

# EL ROL DE LOS SUELOS EN LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

*Andrea Soledad Enriquez y María Victoria Cremona*

El aumento en la demanda por los recursos naturales está incrementando la presión en el uso de las tierras, llevando frecuentemente a la degradación de los ecosistemas. De esta manera se plantea la necesidad de acompañar esta tendencia con nuevas generaciones de actores que cuenten con otra percepción del mundo que nos rodea, con una mirada crítica del contexto ambiental donde vivimos y con conciencia y sensibilidad de los impactos positivos o negativos que los humanos pueden hacer sobre los ecosistemas.

Como ya hemos analizado en el primer capítulo (¿Qué es la Restauración Ecológica? Su relación con la Educación), frente a un ambiente que ha sido perturbado, una de las acciones positivas que podemos realizar es aportar a “repararlo”, a través de la Restauración Ecológica, que involucra acciones desde perspectivas ambientales, culturales y económicas. Desde la mirada ambiental, hasta hace poco tiempo atrás se aplicaban procedimientos compartimentalizados, con énfasis en las ciencias botánicas. Esta visión se fundaba quizás en el hecho de que las comunidades naturales están compuestas por grandes plantas, que son la base de la mayoría de los ecosistemas por ser la base de las redes alimentarias y las que transforman energía lumínica en química (Young, *et al.*, 2005), y también porque no se desplazan, y por lo tanto son un componente biológico que se puede incorporar a un sistema donde los seres vivos han disminuido, minimizando el riesgo de escape. Pero los ecosistemas no solamente se conforman de una parte aérea “verde” sino que incluyen otros componentes cruciales para su sostenibilidad, por lo que en la actualidad se acepta que el abordaje de la restauración debe ser efectuado en su conjunto. De esta manera se plantea la necesidad de

considerar el funcionamiento del sistema suelo-planta (conocimiento integrado del sistema físico, químico y biológico y de los procesos que los relacionan) para restaurar sistemas con interacciones complejas luego de que un disturbio ha ocurrido (Heneghan *et al.*, 2008). A esta aproximación se la conoce como holística y es más sofisticada que las aproximaciones más simples que consideran los factores de manera aislada.

La mirada holística contempla a todo el ecosistema en su conjunto, es decir a la biota (flora, fauna y microorganismos) pero también al ambiente donde ésta se desarrolla y a las interacciones entre éstos (SER, 2004). El abordaje de las prácticas de restauración encuentra su complejidad justamente en la necesidad de comprender los componentes estructurales y funcionales de los ecosistemas y sus interacciones. Por lo tanto, también es importante conocer el ambiente físico o abiótico que sostiene la biota de un ecosistema, que incluye al suelo, al medio atmosférico y el acuoso, haciendo necesario considerar aspectos relacionados a la hidrología, el clima, el relieve, la orientación topográfica y de los regímenes de nutrientes y salinidad (SER, 2004). De esta manera, este capítulo tiene por objetivo abordar el concepto de restauración ecológica enfocado en el sistema suelo, como eslabón poco evidenciado pero fundamental para el desarrollo de los hábitats.

## **EL SUELO Y LA RESTAURACIÓN**

Tradicionalmente se define al suelo como el medio natural para el crecimiento de las plantas (FAO, 2008). Sin embargo, los suelos son mucho más que eso, son las entidades de organización central de los ecosistemas terrestres (Coleman y Whitman, 2005). Cuando hablamos de suelo nos referimos a un sistema natural de volumen variable que se localiza sobre o cerca de la superficie de La Tierra y que consiste en componentes químicos, físicos y biológicos que interactúan, con

relaciones integrales con la atmósfera, la geología y la hidrología características de los ecosistemas locales (Panigatti, 2008). Los suelos sanos tienen una estructura heterogénea, poseen una biota activa y proveen de numerosos servicios ecosistémicos (ver capítulo 1: ¿Qué es la Restauración Ecológica? Y que tiene que ver con la educación). La perturbación de los suelos puede alterar esos servicios ecosistémicos (Daily *et al.*, 1997) y sin medidas de restauración pueden permanecer en un estado de deterioro, comenzar a declinar o recuperarse lentamente (Insam y Haselwandter, 1989).

## **¿QUÉ DEBEMOS TENER EN CUENTA A LA HORA DE PENSAR EN LA RESTAURACIÓN DE UN SUELO?**

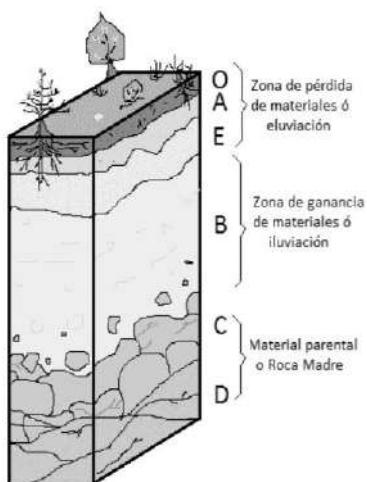
En principio resulta interesante tomar conciencia de que los suelos que vemos hoy son el resultado de cientos de miles de años de interacción entre el material parental (o roca madre), el clima, la topografía y los organismos (Jenny, 1941). En el proceso de formación del suelo, la roca madre sufre de procesos de meteorización (química, física y biológica) que provocan su fragmentación en tamaños cada vez más pequeños. Estos fragmentos de roca, junto con la incorporación de la materia orgánica de la vegetación y animales en descomposición, van conformando distintas capas de suelo que se diferencian de manera vertical (perfil del suelo) denominados horizontes (Figura 2.01). Existen distintos tipos de horizontes del suelo que se denominan con letras, pudiendo diferenciar de manera general los siguientes:

- Horizonte A: es el horizonte más superficial y expuesto del suelo, donde abundan las raíces y los organismos y microorganismos animales y vegetales. Es la capa del suelo de color más oscura debido a la acumulación de materia orgánica. En ocasiones pueden aparecer otros horizontes

asociados como horizonte O-orgánico, con elevada cantidad de hojarasca y materia orgánica (bosques) o el E-eluviación, en condiciones favorables al lavado de materiales;

- Horizonte B: es la capa que le sigue en profundidad al horizonte A, y es la que recibe el material que es transportado desde la superficie por el agua (materia orgánica y arcillas). Su coloración tiende a ser más clara que la del anterior ya que la materia orgánica está en menor cantidad, más descompuesta e integrada a los fragmentos minerales;
- Horizonte C: este horizonte está formado por la roca madre fragmentada y en proceso de desintegración;
- Horizonte D: es la capa más profunda del suelo, formada por la roca madre fragmentada.

No siempre todos los horizontes están presentes y en ocasiones pueden diferenciarse más aun cada uno de ellos, formando perfiles más complejos.



**Figura 2.01.** Diferenciación de horizontes en perfil del suelo.

Los procesos de degradación de los ecosistemas terrestres en cambio, tienen lugar en tiempos mucho más breves y pueden verse fuertemente reflejados en daños en el suelo, con la pérdida o alteración de muchas de sus propiedades y funciones. Los procesos de deterioro tienen su mayor impacto en las capas más superficiales del suelo (horizonte A), pero ante impactos muy intensos también las capas más profundas pueden llegar a afectarse (horizonte B).

El daño que puede sufrir un suelo puede ser cuantificado mediante la identificación de la variación de parámetros individuales. Por ejemplo, la evaluación de daños cuantitativos puede incluir el cálculo de la cantidad de suelo y nutrientes eliminados por erosión eólica (Buschiazzo y Aimar, 2003) o hídrica, de la reducción en la materia orgánica del suelo, la disminución de los nutrientes del suelo (nitrógeno, fósforo, etc.), la pérdida de la capacidad para retener agua, de modificaciones en el pH normal del suelo, aumentos en la conductividad eléctrica (salinización), la pérdida en la cobertura vegetal, etc.

Según la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO, 2018), la degradación del suelo es definida como un cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios, por lo que la evaluación del estado de un ambiente deteriorado respecto de la condición del suelo también debe ser vista de manera cualitativa, en función de la reducción en la prestación de servicios ecosistémicos. Para describir esto de manera gráfica, se puede advertir que la erosión de la primera capa de suelo puede traer consecuencias asociadas como la falta de capacidad para infiltrar y retener agua, que puede derivar en inundaciones o aludes aguas abajo, resultando en daños colaterales con pérdidas monetarias para las poblaciones asociadas. O mencionar que la degradación de los pastizales en la estepa de la Patagonia Argentina puede generar estados de deterioro tan severos que llegan a perjudicar el desarrollo

de la actividad ganadera de la región en el tiempo (sustentabilidad), con consecuencias reales y negativas para el sector rural.

Aunque optimistas, también debemos ser realistas. Con la restauración de los suelos dañados probablemente nunca podremos recuperar la condición prístina (original, pura y sin disturbio), pero sí podemos ser capaces de devolver una proporción significativa de su composición, estructura y fundamentalmente sus funciones originales (Sánchez *et al.*, 2005). El tiempo que tomará alcanzar la restauración edáfica y los esfuerzos a invertir en el proceso serán directamente proporcionales al grado de modificación del ecosistema. Por lo tanto, tan importante como la reparación de los ecosistemas es la detección temprana de los procesos de deterioro (síntomas), que nos permitirán actuar de manera más rápida, con los menores costos de intervención asociados y con los mejores resultados.

Para iniciar los programas de restauración es necesario caracterizar el ecosistema problema, para definir el grado de perturbación antes de proceder con otros aspectos. En este punto es muy importante establecer el grado en que los suelos se han modificado respecto de su estado inicial. Para entender esto puede utilizarse el concepto de “legado del suelo”, que es definido como los atributos físicos, químicos y biológicos y sus interacciones que permanecen en el suelo luego de que un cambio significativo ha ocurrido en el ecosistema (Baer *et al.*, 2012). El “legado del suelo” establece específicamente el grado en el que las propiedades del suelo (por ejemplo, horizontes, porosidad, textura, almacenamiento de nutrientes, contenido de materia orgánica, agregación, etc.) y sus funciones (por ejemplo, el suministro de nutrientes, infiltración, etc.) al inicio de la restauración reflejan características previas al deterioro. Este conocimiento permite establecer la planificación de las actividades y los recursos a invertir en la restauración ya que en ocasiones es necesario emprender una fase inicial de reacondicionamiento del suelo. Esto significa que, si el deterioro del suelo por el impacto ha sido tan severo que ha

modificado drásticamente por ejemplo su conductividad eléctrica o pH o la capacidad de retener agua, será necesaria una fase inicial que revierta esas alteraciones y que facilite el éxito de la restauración de ese ecosistema. Una vez realizada la remediación en fase inicial (si necesaria) se puede continuar con el resto del procedimiento de restauración ecológica.

## **¿LA RESTAURACIÓN DE LOS SUELOS SE REALIZA SIEMPRE DE LA MISMA MANERA?**

La relación entre el “conocimiento ecológico del suelo” y la restauración puede ser considerada en el contexto de la severidad de la perturbación original, los objetivos del proyecto y de la resiliencia del ecosistema original al disturbio (Heneghan *et al.*, 2008). Esto quiere decir que cuanto más severo es el daño en el ambiente respecto del sistema de referencia mayor es la información que se necesitará acerca de la física, química y biología e interacciones para realizar las prácticas de restauración de manera efectiva (uso holístico del conocimiento ecológico del suelo). Por ejemplo, en sitios altamente perturbados generalmente se requiere una activa e importante intervención sobre el suelo. En sitios no tan alterados donde la restauración de la estructura y funciones no es prioritaria se podría recurrir a la manipulación de alguna variable física, química o biológica del suelo para mejorar el estado del sistema. Finalmente, cuando la perturbación de un sitio no es tan grande para quebrar la resiliencia del sistema (por ejemplo, no han cambiado sus principales estructuras o funciones) la necesidad de intervención en el suelo puede ser mínima (restauración pasiva), y quizás solamente con suprimir el disturbio que lo altera sea suficiente. Sin embargo, cuando la perturbación es muy grande se pudo haber llegado a un nuevo estado estable del ecosistema y entonces se requiere de planes de restauración ecológica holísticos. (Ver Caja 1).

---

## CAJA 1. ESTUDIO DE UN MODELO DE ESTADOS Y TRANSICIONES PARA UNA PRADERA DE COIRÓN BLANCO DE LA ESTEPA PATAGÓNICA.

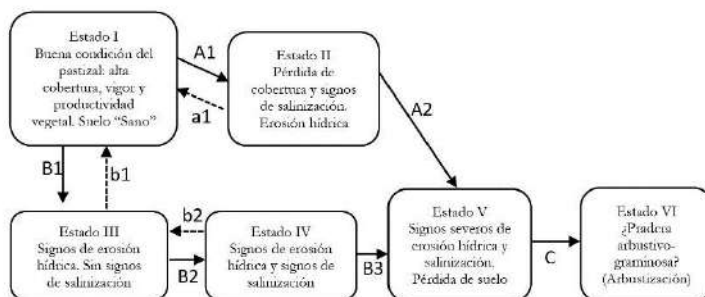
Consideremos una pradera de coirón blanco (*Festuca pallescens*) en la estepa patagónica, que se desarrolla en la periferia de mallines húmedos con el aporte mayormente del agua freática que se acumula en estas zonas bajas del paisaje (Figura 2.02). Este ecosistema es fundamental para la provisión de forraje en los sistemas ganaderos de la región por lo que habitualmente está sometido al pastoreo de distintos tipos de ganado. El pastizal en buena condición cubre casi todo el suelo, presenta plantas vigorosas y con elevada producción, y el suelo se observa en buen estado (buena estructura, sin salinización). Mientras que el pastoreo de ese pastizal se realice en función de la potencialidad que el ambiente brinda, es decir con el número de animales adecuado y en el momento propicio, el mismo no producirá deterioro ni de la vegetación, ni del suelo (Estado I). En la medida que alguna de esas condiciones no se cumpla, con un pastoreo inadecuado, pueden generarse pérdidas de cobertura de la vegetación que exponen el suelo a eventos climáticos extremos, frecuentes en la región.

Si por ejemplo el exceso de pastoreo se combina con un período seco el suelo expuesto a la desecación tenderá a evaporar agua directamente desde la freática y consecuentemente a acumular sales en superficie (salinización), generando condiciones desfavorables por ejemplo para el establecimiento de nuevas plántulas y acentuando la degradación (Estado II). Si en cambio se combina con un evento de lluvia intensa, sobre el suelo desnudo se desencadenarán procesos erosivos, con pérdida del horizonte A y con ello capacidad de infiltrar y retener agua, afectando el vigor de las plantas (Estado III). Ambos estados de deterioro son en general leves y podrían recuperarse eliminando el disturbio (el pastoreo inadecuado). Sin embargo, si más



de un factor de deterioro se combina, podría llevarse el mallín a estados de degradación más severos (Estado IV o estado V) los cuales requerirán de procesos más activos de restauración. En los estados de degradación menos severos (Estados II y III), en donde las pérdidas de suelo por erosión aun no son significativas, pueden lograrse mejoras en la cobertura vegetal interviniendo con prácticas de bajo costo de recursos (tiempo, equipamiento, horas de trabajo, dinero, etc.), como la fertilización e intersembra, que pueden lograr una recuperación del ambiente volviendo a los estados menos degradados.

Cuando las pérdidas de suelo son importantes, y se forman cárcavas que drenan rápidamente los mallines alterando por completo su funcionalidad (Estados IV o V), es necesario restaurar con prácticas más costosas que implican movimientos importantes de tierra con el objeto de retener el agua en el mallín, que no siempre permiten revertir por completo los estados avanzados de deterioro alcanzados. Si la degradación llega a estados muy severos, que cambian por completo la composición y estructura de la vegetación, es posible que la recuperación sea aún más dificultosa y derive en una comunidad muy diferente de la original (Estado VI).



**Figura 2.02.** Modelo de estados y transiciones para mallines méxicos (sub-húmedos) patagónicos: pradera de *Festuca palleascens*. Ejemplo de posibles caminos de deterioro (con flechas llenas) y de restauración

(flechas punteadas). Signos de salinización: costras de sal en superficie de suelo descubierto. Signos de erosión hídrica leves: erosión laminar o pequeños surcos. Signos de erosión hídrica graves: cárcavas o zanjas.

---

## **¿CÓMO SE UTILIZA LA INFORMACIÓN QUE BRINDA EL SUELO EN LOS PROGRAMAS DE RESTAURACIÓN?**

Tradicionalmente la información de la condición de sitio es utilizada para desarrollar líneas base u objetivos para las variables del suelo (Tabla 2.01). La fertilización es el tratamiento más comúnmente utilizado en estudios donde variables del suelo son manipuladas y el estatus nutricional del suelo es la respuesta más comúnmente medida con sus cambios a menudo utilizados como indicadores. Sin embargo, como actualmente se acepta la complejidad de los suelos (son heterogéneos, están vivos y tienen historia) se promueve avanzar en su análisis a través de trabajos que contemplen los procesos del suelo, la heterogeneidad subterránea, los roles de la biota edáfica, los controles mediante factores de estado y a las potenciales interacciones con la comunidad aérea. Estos conocimientos pueden ser aplicados estratégicamente para promover el éxito de la restauración de los suelos perturbados.

**Tabla 2.01.** Parámetros asociados al suelo propuestos para abordar el estudio y monitoreo de programas de restauración ecológica integrales.

<b>Parámetro</b>	<b>Definición</b>	<b>Modo de cuantificar</b>
pH	Medida que sirve para establecer el nivel de acidez o alcalinidad de una sustancia, expresado como el logaritmo negativo de base de 10 en la actividad de iones de hidrógeno, expresado en el rango 1 a 14.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH-ímetro</li> <li>• Tiras indicadoras</li> <li>• Soluciones caseras</li> </ul>
Conductividad eléctrica (CE)	Medida indirecta de la concentración de iones en el suelo, y por lo tanto de la salinidad. Se mide con conductímetro que permite medir la capacidad del suelo para conducir la corriente eléctrica, que varía en función de la concentración de sales en la solución del suelo, entre otros factores como la temperatura, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conductímetro</li> </ul>
Materia orgánica del suelo (MOS)	Material heterogéneo compuesto por los restos orgánicos de animales, plantas y microorganismos y sus productos de descomposición y resíntesis (humus) que aportan nutrientes, estructura y capacidad de retención de agua al suelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis en laboratorio (cuantitativo)</li> <li>• Color (cualitativo)</li> </ul>
Nutrientes	Elementos y compuestos químicos necesarios para el crecimiento de las plantas. Según la cantidad en que estos elementos se necesitan (y no a su importancia), son clasificados en aquellos requeridos en grandes cantidades (macronutrientes, ej.: N, K, Ca, Mg, P y S) y aquellos requeridos en menores cantidades (micronutrientes, ej.: Cl, Fe, B, Mn, Zn, Cu, Mo y Ni).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis en laboratorio</li> </ul>

**Tabla 2.01 (continuación).** Parámetros asociados al suelo propuestos para abordar el estudio y monitoreo de programas de restauración ecológica integrales.

<b>Parámetro</b>	<b>Definición</b>	<b>Modo de cuantificar</b>
Textura	Proporción de distintos tamaños de partículas (arena, limo y arcilla) en la matriz del suelo. Cuando predomina la arena, el limo o la arcilla, el suelo se denomina “arenoso”, “limoso” o “arcilloso”, respectivamente. Cuando un suelo tiene una textura equilibrada (generalmente 45% de arena, 40% de limo y 15% de arcilla) se llama “franco”. Cada tipo presenta características específicas y particulares pero los francos son los que tienen las mejores condiciones tanto físicas como químicas para el desarrollo de las plantas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación, manipulación del suelo.</li> <li>• Análisis de laboratorio (granulometría)</li> </ul>
Estructura del suelo	Ordenamiento natural de las partículas del suelo en función de su composición. Pueden clasificarse en varios tipos como granulares, en bloques, en forma de placas o columnares.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación, manipulación del suelo.</li> </ul>
Capacidad de retención hídrica	Facultad de un suelo para absorber, retener y ceder agua. Este parámetro está muy relacionado con la textura y la cantidad de materia orgánica del suelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensayos simples en laboratorio y campo</li> <li>• Análisis de laboratorio (ollas de presión)</li> </ul>
Densidad aparente	Relación entre la unidad de peso y la unidad de volumen del suelo (masa/volumen). Es buen indicador de propiedades como la compactación, la aireación, porosidad y capacidad de infiltración del agua.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuantificación sencilla.</li> </ul>

También se propone el estudio y monitoreo de procesos más complejos asociados como:

- Mineralización de los nutrientes: transformación de los compuestos orgánicos a formas inorgánicas mediante la acción de microorganismos.
- Ciclaje de la materia orgánica (descomposición, humificación, mineralización): se inicia con la deposición de sustancias orgánicas en el suelo que luego se humifican (transformación en humus) y/o mineralizan. Parte de estas sustancias son liberadas a la atmósfera con la respiración de los microorganismos ( $\text{CO}_2$ ), otra parte es incorporada a la biomasa de los microorganismos (inmovilización) y otra parte se acumula en el suelo como MOS (acumulación).
- Características y funciones de la biodiversidad del suelo: variedad de los organismos (animales y vegetales) que habitan el suelo de un ecosistema. Generalmente están adaptados a las condiciones de un suelo en particular, con características estructurales y funcionales específicas. Esta definición incluye a la comunidad microbiana y la de invertebrados del suelo, que cumplen roles diferentes pero importantes en el ecosistema.

A continuación, se proponen algunas actividades para aplicar medidas sencillas de evaluación y monitoreo del estado del suelo y aplicación de técnicas simples de restauración del suelo.

# PROPUESTAS METODOLÓGICAS

## **Actividad 1: Evaluación del efecto protector de la materia orgánica en la germinación de especies herbáceas.**

La materia orgánica en sus distintas formas (mantillo, hojarasca, compost) ejerce un efecto protector con respecto al suelo (reduce por ejemplo el impacto de las gotas de lluvia, la evaporación del agua y atenúa los cambios de temperatura) y con respecto a el banco de semillas (evitando la desecación) en los ambientes naturales y es utilizada para promover procesos de restauración. Este efecto tendrá una magnitud variable en función de las características del suelo. Se propone la siguiente experiencia para verificar este efecto.

### ***Materiales:***

- Arena
- Suelo
- Compost tamizado fino (tamizado con malla de aproximadamente 2 cm).
- Bandejas plásticas de aproximadamente 20 x 25 cm, con perforaciones en la parte inferior.
- Semillas de tamaño pequeño (ejemplo: rye grass o césped inglés).
- Regadera pequeña (adecuada para el riego de las bandejas) y agua para riego.

### ***Procedimiento:***

Rellenar la mitad de las bandejas con arena y la otra mitad con suelo. Dividir cada grupo de bandejas en dos subgrupos y cubrir uno de ellos con una fina capa de compost (1 a 2 cm), y dejar las restantes sin cobertura (Tabla 2.02). Colocar cada caja perforada sobre una rejilla o semejante de modo de impedir que se acumule el agua percolada. En la medida de lo posible se recomienda tener repeticiones de tratamientos a aplicar, para contemplar la variabilidad

en la respuesta y/o la ocurrencia de imprevistos que pueden perjudicar el desarrollo del experimento.

**Tabla 2.02.** Diseño del ensayo de germinación en diferentes sustratos: combinaciones de factores para generar los tratamientos.

Factores estudiados	Con compost	Sin compost
Suelo	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Arena	Tratamiento 3	Tratamiento 4

Sembrar las bandejas (con arena o con suelo, con o sin cobertura de compost) con las semillas, registrando el número total de semillas colocadas en cada bandeja. Las semillas deben ser sembradas a una profundidad equivalente a dos veces su tamaño promedio y distribuidas homogéneamente en toda la superficie de la bandeja. Regar abundantemente en forma de lluvia (con regadera o semejante) en un primer riego hasta observar percolación (goteo desde la parte inferior de las bandejas) y colocar en un ambiente con luz y temperatura diaria templada (20-25 °C máximo). Regar día por medio con el mismo criterio todas las bandejas. La frecuencia de riego puede cambiar en función del ambiente en donde se desarrolle el ensayo (humedad ambiente, temperatura).

***Observar y registrar:***

- a) Efecto del agua de riego en la superficie de cada bandeja (ej. desplazamiento de sedimento, formación de canales, etc.)
- b) Número de semillas germinadas y emergidas sobre el número de semillas totales para cada bandeja.

***Responder:***

- a) ¿Cuál es el efecto del tipo de sustrato sobre comportamiento del agua de riego? ¿Qué ocurre cuando se agrega compost en cada caso?

b) ¿Qué efecto tiene el compost sobre la germinación y/o emergencia de las plántulas en cada caso?

***Concluir:***

Describir cuáles pueden ser los beneficios de aplicar compost en los procesos de restauración ecológica. Discutir si su aplicación funcionaría igual en todos los tipos de suelos.

**Actividad 2: Evaluación de efecto de la cobertura vegetal sobre la erosión hídrica del suelo.**

La cobertura vegetal reduce fuertemente el impacto de la gota de lluvia sobre el suelo, protegiendo su estructura y evitando la generación de escurrimientos, el arrastre de partículas y con ello minimizando los procesos de erosión hídrica. La cobertura vegetal favorece además el ingreso de agua al perfil de suelo, asegurando que el agua de la lluvia sea acumulada en el mismo y pueda ser utilizada por las plantas. La restauración de la cobertura vegetal es entonces un proceso fundamental en la recuperación de ambientes degradados. Esto puede comprobarse en una sencilla experiencia.

***Materiales:***

- 2 cajones de aproximadamente 70 x 30 cm y 20 cm de profundidad
- Suelo
- Placa blanca de 40 x 30 cm.
- Placa de 30 x 20 cm
- Material de relleno (puede ser telgopor o similar)
- Pan de césped o similar de 35 x 40 cm.
- Regadera fina y agua para riego.

***Procedimiento:***

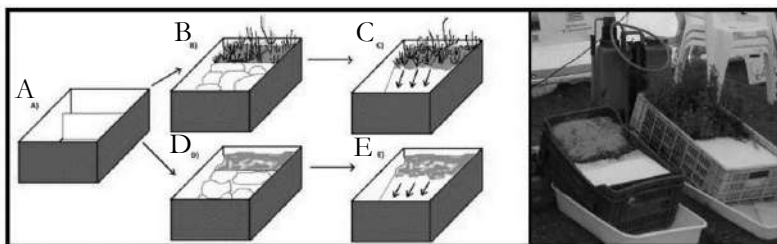
Se implementarán cajones que representan sistemas naturales que constituyen modelos demostrativos de la relación suelo y vegetación.



Cajón vegetado: Con la placa de 30 x 20 cm dividir el cajón por la mitad con un tabique (Figura 2.03.A). Rellenar una de las dos partes con suelo y colocar en la superficie el pan de césped (Figura 2.03.B). Completar la mitad restante del cajón con material de relleno (puede ser telgopor, papel, etc.) sobre el cual se colocará una placa blanca (Figura 2.03.C). Procurar que 5 cm de la placa quede en contacto con en el suelo de la otra mitad de modo de recoger el material que se desplace desde ese sector (Figura 2.03.C). Colocar el cajón inclinado, con la zona vegetada más elevada (Figura 2.03).

Cajón no vegetado: repetir el procedimiento para el cajón vegetado, excepto que no se colocará el pan de césped sino que se completará con suelo hasta superficie (Figura 2.03.D y 2.03.E).

Simulación de erosión hídrica: regar con regadera sobre el sector más elevado, que contiene el suelo.



**Figura 2.03.** A la izquierda, esquema de pasos para construir el dispositivo casero para evaluar el efecto de la cobertura vegetal sobre la erosión hídrica del suelo. A la derecha, fotografía del dispositivo ya fabricado.

***Observar y registrar:***

- 1) ¿Qué ocurre con el agua del riego en cada cajón?
- 2) ¿Qué ocurre con la superficie del suelo en cada cajón?
- 3) ¿Qué se observa en cada caso sobre la placa blanca?

***Responder:***

- 1) ¿Cuál es el efecto de la cobertura vegetal sobre la protección del suelo?
- 2) ¿Qué horizonte es el que más se afecta en este proceso y qué significa eso en términos cuantitativos y cualitativos respecto a la pérdida de suelo?

***Concluir:***

Describir cuáles pueden ser los beneficios sobre el suelo de reestablecer la cobertura vegetal en los procesos de restauración ecológica

**Actividad 3: Efecto de la salinidad del suelo sobre la germinación de las plantas**

La salinidad del suelo ejerce un efecto sobre el agua del suelo similar a la desecación, lo que implica una reducción de disponibilidad de agua para las plantas (efecto osmótico). Estos efectos pueden ser significativos en diferentes etapas del desarrollo de las plantas pero en especial en la germinación, en donde se requiere que la semilla se embeba adecuadamente para asegurar que la misma sea exitosa. La salinización se puede generar como consecuencia de diferentes actividades antrópicas que resultan en la acumulación de sales en el perfil del suelo. La restauración de suelos salinos puede realizarse mediante el lavado de las mismas, para lo que se necesita contar con agua de buena calidad, es decir con bajo contenido de sales. Comprobaremos eso con una sencilla experiencia.

***Materiales:***

- Macetas perforadas
- Mezcla de arena y turba o compost en igual proporción
- Sal de cocina (cloruro de sodio o NaCl).
- Semillas

***Procedimiento:***

Llenar las macetas con la mezcla. A un tercio de ellas rotularlas con la indicación de “control”, al segundo tercio con la indicación “suelo salino+solución salina” y al tercer tercio con la indicación “suelo salino+agua”.

Preparar una solución salina, diluyendo aproximadamente 20 g de sal por cada litro de agua.

Regar día por medio las macetas rotuladas como “control” con abundante agua solamente, y a los otros dos grupos con la solución salina, durante una semana. Dejar orear. Pasada la semana de riego, sembrar en cada maceta un número definido de semillas a la profundidad adecuada. A partir de la siembra, las macetas rotuladas como “control” se regarán con agua solamente, las rotuladas con “suelo salino+solución salina” se continuarán regando con la solución preparada y las rotuladas como “suelo salino+agua” se las comenzará a regar con agua solamente.

Disponer en un ambiente templado hasta observar emergencia de plántulas. Repetir el riego del mismo modo si es necesario.

***Observar y registrar:***

1) ¿Qué ocurre con la germinación en cada caso?

***Responder:***

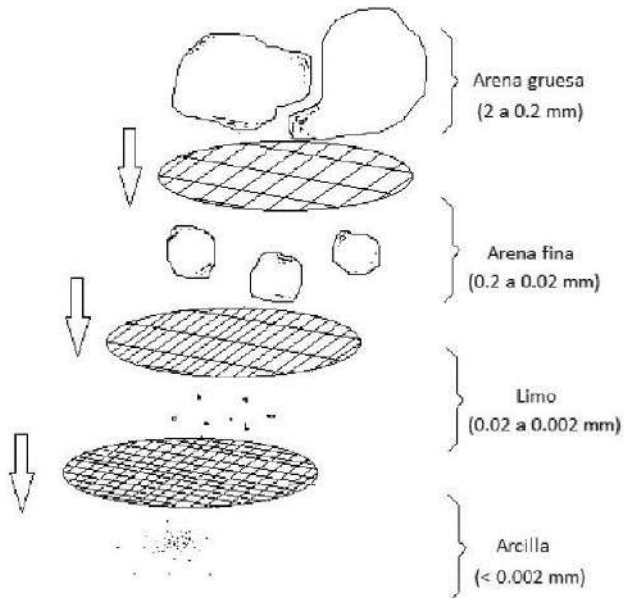
- 1) ¿Cuál es el efecto de las sales en el suelo sobre el porcentaje de germinación (número de semillas germinadas/número de semillas totales)?
- 2) ¿Qué efecto puede tener el lavado de las sales presentes en la maceta con agua de buena calidad?

***Concluir:***

Describir cómo afecta la presencia de sales en el suelo a la disponibilidad de agua para las plantas y qué efecto puede lograrse con el lavado de las sales del mismo

**Actividad 4: Efecto del tamaño de partícula y humedad del suelo sobre la susceptibilidad a la erosión eólica.**

La erosión eólica es el evento mediante el cual se produce la remoción del material superficial, la selección y el transporte por medio del viento (Buschiazzo y Aimar, 2003; Rostagno *et al.*, 2004). El arrastre de partículas por parte del viento dependerá fuertemente de tamaño de las mismas, de su agregación y de la condición de humedad. Una sencilla experiencia nos permitirá analizar estos factores. Es necesario tener en cuenta la clasificación por tamaño de partículas ilustrada en la Figura 2.04.



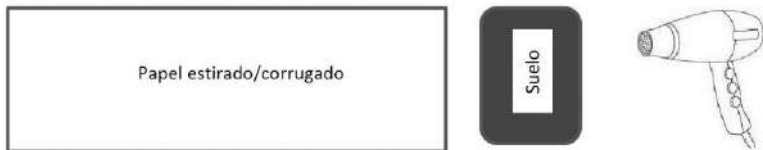
**Figura 2.04.** Clasificación de las partículas del suelo de acuerdo a su tamaño.

### ***Materiales:***

- Muestra de suelo: puede ser cualquier suelo pero debe estar seco al aire hasta que pierda casi toda la humedad. Se deben eliminar de las muestra todos los restos visibles de vegetación y romper los agregados más grandes con una masa o martillo.
- Papel blanco de 50 x 100 cm aproximadamente (2 unidades)
- Bandeja plástica de bordes bajos (2 unidades)
- Secador de Pelo

### ***Procedimiento:***

Colocar la muestra seca y desagregada en las bandejas plásticas. Enfrentar las mismas al ancho de las tiras de papel blanco. Humedecer el suelo de una de las bandejas con una lluvia fina (puede ser con regadera, rociador o sembradora). Acercar lentamente y desde atrás de la muestra de suelo, el secador de pelo encendido y sin temperatura de modo de generar “viento” sobre las muestras de suelo seca y húmeda (Figura 2.05). Dejar actuar por unos minutos. Observar y cuantificar lo ocurrido sobre el papel. Repetir la experiencia con el otro suelo.



**Figura 2.05.** Esquema de dispositivo casero para evaluar el efecto del tamaño de partícula y humedad del suelo sobre la susceptibilidad a la erosión eólica.

Repetir la experiencia, ahora doblando el papel en el sentido del ancho en forma de acordeón de modo que quede “corrugado” y estirar.

***Observar y registrar:***

- 1) ¿Sobre el papel blanco, qué diferencias se observan respecto al arrastre de partículas entre las muestras seca y húmeda?
- 2) En los casos en los que se haya producido arrastre de partículas ¿qué tamaño de partícula ha sido removida? Marque sobre el papel hasta dónde ha llegado cada una.
- 3) Observe si las partículas de mayor tamaño pueden desmenuzarse o no bajo la presión de los dedos (de modo de diferenciar si son partículas grandes o agregados pequeños) ¿Qué ocurrió con el papel corrugado?

***Responder:***

- 1) ¿Cómo influye el tamaño de partícula, la agregación y la condición de humedad en el fenómeno de erosión eólica?  
¿Cómo influye el corrugado de la superficie?

***Concluir:***

¿Qué ambientes serán más susceptibles a sufrir procesos de erosión eólica? ¿Qué medidas de mitigación de los impactos de la misma podrían proponerse?