



Se aprecia, a primera vista, el suelo como soporte físico, sólido y resistente, para servir de base para edificios, calles, pistas, etc. Pero en realidad el suelo es más, es un cuerpo vivo: suave, sensible e inteligente en el sentido de que registra todos los cambios e intervenciones que se operan en él.

Las NU declararon el año 2015 como Año del Suelo para aumentar la consciencia de la población en este tema.

Un desafío para cada asentamiento humano es el abastecimiento con el líquido vital – el agua. Ecuador está en la situación favorable de tener (todavía) un balance hídrico positivo, aunque con algunos desbalances regionales.

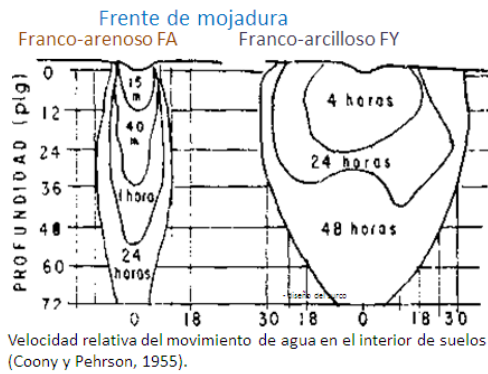
Hoy en día, las fuentes de agua potable se encuentran muchas veces en peligro de contaminación.



El impacto ambiental se da por la influencia negativa del hombre y resulta en el cambio del medio natural por intervenciones físicas y químicas. En detalle son las emisiones industriales y del trán-

sito, los desperdicios sólidos y líquidos y sus derivados, los que nos caen encima en forma de polvos, gases y lluvia ácida, contaminando nuestros alimentos y el agua potable.

Sorprendentemente no se materializa de inmediato, porque el suelo funciona como filtro y amortiguador, así que, en todo el ciclo hídrico el suelo es un medio transversal.



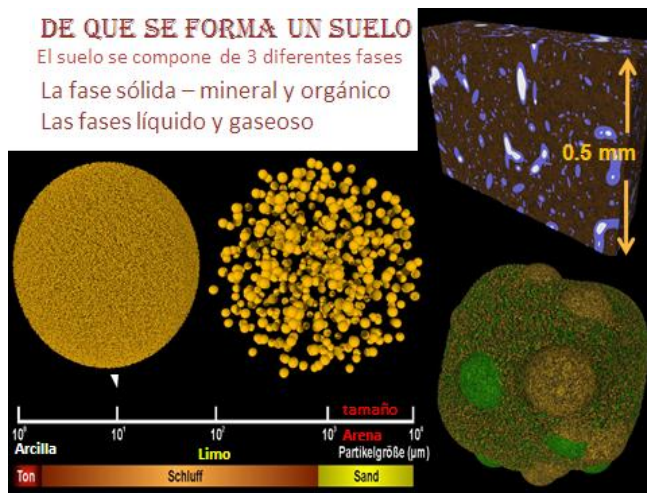
No obstante, cuando y en qué cantidad estos contaminantes llegan al acuífero, depende de varios factores:

- Distancia del acuífero
- Material y densidad subyacente
- Textura del material
- Porosidad del material

Se puede notar en el gráfico un movimiento más rápido en suelos arenosos que en suelos arcillosos, especialmente hacia abajo.

Es decir: mientras más liviano el material y más gruesas las partículas (arena), más grandes son los poros y más rápido el movimiento en el suelo – al contrario, mientras más finas las partículas (arcilla), más finos son los poros, y más lento el movimiento del agua en el suelo.

A la vez: la adsorción y absorción de sustancias químicas (contaminantes) en suelos arcillosos con sus partículas finas es más alto que en suelos arenosos, que tienen partículas y poros gruesas. Un alto contenido de materia orgánica y un pH neutral mejoran el potencial. Lo más alta la distancia al acuífero lo mejor.

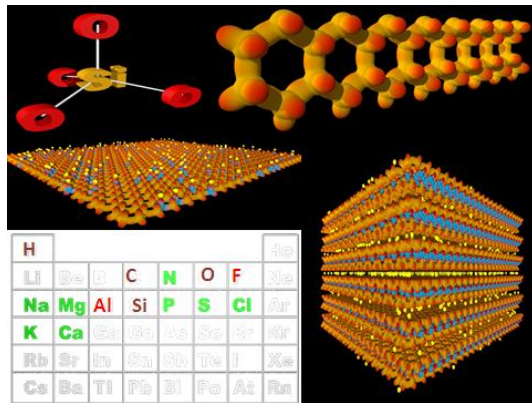


Demos un vistazo rápido a como esto funciona:

El suelo se forma de material sólido – mineral y

orgánico, y los poros, que son los espacios entre las partículas o agregados del suelo. Y estos espacios, según su dimensión y el clima, están llenos de agua y de aire.

La distribución de las diferentes fases depende de los poros del suelo y estos dependen del tamaño de las partículas y su compactación.



Especialmente las partículas muy finas, que forman la arcilla, se destacan por sus características electro-estáticas en la superficie, que les permiten ciertas reacciones fisico-químicas; además, la arcilla representa una clase de minerales, que fortifican estas

reacciones. Minerales arcillosos de 3 capas se juntan a paquetes, como un sandwich de 2 capas periféricas de estructura de silicio y una capa entremedio de aluminio en su estructura, y en los espacios entre las capas se ad-/absorben iones intercambiables.

ELEMENTOS TABLA PERIODICA DE ELEMENTOS

1	H	2	He
2	Li	Be	B
3	Na	Mg	Al
4	K	Ca	Sc
5	Rb	Sr	Y
6	Cs	Ba	La
7	Fr	Ra	Ac

contaminantes y beneficiosos

Estos generalmente son nutrientes para las plantas como Calcio, Potasio, Magnesio o Amonio – o contaminantes como metales pesados, compuestos orgánicos etc.

Son especialmente los metales pesados que contaminan nuestro ambiente, causando daños en la salud de los seres humanos, directa e indirectamente mediante los alimentos y el agua – cobre, zinc, cadmio, níquel, mercurio, entre otros. Algunos son esenciales en

pequeña dosis, y en estas cantidades naturalmente se encuentran en nuestros suelos; otros elementos son básicos de la materia.

LÍMITES PARA METALES PESADOS

Ppm (mg/kg)	en suelos	en lodos uso agrícola	Aplicación de lodo en 10 años/ha
Sustancia			
Cadmio	1 – 3	20 – 40	0,15
Cobre 10)	50 – 140	1000 – 1750	12
Niquel	30 – 75	300 – 400	3
Plomo	50 – 300	750 – 1200	15
Cinc	150 – 300	2500 – 4000	30
Mercurio	1 – 1,5	16 – 25	0,1
Cromo11	-	-	-

Fuente:

Se dice, que la principal característica de todos los metales pesados es, que no se descomponen en el suelo, de esta manera son insolubles y casi inmóviles y un enriquecimiento de ellos en el suelo casi irreversible; solo se puede evitarlos tomando precau-

ciones. Eso se refiere a su forma de presencia como complejos orgánicos y inorgánicos, como Coloidales, Óxidos o Hidróxidos, o Sales.

POTENCIALES REDOX DETERMINADOS MEDIANTE EXPERIMENTOS PARA DIFERENTES REACCIONES REDOX convertido a pH 7

Reacciones Redox	E _h (V)
Comienzo de la reducción NO ³⁻	0.45 a 0.55
Comienzo de la formación Mn ²⁺	0.35 a 0.45
O ₂ no más identificable	0.33
NO ³⁻ no más identificable	0.22
Comienzo de la formación Fe ²⁺	0.15
Comienzo de la reducción SO ₄ ⁻ y formación S ²⁻	-0.05
SO ₃ no más identificable	-0.18

No obstante, bajo ciertas condiciones se aumenta la movilidad, como es la disminución del pH, es decir, aumentando la acidez del suelo, y con la disminución del potencial Redox. Esto son reacciones de reducción y oxidación, es la Expresión de múltiples proce-

sos químicos y biológicos en el suelo. Se da por el aumento o la disminución de electrones dándose por la acidificación del suelo, falta de oxígeno, o la presencia de ciertos ácidos orgánicos formando quelatos metal-orgánicos.

La fórmula de Nernst: $E_h = E_o + \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{Ox}}{a_{Red}}$ representa la relación cuantitativa entre la actividad de los componentes de la reacción y del potencial redox, en el cual se debe tomar en consideración el potencial normal y la temperatura. Pero, como en los suelos se encuentra un sin-

número de pares redox, solo se logra hacer una interpretación cualitativa.



Generalmente se extrae el agua potable en buena calidad del acuífero. Inicialmente es lluvia que se infiltra al suelo, el cual lo purifica. El acuífero se mueve en la parte subterránea encima de capas impermeables a puntos más bajos, como los riachuelos o ríos. En su transcurso lo captamos con los pozos y lo bombeamos a la superficie.

En los inmensos centros urbanos e industriales muchas veces la oferta natural del acuífero ya no logra abastecer la creciente demanda.

Por estos efectos se debe reciclar o purificar las aguas servidas, aprovechando los beneficios que brinda la naturaleza, lo que se realiza con filtros industriales, o combinando los dos.



Según datos de las NU, desde el año 2008 más de la mitad de gente vive en ciudades y ellos mundialmente forman el factor dominante del flujo de materias y energía, los que en gran escala impactan al ambiente e inducen el cambio climático. La sostenibilidad de los sistemas urbanos mucho depende del manejo de estos flujos.

Berlín en el último cuarto del ciclo 19, con una creciente industrialización, ya contaba con más de 1 millón de habitan-

tes, sin tener una urbanización ordenada con la adecuada infraestructura de agua potable y mucho menos de alcantarillado, causando enfermedades y epidemias. Así en el año 1872, por orden del comandante policial, comenzaron con la construcción de un sistema de canalización y la conexión de todas las casas.

PURIFICACIÓN DE AGUAS SERVIDAS



Las aguas negras, limpiadas brevemente de partículas gruesas, llevaron a las afueras de la ciudad para infiltrarlas en el campo. Lograron 2 efectos:

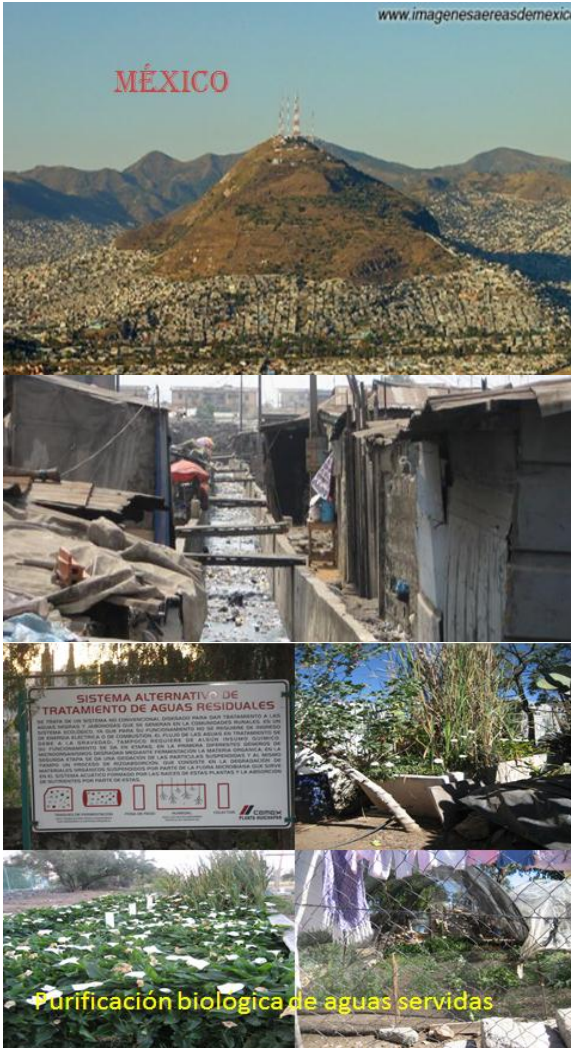
1. Las partículas orgánicas se incrustaron en los poros del suelo, donde los microbios paulatinamente los mineralizaron, y el suelo los absorbió para después podrían servir como nutrientes para las plantas a sembrar.

2. El agua infiltrado llegó purificado al acuífero para abastecer la creciente población e industria.

Hace pocos años, después de aprovechar este sistema por más de 100 años, terminaron con este operativo.

No obstante, hoy en día pasan cantidades de aguas blancas (pre-purificadas) en riachuelos por los bosques, para infiltrarse allá.

Lo mismo sucede en Fráncfort, así mismo con más de 1 millón de habitantes, y formando una aglomeración urbana – Rhein-Main- con las ciudades en su entorno, donde ya desde los años 60, comenzaron con la infiltración de aguas blancas en zonas boscosas. Se dice, que en la metrópolis de Fráncfort se toma la misma agua 7 veces.



En la metrópolis de México es una lucha constante de “Don Quijote” el abastecimiento con agua potable y la eliminación de aguas servidas.

Desde hace algunos años ya existe un canal, que no cumple su función.

En otro caso, por el movimiento ecologista en algunos pueblitos rurales ya implementaron sistemas biológicos para purificar las aguas domésticas –de cocina, ducha y lavado- y posteriormente lo utilizan para regar su huerta.

El Cairo es otra metrópolis ejemplar, que hoy en día debe abastecer alrededor de 16 millones de habitantes con agua potable y manejar las aguas servidas. Al contrario, al Ecuador o a Alemania, casi no tiene precipitaciones y toda el agua potable se saca de pozos profundos del acuífero.



El Nilo, como es la vena vital para los egipcios, es sagrado y no está permitido contaminarlo por basura o aguas negras.

Por lo tanto, aprovechan el suelo del desierto para la purificación de las aguas servidas, que a su

vez sirven para proyectos de agricultura y reforestación.

No obstante, no se puede infiltrar el agua por donde uno quiere.

Si el suelo no es bien permeable, hay peligro de salinidad. Por



eso es sumamente importante, allí como en cualquier sitio, realizar una caracterización del suelo, es decir una descripción de las capas y un muestreo para los correspondientes análisis físico-químicos.

El clima de Egipto es desértico, la pluviosidad es casi nula: caen en promedio 24 mm al año; es decir, años en seguida no llueve nada, en otros un poquito más. Como pueden apreciar en las imágenes, tuve la suerte de presenciar una llovizna de 3 días a los principios de diciembre, por la cual se formó un riachuelo en el desierto, cuando trabajé a unos 100 km al sur del Cairo en los años 70.

PIÑÓN *Jatropha curcas*

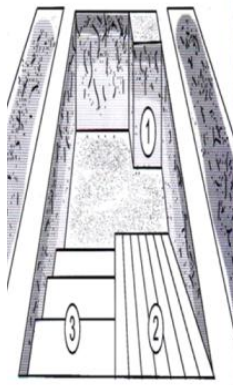
Cerca viva en la costa del Ecuador



Semejante posibilidad del uso de aguas servidas en el litoral ecuatoriano se da por el Piñón; su aceite se usa para sustituir el diésel - es un arbusto, o pequeño árbol, originario de aquí, que crece y produce en clima cálido y en condiciones marginales, es

decir en suelos pobres, con poca lluvia y donde no hay otra producción agrícola. No obstante, en mejores condiciones produce mejor.

Por supuesto se puede usar el agua para otros fines como riego de reforestación, plantaciones energéticas, plantaciones para establecer taludes, plantas ornamentales, etc.



Aquí en el Ecuador justo terminó un levantamiento o estudio del suelo a una escala 1:25.000, caracterizando los suelos para los diversos usos.

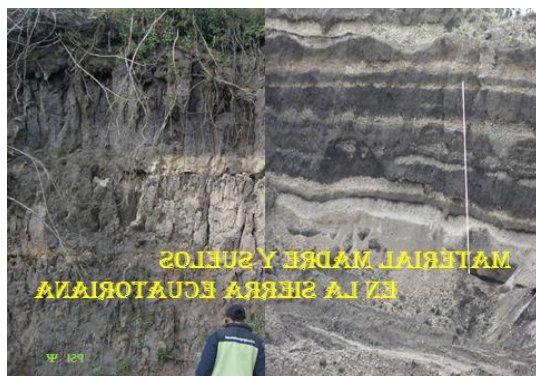
La excavación para la descripción y muestreo del suelo se llama *Calicata*. Aquí se distinguen las diferentes capas con su Espesor, Color, Textura, Consistencia, Compacidad, Pedregosidad (esqueleto), pH, etc., y se toman muestras para analizar en el laboratorio las características físico-químicas del suelo.

Caracterizar todos los puntos de muestreo por calicatas, es



muy trabajoso y costoso, así que se comienza con barrenaciones y en puntos representativos se abre la calicata.

En Alemania el barreno de tubo abierto (Pürkhauer 1931) es común en el levantamiento de suelos.



Para una mejor imaginación de las condiciones aquí en el Ecuador quiero presentarles a la brevedad algunos suelos característicos, que se encuentra en las diferentes regiones del país. En gran parte, sobre todo la sierra norte, la superficie está

cubierto por materiales volcánicos, no se han formado suelos todavía. Son de partículas gruesas, con poros gruesos, con alta permeabilidad, que solo logran retener partículas gruesas, pero no saben retener agua (para abastecer las plantas) ni compuestos químicos.

De estos materiales se desarrollan suelos llamados Andisols. Ahí es donde se forman a veces capas endurecidas e impermeables llamadas Cangahua.

Este suelo se forma de material piroclástico liviano, llamado lapilli, con alta permeabilidad. Como contiene muchos poros muy finos, es un buen filtro para partículas gruesas así como absorbente para compuestos químicos.



Con la meteorización del material piroclástico se forman capas de arcillas, que muestran una permeabilidad reducida, pero igual tienen un buen potencial de adsorción y absorción.



En estos suelos típicos:

(izq.) en la Costa, zona seca se observa grietas, que indican un alto contenido de arcillas, los que en estado de sequía se encogen mientras que con humedad se expanden, siendo casi impermeables. El color oscuro

indica un alto contenido de Materia orgánica.

(der.) En la Amazonía, zona húmeda, también se encuentra suelos con alto contenido de arcilla, generalmente poco permeable; son superficies antiguas, donde la alta precipitación ya lixivió los suelos, que muestran un pH muy bajo, pérdida de nutrientes y enriquecimiento de hierro, manganeso y aluminio.



Para concluir: Suelos son un bien sensible, que debemos proteger – aún más porque no se reproducen en ciclos de vida

humana. Cada suelo según sus características puede cumplir importantes funciones, que debemos identificar para su apropiado uso: hábitat para especies silvestres, agro-productivo, hídrico, recreativo, o ambiental, etc.

Significa => NO es suficiente, valorar un terreno solo por ser bien plano y manejable, para ser apto para la construcción o agricultura. Hay que consultar toda clase de información disponible y realizar un levantamiento y muestreo de suelos al detalle.

LO QUE DEBEMOS HACER

- Importante: caracterizar/analizar los suelos
 - en áreas previstos para botaderos
 - por las carreteras cruzando áreas agro-productivas
 - Donde hubo industria o vertederos antiguos
 - Identificar áreas potenciales para la purificación de agua y renovación del acuífero
- Usar aguas grises para
 - reforestación en zonas secas
 - ajardinamiento a lo largo de autopistas y carreteras
 - producción de cultivos no-comestibles
 - renovación del acuífero
- Proteger los suelos y acuíferos
 - Contra destrucción y contaminación masiva



Dr. Ing. Peter Schwiebert – Director de Gestión Ambiental -
ULEAM
(Edafólogo de la Universidad Técnica de Berlín – Alemania)