OBSERVATORIO AMBIENTAL ARGENTINO

INFORME VIII

El suelo, clave para la seguridad alimentaria y el cambio climático

Sobre como la pérdida de suelo perjudica a dos objetivos simultáneos, la producción de alimentos y el almacenamiento de carbono

AZARA

DESCUBRÍ TU ESPÍRITU EXPLORADOR

www.fundacionazara.org.ar

El suelo, clave para la seguridad alimentaria y el cambio climático

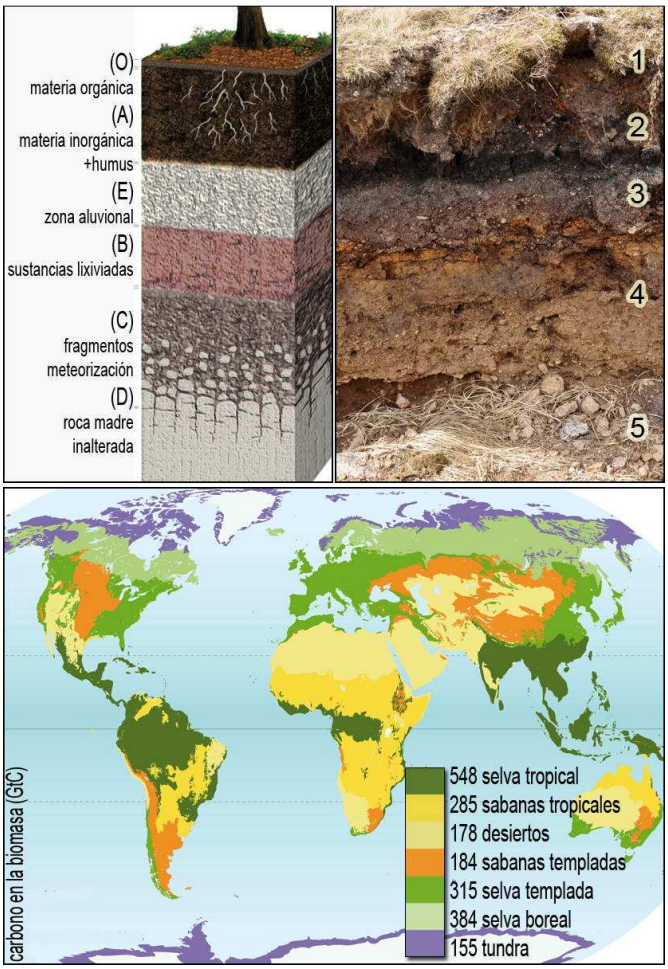
Sobre como la pérdida de suelo perjudica a dos objetivos simultáneos, la producción de alimentos y el almacenamiento de carbono

Un suelo más débil. Durante el 2015 se conocieron 2 informes que dan cuenta del estado del suelo agrícola en la Argentina. En un estudio del Inta (Inta-Informa No155) realizado en la cuenca del Arroyo Pergamino (Pcia. Buenos Aires) se informó del balance de nutrientes (nitrógeno y fósforo) en las etapas de siembra y fertilización, cosecha (volatilización por desnitrificación y exportación en granos) y lo perdido en los arroyos (por lixiviación al subsuelo, escurrimiento a los arroyos y el ganado). El resultado muestra un balance neto negativo (la exportación y pérdida supera a la reposición). El Inta dice que en promedio, en los últimos 10 años en la pampa ondulada, el 91% del suelo usa siembra directa, donde la soja ocupa el 70% de la rotación (completan el trigo 15% y maíz 15%).

Dos ensayos (Nidera e Inta) que muestra como el suelo se empobrecen por la agricultura. Los suelos protegidos por alambrado o la vida silvestre, reportan más materia orgánica y nutrientes (arriba). Los ciclos de cosecha tienen un balance negativo en nitrógeno y fósforo (abajo).

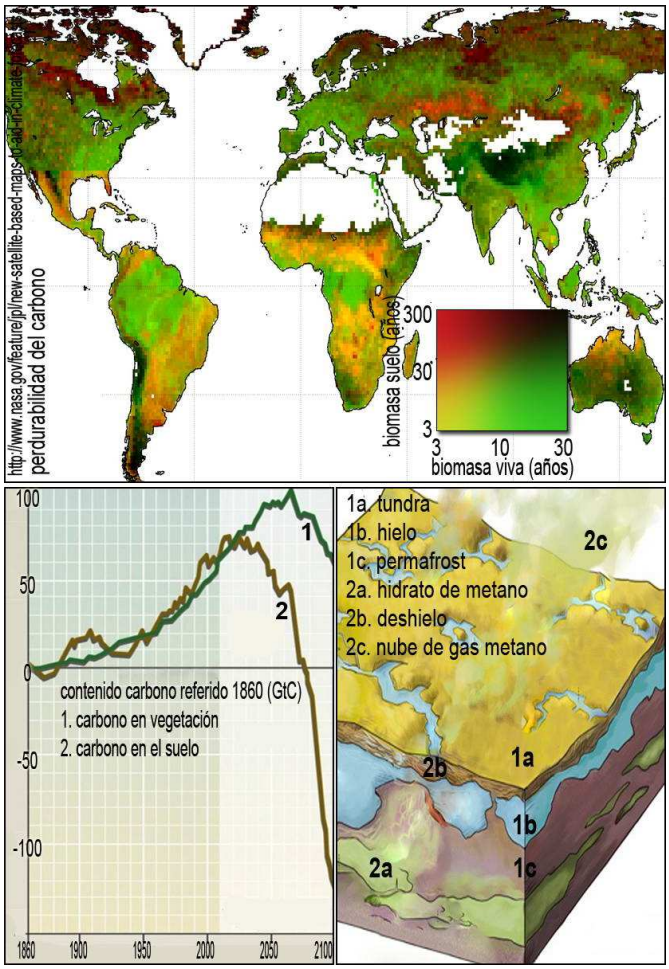
En paralelo, la empresa Nidera informó en el Congreso de Aapresid sobre un estudio realizado en Alcorta (Pcia. Santa Fe). Se reportan las mediciones de materia orgánica, fósforo y zinc en 3 tipos de suelos: campos agrícolas con 100 años de explotación; zonas de alambrados con al menos 50 años de protección y campos silvestres. El resultado dice que los niveles de las 3 variables disminuyen en los campos trabajados. Según el estudio, la agricultura es una actividad extractiva de minerales y uno de los problemas para el suelo es que el 65% de la superficie cultivada es alquilada y los que arriendan se preocupan menos de la sustentabilidad. Otro problema son los campos con poca rotación de cultivos, donde la soja ocupa el 82% en la zona bajo estudio. El suelo es el principal recurso natural de la Argentina, habida cuenta de la producción agropecuaria, pero es no-renovable (una vez perdido es para siempre) aunque puede conservarse y reponerse.

La estructura del suelo. Los suelos forman la piel de la tierra. Ocupan desde milímetros en zonas de pendientes montañosas hasta metros de profundidad en las llanuras. En el Amazonas se encontraron suelos de hasta 8 m de profundidad y en Australia se midieron rastros de carbono hasta 40 m de profundidad cerca de la roca madre. El suelo está formado por capas (llamados horizontes). Es una mezcla variable de partículas de arena, limo, arcilla, restos orgánicos, gases y organismos vivos. Los suelos tienen un ciclo de vida: nacen, maduran y pueden morir (desaparecer por erosión o ser enterrado). Los restos que estudia la paleontología son suelos fosilizados. El suelo nace cuando el agua y las fluctuaciones de temperatura desintegran las rocas y madura con los primeros vegetales que fracturan aún más los materiales mediante las raíces. La descomposición de restos vegetales se acumula (humus) y se mezclan con los minerales. En la madurez, el suelo llega al equilibrio, donde la acumulación coincide con el desglose. La producción de humus será igual al consumo por las plantas. Las erupciones volcánicas o las inundaciones pueden enriquecer al suelo o taparlo y matarlo. El suelo es importante por dos aspectos: la acumulación de carbono (relativo al Cambio Climático) y la producción de alimentos (relativo a la Seguridad Alimentaria).



El suelo está formado por capas desde la roca madre en la base. Es importante para la acumulación de carbono (abajo). Se estiman en 600 GtC lo acumulado en la biósfera (seres vivos) y 1.500 GtC en el suelo. La distribución entre ambientes no es uniforme, siendo las selvas tropicales las que mayor biomasa acumulan.

El suelo es un cuerpo complejo y variable. Contiene: materia mineral (meteorización de las rocas); materia orgánica (descomposición de seres vivos); organismos vivos (microbios, hongos, gusanos, raíces); agua y gases (en intercambio con la atmósfera). La fracción de arcilla (mezclada con humus) es el asiento de la fertilidad del suelo y las fracciones de arena y limo influyen en las propiedades físicas. Las diferencias entre suelos corresponden a las diferencias en el tipo y abundancia de minerales. Contiene materia orgánica reciente (plantas frescas, parcialmente descompuestas y desechos de animales) y el humus (materia ya descompuesta que le da el color oscuro o negro). El humus es la parte más reactiva de la materia orgánica y su capacidad para retener agua y nutrientes es muy superior a la arcilla, su contraparte inorgánica. Los residuos vegetales y animales frescos y parcialmente descompuestos en general se producen en la fracción de arena y el limo del suelo y el humus se produce en la fracción de arcilla. La ciencia del suelo incluye 2 ramas: la edafología (estudia la influencia del suelo sobre los seres vivos) y la pedología (estudia la morfología y clasificación del suelo en el ambiente natural).



La perdurabilidad del carbono en el suelo y la biosfera (seres vivos) es diferente para distintas zonas del planeta (arriba). El mapa resume el período 2001-2010. Por ejemplo, en la región pampeana (rojo claro), la biomasa viva perdura en promedio 3 años y la acumulada en el suelo 30 años. El almacenamiento de carbono va en aumento (3 GtC/año), pero durante este siglo el Cambio Climático puede convertir al suelo en una fuente de carbono (abajo). Tal es el caso actual del permafrost (derecha) por calentamiento del hemisferio norte. El hidrato de metano (metano congelado con agua) se derrite y se escapa a la atmósfera.

Suelo, carbono y Cambio Climático. En el suelo (la pedósfera) hay más carbono que en los vegetales vivos (la biósfera). Se estiman en 1.500 GtC (miles de millones de toneladas de carbono) en el suelo y 600 GtC en la biosfera. El intercambio de carbono entre el suelo, la biósfera y la atmósfera es de 60 GtC/año y hay un incremento neto de 3 GtC/año en el suelo por absorción del exceso emitido por el hombre a la atmósfera (10 GtC/año). Además de acumular carbono, el suelo contiene elementos químicos necesarios para la vida. Los nutrientes más importantes, conocidos desde mediados del siglo XIX, son el nitrógeno, fósforo y potasio. El suelo no es imprescindible para el crecimiento de las plantas, pero los nutrientes que contiene, sí lo son.

Los suelos contienen reservas de carbono orgánico y aumentan en cantidad, lo que ayuda a contener el aumento de CO_2 en la atmósfera. El carbono se acumula en el suelo mediante la fotosíntesis de las plantas y se pierde por acción de los organismos (bacterias y hongos) que descomponen la materia orgánica. Del balance entre ambos mecanismos depende que el suelo se comporte como un acumulador de carbono orgánico o una fuente adicional de CO_2 a la atmósfera. Mediante estudios de campo se verificó que el aumento del CO_2 y del uso de fertilizantes agrícolas, producen mayor actividad microbiana y liberación del carbono desde el suelo. Por lo tanto, el carbono del suelo puede no ser tan estable. Un bosque mientras crece es un acumulador de carbono, pero se convierte en una fuente de carbono cuando se producen sequías.

Si se gestiona correctamente el suelo puede ayudar a secuestrar CO_2 de la atmósfera. En la cumbre de Paris-2015 se lanzó el plan “4 por 1000” que consiste en aumentar el carbono en el suelo 0,4% al año. La capacidad de secuestro de carbono es muy variable. Los suelos de turba tropicales tienen 4.000 tC/ha (toneladas de carbono por hectárea), mientras los arenosos llegan solo a 80 tC/ha. Se estima que en promedio el 25% de la materia orgánica agregada al suelo queda almacenada a largo plazo. Los estudios sugieren que se puede almacenar carbono a razón de 0,5 tC/ha/año. Algunas áreas de tierras de cultivo del mundo tienen el potencial para alcanzar el objetivo del 0,4 %/año, al menos localmente. Significa que la aspiración de "4 por 1000" es ambiciosa, pero el efecto perseguido es la promoción de la buena gestión del suelo. La restauración del suelo ayudará a los objetivos del Cambio Climático y de Seguridad Alimentaria en forma simultánea.

El suelo es un ecosistema vivo. Los organismos del ecosistema suelo son los responsables de la descomposición de la materia orgánica, liberando nutrientes para el reciclado natural, y abriendo espacios para la circulación del aire (evitando la compactación) y del agua (como reserva de humedad). Una diferencia importante distingue a los herbívoros (insectos y mamíferos que consumen el mundo verde) de los microorganismos (que consumen el mundo marrón tierra). La estructura química del carbono en los vegetales y el suelo hace que sea mucho más difícil de consumir el carbono del suelo. En tanto los herbívoros digieren el material en sus entrañas, los descomponedores del suelo dependen de enzimas para digerir parcialmente sus fuentes de alimento fuera de sus cuerpos. Esta estrategia es una limitación importante para la descomposición del carbono del suelo, lo que ayuda a la acumulación y a que sea preponderante el marrón tierra sobre el efímero verde vegetal.

Los poros del suelo contienen el microclima del ecosistema. Se forman por diversas causas: ciclo de humedad-sequía; ciclo de congelación-derretimiento; actividad de lombrices, insectos (hormigas) y mamíferos cavadores; actividad de los hongos; penetración de las raíces. La estructura de los poros depende del tratamiento agrícola. Los cultivos de cobertura generan suelos más complejos y variados en sus estructuras de poros. Los poros proporcionan ajustes en términos de transporte de nutrientes, flujos de aire y agua, y capacidad de transporte de las bacterias. Existe una compleja interacción desconocida de las partículas del suelo, poros, microbios y las plantas que crecen en ellos. Preservar la vida del suelo y la materia orgánica, involucra gestionar la escorrentía superficial; proteger el suelo desnudo; evitar los sitios con pendientes; proteger los cursos de agua de la sedimentación y la contaminación; mejorar el hábitat de la fauna silvestre. Un aspecto de importancia es el movimiento del agua

a través del suelo (la conductividad), que ocurre en los espacios vacíos más grandes (macroporos). La conductividad hidráulica es una propiedad del suelo que afecta a la rapidez con que el agua puede ser transportada sin llegar a la saturación de la conductividad.

La atmósfera tiene 400 ppm de CO_2, pero en el suelo puede ser 10 o 100 veces mayor. Los huecos del suelo están saturados de vapor de agua y CO_2 y la porosidad es necesaria para la difusión de estos gases. La textura y estructura del suelo afectan a la porosidad. Los suelos compactados (con baja porosidad) impiden el flujo de gases, y la deficiencia de oxígeno activa la vida anaeróbica que consume y libera nitrógeno del suelo. Los suelos aireados permiten acumular el metano CH_4 y reducir su efecto sobre el Cambio Climático.

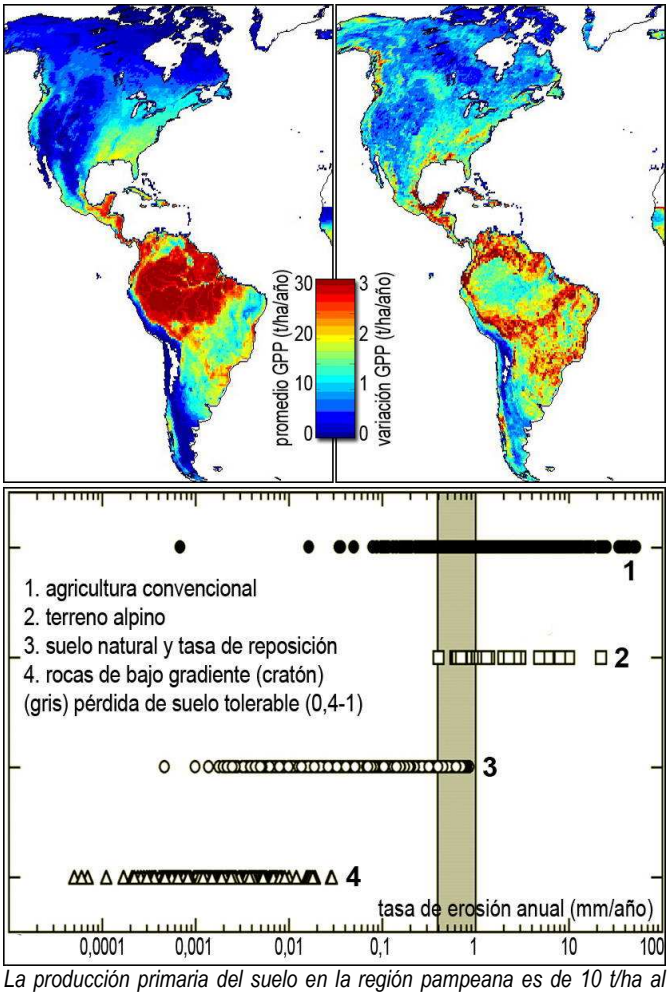
El Cambio Climático afecta al ecosistema suelo. Un estudio de 17 años analizó el efecto del Cambio Climático sobre la vida en el suelo. En 1994 se intercambiaron muestras de suelo entre dos sitios de una ladera de montaña con 500 m de altura relativa. En el 2011 se estudiaron las muestras para medir la tasa de respiración (la conversión de carbono en CO_2) que es un indicador de la actividad metabólica de la vida. Se reportaron muy pocos cambios y se concluyó que la capacidad de adaptación era inferior a lo esperado. Los microbios de la zona alta, respiraban a un ritmo más rápido acostumbrados a niveles de lluvia mayores y los de la zona baja respiraban más lento sin responder al cambio de altura. Los microbios conservaron muchas de las características que tenían en su clima "nativo", por lo que no se puede asumir que la vida del suelo responderá al Cambio Climático en forma dinámica y rápida. Con el clima cambiante, todos los microbios estarán experimentando nuevas condiciones y podría ocurrir una reducción en la capacidad para descomponer la materia orgánica.

El suelo es la fuente de agua y nutrientes para las plantas y un biorreactor para purificar y filtrar el agua. Usando tomografía de rayos X se constató que las raíces de las plantas pueden contraerse como resultado de un déficit de agua y perder contacto con el suelo durante las temporadas de sequía más frecuentes. Se estudiaron la raíces del lupino blanco (*Lupinus albus*) en un suelo arenoso durante un mes, y se ensayaron cambios de humedad. Se encontró que se forman espacios de aire como resultado de la contracción de la raíz durante períodos secos. La raíz forma una interfaz compleja y dinámica, de forma que con la re-irrigación, las raíces se hinchan, rellenando los espacios de aire pero en forma diferente a la estructura original. Una sequía severa puede perjudicar el contacto entre las raíces y el suelo y sería de gran importancia ante el avance del Cambio Climático.

Pero mientas el Cambio Climático comienza a entenderse, el efecto sobre la vida en el suelo es casi desconocido. Por ejemplo, se investigaron 25 pastizales en todo el mundo para entender el balance de la vida en el suelo. La arqueas se alimentan de amoniaco y lo convierten en nitrato y en la medida que se aporta más nitrógeno mediante fertilización, aumenta la cantidad de arqueas. Como consecuencia, cada vez mayores cantidades de nitrato pueden filtrarse en los cursos de agua. La adición de nutrientes favorece a las bacterias de crecimiento rápido y produce la disminución de la abundancia de hongos que comparten una relación simbiótica con las raíces de las plantas de pastizales.

En un estudio realizado en montañas boscosas tropicales se encontró que a medida que el suelo se seca por el calentamiento, la infraestructura de hongos en el suelo también cambia. La capa de nubes aumenta debido al calentamiento global y da lugar a condiciones más secas. En esta situación se estimulará el crecimiento de hongos que descomponen la materia vegetal y podría aumentar la emisión CO_2. En otro estudio de 80 sitios de tierras secas en todo el planeta, se comprobó que se produce un declive del contenido de carbono y de la cantidad de vida microbiana. El Calentamiento Global llevará a un aumento de tierras secas y a la reducción del carbono almacenado y la variedad de la vida.

El suelo es un recurso natural no-renovable. La agricultura produce una pérdida neta de suelo. Pero, en los últimos 25 años se lograron reducir las pérdidas debido al aprendizaje en buenas prácticas agrícolas. En forma natural puede llevar entre 100 y 400 años producir un centímetro de suelo, dependiendo del clima y el material del suelo. Además se tarda entre 3.000 y 12.000 años acumular un suelo productivo agrícola. Como el consumo es mucho más rápido que la reposición natural se puede decir que el suelo es un recurso no-renovable, y a escala humana "se pierde para siempre". Casi todas las tierras agrícolas fueron degradadas y una parte importante se volvieron improductivas. Se requiere revertir la tendencia. La velocidad de consumo del suelo en la agricultura convencional (no incluye la agricultura de conservación como la siembra directa) es 100 veces mayor a un suelo sin laboreo. En la agricultura de conservación el consumo es levemente superior a la reposición natural de suelo.



La producción primaria del suelo en la región pampeana es de 10 t/ha al año con una variación de 1 t/ha (arriba). En forma natural una fracción se acumula en el suelo. La pérdida que produce la agricultura convencional es 100 veces mayor a la tasa de pérdida natural y a la tasa de recuperación de suelo (abajo).

En un estudio realizado en Costa de Marfil se midió la pérdida natural del suelo. Un bosque en pendiente pierde 0,03 t/ha/año de suelo. Pero, luego de la deforestación, las laderas desnudas pasan a perder 138 t/ha/año y cuando se cultivan bajan a 90 t/ha/año. Esta pérdida de suelo puede llevar a la desaparición. En otro caso, los intentos para irrigar las tierras áridas han producido suelos tan salados que nada va a crecer. En Pakistan el río Indo y su acuífero subterráneo alimenta al 90% de los cultivos. El problema

es que el Indo transporta 22 Mt de sal por año desde las montañas y solo descarga la mitad en el Mar Arábigo. El resto queda en el suelo y son casi 100 gramos/m^2 de sal al año que se acumulan en el terreno irrigado. Esto resulta en un 50% de suelo en proceso de pérdida grave. La agricultura está produciendo una "cicatriz agrícola" en el planeta.

El suelo se puede crear en forma artificial. Por ejemplo, las Islas Aran (costa oeste de Irlanda) no eran pasibles de agricultura, debido a la gran cantidad de rocas en el suelo. Sus habitantes la cubrieron con una delgada capa de pastos y arena del mar; haciéndola arable con los años. Actualmente, crecen los cultivos. En zonas agrícolas de suelos pobres se puede crear suelo mediante la plantación sin extracción, de forma que en una década se puede acumular suelo como para iniciar los trabajos productivos.

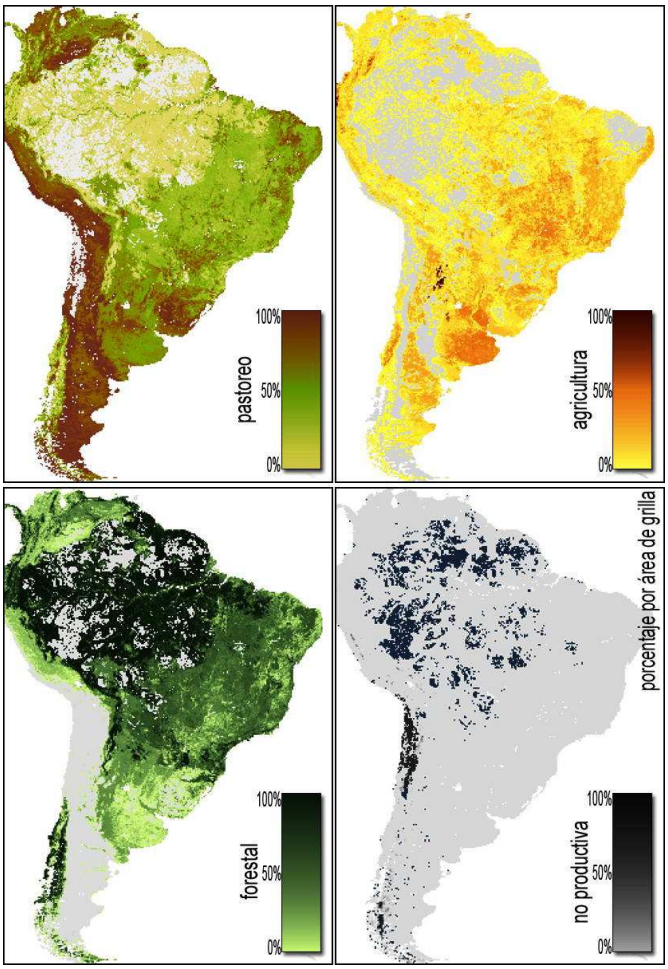
Las amenazas al suelo. El suelo está amenazado por diferentes causas que pueden poner en riesgo las funciones de amortiguador del Cambio Climático (almacenar carbono) y producción de alimentos (Seguridad Alimentaria).

Algunas causas físicas y climáticas son: (1) La erosión por agua, nieve, viento y gravedad, se agrava en los suelos sin cobertura. La falta de protección produce pérdidas de materia orgánica y minerales. Produce el calentamiento y reducción de la vida subterránea. Las sequias favorecen las pérdidas por el viento. (2) La compactación y sellado debido al uso de máquina agrícola pesada. Impide la penetración de gases y humedad. (3) La desertificación incluye la erosión y compactación, junto con el sobrepastoreo y deforestación. (4) Las inundaciones y deslizamientos de tierra que llevan el suelo al fondo de los valles o sobre los ríos y embalses.

Algunas causas químicas son: (5) La contaminación de bajo nivel puede ser procesada por la biota del suelo. La remediación es el proceso de descontaminación mediante funciones naturales (geología, química y biología). (6) La salinización es la acumulación de sales que afecta al rendimiento, la corrosión y la calidad del agua. Una causa es el riego con aporte externo de sales y la subida de sales desde el subsuelo por exceso de humedad. (7) La acidificación que se produce por lixiviación de materiales por la lluvia o por la recolección (las cosechas se llevan elementos base). Los fertilizantes nitrogenados y la lluvia ácida aceleran la acidificación. La región pampeana es mayoritariamente neutra, mientras que la Patagonia es ácida. El Amazonía es un suelo ácido. Los bosques de coníferas son especialmente ácidos.

La “compactación” del suelo se refiere al aumento de la densidad aparente. Se produce por el tráfico de maquinaria agrícola, la operación en suelos húmedos y el uso de siembra directa (falta de laboreo mediante arado). El suelo compactado tendrá menos rendimientos: la falta de porosidad afecta al crecimiento de las raíces; la falta de aireación reduce la absorción de nutrientes; y la estructura cerrada impide la infiltración del agua. La detección de zonas compactadas desde el suelo es laborioso (se usa el penetrómetro de suelo), por lo que las imágenes aéreas muestran mejor los patrones sutiles de compactación. Se realiza comparando patrones de tráfico y el crecimiento del cultivo irregular. Las áreas problemáticas son identificables mediante la fotografía en Infrarrojo Cercano, que permite determinar el espectro de absorción de la planta. Se puede generar un Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) y se basa en que las zonas verdes son las más robustas y las amarillas y rojas representan menor calidad de vegetación. Esta información puede ser utilizada para tomar decisiones de gestión en la aplicación de insumos como fertilizantes y fungicidas.

Envejecimiento del suelo por nitrógeno. En condiciones normales, las bacterias *Rhizobium* fijan el gas nitrógeno (N_2) en nitrato (NO_3), como parte de una relación simbiótica con las raíces de las plantas (nódulos de raíces de leguminosas). El nitrógeno puede perderse del suelo cuando está en la forma de nitrato, ya que es fácilmente lixiviado. Para que no ocurra tienen que haber raíces que lo absorban. Otra pérdida es por desnitrificación de bacterias que convierten nitrato en gas nitrógeno (N_2 o N_2O). Esto ocurre cuando hay una pobre aireación (poco oxígeno libre), obligando a las bacterias a usar el oxígeno de nitrato para su proceso respiratorio. Esto se incrementa con el suelo tibio y ligeramente ácido. La desnitrificación puede causar la pérdida de 10-20% de los nitratos en un día. Cuando se agrega nitrógeno en forma artificial (fertilización) se produce un pico de actividad trófica que acelera la liberación de carbono del suelo y ayuda a degradarlo. En 1961 se usaron 8,6 kg/ha de fertilizante nitrogenado y pasó a 62,5 kg/ha en el 2006. Este incremento tiene sus consecuencias hoy día. La mala aplicación de insumos agrícolas puede perturbar las relaciones simbióticas entre hongos, bacterias y raíces de las plantas.



El uso del suelo en Sudamérica incluye la agricultura, pastoreo (ganadería), actividad forestal y suelos no-productivos (desiertos y reservas naturales).

En la cuenca del río Mississippi el nitrógeno fue usado como fertilizante desde hace más de 80 años. Hoy día contamina ríos, lagos y pozos de agua potable y se mantendrán durante décadas, aun dejando de aplicar fertilizantes. El nitrógeno fue almacenado en el suelo y se está lixiviando. El resultado es la necesidad de inversiones extraordinarias en actualizar las plantas de tratamiento de agua potable. La mayor empresa de agua potable de Iowa, demandó a tres condados aguas arriba para no hacer frente a niveles de nitratos dos veces mayor a las normas. Cuando se analizaron 2.000 muestras de suelo, en muchos lugares la acumulación estaba debajo de la línea de arado (25-100 cm). El problema no solo ocurre por fertilizantes, sino también por el cultivo de soja que es apropiado para la bacteria *Rhizobium* que fija nitrógeno. Un modelado sugiere que la lixiviación continuará por 3 décadas después de interrumpir la fertilización. Cuando hay demasiado nitrógeno, el exceso llega al agua y causa hipoxia

(zonas muertas en las costas de los océanos) y amenazar la calidad del agua potable.

En Francia se usaron isótopos estables (no radioactivo) de nitrógeno (el N-15 es menos abundante que el N-14) para hacer un seguimiento. Se midió el N-15 usado en los fertilizantes aplicados en 1982 a los cultivos de remolacha azucarera y al trigo de invierno. Durante 30 años, se midió la cantidad de N-15 absorbido por las plantas y se cuantificó la cantidad que queda en el suelo. Las medidas de filtraciones de agua a 2 m de profundidad en el suelo revelaron la cantidad de fertilizante de nitrato fugado hacia el agua subterránea. El 61-65% del fertilizante N-15 aplicado en 1982 fue absorbido por las plantas, pero el 32-37% se mantuvo en el suelo en 1985 y el 12-15% en el 2015. El 8-12% se filtró hacia las aguas subterráneas durante los 30 años, y continuará su goteo por 50 años más. En otros lugares, con suelos diferentes, los valores serán distintos pero el proceso es el mismo. El exceso enferma al suelo.

La conservación del suelo. Hay en todo el planeta una superficie de 4.400 Mha aptas para la agricultura, de las cuales se cultiva un 40% (son 1.600 Mha, donde 300 Mha son tierras marginales). El 32% está con cierto grado de degradación. La Argentina tiene 31 Mha de suelo cultivable y el corrimiento de la frontera agrícola se hace en suelos de baja calidad. Según la FAO, en 50 años (1960-2010) la superficie global dedicada a la agricultura aumentó el 12%, pero la productividad aumentó 150-200%. Para alimentar a una persona se pasó de 0,45 ha/hab a 0,22 ha/hab. Es el resultado de la Revolución Verde que se basa en el consumo de combustibles fósiles. En 1940, por cada caloría de energía de combustible fósil usado, se producían 2,3 calorías de energía en los alimentos. Ahora, se necesitan 10 calorías en combustible para una sola caloría en alimentos. Según WRI (*World Resources Institute*) las calorías disponibles en alimentos deberán aumentar el 60% desde el 2006 al 2050. La producción a base de petróleo está obligada a cambiar y el suelo debe ser conservado para cumplir con la Seguridad Alimentaria.

Algunas acciones para la conservación del suelo son: (1) La agricultura de contorno. Implica la labranza y siembra a lo largo del contorno del terreno, en lugar de arriba-abajo de la pendiente. Los surcos y las hileras de plantas actúan como diques que frenan el flujo de agua e impiden que se formen arroyos. (2) El cultivo en franjas. Implica el alternando de tiras de grano fino (centeno) o cultivos forrajeros (trébol) con cultivos de grano grueso (maíz). Así se controla la erosión reduciendo la velocidad del viento y el agua. Las filas de forrajes y cereales tienden a atrapar los sedimentos. Es más eficaz cuando se coloca a lo largo del contorno de la tierra. Funciona mejor si las tiras se colocan en ángulo recto a la dirección de los vientos dominantes. (3) La barrera verde contra el viento. Se pueden formar cortavientos o cinturones de protección para cultivo o ganado. La protección se estima que reduce la velocidad del viento a la mitad en una distancia 15-20 veces la altura de los árboles. Funciona como trampa de nieve en el invierno y mantiene el contenido de humedad. Es también un refugio de la vida silvestre. (4) La rotación de cultivos. Entre las ventajas están: reduce el riesgo que se establezcan plagas y enfermedades; reduce el uso de plaguicidas; los cultivos forrajeros (leguminosas como el trébol o alfalfa) se usan como abono verde para reconstruir suelo; las legumbres fijan el nitrógeno; las raíces profundas crean túneles para el aire y el agua; protegen la superficie contra la erosión hídrica y eólica. (5) Los cultivos de cobertura (que no se cosechan). Se usan para absorber el impacto de la lluvia, reducir la velocidad de la escorrentía, mantener el suelo en su lugar, y fomentar una mayor infiltración. Permite reducir la temperatura, impedir la proliferación de malezas y mantener activo al ecosistema del suelo. El carbono es liberado del suelo cuando son expuestos al aire por la agricultura, el drenaje de turba y la deforestación. El exceso de pastoreo reduce la masa de raíces, aumenta la escorrentía, y aumenta la temperatura del suelo. Se plantan en áreas de erosión, como pendientes; bancos de arroyos y ríos; alrededor de los pozos para proteger los suministros de aguas subterráneas contra la contaminación. (6) Franjas de protección o corredores biológicos. Es un área de terreno adyacente a un curso de agua cubiertas de vegetación natural. Mantiene el suelo en su lugar; evita el lavado por escorrentía; purifica el agua por sedimentación; es un refugio para la vida silvestre. (7) Vías de césped. Es un canal con vegetación permanente para transportar la escorrentía superficial sin causar erosión. La hierba desacelera el flujo de agua y protege el suelo de la erosión, sin alterar el curso natural del agua. (8) Las terrazas. Es una cresta de tierra construida con un canal de agua a lo largo del lado superior. Se diseñan para interceptar la escorrentía en una pendiente. El agua se canaliza a una velocidad más lenta, a lo largo del canal de vegetación. (9) Estabilizadores de riberas. Se usa para contener las olas, la corriente o la nieve. Se puede hacer mediante diques naturales (rocas sueltas en un despeñadero), gaviones (jaulas de alambre rellenas de rocas) o reforestación (trampa de sedimentos con plantas y arbustos). (10) Control de sedimentos. Se puede hacer mediante una malla protectora (tela de filtro) y la barrera de piedra triturada que se coloca sobre una corriente. La piedra impide el movimiento de las partículas grandes y desacelera la velocidad. Se pueden usar también estanques de sedimentación para la deposición de sólidos en agua. (11) La siembra directa con mínima o ninguna labranza mediante arado demostró ser una buena herramienta para conservar el suelo. (12) El uso de agricultura de precisión para actuar en forma puntual a cada palmo de suelo.

En suma. La ciencia del Cambio Climático está bastante avanzada. El conocimiento de las características físicas del suelo tiene abundante información y está orientada a garantizar la Seguridad Alimentaria y la conservación de los minerales nutrientes. En tanto, el conocimiento del ecosistema suelo es mucho menor, dejando dudas de cómo responderá al Cambio Climático en lo que respecta al almacenamiento a largo plazo del carbono.

Documento elaborado por el Ing. Roberto Ares (2016).