



El suelo, más allá de lo visible

Módulo 2

Suelo y la vida en la Tierra

Funciones y servicios del suelo

Para comenzar, debemos preguntarnos *¿Qué son las funciones y servicios del ecosistema?*

Las funciones son los **procesos que tienen lugar dentro de un ecosistema**, mientras que los servicios son los **beneficios tangibles e intangibles** que todos obtenemos de los ecosistemas.

Entonces, el término "Funciones" se utilizan para definir los procesos y componentes biológicos, geoquímicos y físicos que tienen lugar dentro de un ecosistema, tales como:



- Descomposición y ciclo de carbono
- Ciclo de nutrientes
- Estructura y mantenimiento del suelo
- Regulación población biológica

En tanto los "servicios", se utilizan para abarcar los beneficios tangibles e intangibles que los humanos obtienen de los ecosistemas. Como por ejemplo:



- Aprovisionamiento
- Regulación
- Soporte
- Cultural

Biota del Suelo

El suelo contiene ¼ de la biodiversidad del planeta, ya que es un hábitat para una gran cantidad de organismos, desde insectos, mamíferos, bacterias y hongos.

Un solo gramo de suelo puede contener millones de individuos y varios miles de especies de bacterias, incluso más que la cantidad de personas sobre el planeta.



Los múltiples organismos que viven en el suelo son fundamentales en las funciones del suelo, pero ¿Cómo podemos agrupar a todos estos organismos vivos?



El conjunto de organismos vivos del suelo **tales como bacterias, insectos y mamíferos pequeños** es conocido como la **biota del suelo**.

En función del ancho del cuerpo se pueden identificar cuatro grupos de organismos que forman parte de la diversidad de la biota del suelo.

También forman parte de la biota las **bacterias, protistas, hongos y líquenes**. Conozcamos más de la fauna del suelo.

Fauna del suelo

- **Microfauna** se compone de organismos que miden menos de 0,1 mm. Los ejemplos más destacados de microfauna son los tardígrados, conocidos como "Ositos de agua, que miden entre 0,1 - 1,7 mm., y los nemátodos que son gusanos redondos transparentes acuáticos y miden 0,1 - 5 mm de longitud.



- **Mesofauna** se compone de organismos que miden entre 0,1 y 2 mn. Algunos ejemplos conocidos son los ácaros, los proturos que son pequeños hexápodos primitivos y los pseudoescorpiones.

- **Macrofauna** se compone de organismos que miden entre 2 y 20 mn. Estos habitan principalmente en la superficie del suelo y la hojarasca. Los ejemplos más conocidos son los miriápodos (ciempiés y milpiés), hormigas, termitas y lombrices de tierra.



- **Megafauna** abarca a todos aquellos seres vivos mayores a 10 cm. Aunque los animales del suelo considerados como megafauna no son realmente grandes a escala humana, y rara vez exceden 1 kg de peso, son excepcionalmente "enormes" en comparación con otros organismos del suelo.

La mayor parte de la megafauna corresponde a vertebrados, tales como los topos y los armadillos. Estos animales a menudo tienen una morfología adaptada a la excavación y la vida subterránea por ejemplo garras largas, poco pelo a veces sin vello.

¿Sabías qué?

Algunos animales usan el suelo como hábitat temporal para reproducirse o para sus primeras etapas de vida, como por ejemplo el pololo verde.

Se estima que el 95% de los insectos están vinculados al suelo durante su ciclo vital, por ejemplo algunos ponen huevos en el suelo o bien es utilizado como hábitat temporal para hibernar.



¿Qué rol tienen los organismos en el suelo?

Frente a la enorme cantidad de organismos y de biodiversidad en nuestro planeta, debemos preguntarnos **¿qué rol juegan los organismos del suelo?**

Partimos de la premisa que los suelos comienzan a existir cuando los organismos organizan su hábitat en él. En este proceso agregan componentes orgánicos y minerales, desarrollando la red de poros.

Esto afecta el movimiento de agua y gases, la transferencia de nutrientes y energía, y la eliminación de productos metabólicos.

También participan en el proceso de descomposición, que es clave para los ciclos de nutrientes.

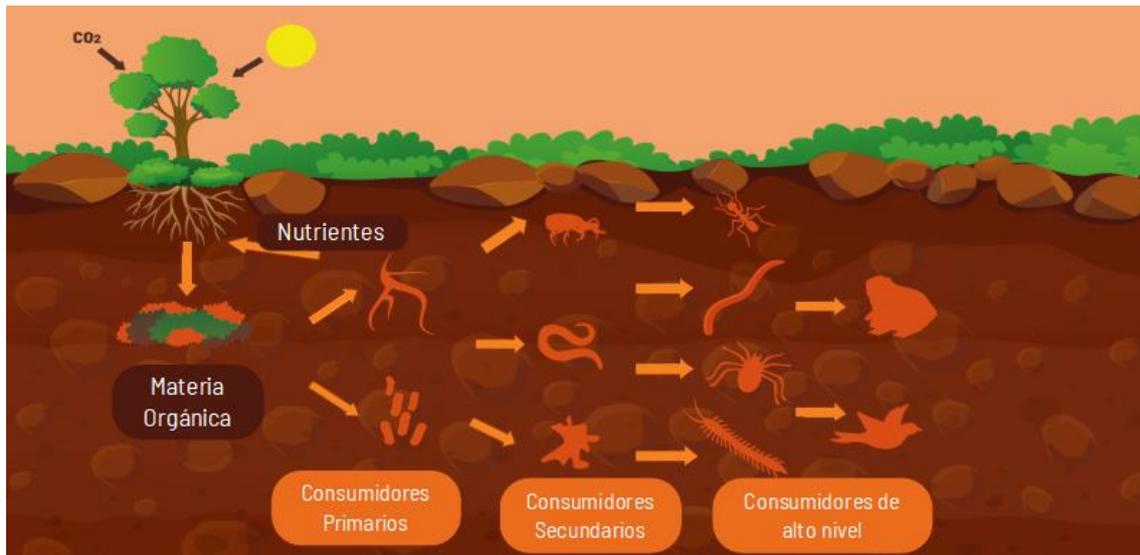
¿Qué es y cómo se forma la red alimentaria del suelo?

Cuando diversos organismos del suelo interactúan entre sí, y, con plantas y animales del ecosistema, forman una red compleja de actividad ecológica llamada la red alimentaria del suelo.

Es relevante en esta red los procesos de descomposición de la materia orgánica y disponibilidad de nutrientes.

La resiliencia de la red alimentaria está indisolublemente unida a la biodiversidad dentro del suelo.

¿Alguna vez has oído hablar de los ciclos biogeoquímicos y cómo se relacionan con el suelo?



Ciclos Biogeoquímicos

El término **ciclo biogeoquímico** deriva del movimiento cíclico de los elementos que forman los organismos biológicos (bio), y el ambiente geológico, rocas y suelo (geo) e interviene un cambio químico.

Estos son procesos naturales que reciclan elementos en diferentes formas químicas desde el medio ambiente hacia los organismos, y luego a la inversa.

Existen dos tipos básicos de ciclos biogeoquímicos: **los gaseosos y los sedimentarios.**

- **Gaseosos:** las reservas principales de nutrientes son la atmósfera y los océanos por lo que son ciclos globales. Entre los gases más importantes están el nitrógeno, el oxígeno el dióxido de carbono.
- **Sedimentarios:** El reservorio principal es el suelo, las rocas y los minerales, por ejemplo el ciclo del fósforo.

Ciclo del agua

El ciclo del agua es tal vez el más conocido de todos, pero representa gran complejidad porque involucra cambios de estados físicos y velocidades diferentes. En la superficie el agua circula rápidamente, mientras que en hielos, océanos y aguas subterráneas circula lentamente.

Los suelos desempeñan un papel clave en el abastecimiento de agua limpia, atrapando los contaminantes e impidiendo que estos se filtren en el agua freática, así como en la resiliencia ante las inundaciones y sequías.

Los suelos sanos con un elevado contenido de materia orgánica tienen la capacidad de almacenar grandes cantidades de agua. En efecto, la materia orgánica puede retener alrededor de 20 veces su peso en agua. Esto es beneficioso no solo durante las sequías, cuando la humedad del suelo es crucial para el crecimiento de las plantas, sino también durante las lluvias intensas, porque el suelo reduce las inundaciones y las escorrentías al ralentizar el vertido de agua en los arroyos.

La precipitación que llega al suelo mediante infiltración puede seguir 4 rutas:

Almacenamiento en el suelo, flujo superficial, flujo subsuperficial y almacenamiento de aguas subterráneas.

El **almacenamiento** ocurre principalmente en zona radicular de las plantas, quedando el agua disponible para las raíces. El agua que no es absorbida por el suelo escurre superficialmente, formando los flujos de agua como ríos y esteros.

Tercera ruta es como el **flujo subsuperficial**, es un nivel más profundo que la zona radicular y el agua puede llegar a aflorar en los manantiales.

Finalmente, la **infiltración profunda** hasta llegar a la zona saturada del terreno, recarga el almacenamiento de **aguas subterráneas**.



Ciclo del carbono

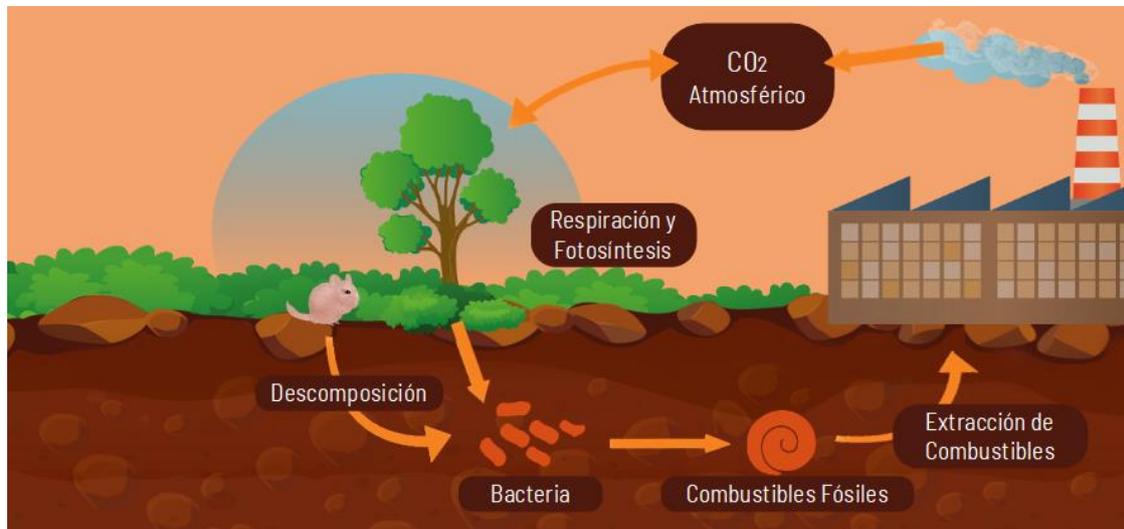
Toda la vida sobre la Tierra se basa en el carbono, lo que significa que todos los seres vivos estamos compuestos por moléculas complejas construidas sobre una estructura de átomos de carbono.

El ciclo de carbono es el **intercambio de carbono** entre la atmósfera, océano, biosfera terrestre y depósitos geológicos.

Sin embargo, la fuente esencial de carbono a partir de la que se construye la vida es el dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera. Solamente un proceso es capaz de transformar el carbono en forma de CO_2 en moléculas orgánicas y tejido vivo. Ese proceso, realizado por los vegetales verdes, las algas y algunos tipos de bacterias, es la fotosíntesis.

En el ciclo del carbono encontramos dos procesos importantes: **la fotosíntesis y la descomposición**.

La fotosíntesis transforma el Carbono en moléculas orgánicas y tejido vivo, mientras que la descomposición rompe los enlaces de Carbono de las moléculas orgánicas dejándolo disponible en el ciclo.



Fotosíntesis

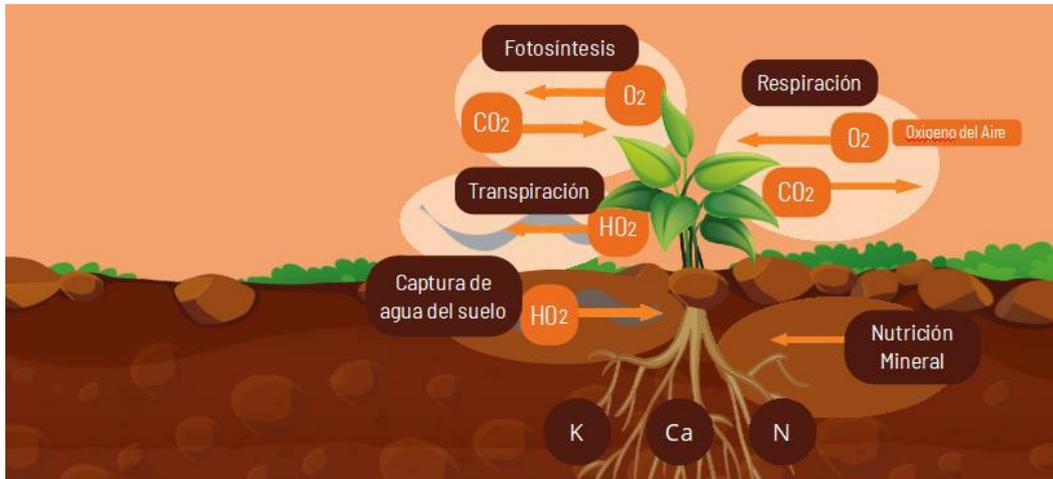
La fotosíntesis es el proceso mediante el cual la energía procedente del Sol, en forma de radiación de onda corta, es aprovechada para conducir una serie de reacciones químicas que resultan en la fijación de CO_2 y en la liberación de oxígeno (O_2) como subproducto.

Solo por medio de la fotosíntesis se puede transformar el carbono en forma de CO_2 en moléculas orgánicas y tejido vivo. Esto lo realizan las plantas, algas y algunos tipos de bacterias. Los demás organismos obtienen el carbono del consumo de carbono en tejidos animales y vegetales.

Para que se produzca fotosíntesis, el CO_2 debe ser transportado desde la atmósfera exterior hacia el interior de la hoja a través de aberturas de la superficie de la hoja, denominadas estomas. El estoma desempeña una función doble. A medida que el CO_2 se difunde hacia el interior de la hoja, el vapor de

agua existente dentro de la hoja se difunde hacia afuera. A esta pérdida de agua a través del estoma se le denomina transpiración.

Durante la Fotosíntesis, la planta absorbe elementos minerales desde el suelo, como el K, Ca, N, etc., que son necesarios para la formación de tejido vivo.



Descomposición

La descomposición es el proceso clave de los organismos del suelo.

La descomposición es la ruptura de los enlaces químicos formados durante la construcción de los tejidos animales y vegetales.

El proceso de descomposición de la materia orgánica pasa por el proceso físico y químico de la humificación a humus por medio de los microorganismos descomponedores. Con el paso del tiempo este se transforman en compuestos solubles asimilables por las plantas. Todos los heterótrofos son, en cierta medida, **descomponedores**.

Pero el concepto de descomponedores está enfocado en descomponedores microbianos, principalmente bacterias, hongos y detritívoros, que son organismos que se alimentan de casi cualquier materia orgánica en descomposición, ingiriéndola y digiriéndola mediante procesos internos.

La descomposición supone la liberación de energía fijada y la conversión de compuestos orgánicos en nutrientes inorgánicos.

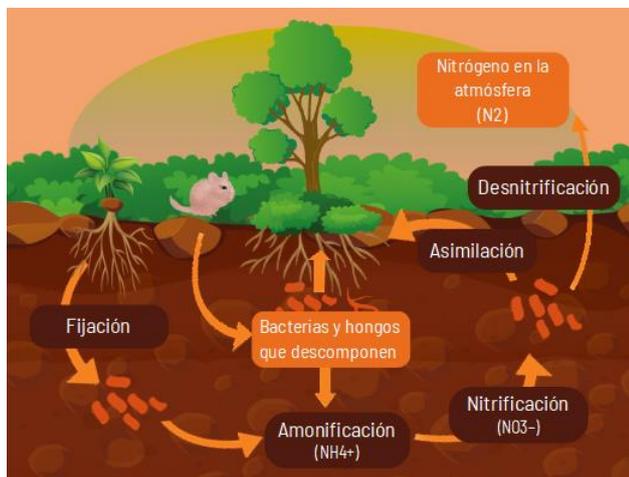


Ciclo del nitrógeno

El nitrógeno es un componente esencial de las proteínas, que a su vez son el componente básico de todo tejido vivo. El nitrógeno, ya presente o agregado en el suelo, está sujeto a varias transformaciones que dictan su disponibilidad para las plantas, ya que el nitrógeno está presente en el medio ambiente en una amplia variedad de formas químicas.

El ciclo del nitrógeno considera:

- La fijación de nitrógeno atmosférico.
- La amonificación o mineralización es la conversión de nitrógeno orgánico en amonio.
- La nitrificación es la conversión del amoníaco en nitratos.
- La asimilación es la absorción de nitrógeno del suelo por las plantas, ya sea en forma de iones de nitrato o de iones de nitrato.
- La desnitrificación es la reducción de nitratos a gas nitrógeno. Las plantas solo utilizan nitrógeno en dos formas químicas: **amonio** (NH_4^+) y **nitrato** (NO_3^-), aún cuando haya mucho N en la atmósfera no es asimilado por las plantas.



Ciclo del fósforo

El fósforo es condición indispensable para la presencia y la mantención de la vida en cualquier ecosistema. El fósforo, es un componente esencial de la molécula de ADN y ATP; y de todos los fosfolípidos de membrana.

Por ejemplo, es necesario para el crecimiento de plantas y para el desarrollo de nuestros huesos.

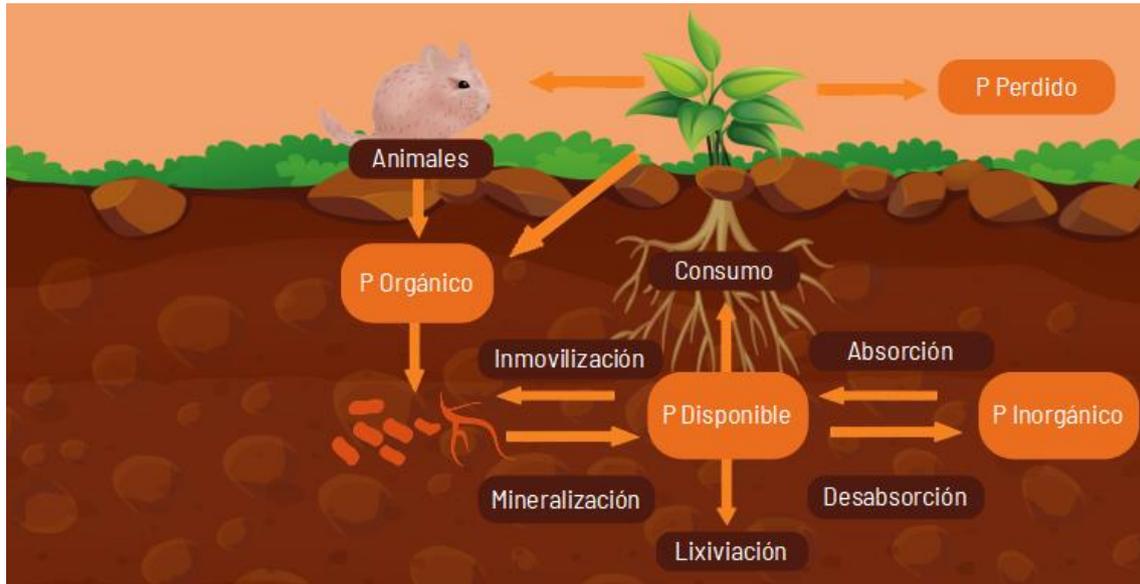
La mayor fuente global de fósforo en los ecosistemas naturales deriva del intemperismo de minerales, por lo cual la biota recicla el fósforo de sus formas orgánicas.

El fósforo es escaso y se encuentra en muy baja cantidad en la atmósfera. La casi totalidad del fósforo proviene de minerales a base de fosfato de calcio, entre los cuales la apatita tiene un lugar de importancia. Para que una planta crezca necesita fósforo, y este lo obtiene desde el suelo, de fuente inorgánica u orgánica.

Los humanos y otros seres vivos obtenemos el fósforo **comiendo plantas**, y éste regresa al suelo luego por **la descomposición**.

Pero, el fósforo orgánico queda encerrado en el suelo, y sólo está disponible nuevamente para la absorción de la planta cuando los materiales orgánicos se descomponen y el fósforo se libera a través del **proceso de mineralización**.

La mineralización se lleva a cabo por microorganismos del suelo (por ejemplo, bacterias) y, al igual que el nitrógeno, la velocidad de liberación de fósforo se ve afectada por factores abióticos, como la humedad del suelo, la composición del material orgánico, la concentración de oxígeno y el pH.



Los servicios y funciones del suelo están fuertemente relacionados:

En los suelos, las funciones y servicios del ecosistema son el resultado de la interacción de factores físicos, químicos, biológicos y humanos. Estos procesos operan en diferentes escalas de tiempo y espacio, se integran entre sí y se organizan jerárquicamente.

Por ejemplo, los servicios como producción de alimento dependen de varias funciones del ecosistema como el ciclo de nutrientes y la estructura y mantenimiento del suelo, y a su vez, estas funciones dependen de biota del suelo específica, que mantienen los procesos biológicos del ecosistema.

¿Cómo se conectan los servicios con las funciones y, cómo se determinan los beneficios y el valor de los mismos?

El término servicios nos permiten conectar los ecosistemas con el beneficio humano, explicitando los beneficios directos e indirectos que obtenemos de la naturaleza.

La lógica de los servicios ecosistémicos supone la existencia de una cadena de producción que conecta estructuras y procesos ecosistémicos con elementos propios del bienestar humano. Esto demuestra que se necesitan estructuras ecológicas funcionales para la generación de servicios y los consiguientes beneficios.



Por tanto, un servicio solo se considera como servicio si se identifica como beneficiario y a su vez esté reconozca un valor de este servicio.

Esta lógica nos invita a pensar sobre la relación que tenemos con el medio ambiente, por ejemplo cuánto capital natural es necesario para mantener los flujos de servicios ecosistémicos, cuáles son los límites del ecosistema para proveer servicios, qué servicios son indispensables para nuestra existencia, y cómo debemos proteger y conservar los ecosistemas, su biodiversidad y funciones para mantener un flujo continuo de servicios.

De acuerdo a la Evaluación de los ecosistemas del milenio compilada por Naciones Unidas en 2005, existen 4 clases reconocidas de **servicios ecosistémicos**.

- **Aprovisionamiento:** son los beneficios materiales que las personas obtienen de los ecosistemas, por ejemplo, el suministro de alimentos, agua, fibras, madera y combustibles.
- **Regulación:** son los beneficios obtenidos de la regulación de los procesos ecosistémicos, por ejemplo, la regulación de la calidad del aire y la fertilidad de los suelos, el control de las inundaciones y las enfermedades y la polinización de los cultivos.
- **SopORTE:** son servicios necesarios para la producción de todos los demás servicios ofreciendo espacios en los que vivan las plantas y los animales, permitiendo la diversidad de especies y manteniendo la diversidad genética.
- **Cultural:** son los beneficios inmateriales que las personas obtienen de los ecosistemas, como la identidad y el patrimonio cultural, la recreación y el turismo.

Las funciones y servicios del suelo son el resultado de la interacción de factores físicos, químicos, biológicos y humanos que operan en diferentes escalas de tiempo y espacio.

El clima es siempre el factor más importante, luego le sigue la calidad del sustrato, las comunidades de plantas y la calidad de la materia orgánica que devuelven al suelo. En escalas más pequeñas, el factor clave es la biodiversidad del suelo, desde los invertebrados hasta las comunidades microbianas.

- **Físicos:** comprenden todos los factores climáticos, tales como la temperatura, la humedad y sus fluctuaciones diarias y estacionales, determinan las tasas de procesos metabólicos en el suelo e interactúan con las propiedades físicas del suelo.
- **Químicos:** incluyen todas las transformaciones que sufren los residuos orgánicos durante el proceso de descomposición.
- **Biológicos:** involucran funciones microbianas y faunísticas que, inevitablemente, interactúan con otros componentes del suelo. los microbios son los operadores finales de todas las transformaciones químicas en el suelo: facilitan la liberación de nutrientes por la descomposición, la conservación de la materia orgánica y la fijación de nitrógeno.
- **Humanos:** las actividades humanas modifican los sistemas del suelo, principalmente mediante la manipulación de comunidades de plantas por sistemas manipulados, alterando la estructura del suelo a través de la labranza y afectando indirectamente la biodiversidad del suelo mediante el uso excesivo de pesticidas y/o fertilizantes minerales.

Servicios de regulación entre el suelo y el ciclo del agua

Almacenar: el agua retenida en poros del suelo sostiene comunidades vegetales y microbianas, esto permite la producción de biomasa y la protección de la superficie, lo que genera los servicios de generación de alimentos, control de la erosión.

Absorción: el agua de un evento se infiltra en el suelo con exceso perdido como escorrentía, esto permite reducir la escorrentía superficial, configurando el servicio de control de inundaciones y de la erosión.

Transmitir: el agua que entra en el suelo es redistribuida y el exceso se transmite por percolación profunda, permitiendo la infiltración a aguas subterráneas y configurándose el servicio de recarga de aguas subterráneas y mantenimiento de caudales.

Limpiar: el agua que pasa a través de la matriz del suelo interactúa con partículas del suelo y la biota, esto permite que los contaminantes se degradan y/o retienen en zonas de absorción, generando el servicio de calidad de agua.

Las funciones y servicios del ecosistema son el resultado de la interacción de factores físicos, químicos, biológicos y humanos.

Las funciones definen los procesos y componentes biológicos, geoquímicos y físicos que tienen lugar dentro de un ecosistema. Algunas funciones que desempeña el suelo son la descomposición y ciclo del carbono, ciclo de nutrientes, estructura y mantenimiento del suelo y regulación biológica de la población.

Por otro lado, los Servicios abarcan los beneficios tangibles e intangibles que los humanos obtienen de los ecosistemas. Algunos servicios que nos entrega el suelo son el aprovisionamiento, la regulación, el soporte y la cultura.