



El agua permea nuestras aulas

Nueva mirada a vieja práctica

Mariángeles Bugani | Jorge de Souza | Ángela Escobar | Andrea Etchartea | Maestros. Integrantes del Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales, Revista *QUEHACER EDUCATIVO*.
Gabriela Salsamendi | Maestra.

Introducción

«La Tierra es un sistema complejo en el que interaccionan las rocas, el agua, el aire y la vida.

(...) La consideración de la Tierra como un sistema ayuda a entender cómo funciona este planeta.

La perspectiva científica actual considera la Tierra un sistema integrado por unos componentes que interaccionan entre sí de forma particular, generando unas propiedades emergentes que dotan al planeta de entidad propia. De acuerdo con este enfoque, entender el funcionamiento de la Tierra, su historia y su evolución presente y futura requiere no sólo analizar sus componentes sino también estudiar las interacciones que se producen entre ellos, así como las propiedades que surgen de estas interacciones.»

Pedrinaci y otros (2013:118)

Si aprender ciencias es aprender una forma de preguntar, mirar y explicar el mundo, propia de cada disciplina, entonces para aprender Geología hemos de conocer su forma de buscar evidencias, relacionarlas y elaborar modelos explicativos. Dicho en palabras de Pedrinaci, para entender cómo funciona la Tierra hemos de analizar los componentes, estudiar las interacciones entre ellos y las propiedades resultantes. Con este propósito seleccionamos contenidos clásicos de tercer grado: “*La relación del agua y del suelo: permeabilidad y porosidad*”. “*Las propiedades físicas del suelo. Su consistencia y estructura. El valor agronómico*” (ANEP. CEP, 2009:212). Allí tenemos componentes, interacciones y propiedades. Componentes del suelo que interaccionan entre sí generando su consistencia, estructura y porosidad; que interactúan con el agua estableciéndose su permeabilidad; y conformando un suelo particular cuyas propiedades le darán o no un valor agronómico.

Centraremos nuestras reflexiones en el clásico experimento que compara la permeabilidad de diferentes muestras de suelo.

“El suelo chupa el agua”

Recordemos lo que seguramente hemos hecho como docentes y quizás también como alumnos.

La experiencia es sencilla. Lo primero que se les propone es observar el material, centrándose en las diferencias y similitudes de las propiedades organolépticas. Puede cambiar el tipo de suelo utilizado, pero la única variable controlada es siempre la cantidad de agua volcada. Seguramente hemos planteado o respondido consignas similares a: *Observa y compara la cantidad de agua que se recoge en cada vaso.*



Por lo general, los maestros les pedimos a los niños que traigan muestras de suelo de su entorno, y de ellas elegimos tres que sabemos pueden dar resultados disímiles. Armandos los dispositivos y realizamos la experiencia frente a la clase, o les pedimos que la hagan en pequeño grupo, para demostrar el mayor o menor pasaje de agua en cada caso. Orientamos la observación hacia la cantidad de agua recogida para que los niños concluyan, a partir de las evidencias, qué muestra de suelo es la más permeable.

No es habitual usar un dispositivo de control, ni analizar las variables intervinientes, las que dejamos libres y las que controlamos, para poder comparar. Pocas veces les pedimos que anticipen y fundamenten lo que sucederá.

Usamos simplemente un criterio de análisis descriptivo

para luego dar la etiqueta: *cuanta más agua deja pasar, más permeable es el suelo.*

Si intervenimos buscando posibles explicaciones acerca del menor pasaje de agua, la respuesta más frecuente de los niños es “*el suelo chupa el agua*”.

En la búsqueda del origen

Nos llamó la atención que siendo una experiencia de larga tradición en nuestras escuelas, tuviese “errores” en lo disciplinar y en lo procedimental. En la búsqueda de antecedentes llegamos, cuarenta años atrás, al *Nuevo manual de la Unesco para la enseñanza de las ciencias*:

«Procurarse tres latas del mismo tamaño y quitarles sus tapas y fondos. En el fondo de cada una fijar una malla fina de cualquier material por medio de un alambre atado alrededor del borde inferior de la lata. Para impedir que a través de la malla pasen algunas partículas finas de suelo colocar por su parte interior un trozo de papel de filtro.

Recoger tres muestras de suelos –grueso, mediano y fino– y calentarlas en un hornillo a una temperatura de 105°-120° C hasta que sequen por completo. Poner igual cantidad de tierra en cada una de las latas y disponerlas de manera que pueda verterse en cada una de ellas la misma cantidad de agua, que se recogerá por la parte inferior. Hacerlo, registrando en cada caso el tiempo empleado por el agua para filtrarse totalmente. Comparar las cantidades de agua recogidas debajo de las latas.» (UNESCO, 1975:208)

No sabemos cuándo o por qué la experiencia fue modificada, sí nos interesó compararlas.

Versión UNESCO 1975	Versión generalizada
Se utilizan tres tipos de suelos: fino, grueso, medio.	Se utilizan tres tipos de componentes: arcilla, arena y humus (a veces, en vez de humus se utiliza una muestra de tierra negra) o tres muestras de suelos predominantemente arenoso, arcilloso y humífero.
Se utiliza una lata. Por su forma cilíndrica, el agua y el suelo se compactan de manera homogénea.	Se utiliza media botella invertida, por lo que la forma favorece la compactación del suelo o material que esté dentro y la superficie por la que puede pasar el agua, realizando un efecto embudo.
Se tiene en cuenta la humedad del suelo y por ello se seca cada muestra.	No se tiene en cuenta la humedad. Las muestras pueden tenerla en diferente grado.
Se mide la masa de la muestra de suelo a utilizar. Se pone la misma cantidad en cada dispositivo.	Al poner los materiales se busca que ocupen el mismo espacio sin medir el volumen de la muestra y sin tener en cuenta la masa.
Se mide el agua y se usa la misma cantidad en cada muestra.	Se mide el agua y se usa la misma cantidad en cada muestra.
Se mide y registra el tiempo empleado por la totalidad del agua para pasar por cada material.	No se cuantifica el tiempo utilizado por el agua.
Se compara la cantidad de agua recogida.	Se compara la cantidad de agua recogida al momento en que en una de las muestras haya pasado toda el agua.
No se plantea el uso de un experimento testigo.	No se plantea el uso de un experimento testigo.

Como puede apreciarse, la versión del manual de la UNESCO utiliza muestras de suelo diferenciándolas por su estructura. Estas muestras son la variable independiente; controla las variables que pueden afectar el resultado: masa, humedad, cantidad de agua a utilizar, evita agregar compactación; usa la cantidad de agua recogida y el tiempo insumido en el pasaje como variables dependientes.

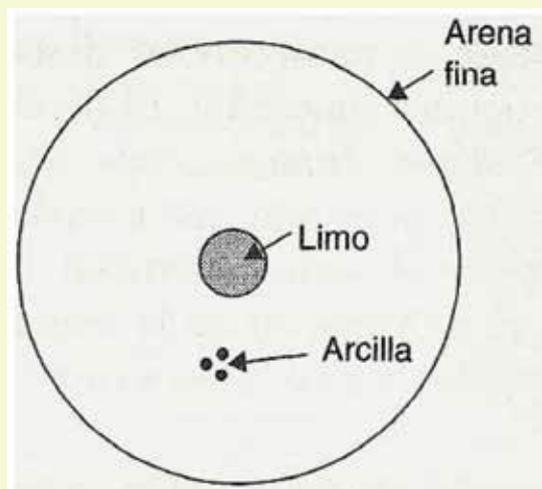
Si hacemos el mismo análisis con la versión usual en nuestras aulas, encontramos problemas en las variables controladas y la ausencia del tiempo como variable dependiente.

Ninguna de las dos versiones plantea el uso de una experiencia de control.

Una mirada a lo disciplinar...

El *suelo* es una mezcla de componentes minerales más materia orgánica –seres vivos y materia en descomposición–, que constituye su fase sólida; en los espacios porosos de esta fase sólida se encuentran el agua, fase líquida, y el aire, fase gaseosa. Esta combinación sustenta el crecimiento de los vegetales. Estos cuatro componentes, en variada proporción, conforman los distintos suelos del planeta. Se considera que un buen suelo para el crecimiento vegetal tiene 45% de materia mineral, 5% de materia orgánica, 25% de agua y 25% de aire.

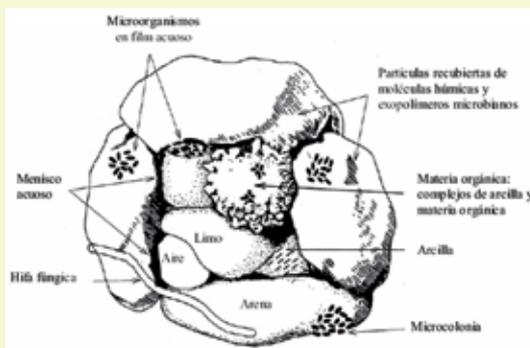
En el tema que nos ocupa es de fundamental importancia la materia mineral, porque le confiere **textura** al suelo. Esta indica la proporción de componentes inorgánicos que tiene: partículas menores a 2 mm de diámetro –arena, limo y arcilla–; fragmentos gruesos de entre 2 mm y más de 20 cm –grava, piedra y roca–.



Recomendamos el video “Tipos de suelo”¹, muestra un modelo en 3D de las partículas que conforman el suelo.

Estas se agregan naturalmente conformando la **estructura** del suelo. La podemos apreciar en los terrones. El tipo de agregación determina el espacio libre, los **poros**. Estos poros tienen diferente tamaño y están o no interconectados, por ellos circulan el agua y el aire.

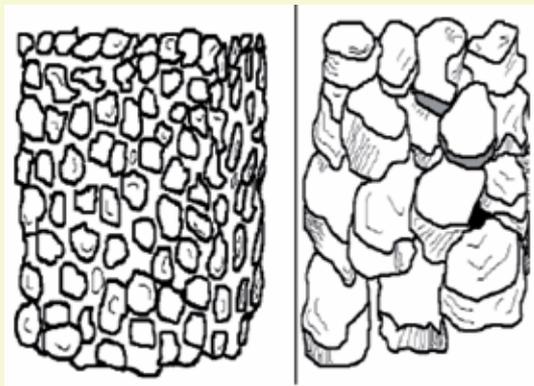
«La **porosidad** puede ser definida como el volumen de suelo ocupado por la fase líquida y la fase gaseosa del suelo.» (de Lima, 2007:23)



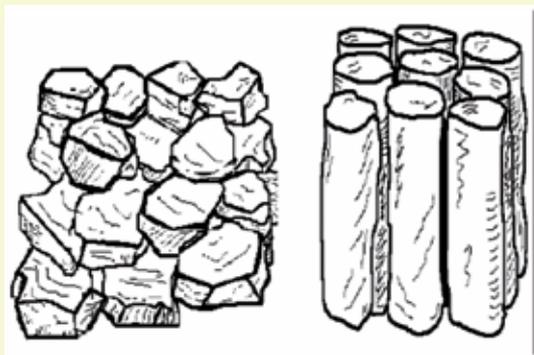
¹ En línea: https://www.youtube.com/watch?v=PkcDEK_cKfk

Mientras que: «*La permeabilidad es la capacidad de un material de ser atravesado por un líquido, y se expresa como la cantidad de agua que fluye por una superficie unitaria de una sustancia dada, en la unidad de tiempo*» (Argüello, 2012)².

Recomendamos el video “Water Movement in Soil”³ que, si bien está en inglés, permite acceder a subtítulos aunque en una pobre traducción al español. Muestra el pasaje del agua a través del suelo, sus diferentes movimientos y recorridos de acuerdo a la textura y estructura del mismo.

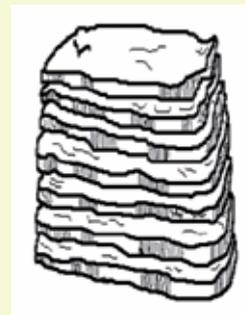


Estas estructuras aparecen en el horizonte A del suelo. Permiten un drenaje rápido y moderado respectivamente.



Estas estructuras aparecen en los horizontes B y C. Solo posibilitan un drenaje de moderado a lento.

Muchas veces, el tamaño y la cantidad de los poros disminuyen por *compactación* causada por el pasaje de máquinas o por el tránsito continuo de animales.



Son los agregados correspondientes a un suelo compactado.

...para una nueva mirada a la enseñanza...

En primer lugar, la mirada disciplinar nos permite fundamentar las correcciones necesarias en la versión generalizada de la “*experiencia para demostrar la permeabilidad*”: debe controlarse la humedad de las muestras porque si ya hay poros ocupados por agua, será menor la cantidad de agua que penetre; debe incluirse como variable dependiente la medida del tiempo, ya que la permeabilidad se expresa por la cantidad de agua que fluye en determinada superficie de un material, por unidad de tiempo.

Pero fundamentalmente esa mirada disciplinar brinda algunos lineamientos para pensar la enseñanza: fundamenta la transposición, las decisiones a tomar, el diseño y la secuencia.

Si aún se concibe como válida la secuencia lineal, está claro que el “orden” de enseñanza sería textura, estructura y porosidad, permeabilidad. Primeramente analizar las características de los componentes minerales del suelo, para luego investigar su relación con el agua, o sea, su permeabilidad como material. En este caso, en el dispositivo que hemos analizado se deberían comparar muestras de arena, arcilla y

² El subrayado es nuestro.

³ En línea: <https://www.youtube.com/watch?v=vmo0FRAVgkM&feature=youtu.be>

limo. La explicación de su mayor o menor permeabilidad surgirá de su porosidad. Tengamos en cuenta que estamos estudiando la permeabilidad de ciertas partículas y no del suelo. Pero con esa información y conociendo la composición de distintos suelos, se puede inferir su permeabilidad. Así, un suelo con predominio de arena será considerado, *a priori*, muy permeable; y uno predominantemente arcilloso, muy poco permeable. Iremos nuevamente al dispositivo, esta vez con muestras de suelo, para “comprobar” las inferencias realizadas.

Otra puede, y creemos que debe, ser la transposición. La lectura de la síntesis disciplinar que hemos hecho denota que el suelo no es la suma de sus componentes; no es arena, más arcilla, más limo, más agua, más aire... Es un todo complejo, en el que sus elementos interactúan no solo en el presente, sino que vienen interactuando desde tiempos lejanos y lo seguirán haciendo. Sus componentes nos hablan de su pasado, de su proceso de formación; pero también nos dan indicios de cómo podría continuar ese proceso.

La secuencia de enseñanza que decidamos, debe atender y mantener esa complejidad, debe posibilitar la comprensión del suelo desde su pasado, debe enseñar a leer las señales de cambio que manifieste para poder intervenir. En otras palabras, respetar la lógica epistémica del contenido *suelo*.

Por otra parte debemos integrar las ideas de los niños; “saben” qué sucede con el agua de lluvia en distintos terrenos: aquel se encharca, este seca rápido, aquí se forma un barrial o una capa resbaladiza. Los identifican solamente si han tenido experiencia con ellos, pero no saben el porqué. Este saber previo habilita un planteo integral en la enseñanza.



En nuestra propuesta debemos incluir la atención a ciertos obstáculos: la multicausalidad en el proceso de formación y de cambio del suelo, íntimamente relacionada con el valor agronómico y los cuidados en su uso.

Organizar el contenido alrededor de un problema nos permitirá atender lo epistémico, considerar los obstáculos y los “saberes experienciales” de nuestros alumnos. Problemas que pueden ser reales: el mapeo del entorno escolar y sus posibles usos, zonas más aptas para construir un jardín, un camino, una cancha de fútbol, etc.; la identificación del mejor suelo del predio escolar para...; qué es adecuado cultivar en este suelo. O preguntas que lleven a la elaboración de un problema... cómo es que se forman charcos en la arena de la playa.



Se trata de empezar a pensar por qué unos suelos se comportan de una manera frente a la lluvia o el riego; o por qué suelos que deberían comportarse de una manera, en ciertas circunstancias lo hacen de otra. Implica tratar de entender ese comportamiento; buscar la explicación requiere analizar, identificar, relacionar, proponer, probar...

Coherente con la complejidad del fenómeno es estudiar el comportamiento del agua en el lugar, en forma similar a como pueden hacerlo los agrónomos. Si es necesario comparar, basta con limitar una misma superficie en cada terreno, echar allí la misma cantidad de agua y medir el tiempo en que entra en la tierra. Al ser predios cercanos se encuentran en las mismas condiciones atmosféricas –hace los mismos días que no llueve, por ejemplo–, sin embargo pueden recibir diferente cantidad de luz, o tener distinta vegetación, o estar compactados o no... Por eso es importante observar el lugar, registrar sus características y, si es posible, fotografiar, para luego analizar la probable influencia de variables que no se pudieron controlar. El dispositivo en sí es muy sencillo, un caño de PVC de los que se usan en sanitaria, de no menos de 10 cm de diámetro y de unos 15 cm de largo. Se hace una marca, con *drypen* permanente, por fuera a los 5 cm de un extremo, luego se marca la mitad de los 10 cm restantes tanto por fuera como por dentro. Se hunde el caño en el suelo hasta la marca de los 5 cm. Se apronta un cronómetro y se llena el caño con agua hasta el borde. Se toma el tiempo que lleva que el agua llegue a la primera marca interna y luego se mide el tiempo que demora en entrar toda al suelo. La división en dos mediciones –primera y segunda mitad del caño– podría o debería mostrar diferencia, ya que al haber entrado parte del agua, los poros se van llenando y la velocidad es menor en la medida en que la tierra tiene agua. Realizar la medición en el lugar supone que la permeabilidad del suelo implica sus distintos horizontes y también los seres vivos que lo habitan; además no le agrega aire al suelo al sacar inadecuadamente la muestra.



También es probable que en el camino de la resolución del problema o de la búsqueda de una respuesta que el grupo se haya planteado, tenga sentido realizar la práctica que motiva este artículo. En este caso y acorde a los lineamientos didácticos, se debería considerar el dispositivo como un modelo análogo concreto en el que se representa el comportamiento del agua en el suelo.

Modelo que puede ser introducido por el docente estableciendo con los niños la analogía, marcando las semejanzas y las diferencias con la realidad. Modelo que permitirá establecer relaciones y fundamentalmente plantearse nuevas preguntas: ¿dónde queda el agua que no pasa?, ¿por qué no pasa?, ¿qué función cumple en el suelo?, en la realidad, ¿dónde va el agua que “baja”?

Modelo que puede ser construido por los alumnos para poner a prueba sus ideas: si esta tierra forma barro cada vez que llovizna, entonces si nosotros ponemos... tendría que...

Enseñanza que debe incorporar la dimensión social

Una adecuada permeabilidad del suelo es vital para el crecimiento de las plantas y la alimentación animal y humana; a su vez, esa cobertura vegetal es uno de los factores que puede evitar la erosión. El suelo es un recurso natural de muy lenta formación, por lo que su cuidado y manejo adecuado resultan fundamentales.

La Dirección General de Recursos Naturales Renovables del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca tiene, por ley, la función de promover y regular el uso y la conservación de los suelos y de las aguas superficiales destinadas a fines agropecuarios; prevenir y controlar la erosión y la degradación de los mismos; indicar técnicas básicas para lograr su recuperación de ser necesario.

Esta regulación exige a los productores la presentación y aprobación de planes de uso y manejo del suelo. «*En base a eso el Uruguay, único país del mundo, dijo: No, acá no se puede hacer agricultura continua, acá se hace el uso del suelo de acuerdo a la capacidad de uso del suelo.*» (Roel *apud* Linn, 2014:5).

El crecimiento de la producción agrícola en nuestro país, principalmente el aumento de los cultivos de soja y maíz, trajo consigo desafíos importantes que debemos valorar en su complejidad, atendiendo especialmente a aquellos

impactos nocivos para el ambiente y, por ende, para nuestra salud. En los últimos años se aumentó de forma significativa la utilización de fertilizantes y agrotóxicos principalmente herbicidas (cuyo componente más importante es el glifosato) para lograr una mayor producción. Existen muchas fuentes de agua contaminadas con cianobacterias debido al excesivo uso de fertilizantes, recuérdese el reciente caso de la cuenca del río Santa Lucía.

Las lluvias pueden generar procesos de infiltración, escorrentías y erosión en los suelos agrícolas. Esos eventos lluviosos son uno de los factores responsables del transporte de los agroquímicos hacia las cuencas. Si por falta de permeabilidad se produce escorrentía, el agrotóxico puede ser transportado en su fase soluble; en el caso de la erosión puede ser transportado en su fase sólida. En ambos depende de las características del producto, del tipo de suelo y de la intensificación de la producción, entre otros factores.

En esta apretada síntesis final queremos mencionar dos procesos generalmente causados por inadecuadas intervenciones humanas: la deforestación y la desertificación. En el primer

caso nos referimos a la tala de los bosques nativos junto a ríos y arroyos; al no existir árboles, la lluvia golpea directamente contra el suelo, se produce un gran escurrimiento que genera una rápida crecida en el cauce del río. La infiltración es muy escasa, las napas se empobrecen lentamente y en los períodos de sequía, las bajantes son cada vez más pronunciadas. En el segundo, los procesos de desertificación pueden deberse al sobrepastoreo, como sucede en las zonas ganaderas de los suelos basálticos del Norte. Se pierde la vegetación y el exceso de pisoteo compacta la parte superior del suelo disminuyendo su infiltración. Al llover, esos dos factores favorecen el escurrimiento del agua, la infiltración es mínima. En períodos de sequía, el suelo se reseca y agrieta rápidamente.

Estos tres ejemplos –contaminación del agua por agrotóxicos, desertificación y deforestación– muestran la importancia social de una adecuada permeabilidad en los suelos y nos interpelan como docentes. Resulta imprescindible trabajar el tema en relación a los suelos del entorno local o departamental y las actividades que en ellos se realizan. 

Bibliografía

- ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2013): "Características epistemológicas clave de los modelos científicos relevantes para la didáctica de las ciencias" en *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de Las Ciencias*, Girona (9-12 setiembre), pp. 22-26. En línea: http://congres.manners.es/congres_ciencia/gestio/creacioCD/cd/articulos/art_958.pdf
- ANEP. CEP. República Oriental del Uruguay (2009): *Programa de Educación Inicial y Primaria. Año 2008*. En línea (Tercera edición, año 2013): http://www.cep.edu.uy/archivos/programescolar/ProgramaEscolar_14-6.pdf
- ARGÜELLO, Graciela (2012): "Factores que distribuyen el agua en las distintas porciones de su ciclo natural. Parte 2". En línea: <http://www.locosporlageologia.com.ar/factores-que-distribuyen-el-agua-en-las-distintas-porciones-de-su-ciclo-natural-parte-2/>
- BOSSI, Jorge (2007): *Regiones geológicas. Para aplicación agronómica*. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Departamento de suelos y aguas. En línea: <http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Curso%202014/Material/REGEOLOGUY.pdf>
- DE LIMA, Marcelo Ricardo (2007): "Noções de morfologia do solo" (Cap. 3) en V. Costa Lima; M. R. de Lima; V. de Freitas Melo (eds.) (2007): *O solo no meio ambiente. Abordagem para Professores do Ensino Fundamental e Médio e Alunos do Ensino Médio*, pp. 17-26. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Projeto de Extensão Universitária Solo na Escola. En línea: <http://www.youblisher.com/p/685035-O-Solo-no-Meio-Ambiente-abordagem-para-professores-do-ensino-fundamental-e-medio/>
- DURÁN, Artigas (2004): *Composición del suelo*. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Departamento de suelos y aguas. En línea: <http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Curso%202014/Material/composicion.pdf>

- LINN, Patricia (2014): "Entrevista a Álvaro Roel Presidente del INIA" en *Uruguay Ciencia. Investigación, Tecnología e Innovación en Uruguay y el mundo*, N° 18 (Julio), pp. 4-9.
- PEDRINACI, Emilio y otros (2013): "Alfabetización en Ciencias de la Tierra" en *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, Vol. 21, N° 2, pp. 117-129. En línea: <http://www.raco.cat/index.php/ECT/article/view/274145/362238>
- RUCKS, L.; GARCÍA, F.; KAPLÁN, A.; PONCE DE LEÓN, J.; HILL, M. (2004): *Propiedades físicas del suelo*. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Departamento de suelos y aguas. En línea: <http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Curso%202014/Material/fisicas.pdf>
- SEED (Schlumberger Excellence in Education Development) (2006): "La permeabilidad del suelo". En línea: <http://www.planetseed.com/es/laboratory/experimento-la-permeabilidad-del-suelo>
- UNESCO (1975): *Nuevo manual de la Unesco para la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Ed. Sudamericana. En línea: <http://unesdoc.unesco.org/images/0000/000056/005641so.pdf>

Sitios web

- Departamento de suelos y aguas, Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía, UdelaR.
- Este sitio ofrece diversos materiales de estudio útiles para quienes deseen profundizar en temas referentes a suelos, su constitución y formas de estudio. En línea: <http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/>
- Dirección General de Recursos Naturales Renovables del MAGP. Este sitio contiene toda la reglamentación relacionada con el uso y conservación del suelo. En línea: www.cebra.com.uy/renare/