

Suelo y sucesiones ecológicas

Formación y características



Marcelo L. Morales Yokobori

Derechos reservados

Suelo y sucesiones ecológicas, escrito por Marcelo Lino Morales Yokobori, profesor titular de Ecología y Conservación de la Licenciatura en Ciencias Biológicas de la Universidad de Belgrano, es ofrecido como texto de estudio en el portal “Terra curanda”, ISSN 1569-2469.

www.terracuranda.org

Contenido

Formación y características	1
El suelo	4
Horizontes del suelo.....	6
Eluviación e iluviación	7
Servicios ecosistémicos del suelo	7
Introducción a las sucesiones ecológicas	9
Introducción	9
Definición de sucesiones ecológicas	9
Relación entre las sucesiones ecológicas y la formación del suelo	9
Sere primario o sucesión primaria	10
Ejercicio	11
Sere secundario o sucesión secundaria	11
Importancia ecológica y ambiental	11
Bibliografía	12

El suelo

El suelo es una parte fundamental de los ecosistemas terrestres, pues contiene el agua y otros elementos nutritivos necesarios para el desarrollo y la vida de los seres vivos, entre estos últimos los organismos autótrofos¹ fotosintéticos². Como las plantas son, mayoritariamente, la base alimentaria de todo ecosistema terrestre, la calidad del suelo condiciona el desarrollo de este último.

El suelo se forma a través de un largo proceso en el que intervienen el clima, los seres vivos y la roca más superficial de la litosfera³. Este proceso es una sucesión de etapas geológicas y biológicas en la que va madurando el ecosistema suelo. Básicamente, la roca es meteorizada por agentes meteorológicos, como el frío/calor, la lluvia, las oxidaciones e hidrataciones, entre otros. De esta manera, la roca se va fragmentando y los nuevos fragmentos se van reduciendo a partículas cada vez más pequeñas. El tamaño medio final de estas partículas de roca que permanezcan en el lugar determinará si el suelo resulta rocoso, arenoso, limoso o arcilloso (Tabla 1). Si hay humedad, estos fragmentos pequeños se pueden aglomerar entre sí de tal manera de poder permanecer en el lugar y no ser fácilmente arrastrados, por ejemplo, por el viento. En cambio, si el agua escasea, como es el caso de los desiertos, dichas partículas pequeñas son desplazadas sin dificultad por el viento permaneciendo solo los fragmentos grandes, es decir, arena o rocas.

Si hay presencia de agua, entonces estarán dadas las condiciones para el desarrollo de la vida, siendo que la luz y el dióxido de carbono no suelen resultar factores limitantes sobre la superficie terrestre. Bajo este escenario, los fragmentos meteorizados de las rocas serán cubiertos también con restos orgánicos como heces, organismos muertos, fragmentos de vegetales, entre otros. Estos materiales entrarán en descomposición, proceso efectuado por hongos y bacterias, formándose así el humus, la parte orgánica del suelo.

El humus está compuesto por una compleja mezcla de materiales parcialmente descompuestos y sustancias orgánicas estabilizadas. Aunque su composición exacta puede variar dependiendo de su origen y las condiciones ambientales en las que se forma, generalmente incluye una amplia variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos. Algunos de los compuestos más significativos presentes en el humus incluyen:

Ácidos húmicos: Son compuestos de alto peso molecular y solubles en soluciones alcalinas. Los ácidos húmicos mejoran la estructura del suelo, la retención de agua y la disponibilidad de nutrientes. También tienen un papel importante en la formación de complejos con iones metálicos, lo que facilita la absorción de nutrientes por las plantas.

Ácidos fúlvicos: Son de menor peso molecular que los ácidos húmicos y son solubles en agua a todos los valores de pH. Estos ácidos fomentan la disponibilidad de nutrientes y pueden influir en la actividad enzimática en el suelo.

¹ Que generan su propio alimento, en general a partir de luz, agua y dióxido de carbono, es decir a través de la fotosíntesis.

² Proceso que las hojas de las plantas son capaces de realizar a través del cual, utilizando la energía proveniente de la luz, transforman el agua (H₂O) y el dióxido de carbono (CO₂) en moléculas de glucosa (C₆H₁₂O₆).

³ Capa rocosa superficial que constituye la corteza exterior del globo terrestre.

Huminas: Son la fracción de humus que es insoluble en agua a cualquier pH, de muy alto peso molecular. Las huminas contribuyen a la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes, mejorando así su fertilidad.

Polisacáridos: Son carbohidratos complejos que ayudan a mejorar la estructura del suelo, facilitando la formación de agregados del suelo que mejoran la porosidad y la aireación.

Proteínas y aminoácidos: Restos de material biológico que contribuyen a la reserva de nitrógeno en el suelo, esencial para el crecimiento de las plantas.

Lípidos y resinas: Compuestos orgánicos que incluyen grasas, ceras y otras sustancias hidrofóbicas que pueden afectar la hidrofobicidad del suelo y la interacción con el agua.

Compuestos fenólicos: Incluyen una amplia gama de moléculas con actividades antioxidantes, que pueden afectar la descomposición de la materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes.

La rica composición del humus lo convierte en un componente crucial para la salud y la fertilidad del suelo, proporcionando un medio ambiente propicio para el crecimiento de las plantas.

Además de bacterias y hongos, el suelo también contiene una amplia variedad de organismos como invertebrados y mamíferos, que contribuyen a la mezcla y aireación del suelo con sus desplazamientos, al formar canales y desplazar materia. Estos animales desempeñan así roles también esenciales en la transformación y estabilización de la materia orgánica en el suelo.

Tabla 1: Tamaño medio de la partícula de suelo, según se trate de roca, arena, limo o arcilla, dando así lugar a distintas formaciones de suelo.



Roca (fragmentos de roca)

- > 2 mm de diámetro



Arena

- 2,00-0,05 mm de diámetro



Limo

- 0,050-0,002 mm de diámetro



Arcilla

- < 0,002 mm de diámetro

En aquellas regiones donde las características de la roca y el clima resultan similares, se suelen formar suelos muy semejantes entre sí. Conforme avanza el proceso de formación del suelo,

haciéndose este más evolucionado, menos influencia pasa a tener el material original que formaba la roca y más el clima. Se van produciendo así estratificaciones del suelo, donde en la parte inferior (horizonte R, ver Ilustración 1) se halla la roca madre inalterada, mientras que en el más superficial (horizontes O y A) se encuentra la parte del suelo que más atañe a la vida, pues contiene la mayor parte de la materia orgánica. El horizonte A es el estrato que acumula el humus, compuesto heterogéneo de materia orgánica descompuesta que le confiere su típico color oscuro.

El agua de lluvia atraviesa el horizonte A, disolviendo y arrastrando hacia abajo iones y otras moléculas. A esta acción se la llama eluviación (o también lavado del suelo) y es mayor cuando la pluviosidad resulta alta y la capacidad de retención de iones del suelo baja, como es el caso de los suelos poco arcillosos. En los climas áridos, el suelo puede salinizarse a través de un lavado ascendente; es decir, la evaporación retira agua de la parte alta del suelo, lo que provoca la llegada a la superficie de sales subyacentes a través de un líquido ascendente.

Horizontes del suelo

Los distintos estratos del suelo, comúnmente conocidos como horizontes del suelo, se clasifican en capas distintas que se encuentran al excavar en la Tierra. Estos horizontes son:

Horizonte O: La capa más superficial, compuesta principalmente de materia orgánica, incluyendo hojas caídas, ramas y otros materiales en descomposición. Es una capa delgada (primeros centímetros) que proporciona nutrientes esenciales para las capas inferiores.

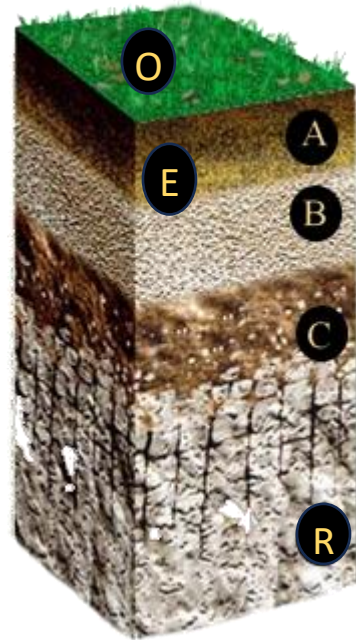
Horizonte A: Conocido como el horizonte superior o capa de suelo, es donde se encuentra la mayor parte de la materia orgánica mezclada con minerales. Esta capa es fundamental para el crecimiento de las plantas debido a su riqueza en nutrientes.

Horizonte E: Se caracteriza por ser una capa de lixiviación o eluviación, donde se pierden minerales y materia orgánica, arrastrados hacia abajo por el agua. No está presente en todos los suelos.

Horizonte B: Llamado también horizonte de acumulación o subsuelo es donde se depositan los minerales y materia orgánica que se han lixiviado desde las capas superiores. Este horizonte puede contener capas compactadas de minerales, como arcilla, hierro, y carbonato de calcio.

Horizonte C: Compuesto por rocas y sedimentos alterados menos que en el horizonte B. Esta capa muestra menos influencia de los procesos biológicos y

Ilustración 1: Principales horizontes que caracterizan al suelo, conteniendo. O: materia orgánica en descomposición; A: residuos orgánicos descompuestos; E: minerales y materia orgánica perdida por eluviación; B: acumulación de materiales lixiviados; C: fragmentos grandes frutos de la meteorización de la roca madre y D: roca madre inalterada.



más de la composición original del material parental sobre el cual se formó el suelo.

Horizonte R: Es la capa más profunda, compuesta por roca madre no alterada. Esta roca subyacente puede consistir en diferentes tipos de material, como roca volcánica, cuarcita, pizarra o cualquier otro tipo de roca sólida.

Eluviación e iluviación

La eluviación es el proceso por el cual partículas finas, minerales disueltos y materia orgánica son lixiviados o lavados fuera de una capa del suelo (generalmente el horizonte E, también conocido como el horizonte de eluviación) y transportados hacia abajo por el agua que percola a través del suelo. Este proceso resulta en la pérdida de material desde el horizonte afectado, el cual puede aparecer más pálido y menos fértil comparado con las capas superiores.

Se llama iluviación al proceso mediante el cual los materiales eluviados desde las capas superiores se acumulan en una capa inferior del suelo. Este material puede incluir arcilla, minerales de hierro, carbonatos y materia orgánica que se depositan y enriquecen el horizonte B (subyacente al horizonte de eluviación), formando una capa densa y a menudo más oscura debido a la acumulación de estos materiales.

Los procesos mencionados son fundamentales para entender la formación de los suelos y sus propiedades, afectando así la textura, estructura, color, y capacidad de retención de nutrientes y agua del suelo. La eluviación e iluviación juegan un rol importante en la diferenciación de los horizontes del suelo, contribuyendo a la diversidad de suelos que se encuentran en diferentes ecosistemas.

Servicios ecosistémicos del suelo

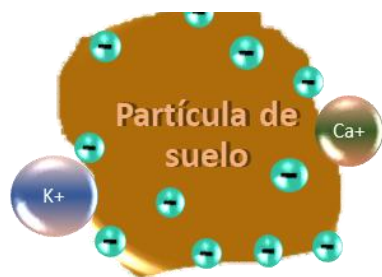
El suelo presta servicios ecosistémicos fundamentales para la vida, como son la provisión de agua y nutrientes (minerales), la fijación de las raíces de las plantas y la descomposición y conversión de materia y gases. En relación con el agua, la porosidad y la permeabilidad del suelo determinarán, respectivamente, la capacidad de almacenaje y conducción del líquido. La permeabilidad y la porosidad de un suelo pueden variar, presentándose distintos casos posibles:

- Un suelo muy poroso (poros grandes y/o abundantes) podrá retener mucha agua, pero si es también muy permeable (poros interconectados entre sí) el líquido tenderá a escaparse fácilmente, sea por acción gravitatoria, evaporación u otro mecanismo.
- Un suelo muy poroso, pero también poco permeable, ocurrirá cuando haya abundancia de poros muy pequeños, donde la capilaridad tiene efecto significativo en toda el agua que se desplaza. O, también cuando los poros no son tan pequeños, pero están poco interconectados entre sí, entonces la retención será importante y casi permanente. En ambos casos, en algún momento habrá acumulado agua, pero pasará un tiempo para que la misma pueda ser renovada o movida. Esto indica poca permeabilidad. El pequeño tamaño de los granos de arcilla hace que una pequeña fracción de este suelo tenga una gran suma de superficies por unidad de masa (1 g de arcilla suma de 25 a 900 m² de superficie) aumentando considerablemente el fenómeno de capilaridad. Recordemos que la superficie es proporcional al cuadrado de la longitud mientras que el volumen lo es al cubo de esta, de tal manera que con la disminución de la longitud característica de la partículas cobran más peso las superficies.

El suelo no solo almacena agua sino también aire. Sus poros pueden ser clasificados en macroporos, comúnmente ocupados por aire, y microporos, ocupados por agua, retenida por capilaridad.

El humus se caracteriza especialmente por su alta capacidad de intercambio catiónico (CIC), lo que significa que puede retener cationes (iones positivamente cargados) y liberarlos a las plantas de manera que puedan ser absorbidos por ellas fácilmente. Esta capacidad es crucial para la fertilidad del suelo, ya que permite a este retener nutrientes esenciales como potasio, calcio y magnesio, entre otros, evitando que sean lavados por el agua.

Ilustración 2: Partícula de suelo orgánico, donde se representan las cargas negativas sobre su superficie, las cuales retienen cationes.



La estructura compleja y rica en carbono del humus, junto con los ácidos húmicos y fúlvicos que contiene, contribuyen a esta alta capacidad de intercambio catiónico. Los ácidos húmicos, en particular, tienen una gran cantidad de sitios de carga negativa que pueden atraer y unir cationes. Este proceso no solo retiene nutrientes en el suelo, sino que también mejora la estructura del suelo, aumenta su porosidad y mejora la retención de agua, lo que resulta en un ambiente de crecimiento más saludable para las plantas. La textura del suelo depende de sus proporciones relativas de arena, limo, arcilla y materia orgánica, constituyendo un

indicador para determinar la facilidad de cultivo en un dado terreno. Generalmente, un suelo con más del 40% de materia orgánica es considerado orgánico. Puede ser de textura gruesa cuando es arenoso o de textura fina cuando es arcilloso, existiendo entremedio un degradé de variantes de textura. La arena y la mayoría de los limos son químicamente inertes. Las propiedades químicas del suelo dependen, básicamente, de la naturaleza de sus partículas arcillosas y de su materia orgánica, siendo relevantes para el control de la acidez, el aglutinamiento de otras partículas y la liberación de nutrientes y/o componentes nocivos.

La composición orgánica del suelo incluye restos orgánicos, mayoritariamente de origen vegetal, pero también estiércol, pieles de mudas, animales muertos, etc. A estos fragmentos de los materiales orgánicos en descomposición se los conoce también como detritos y, como dijimos antes, son los hongos y bacterias los principales responsables de dicho proceso. Los detritos, son también alimento para otras especies, incluyendo insectos y lombrices. Los detritívoros contrastan con los carroñeros, no solo en que estos últimos consumen materia orgánica no descompuesta, sino también en el tamaño de los fragmentos deglutidos, que son de considerable mayor tamaño. Con la descomposición de los detritos, se comienza a constituir el humus, materia orgánica tan profundamente transformada que ya no puede advertirse la estructura química original de las sustancias que la formaron.

En todo suelo hay algún nivel de materia orgánica. Por ejemplo, en un suelo desértico puede ocurrir en una proporción del 1%, mientras que en la turba (utilizada incluso como combustible de baja energía) la proporción puede llegar al 100%. Como valor medio, para una gran variedad de suelos, se puede considerar una composición media de humus del 5%. Al descomponerse, la materia orgánica del suelo libera también abundantes nutrientes. Parte de estos actúan como alimento para organismos del suelo mientras que otra estabiliza los agregados minerales de los suelos.

Introducción a las sucesiones ecológicas

Introducción

Las sucesiones ecológicas representan uno de los fenómenos más fascinantes en el estudio de los ecosistemas. Este proceso natural de cambio y desarrollo en la vegetación y la vida animal de una zona a lo largo del tiempo no solo es crucial para entender la dinámica de los ecosistemas, sino que también juega un papel fundamental en la formación y evolución del suelo. La relación entre las sucesiones ecológicas y la formación del suelo es un aspecto vital para la ecología, pues ayuda a comprender cómo se regeneran los ecosistemas y cómo se crea el soporte vital para la biodiversidad en nuestro planeta.

Definición de sucesiones ecológicas

Las sucesiones ecológicas se definen como el proceso ordenado y predecible por el cual los ecosistemas cambian y se desarrollan con el tiempo. Estas pueden clasificarse en dos tipos principales:

- **Sucesión primaria:** ocurre en ambientes previamente desprovistos de vida, como rocas desnudas, donde el suelo aún no se ha formado. Aquí, la colonización de organismos pioneros como líquenes y musgos es el primer paso hacia la creación de suelo nuevo. Puede ocurrir con un cambio climático, donde una zona antes desértica comienza a recibir precipitaciones, generándose procesos que cambiarán tanto la textura del suelo, así como permitirán el desarrollo de la vida y la consecuente formación de materia orgánica y humus.
- **Sucesión secundaria:** tiene lugar en áreas donde la comunidad biótica ha sido destruida o alterada (por ejemplo, después de un incendio forestal) pero donde el suelo sigue intacto, permitiendo una recuperación más rápida y eficiente de la vegetación. Ejemplo: recuperación tras los incendios en los Esteros del Iberá en 2023 (puede ser asistida).

Relación entre las sucesiones ecológicas y la formación del suelo

Como ya vimos, la formación del suelo es un proceso complejo influenciado tanto por factores abióticos (clima, roca madre, relieve) como bióticos (organismos que habitan en el suelo). Inicia con la meteorización de la roca madre, seguido por la acumulación de materia orgánica derivada de los restos de plantas y animales, lo que enriquece el suelo y mejora su estructura. Este proceso puede variar significativamente en duración, dependiendo de una multitud de factores ambientales y de la intervención de los seres vivos presentes en el área.

La sucesión ecológica juega un rol crucial en la formación del suelo. Durante la sucesión primaria, los organismos pioneros como líquenes y musgos comienzan a descomponer la roca madre, contribuyendo a la formación inicial del suelo. Con el tiempo, a medida que más materia orgánica se acumula y se descompone, el suelo se enriquece y permite el establecimiento de plantas más grandes, lo que a su vez atrae a una mayor diversidad de vida animal. En el caso de la sucesión secundaria, el proceso se centra más en la recuperación del suelo, donde la presencia previa de vida y suelo existente permite una regeneración más rápida y eficiente. Ejemplos de este proceso incluyen la recuperación de bosques después de incendios o la regeneración natural de áreas agrícolas abandonadas.

Sere primario o sucesión primaria

Sere es un término utilizado en ecología para describir una secuencia de comunidades o etapas sucesivas que un ecosistema atraviesa, desde un estado inicial desprovisto de vegetación hasta un estado final estable, conocido como clímax. Durante la sucesión ecológica, ya sea primaria o secundaria, un ecosistema experimenta cambios estructurales y funcionales que lo llevan hacia un estado más complejo y biodiverso. A continuación, se detallan las distintas etapas típicas que caracterizan a una sucesión primaria:

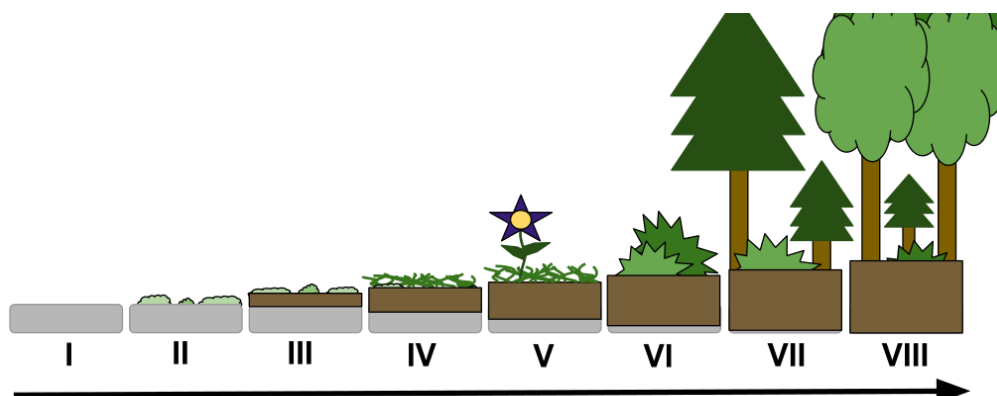
Etapas de pionera o colonización inicial: Es el inicio de la sucesión primaria, donde organismos como líquenes y musgos colonizan sustratos inorgánicos como rocas. Estos organismos son capaces de soportar condiciones extremas y juegan un papel crucial en la descomposición de la roca, lo que contribuye a la formación inicial del suelo (II y III en Ilustración 3).

Etapas de establecimiento y crecimiento: A medida que el suelo se empieza a formar, permite el establecimiento de especies vegetales más grandes, como hierbas y helechos, que pueden crecer en un sustrato aún limitado. Estas plantas añaden más materia orgánica al suelo al morir y descomponerse, mejorando su calidad y profundidad (IV y V en Ilustración 3).

Etapas de competencia y diversificación: En esta etapa, el ecosistema ve una mayor diversificación con la llegada de arbustos y árboles jóvenes. La competencia por recursos como la luz y los nutrientes se intensifica, lo que eventualmente afecta la composición de especies presentes (VI y VII en Ilustración 3).

Etapas de madurez o clímax: Finalmente, el ecosistema alcanza un estado de equilibrio en el que se establece una comunidad clímax. Esta comunidad es relativamente estable y puede sostenerse a sí misma a menos que ocurra una perturbación significativa. Las especies de esta etapa son típicamente aquellas que están mejor adaptadas a las condiciones locales. El ecosistema entra en un equilibrio consigo mismo y con el mundo externo, alcanzando su biodiversidad una cierta estabilidad, que puede recibir fluctuaciones pero que su capacidad de amortiguamiento mantiene dentro de ciertos niveles poblacionales para cada especie (VIII en Ilustración 3).

Ilustración 3: Esquema de una sucesión primaria donde los números romanos representan distintos estados en la evolución del ecosistema.

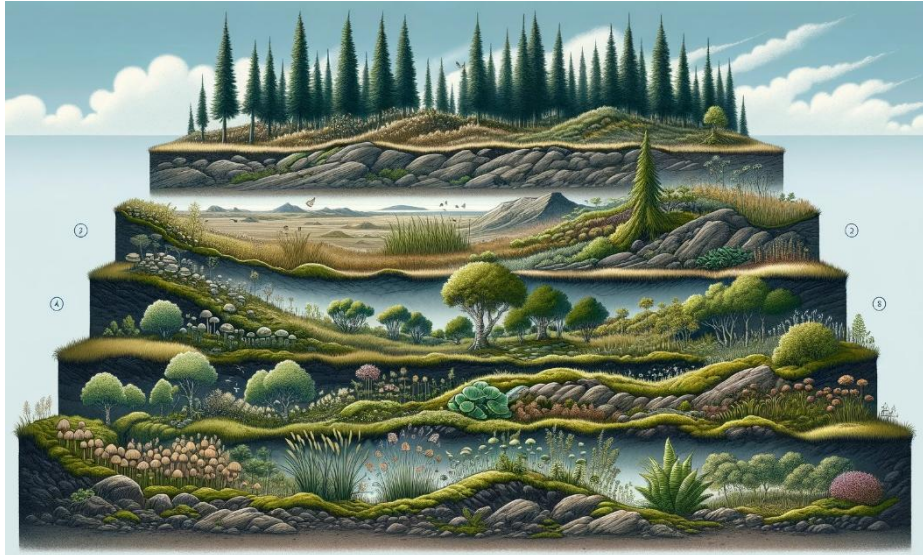


[Esta foto](#) de Autor desconocido está bajo licencia [CC BY-SA](#)

Ejercicio

En la Ilustración 4 identifiqué secciones que corresponden a cada una de las etapas antes mencionadas de una sucesión primaria.

Ilustración 4: Dibujo con fragmentos de terreno en distintas etapas de un sere primario



Sere secundario o sucesión secundaria

Etapas de alteración o perturbación: La sucesión secundaria comienza después de una perturbación (como un incendio, inundación, o actividad humana) que elimina la vegetación existente, pero deja el suelo intacto o, incluso, enriquecido con cenizas.

Etapas de colonización rápida: Inmediatamente después de la perturbación, el área es rápidamente colonizada por especies oportunistas, a menudo las mismas hierbas y arbustos que dominan las primeras etapas de la sucesión primaria, que pueden germinar y crecer rápidamente.

Etapas de transición: Similar a la sucesión primaria, el ecosistema ve un incremento en la diversidad con la llegada de especies más permanentes y competitivas, incluyendo árboles jóvenes que comienzan a establecerse y superar a las especies pioneras.

Etapas de clímax secundario: La comunidad clímax secundaria se establece después de que las especies más adaptadas al entorno predominen. Aunque similar a la comunidad clímax de la sucesión primaria, la composición exacta puede variar dependiendo de la naturaleza de la perturbación inicial y las condiciones específicas del ecosistema.

Importancia ecológica y ambiental

Las sucesiones ecológicas, como proceso, son esenciales para el mantenimiento de ecosistemas saludables, con capacidad de amortiguamiento y resilientes. Facilitan la regeneración natural de bosques, humedales y otros hábitats, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad. Además, la formación y recuperación del suelo juegan un papel crucial en la regulación del ciclo del carbono, el almacenamiento de agua y la prevención de la erosión, lo que tiene implicaciones directas en la mitigación del cambio climático y en la sustentabilidad ambiental a largo plazo.

Bibliografía

Margalef, R. (2005). *Ecología*. Madrid: Omega.