



INIA Tacuarembó

Semana de la Ciencia y Tecnología

Jornada de Puertas Abiertas

INIA Tacuarembó
20 de mayo de 2015

Contenido



Los recursos naturales y el INIA.....	3
¿Qué son los recursos naturales?	3
¿Cómo los clasificamos?.....	3
Algunas reflexiones para el cuidado de los recursos naturales	4
Veamos este concepto: los agroecosistemas.....	5
Composición del suelo.....	6
Textura de los suelos	7
Fertilidad de los suelos	7
Suelos del Uruguay	7
Erosión	10
La biodiversidad del suelo: Su importancia para el funcionamiento de los ecosistemas	10
Componentes vivos del suelo y su efecto sobre los procesos edáficos	12
Raíces.....	12
Microflora.....	13
Bacterias.....	13
Hongos.....	13
Fauna	14
Microfauna	14
Mesofauna	14
Macrofauna	15
Secuestro de carbono.....	15
Ciclo del carbono	16
¿Qué entendemos por secuestro de carbono?.....	16
¿Cómo podemos aumentar el contenido de carbono en los suelos?.....	17
El INIA te explica qué es y qué hace	18
Bibliografía.....	19
Sitios Web	19
INIA Tacuarembó.....	19

Los recursos naturales y el INIA

3

¿Qué son los recursos naturales?

Los recursos naturales son el conjunto de bienes materiales que proporciona la naturaleza sin alteración previa por parte del hombre. Son valiosos porque contribuyen al bienestar y el desarrollo de nuestra vida de manera directa (materias primas, minerales, alimentos) o indirecta (servicios ecológicos indispensables para la continuidad de la vida en el planeta). Estos elementos se fueron formando en la naturaleza a lo largo de millones de años y se los llama recursos naturales. Se caracterizan por ser escasos con relación a su demanda actual o potencial, por eso es necesario que el hombre tenga que aplicar medidas urgentes para proteger los recursos naturales y garantizar, al mismo tiempo, la propia supervivencia.

Los recursos naturales son fuentes de riqueza para la explotación económica. Por ejemplo, los minerales, el suelo, los animales y las plantas constituyen recursos naturales que el hombre puede utilizar directamente como fuentes para esta explotación. De igual forma, los combustibles, el viento y el agua pueden ser utilizados como recursos naturales para la producción de energía. La mejor utilización de un recurso natural depende del conocimiento que el hombre tenga al respecto, y de las leyes que rigen la conservación de aquel.

¿Cómo los clasificamos?

Renovables y no renovables

De acuerdo a la disponibilidad en el tiempo, tasa de generación (o regeneración) y ritmo de uso o consumo, los recursos naturales se agrupan en: no renovables y renovables.

La diferencia entre unos y otros está determinada por la posibilidad que tienen los recursos renovables de ser usados una y otra vez, siempre que se cuide la regeneración.

Los recursos naturales no renovables son depósitos limitados o con ciclos de regeneración muy por debajo de los ritmos de extracción o explotación y se agotan con su explotación. Los minerales y el petróleo son recursos no renovables debido a que al ser utilizados no pueden ser regenerados en tiempo real, puesto que son resultado de complejos procesos que duraron miles de años.

Los recursos pueden considerarse renovables cuando se regeneran a una tasa superior a la de su consumo, descontada la tasa de reutilización y recuperación. Se consideran recursos naturales renovables a la flora y la fauna que representan los componentes vivos o bióticos de la naturaleza, los cuales, unidos a los componentes no vivos o abióticos, como el suelo, el agua, el aire, etc., conforman el medio natural.



¿Cómo y por qué los recursos naturales son perturbados en sus equilibrios?

Algunos de estos recursos naturales renovables son afectados por el ser humano y otros por la acción de la naturaleza. Mientras que el agua, suelo, atmósfera, la vegetación y la fauna son afectados por las actividades humanas, los recursos renovables no limitados (luz solar, mareas, vientos), no son afectados por la acción del ser humano a pesar que se utilizan de manera regular para generar energía.

El mal uso de los recursos potencialmente renovables, como es el caso de sobreuso, contaminación, destrucción física, puede ocasionar que estos pasen a la categoría de recursos no renovables.

La flora y la fauna son recursos de gran importancia para el hombre. De la flora proviene una gran parte de los alimentos y medicamentos, así como la materia prima para la industria textil, maderera y otras.

Entre ambos existe una dependencia muy estrecha, basada en leyes naturales que rigen la estructura y funciones de las asociaciones de seres vivos. Las relaciones de alimentación, o relaciones tróficas, determinan las llamadas cadenas alimentarias, en las cuales los animales herbívoros (los que se alimentan de plantas y otros organismos vegetales) constituyen el alimento básico de otros grupos de animales que, a su vez, servirán de alimento a otros. Esto trae como consecuencia que la disminución en número o la desaparición de uno de estos eslabones de la cadena, por causas naturales o por la influencia del hombre, ponga en peligro todo el sistema, al romperse el equilibrio que caracteriza las relaciones entre el medio biótico y abiótico de la naturaleza. Por esta razón, el hombre debe estudiar las relaciones y las leyes que determinan este equilibrio, y convertirse en su máximo protector, ya que, en sentido general, todas las afectaciones que sufre el medio natural repercuten de uno u otro modo sobre él.

Algunas reflexiones para el cuidado de los recursos naturales

Existen, algunos recursos renovables que dependen de la conservación de los sistemas que les dan origen; es el caso de los recursos forestales, que dependen de la conservación de los bosques, o la pesca, que depende del mantenimiento de las poblaciones de peces.

El suelo es otro de los recursos que nos ofrece la naturaleza, sobre el que se desarrollan muchos seres vivos. Es un caso particular de recurso renovable porque cuando está degradado es difícil de recuperar debido a la lentitud de su proceso de formación.

Para evitar su degradación es necesario:

-  Proporcionar al suelo la cobertura vegetal necesaria para evitar la erosión.
-  Restituirle, por medio de la fertilización, los nutrientes que van siendo extraídos por las plantas.
-  Evitar las talas y los desmontes desmedidos, así como las quemas.
-  Evitar la contaminación que provoca el uso indiscriminado de productos químicos en la actividad agrícola.

Dada la importancia del agua para la vida de todos los seres vivos, y debido al crecimiento de las necesidades humanas, el hombre está en la obligación de proteger este recurso y evitar toda influencia nociva. Es uno de los recursos naturales susceptibles de faltar a la humanidad en un futuro próximo.

Hay que evitar que sea utilizada en forma ineficiente, que se le degrade por contaminación y que se realice una explotación excesiva de las reservas de aguas subterráneas.

No hay dudas de que la atmósfera constituye un recurso natural indispensable para la vida, y se clasifica como un recurso renovable. Sin embargo, su capacidad de renovación es limitada, ya que depende de la actividad fotosintética de las plantas, por la cual se devuelve el oxígeno a la atmósfera. Por esta razón, es lógico pensar que de resultar dañadas las plantas, por la contaminación del aire o por otras acciones de la actividad humana, es posible que se presente una reducción del contenido de oxígeno en la atmósfera, con consecuencias catastróficas para todos los seres vivos que lo utilizan.

Todo esto nos hace pensar en el cuidado que debe tener el hombre al explotar los recursos que le brinda la naturaleza. La mejor utilización de un recurso natural depende del conocimiento que el hombre tenga al respecto, y de las leyes que rigen la conservación de aquel.

El desafío, en consecuencia es utilizar racionalmente los recursos naturales. El desarrollo sustentable busca que la tasa máxima de explotación de los recursos naturales renovables sea igual que la tasa natural de regeneración, con lo que se evita disminuir las reservas y se mantiene la capacidad de asimilación del medio ambiente.

Este es el concepto de rendimiento sostenido. La tala de árboles o el pastoreo deben eliminar únicamente el incremento anual, o la porción capaz de ser reemplazada a lo largo de un periodo de años, mediante proceso natural o con ayuda humana si es necesario.

En la producción agropecuaria, la dimensión ecológica de la sustentabilidad se vincula con la continuidad de la productividad y el funcionamiento de los ecosistemas. Para lograrla es necesario mantener la calidad de los recursos naturales, es decir el suelo, la preservación de las condiciones físicas de las aguas superficiales y subterráneas, así como la protección de los recursos genéticos y la conservación de la diversidad biológica. Esto requiere que los sistemas de producción sean considerados como un ecosistema (de aquí el término agroecosistema).

Veamos este concepto: los agroecosistemas

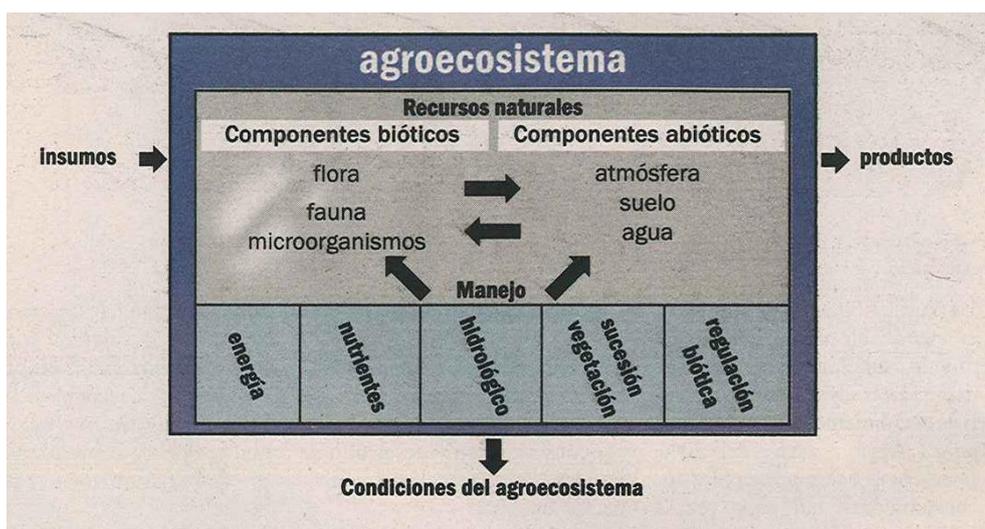
Se denominan agroecosistemas a los sistemas naturales o ecosistemas, que son utilizados por el hombre para producir y obtener alimentos. Los agroecosistemas son unidades geográficas más o menos complejas, con diversos componentes que interactúan. Se trata de sistemas abiertos que reciben insumos del exterior, dando como resultado productos que generalmente pasan a sistemas externos. Al igual que en cualquier ecosistema terrestre, en ellos se dan procesos de flujo de energía, el ciclo de nutrientes, el ciclo hidrológico, procesos sucesionales de vegetación y de regulación biótica.

Estos procesos funcionan como un todo, de manera tal que cuando se modifica uno de ellos también son afectados los restantes. El grado de modificación, a través de las prácticas de manejo y tecnologías aplicadas, determina las condiciones del agroecosistema. Aunque cada región tiene un sistema de producción típico, que es el resultado de las variaciones locales en el clima, el suelo, las relaciones económicas, la estructura social y la historia, los límites biológicos rara vez están bien definidos.

En un agroecosistema se pueden distinguir dos tipos de componentes de biodiversidad: la planificada (representada por el sistema de producción cultivos, animales, etc.) y la asociada. Esta última, incluye la flora y fauna del suelo, los herbívoros, descomponedores y depredadores, que colonizan desde ambientes circundantes y cuya permanencia depende del tipo de manejo adoptado. Ambas tienen efectos directos sobre las funciones del agroecosistema. Un ejemplo, podría ser un sistema agrícola ganadero en el cual la pastura tiene la función de producir alimento para el ganado pero a su vez brinda alimento y refugio para los enemigos naturales que controlan insectos plaga de un cultivo.

Ésta es una función indirecta de la diversidad planificada a través de la diversidad asociada. Los componentes bióticos de un sistema de producción, es decir los polinizadores, depredadores y parásitos, los herbívoros, la vegetación y los habitantes del suelo, a través de flujos de energía y nutrientes y de sinergias biológicas, cumplen funciones en procesos tales como: la polinización, regulación de poblaciones de organismos indeseables, el reciclaje de nutrientes y la detoxificación de productos químicos nocivos.

La condición de los agroecosistemas puede ser evaluada a través de sus propiedades, entre las que se encuentran la productividad, la sustentabilidad y la estabilidad. La productividad es una medida de producción por unidad de tierra o insumo; está referida al rendimiento o cantidad de producto final. El concepto de sustentabilidad incluye por lo menos tres criterios: mantenimiento de la capacidad productiva en el largo plazo, preservación de la diversidad de la flora y la fauna y capacidad del agroecosistema para auto mantenerse. La estabilidad del sistema por su parte, se puede mejorar eligiendo cultivos más adecuados o desarrollando métodos tales como el riego, la aplicación de coberturas, fertilización o rotación de cultivos para mejorar los rendimientos.



En consecuencia...

Uruguay es un país privilegiado por su dotación de recursos naturales renovables. En la medida en que se sepan utilizar con inteligencia y racionalidad, se podrá impulsar un desarrollo integral del país que derive en un mejoramiento sostenido de la calidad de vida del conjunto de la comunidad nacional.

Todos podemos aportar a esta noble tarea del cuidado de nuestros recursos naturales, para seguir viviendo en esta situación privilegiada.

El suelo

El suelo es la capa superficial de la tierra y constituye el medio en el cual crecen las plantas. Es capaz de aportar los nutrientes fundamentales para el crecimiento de los vegetales y almacenar agua de lluvias cediéndola a las plantas a medida que la necesitan.

También en el suelo las raíces encuentran el aire necesario para vivir.

El suelo se extiende tanto en superficie como en profundidad; consta de varias capas llamadas horizontes, aproximadamente paralelas a la superficie.

Cada uno de los horizontes del suelo tiene distintas propiedades físicas y químicas, lo que se refleja en su aspecto.

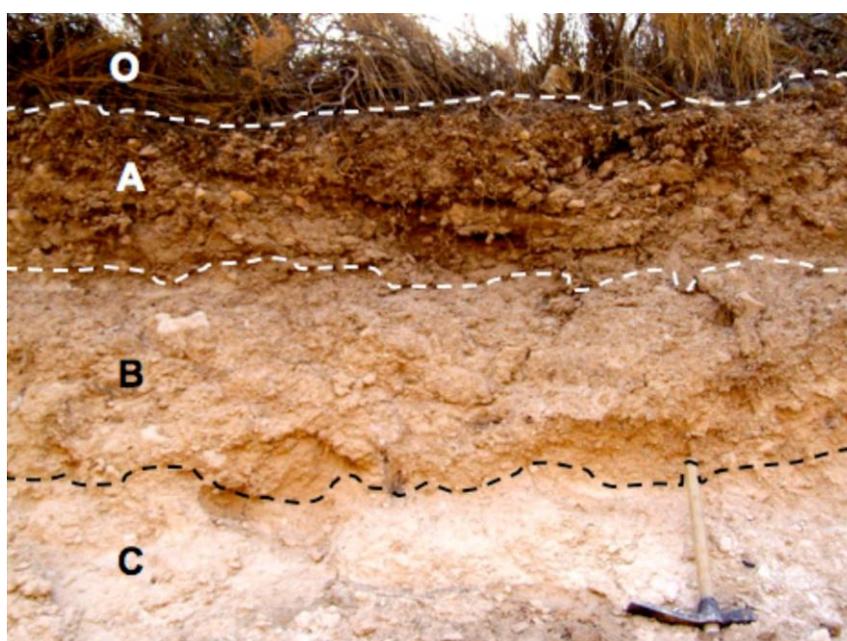
Al conjunto de horizontes de un suelo se le llama perfil.

El perfil de un suelo se puede observar en un corte de caminos o en una barranca.

Horizonte A: capa superior, más oscura y fértil, con más raíces. Es la capa arable del suelo.

Horizonte B: capa más arcillosa, menos fértil y con menos raíces.

Horizonte C: capa más profunda. Prácticamente sin raíces.



Composición del suelo

El suelo tiene cuatro grupos de componentes:

- Materia mineral
- Materia orgánica
- Agua
- Aire

La materia mineral es el componente más abundante del suelo. Está formada por partículas que varían de tamaño desde pequeñas piedras hasta partículas de arcilla que no se pueden ver siquiera con un microscopio común. La materia mineral que forma el suelo se agrupa según su tamaño en tres fracciones:

Arena: de 2 a 0.05 mm
 Limo: de 0.05 a 0.002 mm
 Arcilla: menor a 0.002 mm

La materia orgánica (humus) se forma con la incorporación de restos animales y vegetales. Es muy importante para la fertilidad ya que desde ella, los microorganismos que viven en el suelo, liberan nutrientes para las plantas. La materia orgánica le da al suelo su color oscuro característico.

Entre los sólidos del suelo (minerales y materia orgánica) se ubican los poros que son ocupados por agua y aire, de manera variable.

En general los poros más grandes están llenos de aire, necesario para que respiren las raíces y pequeños animales que viven en el suelo.

Los poros pequeños son los que almacenan agua. El agua es importante pues tiene sustancias minerales necesarias para la nutrición de las plantas.

Textura de los suelos

La textura está determinada por la materia mineral que forma el suelo. Así hablamos de suelos arenosos o arcillosos.

Los suelos en los que predomina la fracción arena son permeables al agua y al aire y fácilmente trabajables (lo que se considera que son buenas propiedades físicas). Son suelos relativamente sueltos, livianos, pero de baja fertilidad.

Los suelos arcillosos en cambio son pegajosos si están húmedos y muy duros cuando secos. Sólo se pueden trabajar dentro de cierto rango de humedad. Tienen por lo tanto malas propiedades físicas pero son los más fértiles. Se les conoce como suelos pesados.

Entre estos dos extremos hay un amplio rango de situaciones, de acuerdo al porcentaje de las distintas fracciones minerales que componen el suelo.

Cuando hay un equilibrio de las tres fracciones (arena, limo y arcilla) se habla de suelos francos o de texturas medias. Estos son suelos equilibrados entre sus propiedades físicas y fertilidad.

Fertilidad de los suelos

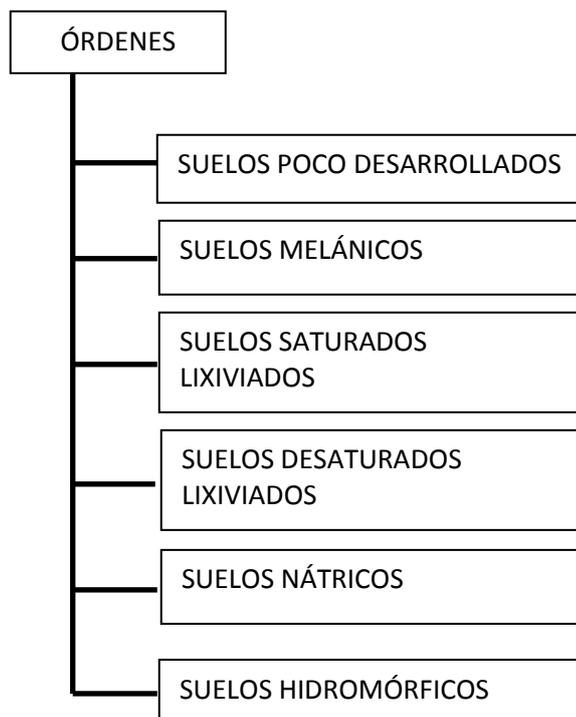
Cuando se habla de “fertilidad” de un suelo se aborda el recurso edáfico desde la perspectiva de la producción de cultivos. Así, la fertilidad de un suelo es la capacidad que tiene el mismo de sostener la del crecimiento de los cultivos o ganado. Esta es una definición agronómica. La fertilidad de un suelo depende principalmente de su contenido en materia orgánica, de su textura y material parental. A mayor contenido de materia orgánica más fértil es el suelo, ya que es a partir de ella que los microorganismos que viven en el suelo liberan elementos nutritivos para las plantas. Por su parte cuanto más arcilloso es un suelo mayor fertilidad tiene, ya que posee más capacidad para retener nutrientes.

Muchas veces se divide a la fertilidad en “química”, “física” y “biológica” para su abordaje particular, pero muchas veces resulta complicado separarlas. La fertilidad química se refiere a la capacidad que tiene el suelo de proveer nutrientes esenciales a los cultivos (aquellos que de faltar determinan reducciones en el crecimiento y/o desarrollo del cultivo). En este sentido se evalúa la disponibilidad de nutrientes en el suelo a través de análisis de suelos y/o plantas a través de un proceso de diagnóstico y posteriormente se definen estrategias de fertilización. La “fertilidad física” está relacionada con la capacidad del suelo de brindar condiciones estructurales adecuadas para el sostén y crecimiento de los cultivos. Aspectos como la estructura, espacio poroso, retención hídrica, densidad aparente, resistencia a la penetración, entre otras, son algunas de las variables que se analizan en estudios de fertilidad física de suelos. La “fertilidad biológica” se vincula con los procesos biológicos del suelo, relacionados con sus organismos, en todas sus formas. Los organismos del suelo son imprescindibles para sostener diversos procesos del suelo. Posiblemente sea el área de conocimiento edafológico menos desarrollado pero con algunos avances interesantes en los últimos años en lo que se refiere a estudios enzimáticos y ecología microbiana de suelos.

Si bien resulta muy sencillo clasificar la fertilidad de un suelo en diferentes clases, es evidente que en el suelo los procesos ocurren en forma multivariada y compleja.

Suelos del Uruguay

La clasificación taxonómica de los suelos se basa en la presencia o ausencia en el perfil de horizontes de características determinadas, llamados “horizontes diagnóstico” (Altamirano *et al*, 1976). En esta taxonomía (agrupamiento), encontramos distintas categorías en orden descendente: Orden, Gran Grupo y Subgrupo. Los suelos del Uruguay se clasifican en seis Órdenes, como se ve en el esquema siguiente:



Como ejemplo de los distintos Órdenes de suelos del Uruguay podemos encontrar:

Suelos poco desarrollados: cuentan con un perfil incompleto, en general sin horizonte subsuperficial (perfil A-C, o sea que del horizonte superficial A pasan directo a la roca); presentan serias limitantes en su capacidad de uso, por diversos motivos; no son cultivables, y tienen limitada aptitud pastoril o forestal. Este Orden se divide en cuatro Grandes grupos: Litosoles, Arenosoles, Fluvisoles y Cambisoles. Los más extendidos son los Litosoles, suelos de poco espesor (30 cm o menos), tienen piedras o rocas en superficie, son suelos poco resistentes a la sequía por su poca capacidad de almacenar agua; se destinan al pastoreo de animales. Se encuentran sobre todo en el centro, este y litoral norte.

Suelos melánicos: los más importantes del país ya que ocupan la mayor extensión, son profundos, los de mayor fertilidad natural y productividad más elevada (cultivo de cereales, oleaginosos, horticultura y fruticultura, así como la ganadería intensiva y lechería). Cuentan con la presencia de un horizonte melánico (A), de color oscuro, con alto contenido de arcilla y Carbono orgánico, y por debajo horizontes de saturación de bases elevada (perfil A-B-C). Aparecen principalmente en el sur y litoral del país A este Orden le corresponden dos Grandes Grupos: Brunosoles y Vertisoles.

Suelos saturados lixiviados: son muy diferenciados texturalmente, como resultado de un proceso de lixiviación mecánica de arcillas que ha inducido la formación de un horizonte argilúvico –subsuperficial- muy desarrollado (perfil A-E-Bt-C). Sin embargo mantienen la saturación en bases alta en todo el perfil. Se dan principalmente en las colinas y lomadas del este, terrazas del Rio Uruguay y en el noreste. Se divide en dos Grandes Grupos, Planosoles y Argisoles. Destacamos a los Planosoles que se asocian a zonas bajas y planas; tienen un horizonte Bt, muy arcilloso e impermeable, que provoca condiciones de saturación de agua en los periodos invernales en los que se da excesos de lluvia y condiciones de sequía en el verano. Su productividad es baja pero son muy adecuados para el cultivo del arroz.

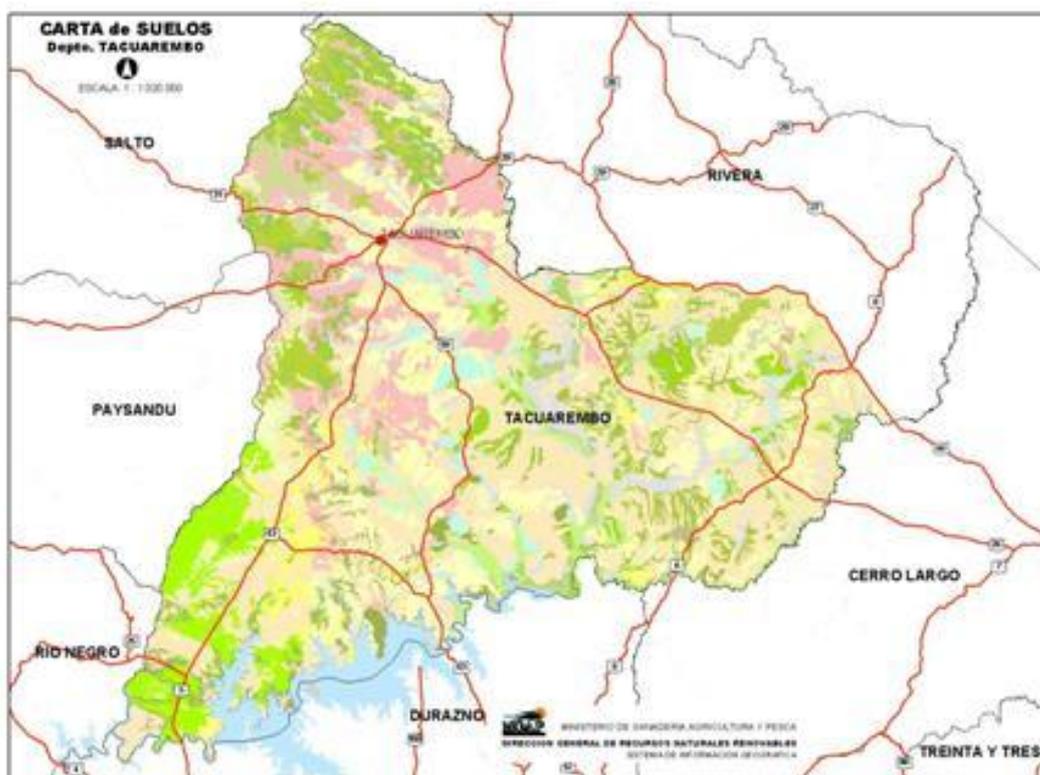
Suelos desaturados lixiviados: son suelos que han tenido un importante lavado de arcillas del horizonte A, y su acumulación en horizonte B, argilúvico. Pero esta lixiviación es de naturaleza química además de mecánica, ya que por su intensidad ha provocado una pérdida de bases –de aquí el nombre desaturados- y una fuerte acidificación del perfil, empobreciendo estos suelos. Son suelos muy profundos con un horizonte A que va desde 40 a 100 cm, con bajo contenido de materia orgánica, a veces con colores rojizos o amarillentos. Son suelos de baja fertilidad pero con capacidad de almacenar mucha agua lo que los hace muy resistentes a la sequía. Por otra parte su bajo contenido de materia orgánica los hace muy sensibles a la erosión. Se encuentran principalmente en

el norte y noreste del país –Tacuarembó y Rivera- Son suelos adecuados para la forestación. Se dividen en dos Grandes Grupos, Alisoles y Acrisoles.

Suelos nátricos: suelos con un perfil bien diferenciado, con alto contenido de sodio intercambiable, y eventualmente magnesio, de reacción alcalina ($\text{pH} > 8$). El horizonte A es de color muy claro, delgado y sin estructura; se los identifica en el campo por la vegetación rala o superficie descubierta, y son llamados comúnmente “blanqueales”. Dadas sus características físicas y químicas desfavorables, poseen muy mala infiltración. Ocupan pequeñas áreas asociados a otros suelos, al pie de laderas o en planicies, próximos a vías de drenaje. Se dividen en dos Grandes Grupos, Solonetz y Solods.

Suelos hidromórficos: son suelos pobremente drenados con un perfil muy profundo, poco desarrollado, de colores oscuros en superficie y que van pasando a grises en profundidad. Presentan tintes verdes y azules en zonas subsuperficiales asociados a la presencia permanente de agua. Están asociados a la presencia permanente de excesos agua por contar con una napa fluctuante. Pueden ser orgánicos o minerales. Ocurren en todo el país en zonas bajas, bordeando los cursos de agua, ríos, lagunas, bañados, con su mayor área en las planicies del este. Se dividen en dos Grandes Grupos, Gleysoles e Histosoles.

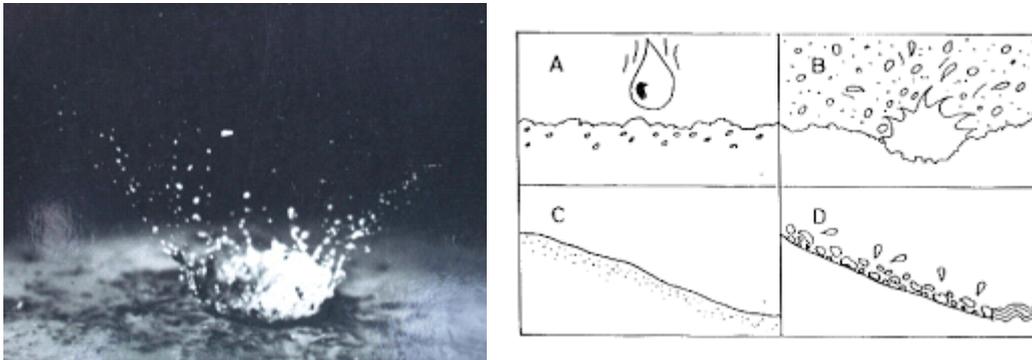
Ejemplo de carta de suelos (RENARE; ver link de página web <http://www.cebra.com.uy/renare/mapa/cartas-de-suelos/>)



Erosión

10

La erosión es el desprendimiento y arrastre de parte del suelo por acción de la lluvia o el viento. La erosión se lleva la capa superior (horizonte A) por tanto la parte más fértil del suelo.



(Fuente: rolf-derpsch.com)

La erosión se produce por efecto de las gotas de lluvia que provocan impacto contra suelos descubiertos de vegetación. Esto produce el desprendimiento de partículas que al quedar sueltas son arrastradas por el agua de lluvia que escurre sobre el suelo.

Algunos suelos se erosionan más fácilmente que otros.

Las causas que influyen en esto son: el tamaño de las partículas que forman el suelo y la fuerza de su unión, la facilidad con la que el agua penetra en el suelo y su profundidad y la pendiente del terreno (en lugares de mayor pendiente el agua corre a más velocidad).

De acuerdo al uso que se haga del suelo será su riesgo de erosión. Los suelos que permanecen descubiertos (que han sido arados o laboreados) tienen mayor riesgo.

Para lograr una adecuada conservación de los suelos se deben tomar medidas de manejo tales como: trabajar la tierra con la humedad correcta, usar herramientas apropiadas, en chacras con declive arar en forma transversal a la pendiente. En los últimos años con la generalización del sistema de siembra directa se está contribuyendo a una mejor conservación de los suelos en nuestro país.



Suelo erosionado.

La biodiversidad del suelo: Su importancia para el funcionamiento de los ecosistemas

El suelo es uno de los ecosistemas más diversos y complejos que existen en la naturaleza; en ningún sitio del planeta existe en un pequeño espacio tanta diversidad de vida. El suelo es el único ambiente que combina las fases sólida, líquida y gaseosa formando una matriz tridimensional.

La compleja naturaleza física y química, su estructura porosa y el suministro de materiales orgánicos extremadamente diferentes, proporcionan una heterogeneidad de alimento y de hábitat que permiten en él la coexistencia simultánea de una gran diversidad de flora y fauna.

En el suelo se desarrollan organismos que se encuentran en permanente interacción y que contribuyen a los ciclos globales que hacen posible la vida en el planeta, son los llamados organismos edáficos, los que en su conjunto mantienen el funcionamiento sustentable de los ecosistemas.

Por ejemplo, intervienen en los ciclos de nutrientes, regulan la dinámica de la materia orgánica, secuestran carbono y regulan la emisión de gases invernadero, modifican la estructura física del suelo y actúan sobre el régimen del agua y la erosión.



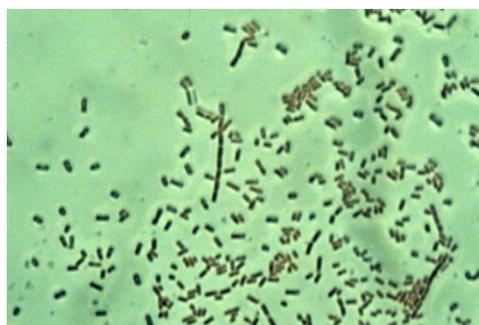
Bicho bolita



Carábido



Ácaro



Bacterias

En consecuencia mejoran la eficiencia en la adquisición de nutrientes por parte de las plantas y su estado sanitario.

El tamaño del cuerpo de los organismos varía desde aquellos que son invisibles al ojo humano, como las bacterias, algas, hongos y protozoarios, los de tamaño relativamente mayor pero que aún no son visibles, como los nematodos y los micro artrópodos, hasta organismos de gran tamaño – y fácilmente visibles - como por ejemplo las lombrices, los insectos y las raíces de las plantas.

El conjunto de organismos que viven parte o toda su vida en la superficie o dentro del suelo construyen una trama organizada en diferentes niveles, de acuerdo al tamaño de los organismos. El primer nivel está integrado por los productores primarios que toman la energía del sol para fijar el dióxido de carbono, es el caso de las plantas. El segundo nivel lo ocupan los consumidores primarios que utilizan directamente los recursos provenientes del metabolismo vegetal vivo o de desechos y residuos vegetales y animales. Estos organismos tienen distintas estrategias: intervienen en la descomposición, o son patógenos o parásitos de plantas o se alimentan de raíces. El tercer nivel está compuesto por los fragmentadores de las partículas y los depredadores de niveles anteriores. El cuarto y quinto nivel está constituido por los depredadores. Como se observa la trama trófica del suelo se basa fundamentalmente en las relaciones entre microorganismos e invertebrados.

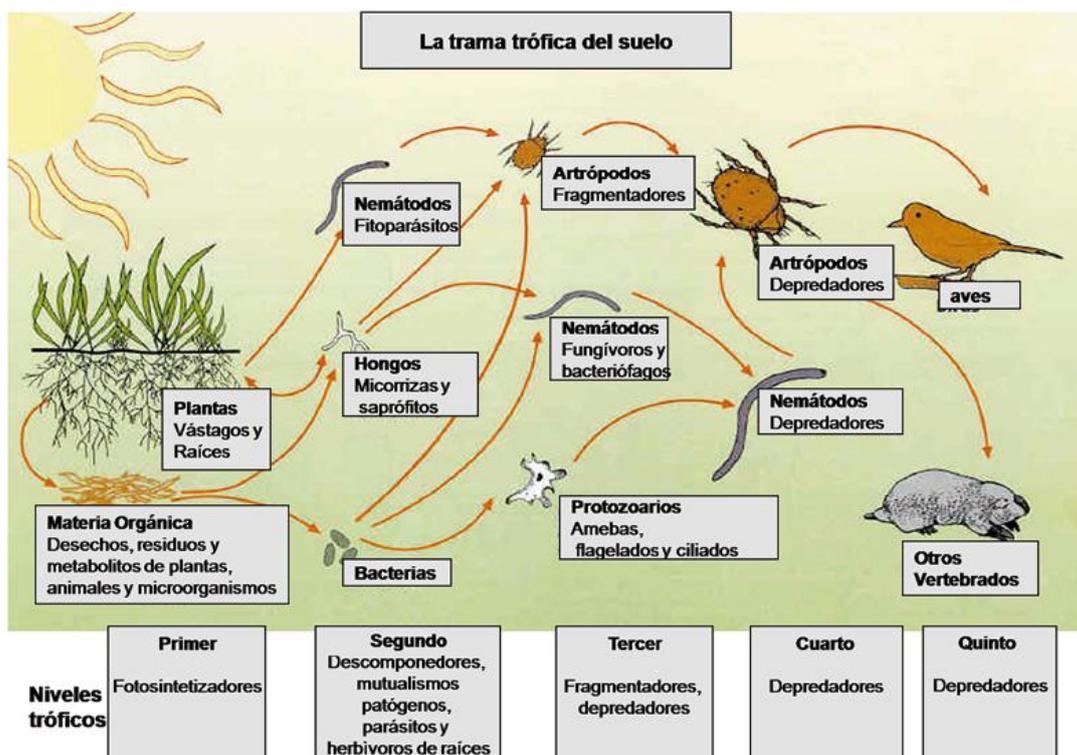
El número y el tipo de organismos presentes y su nivel de actividad varían con las características del suelo que habitan. Esto depende por ejemplo de la disponibilidad de aire, la temperatura, la acidez, la humedad, el contenido de nutrientes y los sustratos orgánicos que posee el suelo así como del tipo de clima, la vegetación y el grado de perturbación que presenta. Por lo tanto, cada ecosistema tiene una trama trófica única, con una particular proporción de bacterias, de hongos y de los otros grupos y determinado nivel de complejidad dentro de cada grupo de organismos. La trama trófica del suelo tiene mayor tamaño y complejidad cuando más recursos son adicionados a la base.

Actividades de la microflora y fauna del suelo en el proceso de descomposición y en la estructura del suelo		
CATEGORÍA	CICLADO DE NUTRIENTES	ESTRUCTURA DEL SUELO
Microflora Bacterias Hongos	-Catabolizan material orgánica -Mineralizan e inmovilizan nutrientes	-Producen compuestos orgánicos que unen los agregados. -Las hifas unen partículas y agregados
Microfauna Nematodos Protozoarios Ácaros (pequeños)	-Regulan las poblaciones de bacterias y hongos -Intervienen en el reciclado de nutrientes	-Pueden afectar la estructura de los agregados mediante sus interacciones con la microflora
Mesofauna Ácaros Collembolos Artrópodos (pequeños) Enquistados (lombrices pequeñas)	-Regulan las poblaciones de hongos y de la microfauna -Intervienen en el reciclado de nutrientes -Fragmentan restos vegetales	-Producen pelotas fecales -Crean bioporos. -Promueven la humificación
Macrofauna Lombrices Enquistados (grandes) Bicho bolita Diplopodos Quilopoda Moluscos Insecta (larvas y adultos)	-Fragmentan restos vegetales -Estimulan la actividad microbiana	-Mezclan partículas orgánicas y minerales -Redistribuyen la materia orgánica y los microorganismos -Crean bioporos -Promueven la humificación -Producen pelotas fecales

Componentes vivos del suelo y su efecto sobre los procesos edáficos

Raíces

Las raíces absorben agua y nutrientes solubles directamente desde la solución del suelo y también liberan compuestos orgánicos suministrando carbono y energía a otros organismos. Construyen poros, causan agregación y contribuyen a mantener el material orgánico del suelo, a través del ciclo de crecimiento, muerte y descomposición. Mediante procesos como el exudado y la liberación de compuestos orgánicos, las raíces son muy importantes para los organismos del suelo.



Fuente: Ingham, 1998

Microflora

La microflora del suelo está compuesta por dos grandes grupos de organismos microscópicos: las bacterias y los hongos.

La relación hongos/bacterias es característica de cada ecosistema; los suelos agrícolas y pastoriles generalmente están dominados por bacterias, en tanto los suelos forestados, tienden a tener una alta proporción de hongos.

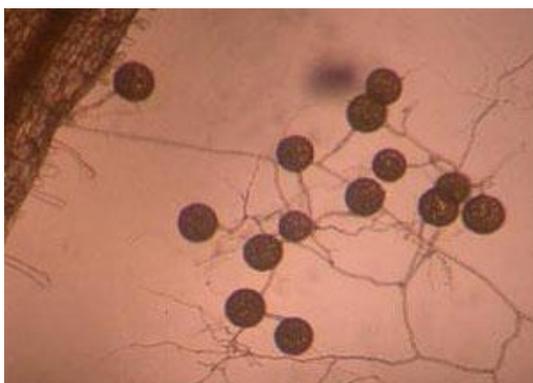
Bacterias

Son organismos unicelulares de tamaño muy pequeño (aprox. 1 micra), presentes en el suelo en número muy elevado; una cuchara de suelo productivo puede contener de 100 millones a 1 billón de bacterias.

Se pueden clasificar en diversos grupos funcionales:

- ✚ La mayoría de las bacterias son descomponedores primarios y utilizan compuestos orgánicos simples tales como exudados de raíces o residuos frescos de plantas.
- ✚ El segundo grupo de bacterias son mutualistas, se asocian con las plantas para recibir mutuo beneficio y a esta relación se le llama SIMBIOSIS. El ejemplo más conocido son las bacterias fijadoras de nitrógeno llamadas rizobios, que forman nódulos en las raíces de las leguminosas. Estas bacterias utilizan los compuestos de carbono elaborados por la planta, y fijan nitrógeno libre, haciéndolo disponible para la misma.
- ✚ El tercer grupo de bacterias son patógenas de las plantas, invaden los tejidos vegetales y causan enfermedad afectando el rendimiento y la calidad de los cultivos.

Las bacterias de los distintos grupos proveen importantes servicios relacionados con la dinámica del agua, el ciclo de nutrientes y la supresión de enfermedad. En suelos sanos las comunidades bacterianas están en equilibrio y compiten con aquellos organismos causantes de enfermedad.



Micorriza



Milpies



Isoca



Nemátodos

Hongos

Son organismos pluricelulares que crecen como largas hebras ramificadas, llamadas hifas, a través de las partículas del suelo y de las raíces de las plantas. El conjunto de hifas del hongo se llama micelio. Sólo algunos hongos son unicelulares, tal es el caso de las levaduras. Si bien los hongos son organismos microscópicos, las estructuras de fructificación de muchos de ellos son visibles; por ejemplo, cuando recorremos un monte en

otoño, las reconocemos como setas en la superficie del suelo o en la corteza de algunos árboles. Los hongos también se pueden clasificar en tres grupos funcionales:

- ✚ El grupo de descomponedores, lo integran los hongos saprofitos que convierten la materia orgánica muerta en biomasa disponible para otros organismos. Juegan un papel fundamental en los procesos de descomposición, ya que utilizan compuestos complejos como los residuos fibrosos de las plantas, ricos en celulosa y lignina, y los convierten en formas simples.
- ✚ El grupo de mutualistas, lo componen los hongos micorrízicos; colonizan las raíces y toman carbono de la planta, y simultáneamente le facilitan a la misma la absorción de fósforo y otros nutrientes del suelo.
- ✚ Finalmente, el grupo de los patógenos, está constituido por hongos que invaden los tejidos vegetales; causan una reducción de la producción y la muerte de las plantas. Un ejemplo es *Fusarium*, que puede producir la podredumbre de la semilla o de las pequeñas plántulas y su presencia en el suelo afecta la implantación de los cultivos.

Fauna

La fauna que habita el suelo comprende individuos de variado tamaño y estrategias de adaptación, especialmente en relación a su movilidad y tipo de alimentación.

De acuerdo al tamaño del cuerpo, la fauna se divide en tres grandes grupos: microfauna, mesofauna y macrofauna, los cuales cumplen diferentes funciones en el ciclo de nutrientes y en la estructura del suelo.

Microfauna

Son los organismos con un ancho de cuerpo menor a 100 micras. Comprende los invertebrados (Protozoa, Nematoda y Rotifera) que viven en el agua libre y películas de agua que recubren las partículas del suelo. El movimiento de estos organismos depende de la textura del suelo, de la disponibilidad de poros y de la distribución del agua. Debido a su pequeño tamaño tienen habilidad limitada para modificar directamente la estructura del suelo y poca capacidad para desarrollar mutualismos significativos. Sin embargo, afectan la disponibilidad de nutrientes a través de sus interacciones con los microorganismos del suelo. Los nematodos son importantes componentes de este grupo y son los invertebrados más abundantes en muchos suelos.

Mesofauna

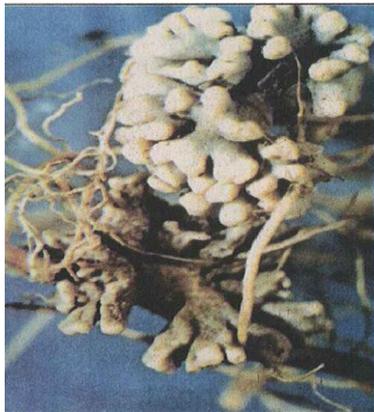
Ellos tienen diversas estrategias de alimentación, algunos se alimentan de raíces, otros de microorganismos (bacterias y hongos) o de pequeñas presas incluyendo otros nematodos. En el caso de protozoarios y nematodos que se alimentan de hongos y bacterias que viven en el suelo, la intensidad de alimentación determina que el número de microorganismos se pueda reducir o incrementar y, con ello la velocidad de mineralización de la materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes. Son microartrópodos (ácaros, colémbolos, pequeños insectos, arañas) y pequeños oligoquetos. Tienen un ancho de cuerpo entre 100 micras y 2 mm. Se mueven libremente, constituyendo un grupo muy diverso, con diferentes estrategias de alimentación y funciones en los procesos del suelo. Pueden ser desde bacteriófagos hasta depredadores, pudiendo afectar la velocidad de descomposición y mineralización de la materia orgánica. Su efecto sobre la estructura del suelo es limitado aunque pueden ser importantes en la formación de microagregados de algunos suelos. La mesofauna de mayor tamaño es más activa, afectando la porosidad del suelo a través de actividades de excavación y en la agregación mediante la producción de pellets fecales. Pueden colonizar todo el perfil del suelo, aunque en densidades reducidas.



Lombriz



Ciempiés



Nódulo producido por rizobio



Isoca

Macrofauna

Es el grupo de organismos de mayor tamaño, entre 2 y 20 mm. Lo integran formícidos (hormigas), isopodos (bicho bolita), isoptera (termitas), quilopodos (ciempiés), diplopodos (milpiés), insectos (adultos y larvas), oligoquetos (lombrices) y moluscos (caracoles y babosas).

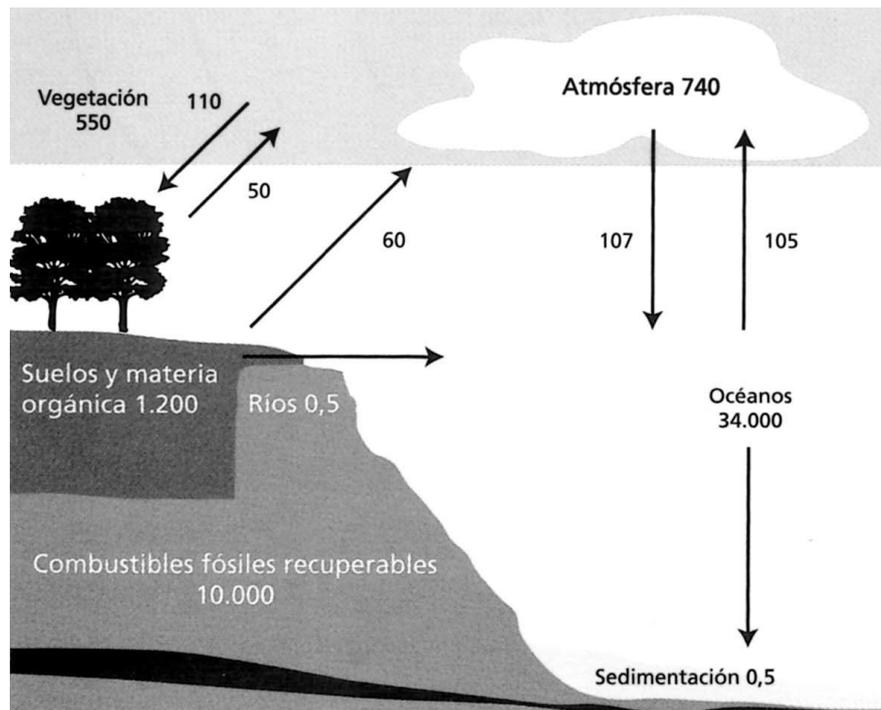
Operan en escalas de tiempo y espacio mucho más grandes que los grupos anteriores. La mayoría de ellos tienen un ciclo biológico largo, movimientos lentos y poca capacidad de dispersión así como baja tasa reproductiva. Los hábitos de alimentación varían considerablemente dentro y entre grupos: fitófagos, detritívoros, depredadores y geófagos, entre otros.

Estos grandes invertebrados se mueven libremente, pueden cavar el suelo y crear grandes poros. Las actividades físicas (mezcla del mantillo con el suelo, construcción de estructuras y galerías, agregación del suelo), así como sus actividades metabólicas (utilización de fuentes orgánicas disponibles, desarrollo de relaciones mutualistas y antagonistas), afectan muchos procesos del suelo. Entre éstos, mejoran la descomposición de la materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes en la rizosfera, modifican sustancialmente la estructura del suelo a través de la formación de macroporos y agregados, lo que afecta la tasa de infiltración y de aereación.

Estos procesos mejoran las propiedades funcionales del suelo, promoviendo el crecimiento de las plantas, mejorando la distribución del agua en el perfil y, disminuyendo la contaminación ambiental

Secuestro de carbono

Los suelos de uso agrícola, cuando son manejados en forma incorrecta tienden a degradarse o en otras palabras a perder su calidad. Este proceso de degradación actúa sobre las propiedades químicas, físicas y biológicas. La degradación química implica la pérdida de la fertilidad natural del suelo debido por ejemplo a procesos de erosión, mientras que la degradación física se manifiesta por la pérdida de porosidad, reducción del tamaño y estabilidad de los agregados del suelo (pérdida de estructura) y aparición de zonas compactadas, relacionadas con un uso muy intensivo del laboreo. El impacto de estos fenómenos de degradación en la biología del suelo es importante y determina la pérdida de la capacidad de funcionamiento del suelo.



Ciclo del carbono

Debemos recordar que el suelo tiene cuatro grandes componentes: a) la fracción mineral; b) la fracción líquida, constituida por el agua almacenada por ese suelo; c) la fracción gaseosa, que brinda la función de aireación fundamental para el crecimiento de las plantas y d) la fracción orgánica constituida por la materia orgánica y los organismos del suelo. En general, un suelo degradado tendrá un menor contenido de materia orgánica, pero además una menor capacidad de retener agua y una menor disponibilidad de oxígeno para las plantas. La materia orgánica del suelo se refiere al contenido total de material orgánico y está compuesto entre otros por residuos vegetales y animales en descomposición, la biomasa microbiana y el humus. La materia orgánica está constituida por aproximadamente un 58 % de carbono por lo que suele también utilizarse o hablarse del carbono orgánico del suelo.

Generalmente, luego de varios años de cultivos en un suelo, sin la aplicación de prácticas de conservación, el contenido de materia orgánica tiende a descender lo que afecta directamente la capacidad productiva y la calidad del recurso. La materia orgánica es sin duda el mejor indicador de calidad de un suelo y es sensible o afectada por las prácticas de uso y manejo que realiza el agricultor. Además tiene un impacto directo sobre funciones muy importantes del suelo como por ejemplo, la liberación de nutrientes para los cultivos, la disponibilidad de agua, la condición física para el crecimiento de las plantas, entre muchas otras.

¿Qué entendemos por secuestro de carbono?

El carbono del aire (CO_2) es tomado por las plantas a través de la fotosíntesis e incorporado a la estructura de las mismas. Cuando las plantas mueren, el carbono contenido en las hojas, tallos y raíces sufre un proceso de descomposición y pasa a formar parte de la materia orgánica del suelo. Este flujo de carbono ha mantenido el nivel de CO_2 de la atmósfera a niveles razonables y estables durante miles de años. Sin embargo, en los últimos años, el hombre, a través del uso masivo de combustibles fósiles, ha aumentado las emisiones de éste y otros gases (comúnmente llamados gases de efecto invernadero) a la atmósfera, con las conocidas consecuencias sobre el calentamiento global. Dentro de la complejidad que tiene el ciclo del carbono a nivel global, se pueden utilizar prácticas de manejo a nivel agrícola, que reduzcan el CO_2 de la atmósfera incrementando o secuestrando carbono en el suelo. Esto es, transformar una emisión de este gas en un aumento persistente de la capacidad de almacenaje de carbono en los suelos. Este carbono es entonces removido del pool disponible para ser reciclado en la atmósfera. Cabe mencionar, sin embargo, que la agricultura a nivel mundial es responsable en la actualidad de alrededor de un 25 % de las emisiones de CO_2 .

¿Cómo podemos aumentar el contenido de carbono en los suelos?

Resulta claro que si manejamos un suelo con laboreo excesivo, y con bajo agregado de residuos el contenido de carbono o materia orgánica de ese suelo comienza a disminuir con el tiempo. Los resultados nacionales e internacionales demuestran claramente este hecho partiendo de situaciones diferentes. Hablamos en este caso de que tenemos un balance de carbono negativo. En otros casos, la cantidad de carbono que entra al suelo por vía de residuos o sea la ganancia se ve equilibrada con la pérdida por vía de erosión u oxidación de la materia orgánica. En este caso estamos ante un balance neutro de carbono. El ideal es buscar y promover aquellas prácticas agrícolas que determinen un balance neto positivo de carbono en los suelos. Por ejemplo, la adopción de sistemas de siembra directa bien manejados puede permitir alcanzar balances positivos. Para tener éxito, este sistema se debe aplicar integralmente utilizando esquemas de rotación de cultivos que devuelvan una gran cantidad de residuos al suelo y que mantengan una buena cobertura del mismo durante todo el año.

También está implícito en este sistema, la eliminación de todo tipo de laboreo, de manera además de regenerar las propiedades físicas del suelo (aumento de la porosidad, aumento de la velocidad de infiltración) y por otro lado suprimir completamente la quema de residuos. Esto reducirá además la erosión del suelo que es al mismo tiempo una vía importante de pérdida de carbono. Otra práctica de manejo adecuada es la inclusión en estos sistemas, de pasturas de gramíneas y leguminosas, ya que el aporte de carbono a través de las raíces es sumamente importante. En algunos sistemas agrícolas se pueden utilizar además cultivos de cobertura de corta duración que protegen al suelo de la erosión y producen residuos que alimentan al suelo. Otra vía potencial de mejora en el balance de carbono y muy difundida en el país es el mejoramiento de pasturas (por ej. los mejoramientos de campo natural con especies de mayor productividad) pues una mayor productividad determinará un mayor retorno de carbono a los suelos.

Todas estas prácticas varían en su impacto en el balance de carbono según el clima, el régimen hídrico, el tipo de suelo y por ello se requieren trabajos de investigación locales que consideren estos factores para poder realmente lograr el objetivo propuesto.

Sin duda el secuestro de carbono en los suelos es un tema complejo pero es claro que la ganancia de carbono en un sistema tiene beneficios productivos y ambientales. Como vimos, existe un impacto directo de la ganancia de materia orgánica en múltiples propiedades del suelo que afectan a su vez directamente la productividad de los cultivos. Pero por otro lado, y ante un escenario de calentamiento global, la reducción de las emisiones de CO₂ y el secuestro de carbono en los suelos tiene un impacto ambiental de mucha relevancia.

El INIA te explica qué es y qué hace

¿Qué es el INIA?

El INIA es el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.

Este instituto se dedica a la investigación de nuevos procesos, el desarrollo de nuevos productos y a la orientación en los modos más convenientes de aplicar la tecnología en la producción agropecuaria de nuestro país. Este instituto trabaja en cinco grandes áreas temáticas: Producción Animal, Cultivos, Hortifruticultura, Forestal y Producción Familiar. Con este trabajo el INIA busca mejorar las características de los productos derivados del sector agroindustrial así como aumentar los rendimientos de un cultivo o elevar la competitividad de una actividad agropecuaria determinada.

¿Cómo realiza el INIA su tarea?

El INIA tiene una sede central en Montevideo y cinco lugares ubicados en el interior del país a los que se les llama Estaciones Experimentales. Estas son:

INIA La Estanzuela, en el departamento de Colonia.

INIA Las Brujas, en el departamento de Canelones.

INIA Salto Grande, en el departamento de Salto.

INIA Tacuarembó, en el departamento de Tacuarembó.

INIA Treinta y Tres, en el departamento de Treinta y tres.

Las personas que trabajan en el INIA son ingenieros agrónomos, veterinarios, biólogos, químicos, laboratoristas, psicólogos, comunicadores, bibliotecólogos, técnicos en informática y agropecuarios, contadores, fotógrafos y otros. También está el personal de apoyo que tiene una función muy importante en hacer y mantener el trabajo que se realiza en el campo y en los laboratorios, áreas que funcionan como base de las investigaciones que desarrolla el INIA.

¿Qué es investigar? ¿Qué tipo de investigación realiza el INIA?

Cuando una persona investiga, lo que hace es seguir ciertos pasos para saber más de algo que ya conoce, o para descubrir características nuevas de aquello que estudia. Cuando se desarrolla un plan de investigación se pueden obtener dos tipos de resultados: de tipo material o vinculado al conocimiento.

Un resultado material se puede conseguir por ejemplo cuando se producen semillas de una nueva variedad para aumentar el rendimiento de un cultivo o cuando se obtiene una fruta más nutritiva o con mejor sabor.

El conocimiento generado por la investigación permite por su parte disponer de nuevas técnicas y formas más adecuadas de producir, por ejemplo la aplicación de procedimientos e información para aumentar la cantidad de leche que se produce.

¿Qué es investigar con responsabilidad para el INIA?

Toda investigación en sistemas de producción, entendidos como parte de la actividad económica de un país, se debe basar tanto en el cuidado del ambiente como en la transmisión de información útil a la población.

Cuando se investiga se considera importante tanto conocer algo nuevo como aplicar lo que se sabe para mejorar las condiciones económicas, sociales y ambientales de una sociedad.

Bibliografía

- DURAN, A.** 1991. Los suelos del Uruguay. Montevideo: Hemisferio sur. 398 p.
- DURAN, A.; GARCIA PRECHAC, F.** 2007. Suelos del Uruguay: origen, clasificación, manejo y conservación. Montevideo: Hemisferio Sur. v. 1. 334 p.
- DURAN, A.; GARCIA PRECHAC, F.** 2007. Suelos del Uruguay: origen, clasificación, manejo y conservación. Montevideo: Hemisferio Sur. v. 2. 358 p.
- INIA.** 2015. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. [En línea]. Consultado 5 may. 2015 de: www.inia.uy
- INIA.** 2015. El suelo (video). [En línea]. Consultado 5 may. 2015 de: <http://www.inia.uy/inia-contigo/INIA-Contigo--Sito-para-ninos/>
- INIA.** 2006. El suelo. En: Suplemento tecnológico 2006. Montevideo: INIA. p. 4-5. www.inia.uy
- MGAP. URUGUAY.** 2015. Dirección General de Recursos Renovables. [En línea]. Consultado 5 may. 2015 de: <http://www.cebra.com.uy/renare/>
- MVOTMA. DINAGUA.** 2014. Aprovechamiento de los recursos hídricos: inventario 2012-2013/Uruguay. Montevideo: MVOTMA. DINAGUA. 44 p.
- MVOTMA. DINAGUA.** 2014. Aprovechamiento de los recursos hídricos: inventario 2012-2013/Uruguay. Anexo I. Aguas superficiales: Región Cuenca del Río Uruguay. Montevideo: MVOTMA. DINAGUA.
- SAWCHIK, J.** 2008. Secuestro de carbono. En: En: Suplemento tecnológico 2008. Montevideo: INIA. p. 18-19.
- ZERBINO, S.; ALTIER, N.** 2008. La biodiversidad del suelo: su importancia para el funcionamiento de los ecosistemas. En: Suplemento tecnológico 2008. Montevideo: INIA. p. 23-25.
- ZERBINO, S.; RESTAINO, E.** 2008. Los recursos naturales y el INIA. En: Suplemento tecnológico 2008. Montevideo: INIA. p. 4-5. www.inia.uy

Sitios Web

- ATLAS DE SUELOS DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE:
http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/library/maps/LatinAmerica_Atlas/Documents/LAC.pdf
- FAO: <http://www.fao.org/home/es/>
- INE. URUGUAY: <http://www.ine.gub.uy/>
- INIA. URUGUAY: www.inia.uy
- MGAP. URUGUAY: <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx>
- MGAP. URUGUAY. <http://www.cebra.com.uy/renare/mapa/cartas-de-suelos/>
- PLAN AGROPECUARIO. <http://www.planagro.com.uy/>
- SANTILLANA. http://www.santillana.com.uy/descargas/Geografia_3_fichas_tematicas/Ficha_6.pdf
- UDELAR. Facultad de Agronomía. Biblioteca. <http://biblioteca.fagro.edu.uy/>
- Un universo invisible bajo nuestros pies: los suelos y la vida:
<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/01/29/83481>

INIA Tacuarembó: Ruta 5 Km. 386

Tel: 4632 2407

Contacto Biblioteca INIA Tacuarembó: Lic. Carolina Pereira – acpereira@tb.inia.org.uy

Sitio web de INIA: www.inia.uy