;
- Los bosques representan sistemas con la mayor entrega de servicios ambientales, entonces recae un especial interés en los suelos forestales, como parte del sistema;
- Entre bosques y suelos se generan una interdependencia e sinergia en cuanto a funciones y servicios ambientales, que hay que considerar en el planeamiento ambiental;
- Hace falta identificar, visibilizar y evaluar las múltiples funciones de los suelos forestales;
- Desafíos específicos a atender en cuanto a la interrelación bosques - suelos serían: las amenazas, la restauración de tierras degradadas y la silvicultura urbana.

BIBLIOGRAFÍA

Adhikari, K, & A E Hartemink. 2016. "Linking Soils to Ecosystem Services - a Global Review." *Geoderma* 262: 101–11.

Ad-hoc-AG Boden. 2007. "Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens, der Gefahr der Entstehung schädlicher Bodenveränderungen sowie der Nutzungsfunktion 'Rohstofflagerstätte' nach Bbodschg sowie der Empfindlichkeit des Bodens gegenüber Erosion und Verdichtung." Hannover: Ad-hoc-AG Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.

Albert, C, D Geneletti, & L Kopperoinen. 2017. "Application of Ecosystem Services in Spatial Planning." In *Mapping Ecosystem Services*, edited by Benjamin Burkhard and Joachim Maes, 305–9. Advanced Books. Sofia, Bulgaria: Pensoft Publishers.

Blume, H P 1990. "Einführung." In *Handbuch des Bodenschutzes*, edited by H P Blume, 1–3. Landsberg: Ecomed-Verlag.

Blume, H-P, G W Brümmer, H Fleige, R Horn, E Kandeler, I Kögel-Knabner, R Kretzschmar, K Stahr, & B-M Wilke. 2016a. *Scheffer/Schachtschabel Soil Science*. Berlin: Springer.

———. 2016b. "Soil Geography." In *Scheffer/Schachtschabel Soil Science*, 391–498. Berlin: Springer.

Burkhard, B, F. Kroll, F Müller & W Windhorst. 2009. "Landscapes' Capacities to Provide Ecosystem Services - a Concept for Land-Cover Based Assessments." *Landscape Online* 15 (1): 1–22.

Costanza, R, R d'Arge, R de Groot, S Farber, M Grasso, B Hannon, S Naeem, et al. 1997. "The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital." *Nature* 387: 253–60.

FAO 2015. "Carta Mundial de Los Suelos." Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

———. 2020. *Global Forest Resources Assessment 2020: Main Report*. Rome.

Greiner, L, A. Keller, A. Grêt-Regamey & A Papritz. 2017. "Soil Function Assessment: Review of Methods for Quantifying the Contributions of Soils to Ecosystem Services." *Land Use Policy* 69: 224–37.

Haines-Young, R & M Potschin. 2010. "The Links Between Biodiversity, Ecosystem Services and Human Well-Being." In *Ecosystem Ecology: A New Synthesis*, edited by D. G. Raffaelli and Ch. L. J. Frid, 110–39. Cambridge, New York: University Press. British Ecological Society.

Hochfeld, B, A Gröngröft, & G Miehlich. 2003. "Grossmassstäbige Bodenfunktionsbewertung Für Hamburger Böden. Verfahrensbeschreibung Und Begründung." Hamburg, Germany: Institut für Bodenkunde, Universität Hamburg.

IUSS, FAO, IAEA. 2015. "Declaración Del Suelo de Viena: 'El Suelo Importa Para Los Seres Humanos Y Los Ecosistemas'." Union of Soil Science (IUSS), Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO), International Atomic Energy Agency (IAEA).

IUSS Working Group WRB. 2006. *World Reference Base for Soil Resources 2006*. 2nd ed. World Soil Resources Reports 103. Rome: FAO.

Koschke, L, C Fürst, S Frank & F Makeschin. 2012. "A Multi-Criteria Approach for an Integrated Land-Cover-Based Assessment of Ecosystem Services Provision to Support Landscape Planning." *Ecological Indicators* 21: 54–66.

Lehmann, A, S David & K Stahr. 2013. *TUSEC - Bilingual-Edition: Eine Methode Zur Bewertung Natürlicher Und Anthropogener Böden (Deutsche Fassung). Technique for Soil Evaluation and Categorization for Natural and Anthropogenic Soils (English Version)*. 2nd ed. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte 86. Universität Hohenheim.

Lorenz, G 2016. *Guía de Evaluación Ecológica de Suelos*. 2nd ed. Serie Didáctica 8. Santiago del Estero, Argentina: Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero.

Martínez-Harms, M J & P Balvanera. 2012. "Methods for Mapping Ecosystem Service Supply: A Review." *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* 8 (1-2): 17–25.

Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press.

Nachtergaele, F 2005. "The 'Soils' to Be Classified in the World Reference Base for Soil Resources." *Euras. Soil Sci.* 38: 13–19.

Ruellan, A 1985. "Les Sols Dans Le Paysage." *Cahiers ORSTOM, Série Pédologique* 21: 133–217.

Schlichting, E 1978. "Funktionen von Böden in Der Ökosphäre." *Daten U. Dokumente Z. Umweltschutz* 22: 9–12.

Senate Department for Urban Development Berlin (ed.). 2018. "Berlin Environmental Atlas." Berlin. <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/> (accessed 06/2018).