



¿Cuál el suelo más idóneo para albergar un vertedero de residuos sólidos urbanos?

Estíbaliz Sáez de Cámara Oleaga
Cuaderno del estudiante

IKD baliabideak 4 (2012)

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
1) Contexto.....	3
2) Pregunta estructurante	8
2. EL SUELO. FACTORES Y PROCESOS DE FORMACIÓN.....	9
1) El. Suelo. Funciones del suelo como recurso natural.	9
2) Edafogénesis	10
3) Factores y procesos formadores.....	10
4) El perfil edáfico y sus horizontes	12
3. CONSTITUYENTES DEL SUELO. FASES SÓLIDA, LÍQUIDA Y GASEOSA ...	13
1) Fase sólida. I. Los minerales del suelo.	13
2) Fase sólida. II. La materia orgánica.....	14
3) Fase líquida del suelo.	16
4) Fase gaseosa del suelo.	18
4. PROPIEDADES FÍSICAS Y FISICO-QUÍMICAS.....	19
1) Propiedades físicas del suelo	19
2) Propiedades físico-químicas del suelo	23
5. CLASIFICACIÓN DE SUELOS.....	27
1) Clasificación <i>Soil Taxonomy</i>	28
2) Clasificación <i>World Reference Base</i>	29
6. BIBLIOGRAFÍA.....	30
 ANEXO I: PROTOCOLOS DE EVALUACIÓN	 31

1. INTRODUCCIÓN

1) Contexto

Futuros Graduados en Ingeniería Ambiental,
Bienvenidos al bloque temático dedicado a la Ciencia del Suelo, la Edafología,
dentro de la asignatura **Geología y Edafología**.

Características generales de la asignatura

- **¿Qué tipo de asignatura es?**

Se trata de una asignatura de tipo **obligatorio** que cursareis en el 2º cuatrimestre del 2º curso.

- **¿A qué módulo pertenece?**

Se enmarca, junto a las asignaturas Biología y Ecología, en el módulo dedicado a las **Ciencias Básicas del Medio Natural** (M07).

- **¿Cuántas horas dedicareis a su estudio?**

Aproximadamente, 150 horas. Consta de **6 créditos ECTS** distribuidos en clases magistrales (3.5 créditos), prácticas de aula (1.5 créditos), seminarios (0.5 créditos) y prácticas de laboratorio (0.5 créditos).

Para más información al respecto, consulta la guía docente actualizada en la página web de la Escuela de Ingeniería: <http://www.ingeniaritzabilbao.ehu.es/>

- **¿Cuál es su principal objetivo?**

Introducimos en los aspectos fundamentales de la geología, teniendo en cuenta la dinámica terrestre y los procesos exógenos y endógenos.

- **¿De qué debéis ser capaces tras cursar la misma?**

- Describir los materiales que constituyen la Tierra
- Examinar el suelo siendo conscientes de que es un sistema dinámico resultado de la interacción de procesos en los que se involucran elementos de la Biosfera, Geosfera y Atmósfera.
- Identificar los procesos edafogenéticos a través de las propiedades características de los suelos y manejar las clasificaciones sistemáticas.
- Definir los fundamentos de estratigrafía y petrología sedimentaria.

- Aplicar los conocimientos básicos de Geología y Geomorfología al diagnóstico y solución de problemas relacionados con la Ingeniería¹.

- **¿Qué asignaturas debéis repasar?**

Física y Ampliación de Física, Química, Gráficos en Ingeniería, Cálculo, Biología e Informática.

- **¿En qué asignaturas aplicareis los conocimientos adquiridos en Geología y Edafología?**

En Geotecnia, estructuras y obras, en Hidrología aplicada, en Caracterización química y biológica de suelos y en Tecnología de tratamiento de residuos y suelos contaminados, entre otras.

Los contenidos de la asignatura están agrupados en **tres grandes bloques temáticos** íntimamente relacionados:

- 1) Geología, la Ciencia que se ocupa del estudio de La Tierra.
- 2) Edafología, la Ciencia que estudia el suelo.
- 3) Hidrología, la Ciencia que se dedica al estudio de la distribución, transporte y propiedades del agua.

Las actividades planteadas en este cuaderno corresponden en exclusiva al bloque temático **Edafología**.

- **¿Qué vamos a aprender en Edafología?**

A valorar los suelos...

- Como uno de los bienes más preciados de la humanidad
- Como elementos Variables espacial y temporalmente en función de diversos procesos y factores.
- Como entes organizados en horizontes de diferentes características
- Compuestos por tres fases: sólida, líquida y gaseosa
- Con propiedades medibles que determinan su comportamiento
- Clasificables a nivel internacional
- Como recursos naturales no renovables
- Multifuncionales

¹ Información extraída de la memoria presentada por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao para la solicitud de la verificación del título oficial de graduado en Ingeniería Ambiental y de la Resolución de 20 de diciembre 2010, de la Universidad del País Vasco, por la que se publica el Plan de Estudios de graduado en Ingeniería Ambiental.

- **¿Qué temas vamos a tratar en Edafología?**

- Las funciones del suelo como recurso natural.
- Los factores de formación.
- Los procesos edafogenéticos generales y específicos.
- La organización del suelo. El perfil edáfico.
- Los constituyentes sólidos, líquidos y gaseosos del suelo.
- Las propiedades y características del suelo.
- Las principales clasificaciones de los suelos.

- **¿Cómo vamos a aprender?**

Tomando como punto de partida el **problema** que se detalla en el siguiente apartado. Se trata de un problema, tanto social como científico-tecnológico, muy próximo a vuestra futura labor profesional. En el camino hacia su solución adquiriremos los conocimientos mencionados y otras destrezas y habilidades que debéis tener al final del Grado en Ingeniería Ambiental.

- **¿Cuándo vamos a aprender? ¿Cuánto tiempo tardaremos en recorrer este camino?**

Alrededor de **cinco** semanas. No obstante, dispondréis de una semana más para completar el informe final.

- **¿Cómo va a evaluarse este proceso?**

Mediante una gran variedad de técnicas en las que se emplearan los criterios o **protocolos de evaluación** recogidos en el Anexo I de este cuaderno.

- Actividades presenciales y no presenciales
- Informe Técnico
- Prueba escrita final.
- Participación activa en clase y en los foros de la plataforma MOODLE.

La nota obtenida en las actividades realizadas en grupo se corregirá considerando la puntuación obtenida por cada uno de los miembros en la valoración realizada por sus compañeros de grupo. Esta valoración se obtendrá a partir de los resultados de la encuesta incluida al final del Anexo.

Para más información al respecto, consulta la guía docente actualizada en la plataforma virtual MOODLE o en la página web de la Escuela de Ingeniería: <http://www.ingeniaritza-bilbao.ehu.es/>

- **¿Cuándo va a evaluarse?**

Puesto que se evalúa todo el **proceso** y no solo el producto final, a lo largo de las cinco semanas.

- **¿Para qué vamos a aprender?**

Por todo lo señalado anteriormente y para que antes de finalizar el Grado logréis las **competencias** necesarias en el desenvolvimiento de vuestra futura profesión:

C1. Seáis capaces de identificar, medir, enunciar, analizar, diagnosticar y describir científica y técnicamente un problema ambiental, así como corregir o evitar tanto el problema como su impacto.

C2. Dispongáis de los conocimientos necesarios para participar en la redacción y desarrollo de proyectos e informes en el ámbito de la ingeniería ambiental, tomando parte en el diseño, proyecto y ejecución de las instalaciones que permitan la minimización del impacto de las actividades y urbanas en los diferentes medios receptores: atmósfera, agua y suelos.

C3. Seáis capaces de dirigir las actividades objeto de los proyectos de ingeniería descritos anteriormente.

C4. Dispongáis de los conocimientos necesarios en materias básicas y tecnológicas para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías.

C5. Seáis capaces de resolver problemas con iniciativa, tomar decisiones, con creatividad, razonamiento crítico así como de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Ambiental.

C6. Poseáis los conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.

C7. Seáis capaces de manejar de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.

C8. Seáis capaces de analizar y valorar el impacto social y ambiental de las soluciones técnicas.

C9. Seáis capaces para aplicar los principios y métodos de la calidad.

C10. Seáis capaces de organizar y planificar en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones.

C11. Seáis capaces de trabajar en un entorno multilingüe y multidisciplinar.

C12. Conozcáis, comprendáis y seáis capaces para aplicar la legislación necesaria en las actividades relacionadas con la Ingeniería Ambiental.

C13. Seáis capaces de asumir con responsabilidad y ética el papel de ingeniero ambiental en un contexto profesional.

2) Pregunta estructurante

Analiza el siguiente problema.

Maite Lizarreta es graduada en Ingeniería Ambiental y asesora del Ayuntamiento desde hace 5 años. En esta zona, tanto la población como la tasa de producción de residuos urbanos ha crecido exponencialmente en los últimos diez años, de forma que, el antiguo vertedero de *Buztinalde* está agotando su vida útil y deberá ser clausurado antes del tiempo esperado. El ayuntamiento está considerando la opción de localizar un nuevo vertedero en el campo de *Paguragoia*. Sin embargo, los vecinos del terreno están alarmados por las repercusiones medio ambientales que puede tener esta decisión y esgrimen que las características del suelo de la zona lo hacen inservible como terreno para el almacenamiento de residuos. El ayuntamiento se reúne en sesión plenaria para analizar el tema junto con los vecinos. La decisión final es encargarle a la asesora Maite Lizarreta la realización de un estudio que decida la idoneidad del suelo de *Paduragoia* para este uso.

Para ello, a Maite le ofrecen medios necesarios para analizar los constituyentes del suelo, sus propiedades y comportamiento, y tomar una decisión sobre la idoneidad del suelo para ser utilizado como vertedero. En caso afirmativo, este informe deberá contemplar las medidas de protección necesarias.

Se os solicita que os pongáis en el lugar de Maite e indiquéis los aspectos que sería conveniente conocer y analizar para emitir el informe.

A continuación, se presentan las actividades propuestas para desarrollar este proyecto, así como el material básico necesario para llevarlas a la práctica.

2. EL SUELO. FACTORES Y PROCESOS DE FORMACIÓN

¿Qué factores y procesos condicionan la evolución de un suelo?

1) El. Suelo. Funciones del suelo como recurso natural.

Actividad 1. Concepto de suelo.

¿Qué se entiende por suelo?

Brainstorming y consulta bibliográfica.

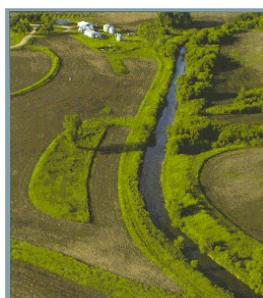
- 1) Describe con tus propias palabras qué entiendes por suelo. Contrasta tu definición con la de tus compañeros de grupo. Puesta en común.
- 2) Analiza las definiciones de suelo recogidas en la bibliografía, identifica las diferencias y discute la perspectiva de cada una de ellas. Puesta en común.

Actividad 2. El suelo como elemento multifuncional.

¿Qué funciones desempeña?

Escenario Problema.

Observad las siguientes fotografías, analizadlas y responded a las siguientes cuestiones.



- 1) ¿Qué función desempeña el suelo de cada una de ellas? ¿Añadirías alguna función más?
- 2) ¿Qué características de los suelos pueden estar condicionando estas funciones? ¿Pueden todos los suelos desempeñar las mismas funciones?
- 3) ¿Es posible que un mismo suelo desempeñe varias funciones? En caso afirmativo expón algún ejemplo.
- 4) ¿Cuáles de las funciones serían compatibles e incompatibles con un futuro vertedero de Residuos Urbanos?

3) Edafogénesis

Actividad 3. Meteorización de rocas y minerales

¿Cuál es su material originario?

Proyección de fotografías tomadas en la Comunidad Autónoma del País Vasco.

- 1) Las dos fotografías siguientes se han tomado exactamente en el mismo punto pero con varios miles de años de diferencia. Compáralas y formula alguna hipótesis sobre la relación que puede existir entre ambas.
- 2) Las siguientes tres imágenes corresponden a las primeras tres etapas del proceso de transformación de la roca madre o material parental. Ordénalas cronológicamente justificando tu respuesta.
- 3) Las fotografías que se muestran a continuación se han tomado en la fase final de transformación. Establece el orden cronológico justificando tu decisión. Considerando la definición de suelo acordada anteriormente, ¿la fotografía situada en tercer lugar corresponde a un suelo?

3) Factores y procesos formadores

Actividad 4. Factores de formación de suelos

¿Qué factores intervienen en su formación y evolución?

Análisis de información: figuras, gráficos, tablas extraídas de fuentes especializadas en la Ciencia del Suelo.

- 1) Enumera los principales factores formadores de suelos en las latitudes medias.
- 2) En grupo, responde a las preguntas planteadas en cada una de las fuentes de información. Puesta en común.

Actividad 5. Procesos básicos y específicos de formación de suelos

¿Qué procesos conducen la transformación de roca en suelo e intervienen en su evolución?

Parte I. Exposición de los procesos generales de la génesis de suelos.

- 1) Toma las anotaciones necesarias para responder a las siguientes cuestiones: ¿Cuáles son las principales etapas de formación de un suelo? ¿Cuáles son los tres procesos básicos de transformación? ¿Qué seis causas dan lugar a la fragmentación? ¿Qué se entiende por *solución*, *hidratación*, *hidrólisis* y *oxidación-reducción*? ¿Qué diferencias existen entre la humificación y la mineralización? ¿En qué consiste la translocación de sustancias?
- 2) Elabora un mapa conceptual de los procesos básicos de formación de suelos.

Parte II. Análisis de bibliografía: textos y documentos técnicos

- 1) Definid en un máximo de ocho líneas los cuatro o cinco procesos específicos de formación de suelos asignados a vuestro grupo. Exposición de las definiciones a los miembros de otros grupos. Aclaraciones y resolución de dudas. Reunión de los grupos originales. Discusión de posibles modificaciones en las definiciones. Puesta en común de las definiciones finales.

Procesos de alteración	Procesos de translocación
Melanización	Eluviación
Empardecimiento	Iluviación
Rubefacción	Lavado
Fersiatilización	Desbasificación
Ferratilización	Salinización
Gleyzación	Gypsificación
	Carbonatación
	Podsolización
	Arcilloturbación
	Cementación

Tabla I. Procesos específicos de formación de suelos

4) El perfil edáfico y sus horizontes

Actividad 6. Organización del suelo

¿Cuál es el resultado final de estos procesos?

Proyección de fotografías perfiles edáficos.

- 1) Indaga las similitudes encontradas en las diversas calicatas.
- 2) Asigna cada uno de los horizontes identificados en las fotografías una de las siguientes denominaciones y definiciones: "A: Horizonte órgano-mineral formado en la parte superior del suelo", "B: Horizonte de enriquecimiento de arcilla, óxidos de hierro y aluminio, materia orgánica o carbonatos" y "C: Horizonte mineral formado por material de características semejantes a las del material originario".
- 3) Teniendo en cuenta los conocimientos sobre edafogénesis adquiridos en los apartados anteriores, formula hipótesis sobre las propiedades y características propias de cada uno de los horizontes.
- 4) ¿Qué datos de laboratorio consideras que serían de gran utilidad para completar y/o confirmar la caracterización?

Actividad 7. Horizontes principales, de transición y mezcla. Nomenclatura

¿Cómo está organizado el suelo? ¿Cómo se denomina esta organización?

Parte I. Exposición de los principales horizontes y su nomenclatura

- 1) Toma las anotaciones necesarias para responder a las siguientes cuestiones: ¿Por qué se utilizan letras mayúsculas y minúsculas en la designación de horizontes? ¿Qué caracteriza a los horizontes O, E, R y H? ¿A qué procesos se debe la formación de los horizontes de transición *w*, *g*, *t*, *k*, *y*, *h* y *s*?

Parte II. Caso práctico

- 2) El responsable de un laboratorio dedicado al análisis de suelos ha caracterizado correctamente cada uno de los horizontes identificados en la calicata pero ha perdido el esquema en el que había anotado a qué profundidad ha tomado cada muestra. Este descuido tiene solución puesto que existen unas secuencias lógicas o edáficamente compatibles. En grupo, estableced las secuencias para las siguientes muestras:
 - Bs O A Bh C E
 - Bt Bk A C
 - 2C 4C AP C 3C
 - Cg By Ap Bs

3. CONSTITUYENTES DEL SUELO. FASES SÓLIDA, LÍQUIDA Y GASEOSA

¿De qué está compuesto el suelo de Paduragoia?

1) Fase sólida. I. Los minerales del suelo.

Actividad 8. Silicatos.

¿Cuál es la composición y constitución de los minerales del suelo?

Observación y análisis de figuras-esquemas de silicatos.

- 1) Dada la preponderancia de silicio y oxígeno en la corteza terrestre, la clase mineralógica más frecuente en los suelos es la de los silicatos. Todos los silicatos están constituidos por una unidad estructural común, ¿Cuál?
- 2) ¿Cuáles son las distintas subclases de silicatos? ¿Qué criterio se utiliza para clasificarlas? Observa las figuras-esquemas de las distintas subclases. A partir del número y modo de agrupación de esta unidad estructural, deducelas y completa la siguiente tabla.

Nº oxígenos compartidos	Tipo agrupamiento de tetraedros	Nombre de la subclase	Ejemplo
	Aislados	Nesosilicatos	
	Parejas	Sorosilicatos	
	Anillos	Ciclosilicatos	
	Cadenas	Inosilicatos	
	Planos	Filosilicatos	
	Tridimensional	Tectosilicatos	

Tabla II. Subclases de silicatos

Actividad 9. Estabilidad de los minerales.

¿Por qué no todos los minerales que surgen de la misma roca madre tienen la misma composición mineral? ¿A qué se deben estas diferencias?

Centro de cálculo con acceso a Internet.

- 1) Discutid en grupo

- ¿Qué se entiende por estabilidad mineral?
 - ¿De qué factores depende?
 - ¿Cómo influyen estos factores?
 - ¿Se debe a factores asociados al propio mineral? Si la respuesta es negativa, listad los factores o características no asociadas al mismo.
 - ¿Cuáles son las características diferenciales de los minerales heredados, transformados y neoformados? ¿Existe alguna relación entre las proporciones relativas de estos minerales y el grado de desarrollo del suelo?
- 2) Hallad los principales métodos de evaluación de la estabilidad mineral: trabajos experimentales, ataque mineral en el laboratorio y las series de *Goldwisch* y *Bowen*. Puesta en común.

2) Fase sólida. II. La materia orgánica.

Actividad 10. Evolución de la materia orgánica.

**¿A qué se debe el color oscuro de los horizontes superficiales del suelo?
¿Cómo se forma? ¿Cómo se transforma?**

- 1) Ambos procesos, formación y transformación, se producen en tres etapas que están resumidas en las siguientes oraciones. En grupos, analizadlas y llegad a un acuerdo sobre cuáles de ellas pertenecen al proceso de formación de la MOS y cuáles al proceso de transformación o desaparición y su orden lógico.
- Acumulación de hojarasca, ramas y tallos en el suelo y su posterior destrucción mecánica.
 - Las macromoléculas de restos orgánicos se fragmentan en formas más sencillas.
 - Los compuestos aromáticos se oxidan formando quinonas.
 - Las hojas son atacadas por bacterias, hongos y líquenes en el propio árbol.
 - El nitrógeno se condensa, polimeriza y fija, formando aminoácidos y péptidos.
 - Los restos orgánicos en el suelo pierden su estructura celular y se alteran a un material amorfo que se integra con la fracción mineral del suelo.
- 2) Debatid ¿Es posible la coexistencia de los procesos de formación y transformación en un mismo suelo y en el mismo instante? ¿Cuándo finaliza el proceso de transformación? ¿Cuáles son sus principales productos? Puesta en común de las respuestas.

Actividad 11. Composición de la materia orgánica.

Considerando que la formación de los suelos se inicia con la alteración de la roca madre ¿De dónde proviene la materia orgánica? ¿De qué se compone?

Análisis de información y método del puzle.

1) La Materia Orgánica del Suelo (MOS) puede clasificarse atendiendo a varios criterios. Por grupos, recoged el dossier de información asociado a uno de estos criterios. Analizadlo para deducir el criterio y extraer definición de los siguientes términos.

- Grupo I: biomasa, necromasa, MOS, principales componentes químicos.
- Grupo II: materia orgánica particulada, materia orgánica disuelta, materia orgánica carbonizada.
- Grupo III: materia orgánica fresca, componentes de la materia orgánica fresca, lignina
- Grupo IV: sustancias húmicas y no húmicas, tipos y reactividad del humus.
- Grupo V: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas.

Pasados 15-20 minutos reuniros con componentes de grupos diferentes, exponedles las definiciones acordadas y aclarad sus dudas. Al final de la actividad, debéis disponer de la información necesaria para elaborar un esquema conceptual de clasificación de la materia orgánica atendiendo a 5 criterios.

Actividad 12. Propiedades y funciones de la materia orgánica del suelo.

¿Por qué se añaden enmiendas orgánicas a los suelos?

Exposición de las propiedades físicas, químicas y biológicas de la materia orgánica

1) Toma los apuntes necesarios para completar una tabla resumen de las propiedades de la materia orgánica, los agentes o elementos responsables de cada una de las propiedades y los efectos derivados de las mismas. Puesta en común.

Propiedades	Agentes responsables	Efectos
Capacidad retención de agua	Coloides- Sustancias húmicas	Facilita el asentamiento y desarrollo de la vegetación Evita y/o reduce la acción de agentes erosivos

Tabla III. Funciones de la materia orgánica en el suelo

- 2) Imagina que el horizonte superficial de un suelo carece de materia orgánica ¿Qué limitaciones tendría?
- 3) En grupo, debatid: ¿Podría utilizarse la materia orgánica como indicador de la calidad del suelo?

3) Fase líquida del suelo.

Actividad 13. El agua y las soluciones del suelo

¿Qué cantidad de agua contienen los suelos?

Demostración de fórmulas-expresiones

- 1) ¿Dónde "no hay agua no hay suelo"?
- 2) Para referirse al agua del suelo se definen múltiples parámetros. Con la ayuda de la siguiente figura y de los conceptos introducidos en la tabla, demostrad:
 - $P = 1 - (\rho_b / \rho_s)$
 - $e = \Theta_v / (1 - \Theta_v)$
 - El índice de saturación (e) disminuye si el volumen de los poros aumenta
 - $C = \Theta_w (1 + e)$
 - $\Theta = \rho_b \cdot w$

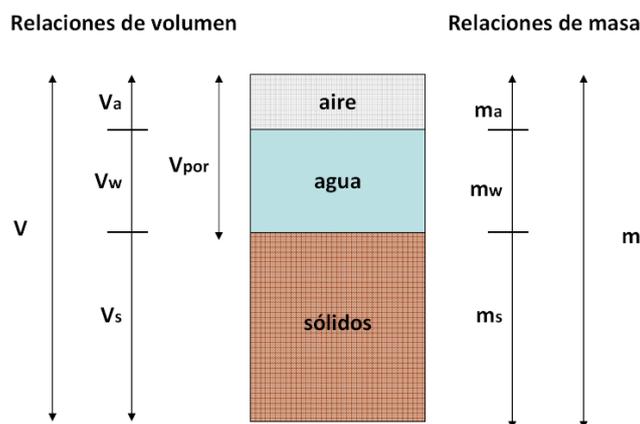


Figura 1. Relaciones de volumen de las fases líquida, sólida y gaseosa

Variable	Símbolo	Ecuación dimensional
Densidad aparente	ρ_b	$M \cdot L^{-3}$
Densidad húmeda	ρ_t	$M \cdot L^{-3}$
Densidad real	ρ_s	$M \cdot L^{-3}$
Fracción de masa de agua	w	$M \cdot M^{-1}$
Fracción de volumen	Θ	$L^3 \cdot L^{-3}$
Fracción de volumen de agua	Θ_w	$L^3 \cdot L^{-3}$

Fracción de volumen de aire	Θ_a	$L^3 \cdot L^{-3}$
Fracción de volumen de sólidos	Θ_s	$L^3 \cdot L^{-3}$
Índice de saturación	s	$L^3 \cdot L^{-3}$
Masa de suelo	m	M
Masa de aire	m_a	M
Masa de agua	m_w	M
Masa de sólidos	m_s	M
Porosidad	P	$L^3 \cdot L^{-3}$
Ratio de poros	e	$L^3 \cdot L^{-3}$
Ratio de humedad	C	$L^3 \cdot L^{-3}$
Volumen de suelo	V	L^3
Volumen de aire	V_a	L^3
Volumen de agua	V_w	L^3
Volumen de sólidos	V_s	L^3
Volumen de poros	V_v	L^3

Actividad 14. Medida de agua en el suelo.

¿Cómo se mide?

Parte I. Búsqueda bibliográfica

- 1) Confecciona un esquema que resuma los principales métodos de medida del contenido de agua del suelo. Una vez elaborado, comprueba si con el esquema realizado eres capaz de:
 - Enumerar los métodos directos e indirectos.
 - Explicar los pasos de los que consta el método gravimétrico.
 - Explicar en qué consiste el método del tensiómetro.
 - Explicar el fundamento de la prensa de presión de Richards
 - Indicar a qué dos métodos de medida corresponden las siglas TDR y SN
- 2) En grupos, elaborad un glosario que incluya los siguientes términos: potencial de agua en el suelo (Ψ), gradiente de potencial, potencial gravitacional (Ψ_g), agua capilar, potencial de presión hidrostática (Ψ_p), potencial matricial (Ψ_m), potencial hidráulico (Ψ_h), agua gravitacional, potencial osmótico (Ψ_o), punto de marchitez permanente, capacidad de campo, agua útil, porosidad estructural, porosidad textural, potencial umbral, conductividad hidráulica, drenaje, agua higroscópica.

Parte 2. Resolución problema

- 3) En un suelo de cultivo hortícola de la Llanada alavesa se ha instalado un tensiómetro de 20 cm de profundidad. Durante la primera semana del mes de mayo, la lectura del tensiómetro es de 15 kPa, momento en el contenido de

agua en los 20 cm del suelo, medido mediante el método gravimétrico es del 25% (m/m). El contenido de elementos gruesos del suelo es del 15% (m/v) y la densidad aparente es de $1290 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Al cabo de tres días, el graduado en Ingeniería Ambiental determina de nuevo el contenido de agua, que resulta ser del 13% (m/m). ¿Cuál ha sido la evapotranspiración del cultivo en mm durante estos tres días, si no se ha regado ni ha llovido y pueden despreciarse las pérdidas de agua por drenaje? En el supuesto de que la superficie del suelo esté a capacidad de campo y la lectura a 20 cm no haya variado. Si el potencial gravitacional (Ψ_g) en la superficie del suelo es cero, ¿Cuál será el potencial hidráulico (Ψ_h) en la superficie y a 20 cm de profundidad? ¿Cuál será el sentido del flujo del agua? Completa la siguiente tabla.

	Ψ_m	Ψ_g	Ψ_h
0 cm (superficie)			
20 cm			

¿Cómo variará el flujo del agua si se añade una capa de grava en la superficie? ¿Cuál será el potencial total del agua del suelo a 20 cm si la conductividad eléctrica del extracto de pasta saturada es de $1.6 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ a 25° C ?

4) Fase gaseosa del suelo.

Actividad 15. Fracción de gas.

¿Para que comenzaron los romanos a arar las tierras de cultivo?

Planteamiento cualitativo

- 1) Qué porcentaje del suelo ocupa la fase gaseosa? ¿Puede variar este % para un mismo suelo? ¿Existe alguna relación entre este porcentaje y la cantidad de agua que contiene un suelo?
- 2) ¿Cuáles son las principales diferencias entre la composición del aire atmosférico y la composición del aire del suelo? ¿A qué pueden deberse?

	N_2	O_2	CO_2	H_2O
Aire atmosférico	78%	21%	0,03%	variable
Aire suelo	¿?	¿?	¿?	¿?

- 3) ¿Qué mecanismos gobiernan la transferencia de aire entre el suelo y la atmosfera?
- 4) Si por alguna razón, el intercambio aire atmosférico-aire suelo o la presencia de esta fase se viese impedida en el suelo ¿Cuáles podrían ser las consecuencias de una disminución muy acusada o de un déficit de oxígeno?

4. PROPIEDADES FÍSICAS Y FISICO-QUÍMICAS

¿Cuáles son las principales características del suelo de Paduragoia? ¿Cómo se comporta?

1) Propiedades físicas del suelo

Actividad 16. Composición granulométrica y textura.

Si el suelo de Paduragoia constituyera el recubrimiento lateral ¿permitiría la extracción de biogás?

- El suelo está compuesto por partículas minerales de muy diverso tamaño. Se subdividen en elementos gruesos -fragmentos de tamaño superior a 2 mm- y tierra fina -la fracción que pasa por un tamiz de 2 mm de malla-. En la tierra fina pueden establecerse varios intervalos de tamaños o fracciones granulométricas. Las siguientes figuras muestran los dos criterios más utilizados. ¿Cuáles son los términos comunes en ambas? ¿En cuáles difieren?

International Society of Soil Science (ISSS)

pedra	grava	arena gruesa	Arena fina	limo	arcilla
	20	2	0,2	0,02	0,002
					mm

United States Department of Agriculture (USDA)

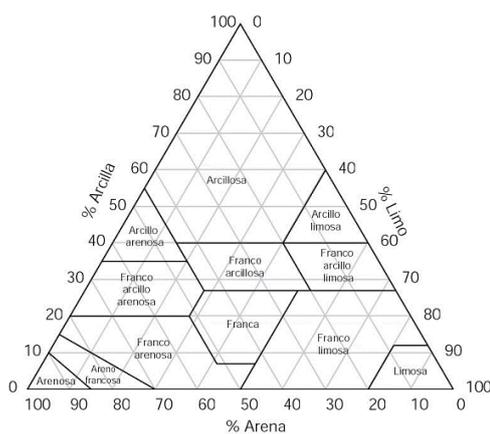
pedra	grava	arenas					limo	arcilla
20		muy gruesa	gruesa	media	fina	muy fina	0,002	
		2	1	0,5	0,25	0,1	0,05	
							mm	

- Un laboratorio en sus boletines de análisis da los resultados de la determinación granulométrica indicando la siguiente información: % arena, % limo, % arcilla mayor de 2 μ m, ¿Es suficiente?
- La determinación de la granulometría requiere varios pasos. A continuación se muestran los principales. Ordenad los pasos de forma secuencial y determinar la finalidad de cada uno de los pasos.
 - Adicción de peróxido de hidrógeno

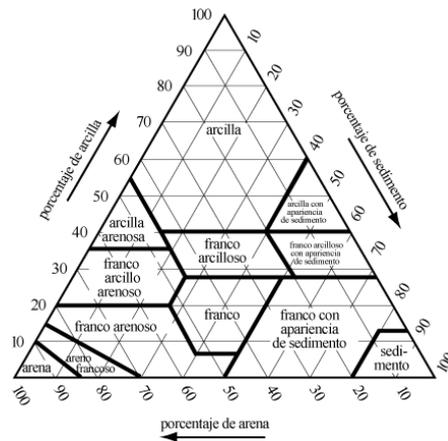
- Adicción de un agente dispersante
- Muestreo de suelo natural
- Verificación de que la suma del porcentaje determinado de las tres fracciones granulométricas es igual a 100
- Separación manual de los elementos gruesos y cribado a través de un tamiz de 2 mm
- Secado al aire
- Medida de la velocidad de sedimentación en una probeta
- Cribado a través de tamices de 20 o 50 μm -según criterio-

4) Las combinaciones posibles en los porcentajes de arcilla, limo y arena, pueden agruparse en clases texturales utilizando los dos siguientes diagramas. Los siguientes diagramas texturales dejan patente que la acción de una de las fracciones es más acentuada que la de las otras ¿Cuál?

¿Qué clase textural tiene un horizonte con un 40% de arena, 40% de limo USDA y un 20% de arcilla?



Clases USDA



Clases ISSS

Actividad 17. Estructura.

¿Cómo se organizan los componentes del suelo?

Observación de fotografías de calicatas y perfiles de suelo

- 1) ¿Puedes identificar en las fotografías en ellas las fracciones granulométricas designadas en la actividad anterior? ¿Por qué?
¿Se organizarán de igual manera las partículas individuales de un mismo suelo en época de sequía y cuando las condiciones climatológicas de la zona son las habituales? ¿Será igual el espacio de huecos en ambos casos?
- 2) Anota en tu cuaderno la descripción de las tres imágenes anteriores. En grupo, puesta en común las descripciones individuales. ¿Os habéis centrado en los

mismos aspectos? Deducir los criterios que pueden utilizarse para clasificar la estructura.

- 3) Definid los siguientes tipos de estructura y clasificados por criterios: *migajosa, media, desarrollo nulo, columnar, media, gruesa, granular, débil, subangular, angular, muy fina prismática, laminar, fina y fuerte.*

Actividad 18. Densidad real, aparente y porosidad.

¿Cómo de denso es el suelo de Paduragoia?

Resolución de problemas numéricos

- 1) Calcula la masa de un epipedión de una hectárea de suelo cuya textura es franco-arenosa, que tiene un espesor de 25 cm y densidad aparente de 1300 kg.m^{-3} .
- 2) La densidad real media de un horizonte si su porosidad es del 50%. La cantidad de agua que contendrá ese horizonte cuando se halle saturado de agua inmediatamente después de un riesgo. La densidad de agua es 1000 kg.m^{-3} .
- 3) Con un cilindro metálico cuyo diámetro interno es de 60,2 mm y altura de 51 mm se toma una muestra de suelo inalterada para determinar la densidad aparente. En el laboratorio, en una balanza de precisión, se ha determinado que la masa de la muestra seca más el cilindro es de 358,13 gramos y la masa del cilindro vacío es de 108,74 gramos. Determina su densidad aparente.
- 4) La densidad real si con un picnómetro de 100 ml, 20 gramos de muestra seca desplazan 7,5 ml de agua.

Actividad 19. Dinámica del agua.

¿Podría utilizarse el suelo de Paduragoia como material de cobertura de vertedero? ¿Cómo recubrimiento inferior?

- 1) Darcy, un ingeniero francés que se dedicó al diseño de sistemas de depuración de aguas residuales, realizó el experimento que se muestra en la figura para determinar la relación entre el caudal que fluye a través de tubos rellenos de arenas y la diferencia entre los puntos de entrada y salida. En grupo, tratad de deducir los resultados que obtuvo y expresarlos matemáticamente.

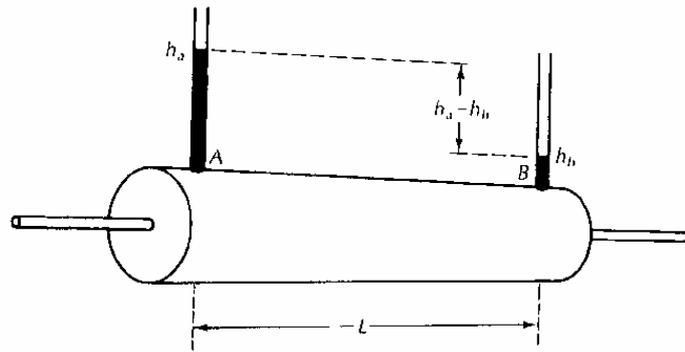


Figura 2. Experimento de Darcy

- 2) En grupo, debatid: ¿Es la conductividad hidráulica similar en todos los suelos? En caso negativo, ¿en cuáles será mayor? ¿Podría diferir la conductividad de los diferentes horizontes de un mismo suelo? ¿De qué factores ambientales depende la conductividad hidráulica de un suelo? ¿Qué relación existe entre la conductividad hidráulica y la permeabilidad de un suelo?
- 3) ¿Cuáles serían las características deseables en cuanto a la permeabilidad y conductividad para un suelo para albergar un vertedero de residuos urbanos?

Actividad 20. Color.

¿De qué color es el suelo de Paduragoia? ¿Acelerará el proceso de digestión anaerobia de los residuos sólidos?

Parte I. Observación de fotografías

- 1) Observa el suelo de la fotografía inferior ¿Cómo lo describirías? Compara tu respuesta con la de tus compañeros de grupo ¿Coincide exactamente? ¿Habéis utilizado los mismos términos? ¿Cómo podrían utilizarse estas diferencias y/o imprecisiones?



- 2) Los suelos ¿deben su color exclusivamente al material originario o pueden ser el resultado de procesos edafogénéticos? ¿A qué compuestos o procesos pueden deberse los siguientes colores? *Negro, blancuzco, pardo o amarillento, rojo, gris parduzco y gris verdoso o azulado.*

Parte II. Análisis del Código Munsell

- 3) Por grupos, estudiad el dossier entregado. Contiene las hojas o carta de colores del código Munsell. Debeis inferir los tres parámetros básicos que se utilizan para codificar el color y la descripción del color de cada uno de los horizontes principales. Puesta en común.

Actividad 21. Calor.

¿Qué temperatura tiene el suelo de Paduragoia? ¿Varía con la profundidad? ¿Se mantiene en el mismo rango todo el año?

Centro de cálculo con acceso a Internet.

- 1) Consultad la información necesaria para responder a las siguientes cuestiones
- ¿Cuáles son los 4 mecanismos que gobiernan la transmisión de calor de un compartimento a otro o el intercambio con la atmósfera?
 - ¿Ejercen el mismo efecto estos mecanismos en todos los tipos de suelos?
 - ¿Qué consecuencias pueden tener en la variación de la temperatura del suelo desde la superficie hasta una profundidad de 1.5 metros a lo largo del día y/o a lo largo del año (primavera, verano, otoño e invierno)?

2) Propiedades físico-químicas del suelo

Actividad 22. Coloides y reacciones de superficie.

Desde el punto de vista químico ¿Cuáles son los componentes más activos del suelo?

Búsqueda bibliográfica y análisis de información

- 1) En grupo, analizad el dossier con información en diferentes formatos (gráficos, tablas, texto extraído de manuales, artículos científicos, noticias de prensa,...) sobre las propiedades físico-químicas del suelo. Analizadlo y si es necesario buscad información adicional para realizar un informe que incluya respuestas debidamente razonadas a las siguientes siete cuestiones:
- ¿Cuáles son sus características de los componentes coloidales? ¿Qué funciones ejercen en el suelo?
 - ¿Qué se entiende por floculación? Y, ¿por dispersión?
 - ¿En qué radica la importancia de las reacciones de superficie que se producen en los suelos?

- ¿Qué se entiende por *sorción*, *absorción*, *adsorción* y *precipitación*?
¿Cuáles son las diferencias entre estos cuatro procesos?
- ¿En qué difieren la *adsorción física* y la *quimisorción*?
- ¿Cuáles son las principales teorías de intercambio iónico?
- ¿De qué factores depende la capacidad de cambio de las arcillas y de la materia orgánica?

Actividad 23. Intercambio iónico.

¿Retendrán las arcillas del suelo de Paduragoia los iones que transporta el lixiviado?

Resolución de problemas numéricos

1) En la recopilación y revisión de los datos disponibles sobre Paduragoia, se ha encontrado en un informe realizado para el Gobierno Vasco hace ya algunos años por un laboratorio de reconocido prestigio. Incluye varios datos de esta zona. y concretamente, recoge datos de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y de los cationes de cambio expresados en $\text{meq}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ de suelo.

- Deduce la expresión que permite transformar los resultados en $\text{cmol}_c\cdot\text{kg}^{-1}$
- ¿A cuántos $\text{cmol}_c\cdot\text{kg}^{-1}$ de suelo equivalen $20\text{ m}_{\text{eq}}\text{ Ca}^{2+}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ de suelo?
- El responsable del análisis ha mezclado los resultados de las muestras del suelo de Paduragoia y el de un punto próximo. Determina a que tipos de arcilla pueden deberse estas dos CIC, y por tanto, cuál de las muestras de suelo es la de Paduragoia.

	Muestra x	Muestra y
% arcilla	60	60
% materia orgánica	2	2
CIC	$76\text{ cmol}_c\cdot\text{kg}^{-1}$	$10\text{ cmol}_c\cdot\text{kg}^{-1}$

- Calcula la cantidad máxima de calcio que puede absorber un horizonte de 27 cm de espesor del suelo de Paduragoia. Expresa los resultados en $\text{kg cation}\cdot\text{kg}^{-1}$ suelo y $\text{kg cation}\cdot\text{Ha}^{-1}$ y 25 cm. Su densidad aparente es de $1350\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.
- ¿Qué implicaciones tienen las reacciones de superficie que se producen en los suelos en general en el uso que se está barajando para la zona?

Actividad 24. Acidez y alcalinidad.

¿Para qué se añade cal a los suelos?

Planteamiento cualitativo de problemas

1) En grupos, tratad de hallar la respuesta a las siguientes cuatro cuestiones:

- En general, el pH se define como el logaritmo decimal negativo de la actividad de protones en la fase líquida. Sin embargo, si a partir del valor del pH de un suelo ácido se calcula la concentración de protones en la fase líquida, se comprobará que es extremadamente baja, ¿Por qué?
- Dado que el granito es una roca intrusiva ácida, ¿se puede afirmar que los suelos desarrollados a partir de esta roca serán ácidos, independientemente de las condiciones ecológicas de formación y desarrollo del suelo?
- En una zona en la que se ha observado un crecimiento deficiente de la vegetación se han abierto unas calicatas. Al observar los perfiles llama la atención la distribución del sistema radicular. Las raíces se concentran en la parte superior del suelo, presentan una escasa longitud, son más gruesas que las normales para la especie y su color es pardo, ¿es esperable que este suelo contenga como componente carbonato cálcico?
- La capacidad amortiguadora de un suelo aumenta con el contenido de arcilla, materia orgánica, carbonato cálcico, óxidos e hidróxidos, ¿A qué se debe?

Puesta en común.

Actividad 25. Salinidad y sodicidad.

En general, un gran contenido en sales es un indicador ¿de buena o de mala calidad en un suelo?

Debate

- 1) Ojeando el periódico local, en la sección dedicada al Medio Ambiente se han encontrado dos noticias de interés. La primera está dedicada a las Marismas del Río Guadalquivir, un enclave geográfico de gran valor medioambiental del que se destaca "su riqueza paisajística, ornitológica y la vegetación endémica que crece sobre los suelos salinos de marismas". La segunda noticia muestra su preocupación ante los resultados desvelados por el último informe de la Agencia Europea del Medio Ambiente "El Valle del Ebro y la región de Campania (Italia) son las dos zonas de la Unión Europea más afectadas por la salinización del suelo, consecuencia de prácticas inadecuadas de riego, empleo de agua de

riego rica en sales y/o malas condiciones de drenaje. (...) Unos elevados niveles de sal en el suelo limitan su potencia agroecológica y representan una considerable amenaza ecológica y socioeconómica para el desarrollo sostenible”

- ¿Por qué en un caso se protege el ecosistema y en el segundo se habla de contaminación y amenaza?
- 2) Si el cloruro sódico es una sal, ¿Por qué se distinguen los suelos salinos y los suelos sódicos?

Actividad 26. Potencial de oxidación-reducción.

¿Qué ocurriría si el suelo se saturara de agua/lixiviado y no hubiera una renovación suficiente de oxígeno?

Planteamiento cualitativo de problema

- 1) Organizados en grupos, estudiad los siguientes cuatro casos y redactad las explicaciones pertinentes.
- ¿Qué especies químicas actuarán como oxidantes más energéticos en los suelos? ¿De qué orden son sus potenciales redox?
 - ¿Pueden existir los pares $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ y Fe^{2+}/Fe en medios acuosos? En caso afirmativo, ¿cuál de los pares es más probable en un suelo con condiciones reductoras moderadas?
 - ¿Qué puede ocurrir en una zona de estuario con conexión al mar con un agua rica en sulfatos, con drenaje muy deficiente? ¿Presentará el suelo condiciones anaerobias?
 - ¿Qué incidencia tiene en la nutrición de las plantas de arroz la profundidad a la que se localice un abono nitrogenado y la forma en la que se aporte el nitrógeno como $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ o NH_4NO_3 ?

Puesta en común de las respuestas y aclaración de dudas.

- 2) Individualmente y después de completar la cuestión anterior, ¿serías capaz de definir los siguientes términos: *reacciones redox*, *condiciones reductoras*, *estado o número de oxidación*, *potencial redox* y *pE*.

5. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

¿A qué clase pertenece el suelo de Paduragoia?

Actividad 27. Introducción a la clasificación de suelos.

¿Qué ventajas ofrece la clasificación de los suelos? ¿Cuáles son las principales clasificaciones?

Parte I. Pre-test de conocimientos. Brainstorming.

- 1) Un suelo podría describirse como *"muy profundo, drenado, de textura moderadamente fina y con muy pocos elementos gruesos, desarrollado a partir de sedimentos detríticos terrígenos finos y que ocupa una posición de fondo, con pendientes inferiores al 2%, con endosaturación y una disminución irregular de materia orgánica, con importantes problemas de drenaje y una capa freática cuyo nivel varía a lo largo del año."* ¿No se podría sintetizar esta información, de forma que cuando se haga referencia a este suelo y se describan otros perfiles cuyas características varíen poco respecto a este suelo, no sea necesario escribir tanto?

Parte II. Análisis de información (imágenes, gráficos, tablas, documentos antiguos, informes técnicos actuales) sobre la clasificación de suelos.

- 2) En grupo, estudiad la información proporcionada y tomad las notas necesarias para participar en el debate de las siguientes cuestiones:
 - ¿Con que finalidad se creó el sistema de clasificación más antiguo que se conoce? ¿Existe alguna relación entre esta finalidad y la actual?
 - ¿Podría la clasificación de suelos incrementar la garantía de éxito en la revegetación de áreas degradadas, transformación de tierras de secano a regadío y/o determinación de usos del suelo?
 - ¿Conviene mantener junto a los nombres científicos los nombres vernáculos de los suelos? ¿Añaden las clasificaciones científicas conocimiento acerca de los suelos?

- ¿Qué criterios pueden utilizarse para clasificar los suelos? ¿Cuáles son los más prácticos y utilizados?
- Las principales clasificaciones, ¿son cambiantes o estáticas?
- ¿Cuáles son las dificultades que plantea el diseño de un sistema de clasificación único y universal?

1) Clasificación *Soil Taxonomy*

Actividad 28. *Soil Taxonomy (ST): niveles jerárquicos, horizontes y caracteres de diagnóstico.*

¿A qué clase de la *Soil Taxonomy* pertenece el suelo de Paduragoia?

*Parte I. Análisis de la clave de clasificación *Soil Taxonomy**

- 1) En grupo, estudiad la clave *Soil Taxonomy* y elaborad un informe que contenga los siguientes puntos.
 - Introducción: antecedentes históricos y origen, organismo que la propuso y año en el que se presentó.
 - Criterios de clasificación.
 - Principales aportaciones y/o puntos fuertes de esta clasificación y aspectos de la misma que en algunas partes del mundo pueden obstaculizar su utilización.
 - Niveles jerárquicos establecidos en la clasificación y su regla nomenclatural.
 - 12 ordenes principales y su condicionante.

Parte II. Resolución de cuestiones prácticas.

- 2) Indicad a qué características tienen los siguientes suelos y a qué orden y suborden pertenecen: *natrixeralf*, *udoll*, *xerofluvent*, *acraquox*, *sulfaquent* y *argiudoll*.
- 3) Considerando las características de los dos suelos siguientes, indicad a qué orden pertenecen y en qué tipo de regiones climáticas sería más probable encontrarlos.
 - suelo ácido, de duración ecológica de formación muy prolongada, muy meteorizado y extremadamente lavado, con acumulación relativa de óxidos de hierro y aluminio, de fertilidad muy baja.
 - suelo con contenido en arcillas expansibles superior al 30% que provocan cambios importantes de volumen en función del grado de humedad, con grietas anchas y profundas durante la estación seca.

2) Clasificación *World Reference Base*

Actividad 29. Base de referencia mundial para la clasificación de suelos *World Reference Base (WRB)*.

¿A qué clase de la *World Reference Base* pertenece el suelo de Paduragoia?

*Parte I. Análisis de la clave de clasificación *World Reference Base**

- 1) En grupo, estudiad la clave de la Base Mundial para la clasificación de suelos WRB y elaborad un informe que contenga los siguientes apartados.
 - Introducción: antecedentes históricos y origen, organismos que la propusieron y año en el que se presentó.
 - Principios básicos.
 - Principales ventajas y dificultades que ofrece esta clasificación.
 - Listado de los 32 grupos de suelos de referencia y sus calificadores.

Parte II. Resolución de cuestiones prácticas.

- 2) Indicad las características principales de los siguientes tipos de suelos y cuáles de ellos no son comunes en nuestra región climática: *regolosol*, *calcisol*, *gleisol*, *histosol*, *podzol* y *vertisol*.
- 3) Al consultar un mapa de suelos se observa que la zona de interés de estudio el suelo es de tipo *lítico véptico ferralsol*. ¿Sería aconsejable llevar un paraguas el día que vayamos a hacer el muestreo y las medidas de campo de este suelo? ¿Será posible hacer fotos de perfiles con horizontes bien diferenciados? ¿Tendrá mucha arcilla? ¿Es un suelo adecuado para sembrar alfalfa? ¿Drena bien?

6. BIBLIOGRAFÍA

A continuación, se señalan algunas referencias bibliográficas que pueden ser útiles para la resolución de las actividades propuestas y elaboración del informe final.

Libros

- Carter, M.R. Gregorich, G. 2007. *Soil sampling and methods of analysis*. Ed. Lewis publishers.
- Hillel, D. 2004. *Introduction to Environmental Soil Physics*. Ed. Elsevier
- Marín, M.L. 2003. *Análisis químico de aguas y suelos: transparencias y problemas*. Ed. Universidad Politécnica de Valencia.
- Porta, J. y López-Acevedo, M. 2005. *Agenda de Campo de Suelos*. Ed. Mundi-Prensa.
- Porta, J., López-Acevedo, M. y Poch, R.M. 2003. *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. Ed. Mundi Prensa.
- Schaetzl, R. y Anderson S. 2005. *Soils: genesis and Geomorphology*. Ed. Oxford Univesity Press
- Sparks, D.L. 2003. *Environmental Soil Chemistry*. Ed. Academic Press

Revistas

- *Environmental Geology*
- *Journal of Environmental Hydrology*
- *Journal of Iberian Geology*
- *Soil Science Society of America Journal*

Enlaces de Internet de interés

- Cartografía Geológica <http://ocw.innova.uned.es/ocwuniversia/cartografia-geologica/cartografia-geologica-guia-tridimensional-interactiva-de-practicas>
- Galería de imagenes geomorfología en http://daac.gsf.nasa.gov/DAAC_DOCS/geomorphology
- Glosario de Soil Science Society of America en <https://www.soils.org/publications/soils-glossary>
- Instituto Geológico y Minero de España <http://www.igme.es/>
- Museo virtual de minerales en <http://virtual-museum.soils.wisc.edu/>
- Natural Conservation and Resources Center del Departamento de Agricultura de EEUU <http://ssldata.nrcs.usda.gov/>
- Soil Atlas of Europe, en http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/projects/soil_atlas/index.html
- Soil Survey Staff, Keys to Soil Taxonomy de United States Department of Agriculture (USDA) disponible en inglés http://soils.usda.gov/technical/classification/tax_keys/
- *World Reference Base for Soil Resources* de *Food and Agriculture Organization* (FAO) : A Framework for International Classification, Correlation and Communication, <http://www.fao.org/docrep/w8594e/>

Adicionalmente, podéis encontrar información útil en los apuntes proporcionados a través de la plataforma virtual MOODLE para esta asignatura.

ANEXO I: PROTOCOLOS DE EVALUACIÓN

Tipo de actividad: ANÁLISIS Y SÍNTESIS DE IMÁGENES, DATOS Y/O BIBLIOGRAFÍA		
<i>El alumno...</i>	SI	NO
Nombra los puntos/ideas más importantes del texto diferenciándolas de las opiniones o aspectos no relevantes.		
Describe con precisión y utilizando vocabulario técnico los gráficos e imágenes y relaciona los datos con la información del texto.		
Presenta su análisis/síntesis de forma ordenada, clara y organizada, de forma que es fácil de leer.		
Responde todas las cuestiones requeridas		

Tipo de actividad: RESOLUCIÓN DE CUESTIONES TEÓRICO-PRÁCTICAS		
<i>El estudiante...</i>	SI	NO
Presenta una estrategia efectiva y eficiente para resolver el problema que demuestra el entendimiento de la materia.		
Argumenta las estrategias y procedimientos utilizados.		
Presenta su estrategia, aplicación y resultados de forma ordenada, clara y organizada.		
La terminología y notación utilizada son correctas.		
Incluye diagramas, esquemas o dibujos que facilitan la exposición/comprensión de su razonamiento.		

Tipo de actividad: RESOLUCIÓN E INTERPRETACIÓN DE EJERCICIOS NUMÉRICOS		
<i>El estudiante...</i>	SI	NO
Demuestra un completo entendimiento de los principios, leyes y/o ecuaciones utilizados para resolver el problema y argumenta su selección y aplicación.		
Presenta y describe soluciones coherentes.		
Resuelve todas las cuestiones requeridas e indica los variables y unidades de las ecuaciones y resultados.		
Presenta su estrategia de resolución y resultados de forma ordenada, clara y organizada.		

Tipo de actividad: PRESENTACIÓN ORAL Y/O PARTICIPACIÓN EN LAS PUESTAS EN COMÚN		
<i>El estudiante...</i>	SI	NO
Participa de forma activa y creativa aportando ideas relevantes y críticas constructivas.		
Presenta argumentos apoyados en hechos y fuentes de calidad, que organiza de manera lógica.		
Habla claramente, utilizando un vocabulario adecuado, manteniendo una buena postura (y lenguaje corporal) y ajustándose al tiempo acordado.		
Responde con precisión a las preguntas planteadas, demostrando un completo entendimiento del tema expuesto.		
Escucha respetuosamente las opiniones y sugerencias de sus compañeros.		

INFORME DEL PROBLEMA ESTRUCTURANTE DEL MÓDULO DE EDAFOLOGÍA		
<i>El grupo de alumnos...</i>		
3	2	1
El informe se presenta de forma ordenada, clara y organizada.	El informe es presentado de forma ordenada y organizada, pero resulta difícil de leer	El informe presentado de forma descuidada y desorganizada.
Resolución de todas las cuestiones/puntos.	Resolución de más de 2/3 de las cuestiones/puntos.	Resolución de menos de 2/3 de las cuestiones/puntos.
Los diagramas, gráficos y tablas de datos que se presentan son claros y apoyan los argumentos expuestos.	Los diagramas, gráficos y tablas de datos que se presentan son claros.	Los diagramas, gráficos y tablas de datos que se presentan no son adecuados y/o no apoyan los argumentos
La terminología técnica y notación son correctas. Soluciones sin errores.	La terminología técnica y notación no son correctas en general.	El uso de la terminología y la notación no es apropiado
Uso de razonamientos y estrategias de resolución complejas y efectivas.	Alguna evidencia de razonamiento, pero no se usan consistentemente.	Poca evidencia de razonamiento.
La bibliografía utilizada incluye diversas fuentes de calidad.	La bibliografía utilizada no es suficiente o de calidad dudosa.	No se han consultado recursos bibliográficos.
Entrega del informe en el plazo establecido	Entrega del informe posteriormente, por causa justificada.	No entrega del informe en el plazo establecido

ENCUESTA DE CO-EVALUACIÓN				
Grupo:		Nombre del componente:		
Categoría de evaluación	1 totalmente desacuerdo	2 en desacuerdo	3 de acuerdo	4 totalmente de acuerdo
Asiste puntualmente a las actividades/reuniones de grupo.				
Termina los trabajos asignados a tiempo.				
Aporta información nueva y relevante en las discusiones de grupo.				
Escucha atenta y respetuosamente las aportaciones de los demás.				
Presenta ideas lógicas y argumentadas.				
Comunica sus ideas e información claramente.				
Total:				



Saéz de Cámara, E. (2012). ¿Cuál el suelo más idóneo para albergar un vertedero de residuos sólidos urbanos?. – IKD baliabideak 4 - <http://cvb.ehu.es/ikd-baliabideak/ik/saezdecamara-4-2012-ik.pdf>



Reconocimiento – No Comercial – Compartir Igual (by-nc-sa): No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.