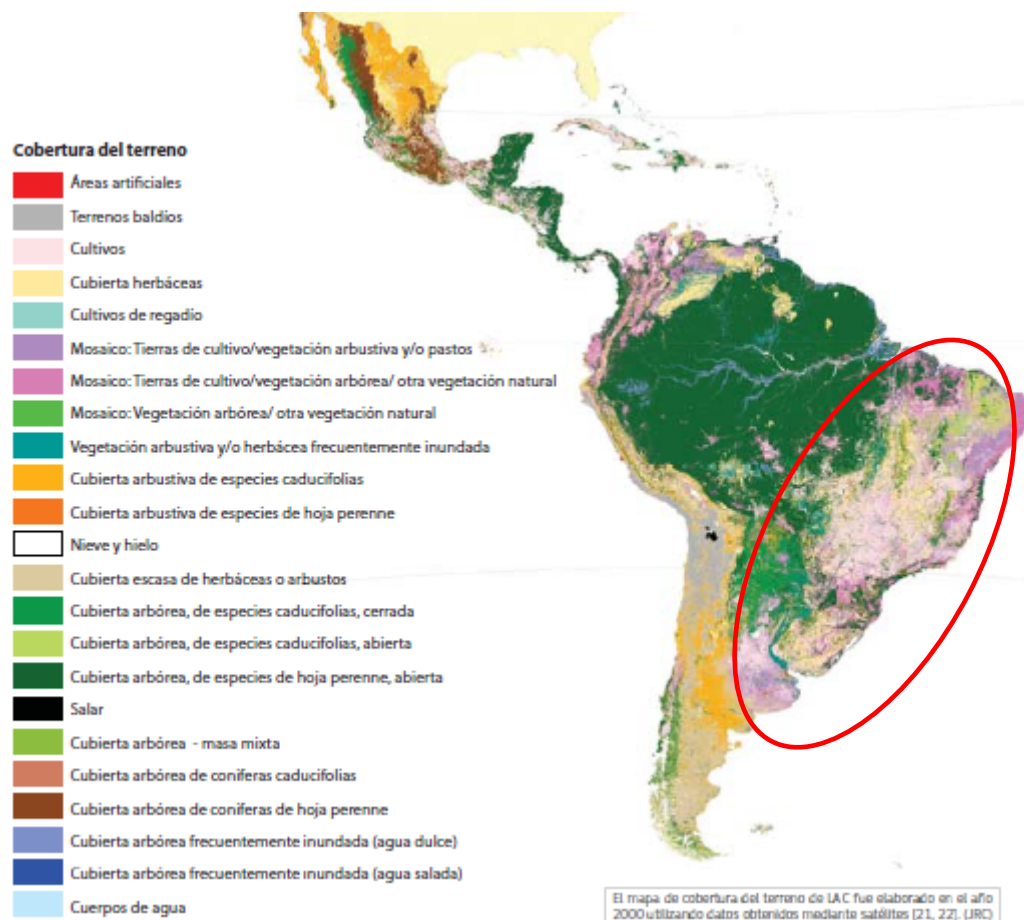


Indicadores de sostenibilidad de los suelos agropecuarios del MERCOSUR

Miguel A. Taboada

Los países que componen el MERCOSUR cubren 11.890.444 km², representando alrededor de las dos terceras partes de la superficie de Sudamérica, con una participación mayoritaria de Brasil y de la Argentina. A partir de información cartográfica (Gardi et al., 2014), se aprecia que la mayor superficie cubierta con tierras aptas para cultivo se presenta en zonas cubiertas originalmente por los biomas “Bosque latifoliado húmedo tropical” y los ii) Pastizales templados, sabanas y matorrales” (Figura 1). Los suelos originales de esos biomas abarcan desde los de tipo laterítico, Acrisoles, Ferralsoles y Plintosoles (FAO 2021), de mediana a alta meteorización, ácidos y poco fértiles desarrollados bajo vegetación boscosa, y los suelos pampeanos naturalmente fértiles o Phaeozems(FAO 2021) desarrollados bajo clima templado y vegetación de pastizal.

Figura 1. Mapa de cobertura del terreno en Centro- y Sudamérica*



*Se indica la zona perteneciente a países del MERCOSUR.

Fuente: Gardi et al. (2014).

Amenazas para los suelos

Al igual que en otras regiones del mundo que han tenido procesos migratorios durante los siglos 19 y 20, el desarrollo de agricultura y ganadería en estos biomas del Mercosur se

remonta a más de un siglo atrás, lo cual ha dado lugar a picos repetidos de cambios de uso de la tierra, en forma de deforestación en áreas boscosas tropicales y subtropicales y reemplazo de pastizales en áreas templadas, en ambos casos para implantar pasturas megatermicas para ser usadas en pastoreo directo, y cultivos anuales para cosecha. Ello ha causado pérdidas del orden de entre 30 y 60% de carbono orgánico del suelo (COS). Estas pérdidas de COS constituyen según un estudio la amenaza más importante y difundida para el funcionamiento de los ecosistemas y de los suelos (FAO e ITPS 2015). Estas pérdidas de carbono han sido causadas principalmente por el uso de labranzas agresivas durante el siglo 20. La adopción masiva de la siembra directa (SD) en muchas regiones del Mercosur a partir de fines del siglo 20 ha detenido la tasa de las pérdidas de COS. En algunos sitios, incluso, se ha observado recuperación de los niveles de COS, en general asociado a la combinación de SD con rotaciones más intensivas y nutrición de cultivos balanceada (Andrade et al. 2017).

En los últimos años, la aparición de cambios climáticos, especialmente lluvias más intensas y concentradas y mayor evaporación, ha comenzado a provocar cambios en el ritmo y la intensidad de amenazas como la erosión, las inundaciones y desertificación (IPCC, 2014). Al mismo tiempo, también han aumentado otras amenazas a los suelos y los servicios de los ecosistemas, como la biodiversidad la cantidad y calidad del agua.

Estas pérdidas de COS, causadas por manejos de labranzas y de pastoreo muy agresivos durante gran parte del siglo 20, condujeron a la segunda amenaza para los suelos: los procesos de erosión hídrica. La erosión ya ha causado pérdidas irreversibles de suelo en muchas regiones, lo cual ha dejado al descubierto subsuelos poco fértiles e improductivos y ha colapsado con sedimentos muchos cursos de agua y represas.

La salinización y sodificación naturales o primarias son bastante comunes en las regiones áridas y semiáridas denoreste de Brasil, la región Chaco-Pampeana y el sur de Argentina. En parte, esta amenaza es de origen humano a causa de incorrectas tecnologías de riego y drenaje y uso de aguas de riego de deficiente aptitud. La deforestación de tierras bajas boscosas para producir cultivos anuales (soja, algodón, etc.) también ha llevado a la salinización o sodificación en áreas donde el nivel freático ha aumentado su nivel.

Otra amenaza es la compactación y la degradación física de los suelos (**Figura 2**). Entre las causas que han favorecido la compactación, se mencionan a: as i) rotaciones de cultivos poco intensificadas, con largos periodos de barbecho y escaso aporte de carbono a los suelos, e ii) el intenso tránsito de maquinaria agrícola, en especial el tránsito de cosechadoras y carros de cereales cargados en cultivos de alto tonelaje cosechado como maíz.

Figura 2. Suelo compactado superficialmente en Chaco, Argentina y planta de algodón con su raíz doblada mostrando las consecuencias.



Fuente: M. A. Taboada.

El uso de plaguicidas se multiplicó muchas veces desde 1960 hasta hoy (Rosegrant et al., 2014). En consecuencia, estos productos están presentes en el aire, en el suelo, en el agua superficial y subterránea y en los alimentos, y son la principal fuente de contaminación no puntual del medioambiente (varios autores citados por Andrade et al. 2017). Los plaguicidas actualmente utilizados son activos en dosis bajas, menos tóxicos (considerando toxicidad aguda), menos persistentes dependiendo del tipo de producto y, por lo tanto, más seguros comparados con los plaguicidas antiguos (Viglizzo et al., 2011). Estos efectos negativos se deben en gran parte a deficiencias en la aplicación, a la poca conciencia sobre el impacto ambiental por parte de quienes realizan los trabajos y a los escasos controles de las autoridades.

Existe creciente preocupación con los residuos de la descomposición del herbicida glifosato (AMPA), ampliamente aplicado con manejos en SD. Su llegada a las aguas superficiales es riesgosa por su alto potencial mutagénico y carcinogénico. El problema surge por su muy elevado uso en la Argentina y por las dosis excesivamente elevadas, especialmente en planteos agrícolas como el monocultivo de soja (varios autores citados por Andrade et al. 2017). Cabe señalar que estos problemas de contaminación y sus riesgos representan una amenaza de mayor gravedad en Europa y Asia (China y la India). En el primer caso asoma como un factor importante la larga historia industrial del continente, el uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas, y el manejo inadecuado de residuos y efluentes en países de Europa Oriental. En el caso de China y la India, la principal fuente es la contaminación química geogénica y antropogénica, con diferencias notables entre países desarrollados y en vías de desarrollo en cuanto a su remediación (FAO y UNEP 2021). La **Tabla 1** muestra un análisis comparativo de las principales amenazas sobre los suelos en países compradores (Europa, Estados Unidos, China e India) y en países competidores (Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda).

Tabla 1. Amenazas sobre la condición del suelo y su situación en diferentes regiones del mundo.

Amenaza sobre la condición del suelo	MERCOSUR	Europa	EEUU	China e India	Australia y Nueva Zelanda
<i>Erosión del suelo</i>				1	
<i>Cambio en el contenido de carbono orgánico</i>	2	3			
<i>Desbalance de nutrientes</i>	3	2	1	2	
<i>Salinización y sodificación</i>	3				
<i>Sellado del suelo y agriculturización de tierras</i>				3	
<i>Pérdida de biodiversidad</i>	2				
<i>Contaminación</i>		2		3	
<i>Acidificación de suelos</i>		1	2		
<i>Compactación de suelos</i>	2			3	
<i>Anegamiento de suelos</i>					

Rojo: amenaza severa; **amarillo:** amenaza importante y/o creciente. **Verde:** amenaza poco importante. Los números indican el ranking de importancia, en base a su frecuencia e intensidad.

Fuente: adaptado de FAO e ITPS (2015).

Sólo por la cantidad de amenazas identificadas en el estudio de FAO e ITPS (2015), surge que los suelos se hallan en mejor condición en los países de Oceanía, y en menor grado también en Estados Unidos. Los suelos de los países del MERCOSUR y de sus principales países compradores (China e India) están afectados por varias amenazas, siendo la erosión del suelo las más severa de todos. Un ejemplo paradigmático es observar lo que sucede con la zona de tierras negras del valle de Provincia de Heilongjiang (China), donde la erosión en cárcavas ha generado pérdidas totales de suelos productivos (**Figura 3**).

Figura 3. Cárcava de erosión en un suelo Molisol de la provincia de Heliangjiang (izquierda); recuperación de una cárcava con “peines” y “gaviones” en el mismo valle (derecha).



Fuente: Dr.Xingyi Zhang Northeast Institute of Geography and Agroecology Chinese Academy of Sciences, Harbin, 150081, China

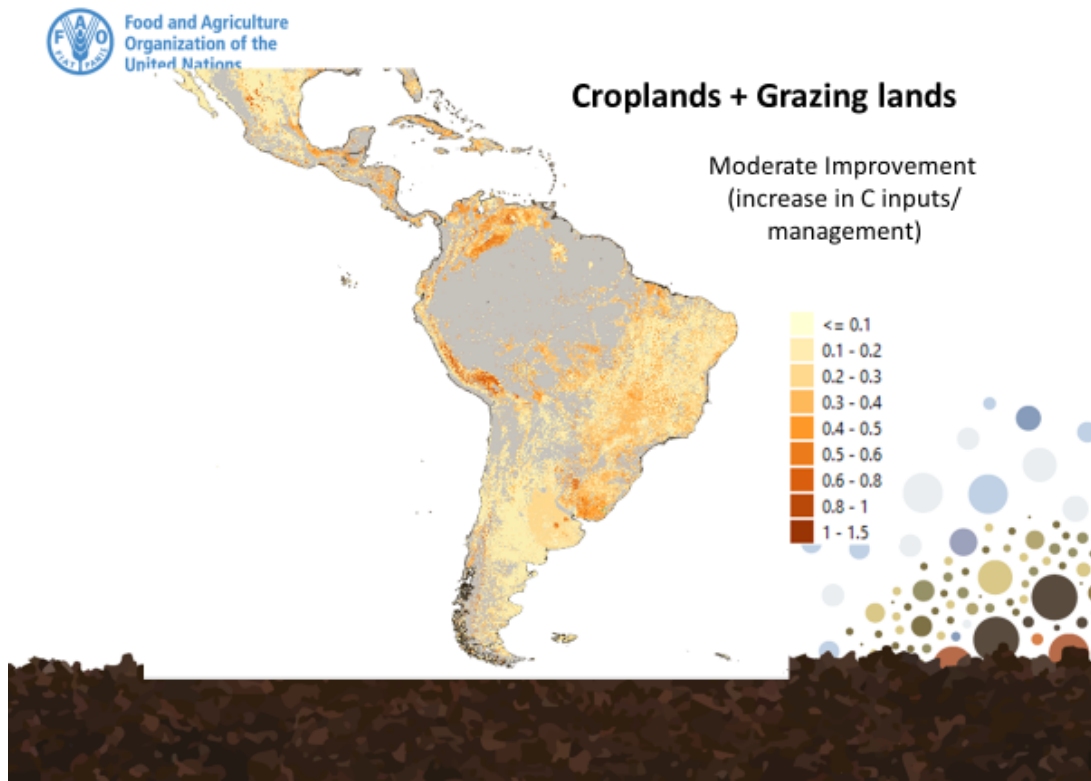
La principal diferencia que se advierte con los suelos del MERCOSUR, tanto con respecto a Europa como a China e India, es la competencia de tierras urbanas y agrícolas causadas por la mayor densidad de población, que causa sellado de suelos de aptitud agrícola y la mayor contaminación y la acidificación de los suelos, en este caso, asociados a mayor uso de fertilizantes nitrogenados (napas subterráneas) y fosforados (eutroficación de aguas superficiales). Estos problemas de desbalance de nutrientes también son observables en Estados Unidos, como productos de las altas dosis de fertilizantes que se usan (**Tabla 1**). Es interesante notar que en Europa Central y del Este, aún subsiste el problema de la contaminación de suelos con elementos radioactivos, resultantes de la explosión de la planta de Chernóbil en Ucrania hace 35 años (FAO y UNEP 2021).

El futuro: Recarbonizar los suelos

Recarbonizar los suelos del mundo es clave para restaurar su calidad y funcionamiento. Esta posibilidad depende de varios factores, entre los que se destacan el tipo de suelo, su textura, su nivel inicial de materia orgánica y capacidad de saturación de carbono, y los aportes de carbono externos por residuos y enmiendas orgánicas (Lefeverre et al. 2017; FAO 2019; 2020 a). Esta posibilidad se basa en las denominadas “Soluciones basadas en la naturaleza”, recientemente analizadas por el Informe de Cambio Climático y Tierra de IPCC (IPCC SRCCL) (IPCC 2019). Es posible lograr incrementos de carbono equivalente del orden de 0,3 a 3 Gt CO₂eq por año, con practicas basadas en el buen manejo de los suelos y de los ecosistemas. (IPCC 2019; Smith et al. 2019; McElwe et al. 2020),

Un estudio en elaboración de FAO muestra que con mejoras moderadas, los niveles de incremento de carbono estimados en suelos del MERCOSU varían entre 0,3 a 1,5 t C/ha año, o sea, 1 – 5,5 t CO₂eq/ha año (**Figura 4**).

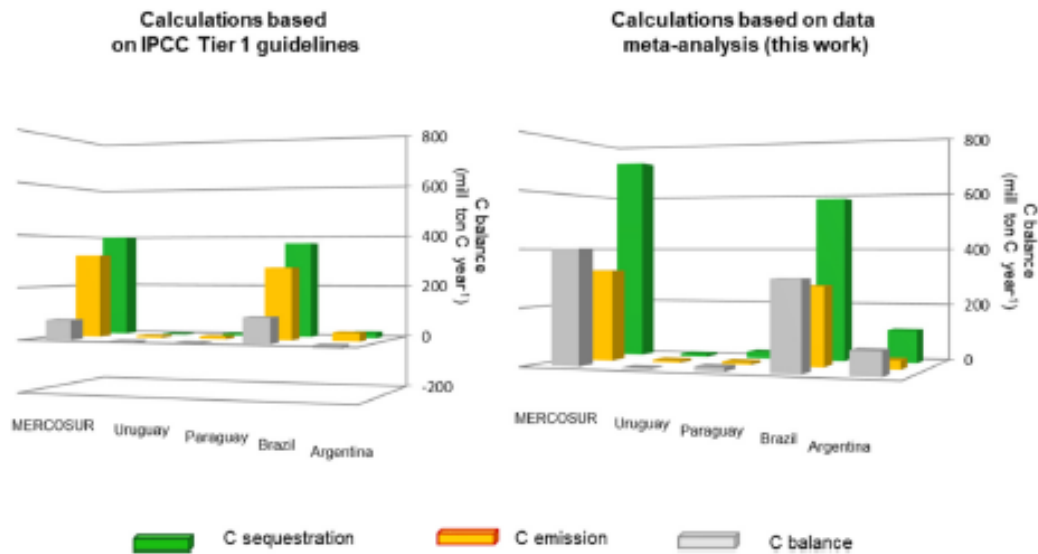
Figura 4. Predicciones de aumentos de carbono del suelo usando en base a modelización Roth C y prácticas de manejo usuales en tierras agrícolas y de pastoreo en Centro- y Sudamérica.



Fuente: Global Soil Organic Carbon Sequestration Potential Map (GSOCseq). (FAO 2020b).

Existe mayor probabilidad de recarbonización en los suelos de pastizal, pasturas, arbustales y sabanas, destinados a pastoreo directo (Viglizzo et al. 2019). A diferencia de Europa Central y China, donde la ganadería es mayormente estabulada, existe un elevado potencial de compensar emisiones de gases efecto invernadero (GEI) aumentando los almacenes de carbono en los suelos bajo pastoreo directo del MERCOSUR (Figura 5).

Figura 5. Secuestro, emisión y balance de carbono en el sector rural de Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay y el MERCOSUR en 2010.*



* A partir de la metodología Tier 1 de IPCC y a propuesta en base a un meta-análisis
Fuente: Viglizzo et al. 2019.

Sumario y conclusiones

1. Los cuatro países que componen el MERCOSUR poseen una enorme variedad de biomas y suelos relacionados. La deforestación en los biomas boscosos es sin duda la principal amenaza para la sustentabilidad de estos biomas.
2. Las principales amenazas para la sustentabilidad de los suelos de la región son las pérdidas de materia orgánica, la erosión por el agua y el viento, el desbalance de nutrientes y la salinización y sodificación. Sólo la erosión y la salinización generan impactos irreversibles en los suelos.
3. Una amenaza incipiente es la contaminación de aguas superficiales con residuos del herbicida glifosato usado en sistemas de SD. No obstante, y a diferencia de otros países competidores, no se evidencia en suelos del MERCOSUR una generalizada contaminación de suelos y aguas.
4. Existe mayor gravedad en cuanto a los problemas de contaminación de suelos en muchos de los países compradores y/o competidores de la Argentina.
5. El sector agropecuario, en particular la ganadería en pastoreo, representan la segunda fuente principal de emisión de gases efecto invernadero (GEI) en todos los países. Sin embargo, existe un interesante potencial de mitigación de esas emisiones por medio del aumento de los almacenes de carbono en los suelos bajo agricultura en SD y bajo pastoreo directo de pastizales, pasturas, arbustales y sistemas silvopastoriles.

Referencias

Andrade, F.H.; Taboada, M.A.; Lema, D.; Maceira, N.; Echeverría, H.; Posse, G.; Prieto Garra, D.; Sánchez, E.; Ducasse, D.; Bogliani, M.; Gamundi, J.C.; Trumper, E.; Frana, J.; Perotti, E.; Fava, F.; Mastrángelo, E. 2017. Los desafíos de la agricultura argentina Satisfacer las futuras demandas y reducir el impacto ambiental. INTA, Buenos Aires. 120 p. 978-987-521-860-4

FAO and ITPS. 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy.

FAO. 2019. Measuring and modelling soil carbon stocks and stock changes in livestock production systems – A scoping analysis for the LEAP work stream on soil carbon stock changes. Rome. 84 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. ISBN 978-92-5-131235-3 <http://www.fao.org/3/CA2933EN/ca2933en.pdf>. ISBN 978-92-5-131235-3

FAO. 2020 a. A protocol for measurement, monitoring, reporting and verification of soil organic carbon in agricultural landscapes – GSOC-MRV Protocol. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb0509en>

FAO 2020 b. Regional Global Soil Organic Carbon Sequestration (GSOCseq). Disponible en: <http://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/en/c/1319064/>

FAO and UNEP. 2021. Global Assessment of Soil Pollution: Report. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb4894en>

FAO 2021. Clasificación de suelos. Disponible en: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/es/>

Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça-Santos, M.L., Montanarella, L., Muniz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez, M.I. & Vargas, R. (eds). 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. Luxembourg, Comisión Europea, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995. 176 pp.

Lefevre, C., Rekik, F., Alcántara V., Wiese, L., (autores). Federici, S., Taboada, M.A., Cuevas R., Montanarella, L. (revisores). 2017. Soil Organic Carbon: The hidden Potential. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Rome, 2017, 90 p. ISBN 978-92-5-109681-9.

McElwee, P.; Calvin, K.; Campbell, D.; Cherubini, F.; Grassi, G.; Korotkov, V.; Le Hoang, A.; Lwasa, S.; Nkem, J.; Nkonya, E.; Saigusa, N.; Soussana, J-F.; Taboada, M. A.; Manning, F.; Nampanzira, D.; Smith P. 2020. The impact of interventions in the global land and agri-food sectors on Nature's Contributions to People and the UN Sustainable Development Goals. *Global Change Biology*. Accepted 9-06-2020. DOI: 10.1111/gcb.15219

Rosegrant, M.; Koo, J.; Cenacchi, N.; Ringler, C.; Robertson, R.; Fisher, M.; Cox, C.; Garrett, K.; Perez, N.; Sabbagh, P.. 2014. Food security in a world of natural resource scarcity. The role of agricultural technologies. International Food Policy Research Institute. Washington, DC.

Smith, P.; Calvin, K.; Nkem, J.; Campbell, D.; Cherubini, F.; Grassi, G.; Korotkov, V.; Le Hoang, A.; Lwasa, S.; McElwee, P.; Nkonya, E.; Saigusa, N.; Soussana, J-F.; Taboada, M. A.; Manning, F.; Nampanzira, D.; Arias-Navarro, C.; Vizzarri, M.; House, J.; Roe, S.; Cowie, A.; Rounsevell, M.; Arneeth, A. 2019. Which practices co-deliver food security, climate change mitigation and

adaptation, and combat land-degradation and desertification? *Global Change Biology* (accepted 12 November 2019). DOI: 10.1111/gcb.14878

Viglizzo, E. F.; Frank, F.; Carreño, L.; Jobbagy, E.; Pereyra, H.; Clatt, J.; Pince, D.; Ricard, M. 2011. Ecological and environmental footprint of 50 years of agricultural expansion in Argentina. *Global Change Biology* 17:959-973.

Viglizzo, E.F.; Ricard, M.F.; Taboada, M.A.; Vázquez-Amábile, G. 2019. Reassessing the role of grazing lands in carbon-balance estimations: Meta-analysis and review. *Science of the Total Environment* 661, 531-542.