

Los suelos en tiempos del cambio climático

Las proyecciones climáticas en los escenarios de dinámica global señalan una tendencia hacia un ciclo hidrológico más intenso, lo que podría provocar un aumento en la degradación de los suelos a nivel nacional y mundial.

Autores: **Carfagno Patricia**¹; **Imhoff Silvia**²; **Duval Matias**³, **Landriscini María Rosa**⁴; **Castiglioni Mario**⁵

¹ Instituto de Suelo, CIRN INTA Castelar - AACCS

² ICiAgro Litoral-UNL-CONICET-FCA - AACCS

³ Universidad Nacional del Sur. Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS-CONICET) -AACCS

⁴ Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo (AACCS)

⁵ Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos, Facultad de Agronomía, UBA - AACCS

Mail de contacto: carfagno.patricia@inta.gob.ar

Uno de los **elementos más complejos del agroecosistema y esencial para la producción de alimentos**, es el **suelo**. Dentro del mismo, infinidad de organismos interactúan y contribuyen a los ciclos globales que hacen posible la vida. Durante el siglo XXI, **el suelo recuperó su protagonismo en la agenda mundial** debido a su **contribución en la mitigación del cambio climático**. Sin embargo, los **procesos de degradación de este recurso natural**, como la erosión, la pérdida de carbono orgánico, el desequilibrio de nutrientes, la acidificación, la contaminación, el anegamiento, la compactación, la salinización y la pérdida de biodiversidad, han ido en **aumento**.

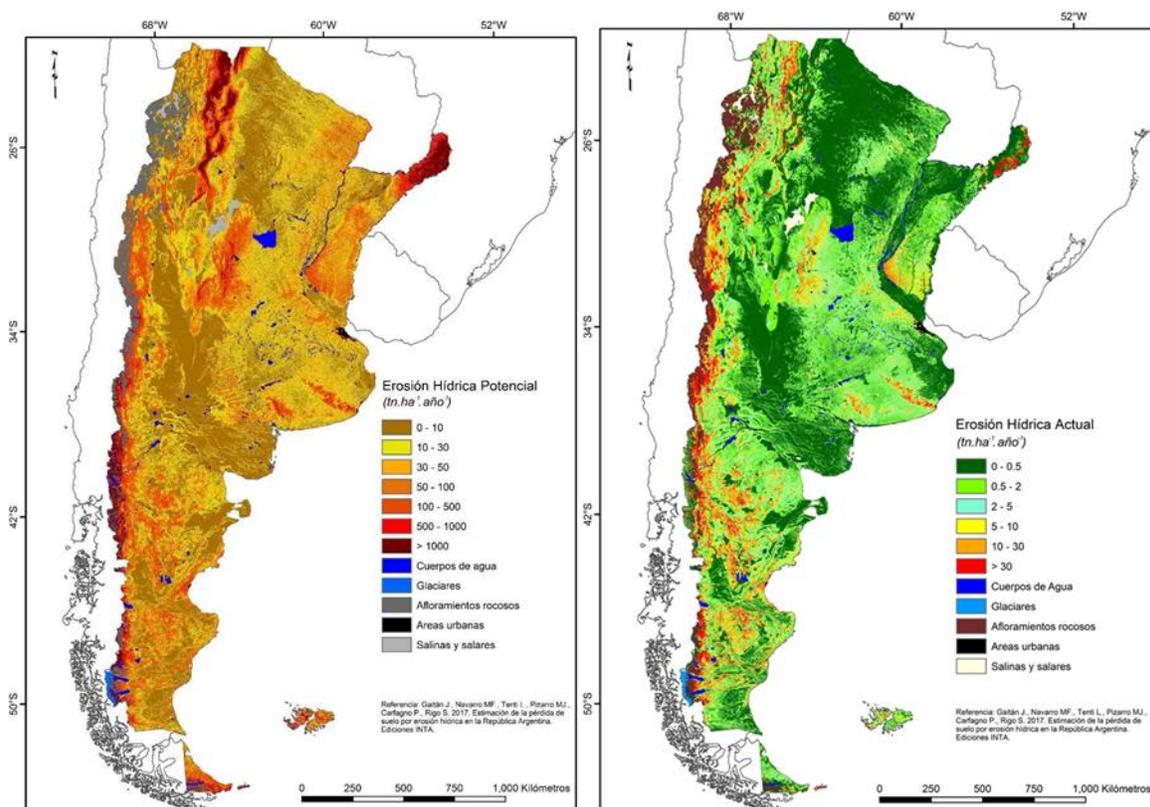
La erosión causa la pérdida de suelo debido a la acción de agentes externos, ya sea por el viento (erosión eólica) o el agua (erosión hídrica), lo que resulta en la disminución de la capa superficial. **La pérdida de suelo por erosión hídrica representa uno de los principales problemas que afectan la sustentabilidad de los sistemas productivos, con un impacto económico anual estimado en 30 millones de dólares por la caída de los rendimientos de soja, maíz y trigo.** Se estima que la pérdida acumulada ascendería a 1.645 millones de dólares en una década, según el libro "Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la República Argentina" (Gaitán *et al.*, 2017).

Este estudio científico, realizado por el INTA a escala nacional, es el primero realizado en los últimos 30 años y busca contribuir al ordenamiento y manejo sustentable de los suelos. Según esta investigación, **alrededor del 26% del territorio argentino**, equivalente a 72 millones de hectáreas, **presenta niveles de erosión hídrica que superan las tasas de tolerancia**, lo que tiene un impacto negativo en la salud de los ecosistemas. Esto refleja un agravamiento del problema, ya que el último estudio realizado en 1988 estimó que la superficie afectada por este proceso era de 25 millones de hectáreas, lo que representa un aumento de 47 millones de hectáreas en la actualidad.

Además de las pérdidas económicas, la erosión conlleva otros costos que no pueden ser cuantificados en términos monetarios, como los "costos ambientales". Estos están relacionados con la **pérdida o disminución de los servicios ecosistémicos** que proporcionan los suelos. Por ejemplo, durante el proceso de erosión, el agua arrastra partículas del suelo junto con los contaminantes asociados, lo que afecta la calidad de los cuerpos de agua.

Para estimar la erosión hídrica, se han desarrollado diversos modelos, siendo el más utilizado el modelo empírico conocido como **USLE** (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, según sus siglas en inglés). La USLE es un método para predecir la tasa de pérdida de suelo en cualquier combinación de suelo, topografía, clima, cobertura y prácticas de manejo. **A partir de este modelo**, utilizando imágenes satelitales, información climática de base, características de suelos, modelos digitales de terreno y relevamiento de datos de campo, **se ha podido estimar y cartografiar la erosión hídrica actual y potencial de los suelos a escala nacional (Figura. 1).**

Figura 1. Distribución de la erosión hídrica potencial y actual en la República Argentina. (Gaitán *et al.*, 2017).



Desde la **década del 90**, como consecuencia del proceso de erosión de los suelos y la remoción de nutrientes por los cultivos agrícolas, con escasa reposición mediante fertilización, **los suelos empezaron a mostrar síntomas de empobrecimiento en**

nutrientes y una reducción en su contenido de materia orgánica. En este sentido, **en el último Congreso de Suelos se destacó que en Argentina sólo se repone el 30% de los nutrientes extraídos.** Aunque el consumo de fertilizantes alcanzó un récord en 2020, **en nuestro país aún se subfertiliza, lo que resulta en un balance de nutrientes negativo.** Este desbalance implica un **deterioro del suelo y de los servicios ecosistémicos** que brinda, generando en algunos casos daños irreversibles.

La **intensificación en la producción ganadera**, con la cosecha mecánica de forraje y el traslado de los animales a corrales, **triplicó la tasa de extracción de algunos nutrientes en los lotes**, lo que gradualmente reduce su fertilidad química y, al mismo tiempo, genera una acumulación de efluentes que contaminan los recursos suelo, agua y aire. **La salinización de los suelos y la contaminación de la capa freática** con nitritos, nitratos y diversas formas orgánicas e inorgánicas de fósforo constituyen serios problemas que **requieren una atención inmediata en Argentina** para evitar la degradación de los suelos más productivos del país.

Otro proceso de degradación de los suelos que se ha agravado en los últimos años es el **deterioro de las propiedades físicas.** La fuerte disminución del contenido de materia orgánica y de nutrientes como el calcio, que son los principales agentes agregantes de la estructura del suelo en la mayoría de las regiones de Argentina, aumenta su susceptibilidad a la compactación. **En la actualidad, la compactación es el proceso de degradación física de los suelos más importante en el mundo, y en Argentina está alcanzando niveles preocupantes en extensas áreas.** La pérdida de agentes agregantes, asociada al aumento de tamaño de los equipos agrícolas y al tránsito de la maquinaria en condiciones inadecuadas de humedad, causa compactación y, como resultado, afecta negativamente propiedades edáficas como la captación y almacenaje del agua de lluvia, la resistencia a la penetración de las raíces, la disponibilidad de aire y nutrientes, lo que conduce a sistemas productivos más frágiles frente a condiciones climáticas extremas.

Ante estos escenarios, es importante destacar que **resulta más fácil mantener la salud de un suelo que recuperar uno degradado, lo que a menudo afecta la rentabilidad.** La clave para contrarrestar el impacto negativo de la degradación y, al mismo tiempo, contribuir a la salud del suelo, radica en **lograr que los sistemas productivos sean sustentables y sostenibles.** Esto constituye un gran desafío, ya que implica compatibilizar objetivos que tienen impacto en diferentes escalas y no siempre dependen del productor. Sin embargo, dentro de cada sistema **existen alternativas** para lograr sistemas sustentables. Para ello, es fundamental **respetar la capacidad de uso de las tierras**, implementando **rotaciones con cultivos de renta y de servicio** adecuados a cada situación para generar un balance positivo de carbono. Esto implica, entre otras cosas, **lograr cultivos con rendimientos elevados para generar cobertura y raíces que aporten suficientes residuos** para favorecer la formación de materia orgánica, **aplicar técnicas de fertilización ajustadas a las necesidades de los cultivos, corregir la acidez edáfica** si es necesario, **aplicar dosis adecuadas de enmiendas orgánicas y realizar prácticas de control de la erosión.** Además, se debe **evitar la aplicación excesiva de abonos y/o fertilizantes** que, en mayor o menor medida, pueden impactar en los recursos naturales suelo y agua, generando contaminación en la capa freática o en cursos de agua. Para evitar esto, es importante **ser**

eficientes en las aplicaciones y realizar monitoreo continuo a través del análisis de las propiedades químicas y físicas del suelo.

El **manejo correcto de los suelos** permite, sin duda, mejorar su calidad, lo que **se traduce en planteos menos riesgosos y más rentables para el productor** frente al cambio climático, además de reducir el impacto sobre la salud ambiental, que en última instancia afecta a todos los seres vivos.

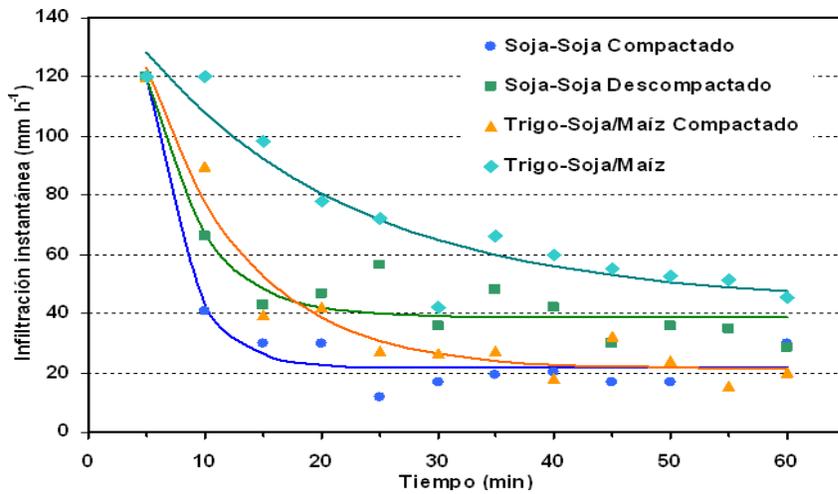
El efecto del clima

El clima y los cambios en el uso de la tierra están estrechamente relacionados. **El efecto directo del cambio climático en términos de intensidad, duración y magnitud de las precipitaciones**, junto con el **cambio en el uso de la tierra**, que incluye la expansión urbana, la deforestación y otras actividades humanas, **conducen a un aumento en las pérdidas de suelo por erosión** y la consiguiente **pérdida de carbono y nutrientes**. Los suelos, como el segundo mayor sumidero de carbono del planeta después de los océanos, son fundamentales para poner freno a algunos de los efectos negativos del cambio climático. Sin embargo, para que los suelos puedan cumplir con este servicio ecosistémico, es crucial que se encuentren sanos y sean gestionados de manera sostenible y responsable.

En países como **Argentina**, donde la actividad agropecuaria es una importante fuente de las emisiones de gases de efecto invernadero, **es fundamental adoptar medidas de mitigación que promuevan el aumento del secuestro de carbono**, entre otras cosas. El secuestro de carbono se refiere a la toma de CO₂ atmosférico por parte de las plantas y su almacenamiento como materia orgánica en el suelo. Por lo tanto, **aquellas prácticas que favorezcan al aumento de C en los suelos** (como los cultivos de servicio, las rotaciones, la fertilización balanceada, el pastoreo racional, etc) **o que conduzcan a la reducción de la pérdida de carbono del suelo** (como la siembra directa, las labranzas conservacionistas, la intensificación de cultivos, etc), son **estrategias** que contribuyen al **control de la degradación del suelo** y, de manera indirecta, a la **mitigación del cambio climático**.

Un ejemplo de cómo las prácticas de manejo que promueven la presencia de cobertura vegetal viva y las rotaciones asociadas a la descompactación son beneficiosas es que **ayudan a disipar la energía del impacto de las gotas de lluvia**, lo que a su vez **incrementa la retención de agua y controla el escurrimiento**. En este sentido, la relación entre la infiltración y el escurrimiento en los primeros centímetros de la superficie del suelo cobra gran importancia (**Figura 2**).

Figura 2. Curvas de infiltración para ensayos en la EEA INTA Oliveros (Santa Fe), con microsimulador de lluvias. Secuencias de monocultivo de soja y bajo rotación con cereales, en suelos compactados y descompactados (Eiza y Carfagno, 2018).



Otras prácticas de manejo conservacionistas para el control de la erosión hídrica incluyen **sembrar cortando la pendiente o siguiendo las curvas de nivel**, así como **implementar sistemas de terrazas** para acortar la pendiente. Estas medidas no solo ayudan a controlar la erosión, sino que también mantienen los suelos bien estructurados y sanos para el almacenamiento de carbono. Muchas de estas prácticas se “abandonan” durante los períodos secos, ya que los signos de erosión o la ocurrencia de surcos y cárcavas (**Figura 3**), dejan de ser tan visibles.

Figura 3. Erosión en surcos (izquierda) con arrastre de rastrojos en siembra directa (Azul, Provincia de Buenos Aires), y erosión en cárcavas (derecha) en cultivo de soja sembrada al borde de cabecera (Arrecifes, Provincia de Buenos Aires).



En conclusión, según las proyecciones futuras (Borrelli *et al.* 2020), **se espera un aumento en los procesos erosivos asociados al aumento de la erosividad** (intensidad) de las precipitaciones en escenarios de cambio climático. Estos estudios sugieren que, al comparar múltiples escenarios, un cambio hacia ciclos hidrológicos más agresivos podría ser el principal impulsor de futuros incrementos en la erosión del suelo, lo que resultaría en una pérdida de carbono. **Se estima que para el año 2070, la erosión hídrica podría aumentar de un 30% a un 66% según el modelo utilizado.**

Por lo tanto, desde la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo (AACCS) enfatizamos en la importancia de **no relajar las medidas de protección de los suelos y seguir aplicando prácticas conservacionistas**, incluso durante los períodos de sequía.

Bibliografía

Borrelli, P., Robinson, D.A., Panagos, P., Lugato, E., Yang, J.E., Alewell, C., Wuepper, D., Montanarella, L., Ballabio, C. 2020. PNAS 117:36, 21994-22001. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117>

Eiza, MJ & Carfagno PF. 2018. Medición de infiltración del suelo. Infiltrómetro de Anillo simple y simulador de lluvia. 26-36 pp. En Quiroga A; Fernández R & Álvarez C. (Ed.) Análisis y evaluación de propiedades físico hídricas de los suelos. Ed. INTA

Gaitán, J., Navarro, MF., Tenti Vuegen, L., Pizarro, MJ., Carfagno, P. & S. Rigo. 2017. Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la República Argentina. Editado por Juan Gaitán, María Fabiana Navarro, Patricia Carfagno, Leonardo Tenti Vuegen. – 1ª. ed. – Buenos Aires: Ediciones INTA. 65 pp.