



El suelo, más allá de lo visible

Módulo 3

Amenazas y preservación del suelo

Amenazas y degradación del suelo

Los suelos, que se han formado lentamente por los factores de formación y que son esenciales en el funcionamiento de los ecosistemas y la provisión de servicios ecosistémicos, **están amenazados por la intensificación y competencia en su uso**. Esto los ha convertido en uno de los recursos más vulnerables.

Para hablar de degradación del suelo, lo primero es diferenciarla de otros términos que generalmente se entienden como sinónimos, pero que no lo son.



Conceptos claves en la degradación del suelo

Degradación de la tierra:

La **degradación de la tierra** abarca todos los cambios negativos en la capacidad del ecosistema para prestar bienes y servicios, considerando un uso particular y una forma específica de manejo. Es entonces, un alcance más amplio que la erosión y degradación de suelos.

Erosión del suelo:

La **erosión del suelo** es un término que a menudo se confunde con la degradación del suelo, pero que realmente se refiere a las pérdidas absolutas de suelo de las capas superficiales. De hecho es el efecto más visible de degradación del suelo.

Degradación del suelo:

La **degradación del suelo** es el deterioro de la calidad del suelo, implicando una pérdida o disminución de las funciones, cambios adversos en las propiedades del suelo y usos y por ende, en la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios.

Desertificación:

El término **desertificación** se utiliza para referirse a la degradación de la tierra en zonas áridas, semiáridas o secas y para el cambio irreversible de la tierra a tal estado que ya no puede ser recuperado a su uso originario.

La desertificación es un fenómeno natural exacerbado por las actividades humanas.



Deforestación:

La **deforestación** es la destrucción permanente de los bosques naturales a través de la tala de árboles para hacer que la tierra esté disponible para otros usos (aparte del bosque).

La pérdida de árboles destruye los hábitats y la biodiversidad, pero también reduce el secuestro de carbono y las funciones del suelo, ya que generalmente se aumentan las tasas de erosión, al aumentar la cantidad de escorrentía y reducirse la protección del suelo. En algunas situaciones, puede llevar al inicio de la desertificación.



Incendios:

El **impacto del fuego** en el suelo depende principalmente del flujo de calor hacia el suelo, lo que a su vez, depende de la gravedad del fuego (temperatura y duración), la distancia al suelo y las condiciones del suelo. A menudo, las capas de suelo orgánico se queman y dado que el flujo de calor es más fuerte en esa zona se ven afectados los organismos que residen en esta capa superior del suelo.

Muchos procesos del suelo cambian después de un incendio, pero la erosión del suelo posterior al incendio puede ser el mayor impacto. Los incendios eliminan la cubierta vegetal que protegía el suelo de los impactos de las gotas de lluvia y por ende, de la erosión.



Prácticas silvoagropecuarias:

Las **actividades silvoagropecuarias** representan una de las formas más intensivas de uso de la tierra, y sus impactos en el suelo pueden ser muy variables en función de las opciones de manejo adoptadas.

Algunos ejemplos de prácticas silvoagropecuarias son la **labranza, y el pastoreo, entre otros**.

- **Labranza:** En agricultura, la **labranza** modifica significativamente el suelo en su estructura, porosidad y capacidad de retención de agua, haciéndolos más sensibles a la compactación.
- **Pastoreo:** El pastoreo de ganado se realiza en suelos donde la agricultura generalmente no es posible (praderas o pastizales). El pastoreo puede tener efectos positivos como negativos, el resultado general dependerá de la densidad de los pastadores. Con densidades crecientes, los efectos negativos son el pisoteo, compactación del suelo, denudación, competencia de recursos, reducción de vivienda para organismos del suelo, que son menores a los efectos positivos de retorno de nutrientes a través de la defecación.
- **Otras:** Otras prácticas como los **monocultivos**, el uso extensivo de labranza y el insumos de químicos, degrada el frágil entramado de interacciones comunitarias entre las plagas y sus

enemigos naturales, disminuyendo la biodiversidad edáfica y los organismos beneficiosos para el ecosistema y aumentando los patógenos y plagas.



Expansión urbana:

La **expansión urbana** es el crecimiento de las ciudades hacia territorios naturales o rurales.

El rápido crecimiento de las ciudades y las industrias impacta en áreas cada vez más amplias, generando compactación del suelo y sellado permanente bajo el asfalto y el cemento, esto implica la pérdida del suelo para cualquier otro uso, afectando la capacidad de acumulación de agua y la obtención de materia orgánica.



Residuos:

El aumento de la producción de **residuos** y su mala disposición pueden afectar el agua, suelo y aire.

Dependiendo del tipo de residuos son los impactos que genera, estando fuertemente relacionado a los impactos de la contaminación, pero además pueden generar impactos a organismos vivos, especies vegetales, y humanos. La disposición adecuada de los residuos, así como evitar su generación, es relevante en el cuidado del suelo.

Degradación del Suelo



Tipos de degradación del suelo: Primero a modo general, debemos conocer dos conceptos de degradación del suelo.

La pérdida implica la desaparición del suelo a causa de la erosión o el sellado (pavimentación), que no permite el uso del suelo para cualquier otro uso.

la degradación, consiste en un deterioro de las cualidades del suelo e incluye la eliminación de nutrientes, el agotamiento de la materia orgánica del suelo, la compactación, el aumento de la salinidad, la contaminación de suelos y la pérdida de carbono orgánico, entre otros.

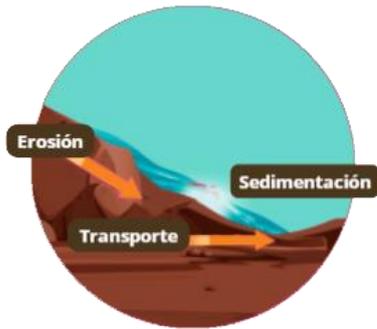
Erosión



La **erosión del suelo** es el proceso de desprendimiento y arrastre del suelo por acción del agua, el viento o hielo y donde las partículas del suelo y roca son movilizadas por gravedad, por lo que está relacionada con la topografía o relieve terrestre.

Se distingue la erosión natural, propia del proceso de formación del suelo, de la acelerada o antrópica, determinada por la acción humana, que interfiere el equilibrio de los suelos, vegetación, agua y viento, dando lugar a formaciones erosivas aceleradas que no pueden ser compensadas por tasas naturales de formación de suelos.

Hay dos tipos de erosión que veremos a continuación, la **erosión hídrica** y la **erosión eólica**.



La **erosión hídrica** es un proceso continuo que consiste en la separación de las partículas y agregados de la masa del suelo, su transporte y sedimentación, siendo el agente activo el agua.

La erosión hídrica se inicia cuando las gotas de lluvia golpean terrones y agregados en la superficie de un suelo desnudo, causando el movimiento de las partículas más finas como sedimento en suspensión en el flujo del agua, el cual en su movimiento cuesta abajo, va abriendo surcos a lo largo de la vía.

El factor que más influye en la erosión es la falta de cobertura vegetal, ya que el suelo está desprotegido del impacto de la lluvia. Dependiendo de la pendiente, tipo de suelo, la intensidad y duración de la acción del agua, se puede producir erosión laminar, de canalículos o surcos y cárcavas. Sin embargo, todas parten del impacto de la gota de lluvia en el suelo desnudo que rompe la agregación del suelo y dispersa las partículas.



Erosión laminar

La erosión laminar es producto de un agua superficial en forma de lámina, que lava el suelo de zonas de pendientes no tan pronunciada.



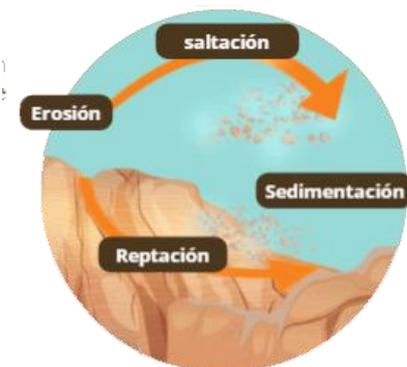
Erosión en surcos

La erosión en surcos o canalículos se produce cuando el suelo es arrastrado por el agua canalizándose y generando surcos.



Erosión en cárcavas

Las cárcavas o zanjas se producen cuando se concentra el flujo de varios canalículos generando grandes zanjas. Las cárcavas pueden ser tan grandes que remueven toda la capa de suelo y generan modificaciones del paisaje.



La **erosión eólica** se da, generalmente, en condiciones del suelo seco, con superficie lisa y desnuda, donde los vientos sean fuertes, por lo cual se relaciona a zonas de climas áridos y semiáridos.

El viento levanta las partículas no agregadas del suelo, pudiendo mantenerse dispersas en la corriente de aire o siendo arrastradas por la corriente y desprendiendo nuevas partículas en el proceso.

Las partículas que se desplazan por el viento son pequeñas, generalmente de menos de 1mm.

Compactación

Es un proceso de **degradación física del suelo**, referente a la **compresión de una masa de suelo a un volumen más pequeño**, lo que genera la pérdida de la estructura del suelo y del espacio poroso, volviéndose más denso y pesado.

La compactación altera propiedades del suelo tales como volumen, distribución del tamaño de poros, continuidad de macroporos y resistencia mecánica del suelo, afectando la elongación de las raíces y el almacenamiento y movimiento de agua, aire y calor en el suelo.

El uso de maquinaria excesivamente pesada, así como el sobrepastoreo del ganado, causa compactación de suelos.



Desbalance de nutrientes



El desbalance puede ocurrir a causa de procesos naturales, por ejemplo el fuego que destruye reservas de materia orgánica o el aporte de cenizas volcánicas aportando alto contenido de sales solubles. Sin embargo, el desbalance de nutrientes es inducida por **procesos antropogénicos** que causan agotamiento o sobrecarga de nutrientes.

La degradación ocurre cuando el total de reservas de nutrientes son inadecuadas para la producción de biomasa o cuando la tasa a la cual los nutrientes son movilizados es menor que la demanda de la biomasa.

La materia orgánica contiene, en variables cantidades, todos los elementos nutrientes esenciales. En los sistemas naturales, el ciclaje de estos nutrientes de la materia orgánica por procesos de inmovilización-mineralización constituye el principal mecanismo para la suplencia de nutrientes.

Podemos identificar dos fenómenos relacionados al desbalance de nutrientes que generan degradación del suelo, que son la remoción de nutrientes, y la sobre carga de nutrientes.

Remoción



Implica la remoción de los nutrientes del suelo a una tasa menor a la demandada por la producción de biomasa.

Mientras que el nitrógeno puede ser repuesto en el suelo a través de la fijación atmosférica, otros nutrientes deben ser suplidos de las reservas del suelo que no se encuentran en forma asimilable.



Sobrecarga

Implica que los suelos reciben insumos de nutrientes de las actividades humanas a tasas que exceden las de los procesos naturales.

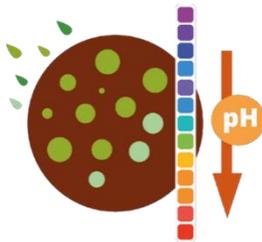
Cantidades excesivas de N y P generalmente ingresan a los ecosistemas a través de la aplicación directa de fertilizantes químicos o estiércol a los suelos agrícolas y de pastos.

Eutrofización

La sobrecarga de nutrientes tiene quizás los efectos más fuertes en los ecosistemas acuáticos cuando el suelo no puede retener toda el N y P añadido.

El exceso de nutrientes termina en la superficie y en las aguas subterráneas, lo que lleva al efecto de **eutrofización**, que es el **crecimiento excesivo de algas como resultado de altas concentraciones de nutrientes**.

Acidificación del suelo



Es el proceso mediante el cual se disminuye **el pH del suelo** debido a la acumulación de iones de H^+ y Al^{3+} en el suelo y la pérdida de cationes básicos tales como Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+ .

Las **principales causas de la acidificación** son largos eventos de precipitación, drenaje de suelos potencialmente ácidos, deposición ácida, aplicación excesiva de fertilizantes a base de amonio, entre otros.

Los suelos son ácidos cuando considerables porciones de sus cationes intercambiables están representados por hidrógeno y las diferentes formas de aluminio hidratado.

La ocurrencia de estos suelos ácidos, se da principalmente por la **lixiviación de bases**.

Como podemos observar, los suelos permeables como la arcilla, localizados en zonas húmedas, se acidifican a causa de este lavado o lixiviación de calcio y otros cationes básicos.

El agua al pasar por el suelo arrastra los cationes intercambiables unidos a las arcillas (K^+ y Na^+) reemplazándolos por cationes de hidrógeno y aluminio y llevándose los primeros por lixiviación.

Eso genera aumento de H en las arcillas del suelo, generando baja disponibilidad de nutrientes en el suelo, y por ende, problemas en el desarrollo de vegetación por déficit en la absorción de nutrientes.

Contaminación



La **contaminación** implica la presencia de contaminantes, sean sustancias, compuestos, derivados químicos o biológicos u otros, que pueden constituir un riesgo a la salud de las personas o a los ecosistemas.

Los elementos contaminantes del suelo varían en las respuestas a las personas, pero generalmente para que ocurra un efecto debe existir una ruta por la cual el contaminante que está en el suelo ingresa al cuerpo humano y lo afecta.

- *Principales contaminantes del suelo:*

Una amplia gama de contaminantes puede llegar al suelo de ecosistemas tanto **naturales como modificados a través de varias rutas (aplicación directa, caída atmosférica, eliminación de desechos, etc.)**.

Debido a sus propiedades, los contaminantes que terminan encima o en el suelo **pueden tener efectos inmediatos y duraderos muy fuertes sobre el suelo y su biodiversidad**.

Los tipos más comunes de contaminantes del suelo son aceites, combustibles, pesticidas, metales pesados y concentraciones muy altas de sales y fertilizantes, pero también pueden afectar otras matrices ambientales, por ejemplo produciendo contaminación de aguas subterráneas y superficiales.



El impacto de la contaminación en el suelo depende del tipo de contaminante y la forma en que actúa, pero también del **pH del suelo**, dado que el pH influencia la disponibilidad de estos elementos en el suelo.

Salinidad



El término **salinidad** hace referencia a la **concentración excesiva de sales solubles en el suelo y/o aguas**. La salinización altera las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y en consecuencia su fertilidad.

Evidentemente **todos los suelos contienen una cierta cantidad de sales solubles**, pero para considerar la afectación por sales, la concentración de éstas en la solución del suelo debe superar ciertos valores límites.

Aun cuando el manejo inadecuado del riego y el drenaje son señalados como causas principales de la salinización y alcalinización de los suelos, otras actividades humanas acentúan estos procesos, como los procesos que afectan el balance hídrico y cambian el flujo de masa y energía de los procesos de formación del suelo.



La materia orgánica

La **materia orgánica** del suelo representa el principal sumidero y fuente de nutrientes en ecosistemas terrestres naturales y manejados. Generalmente, **95% o más del N (nitrógeno) y S (Azufre) y entre 20 a 25% del P (fosforo) presente en el suelo superficial se encuentra en la materia orgánica.**

La misma tiene efectos importantes en el intercambio iónico, el almacenamiento de humedad y la capacidad de infiltración del suelo, promueve la formación de agregados y es el principal sustrato proveedor de energía para la microbiota del suelo.

Carbono orgánico del suelo (COS)

El **COS (Carbono Orgánico del Suelo)** es el componente principal de la materia orgánica del suelo.

El COS mejora la estabilidad estructural del suelo promoviendo la formación de agregados que, junto con la porosidad, aseguran suficiente aireación e infiltración de agua para promover el crecimiento de la planta.

Con una cantidad óptima de COS, la capacidad de filtración de agua de los suelos permite el suministro de agua limpia.

Pérdida de COS



La **pérdida de COS** afecta negativamente no solo la salud del suelo y la producción de alimentos, sino que también agrava el cambio climático.

Cuando se descompone la materia orgánica, se emiten gases de carbono de efecto invernadero a la atmósfera. Si esto ocurre a tasas demasiado altas, los suelos pueden contribuir a calentar nuestro planeta.

Por otro lado, muchos suelos tienen el potencial de aumentar sus reservas de COS, mitigando así el cambio climático al reducir la concentración de CO₂ en la atmósfera.

¿Sabías qué?

Se ha estimado que las mayores cantidades de COS se almacenan en la **región de permafrost del norte** con alrededor de 190 Pg C en los primeros 30 cm del suelo (0-30 cm)¹, principalmente en suelos de turba.



Allí, **el carbono se acumula en los suelos en grandes cantidades** debido a las bajas temperaturas que conducen a una baja actividad biológica y una descomposición lenta de la materia orgánica.

Por el contrario, en regiones secas y cálidas como el desierto del Sahara, el crecimiento de las plantas es naturalmente escaso y sólo una pequeña cantidad de carbono entra en el suelo.

Preservación del Suelo



Como se ha detallado anteriormente, los suelos constituyen un **recurso natural esencial no renovable**, componentes clave para la vida y para la sustentabilidad ambiental global, influyendo en el cambio climático, la biodiversidad, la seguridad del agua y la energía y la seguridad alimentaria.

Protección y gestión del suelo

En 2015, la **Carta Mundial del Suelo**, firmada por los estados miembros de la **Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura**, FAO, relevó la importancia de los suelos para la vida en la Tierra, reconociendo que las presiones sobre el recurso están alcanzando límites críticos.

La **Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, conocida como FAO**, avanzando en la gestión sostenible de los suelos, estableció ciertas directrices que nos permiten avanzar hacia una gestión sostenible de los suelos, de las cuales se destacan:



1. Reducir al mínimo la erosión del suelo
2. Reducir al mínimo el sellado del suelo
3. Mejorar la gestión del agua del suelo
4. Incrementar el contenido de materia orgánica del suelo
5. Fomentar el equilibrio y los ciclos de los nutrientes del suelo
6. Preservar y mejorar la biodiversidad del suelo
7. Prevenir y reducir al mínimo:
 - la salinización y la alcalinización
 - la contaminación del suelo
 - la acidificación del suelo
 - la compactación del suelo

Preservación de la materia orgánica

Por la importancia de la **materia orgánica** y del carbono orgánico en el suelo, muchas de las directrices o medidas de cuidado del suelo implican el manejo y mejora de este factor.

Proporcionar niveles adecuados de materia orgánica es fundamental para restablecer la fertilidad y la diversidad en suelos degradados por sobreexplotación, erosión o degradación de la tierra.



La materia orgánica se puede aumentar también mediante **la aplicación de abono animal u otros desechos ricos en carbono, la utilización de compost y materia orgánica para proporcionar al suelo una cobertura permanente**. Por lo mismo, debemos incrementar la materia orgánica en los suelos, no removiendo de los sistemas el material que la propia vegetación y organismos del suelo genera.



La materia orgánica también retiene mayor contenido de agua, lo que permite mantener un contenido de humedad adecuado en condiciones de menor precipitación y mayor disponibilidad para la vegetación.



Para Proteger y Mantener los suelos podemos:

1. No remover la hojarasca de los suelos, las hojas caídas al descomponerse devuelven los nutrientes al suelo, mantienen la humedad y evitan la evaporación del agua.
2. Mantener cobertura en los suelos, evitando dejar suelos desnudos que pueden ser propensos a la erosión y compactación.
3. Para eso la plantación de especies vegetales permite proteger los suelos de posible erosión al proteger los suelos de vientos (cortinas de vegetación que reducen la velocidad de vientos) y mediante las raíces dar resistencia a erosión hídrica, además de proporcionar materia orgánica.
4. Proteger y mejorar las condiciones del suelo para fomentar la existencia de biota del suelo. Las lombrices son uno de los principales descomponedores, por lo cual se debe promover la existencia de estos organismos en el suelo. No los elimines cuando los veas.
5. Proteger los suelos ricos en carbono orgánico de turberas, bosques, pastizales, etc.



Para evitar la degradación de los suelos podemos:

1. Reducir al mínimo la impermeabilización de los suelos, por ejemplo, cubriendo los suelos con cemento o asfalto. Al cubrir los suelos se limita la incorporación de agua y nutrientes al sistema. Se debiera fomentar que los suelos estén disponibles para recibir y almacenar el agua de precipitaciones.
2. Reducir la compactación del suelo mediante la plantación o siembra de hierbas que ayuden a airear el suelo. Esto se puede realizar en zonas donde el suelo este duro y descubierto.
3. Evitar cambios en el uso de la tierra tales como la deforestación o la expansión urbana en zonas de suelos de buena calidad que pudieran quedar sellados.
4. La mejor manera de controlar la contaminación es evitar que suceda, por lo que no debemos verter sustancias contaminantes, o disponer residuos que podrían contaminarlos, por ejemplo aceites, pinturas, combustibles, colillas de cigarrillos, entre otros. Estos pueden afectar a las plantas y a la biota del suelo.



Para gestionar los suelos de forma sustentable podemos:

1. Aumentar y mantener la fertilidad natural del suelo y los ciclos de nutrientes naturales a través de la preservación o la mejora de la materia orgánica del suelo.

La mayor fertilidad del suelo puede alcanzarse a través de prácticas de conservación de suelos tales como el uso de la rotación de cultivos con leguminosas, abonos verdes y animales y cultivos de protección en combinación con una labranza reducida o nula prestando la debida atención a la disminución de la utilización de herbicidas, así como a la

agroforestería. El riego debería garantizar el suministro del agua necesaria para el crecimiento de la planta y considerar un drenaje eficaz para evitar problemas de salinización o anegamiento.

2. Si se tienen problemas de erosión de suelos, se pueden aplicar técnicas de conservación de suelos como por ejemplo canales de drenaje, zanjas de infiltración o barreras físicas que buscan reducir la velocidad de escurrimiento del agua para evitar la pérdida de suelo, entre otros.
3. En sistemas de pastoreo, debería mantenerse una suficiente cobertura vegetal para proteger el suelo del pisoteo y la erosión; en la ordenación ganadera, debería tenerse en cuenta la intensidad y el período de pastoreo, el tipo de animales y la densidad de carga.
4. Restaurar suelos degradados o erosionados, para mejorar el funcionamiento de cultivos o sistemas naturales. Los suelos son la base de la vida de estos ecosistemas, y en ocasiones el elemento que puede limitar la recuperación de los mismos.