

GÉNESIS Y CARTOGRAFÍA DE SUELOS.

TEMA: EROSIÓN DEL SUELO.

1.Erosión

CONCEPTO: Pérdida progresiva de los materiales del suelo, desde la superficie por la acción del agua(hídrica) y el viento(eólica); Proceso intermitente que provoca el arrastre de la capa superficial, actuando selectivamente sobre las partículas más móviles.

IMPORTANCIA DE LA EROSIÓN: El suelo es un componente esencial del medio ambiente en el que se desarrolla vida, cuando es frágil de difícil y larga recuperación, y de extensión limitada; recurso no renovable. Se usa para: agricultura, ganadería, pastos y montes extracción: de min, de materiales para construcción, soporte para las construcciones, eliminación de residuos, actividades de ocio...

Un uso inadecuado supone una pérdida irreparable; Como consecuencia de la erosión se produce:

- Pérdida de nutrientes.
- Deterioro de la estructura y su estabilidad.
- Disminución de la porosidad .
- Formación de encostramiento superficial.
- Aumento de la escorrentía.
- Disminución de la capacidad de retención del agua.

La erosión es el resultado del uso del suelo por el hombre; produciendo una disminución de masa del suelo y el empeoramiento de las propiedades del suelo. Estos efectos tienen 2 consecuencias:

- A corto plazo, disminución de la producción y aumento de los gastos de explotación.
- A largo plazo, desertización del territorio.

Actualmente la erosión de suelos es muy grave especialmente en España y principalmente en Andalucía y Levante.

2.EROSIÓN HÍDRICA:

Causas:

Impacto de las gotas de lluvia. Efecto físico del choque. Desprendimiento y arrastre local, coronas de salpicadura. Los efectos del golpeo de las gotas de lluvia son: desagregación, transporte local, rellenos de poros, costras de golpeo, aumento de la escorrentía, déficit de carga.

Etapas:

Desprendimiento–Transporte–Depósito. El transporte: por acarreo, saltación y suspensión, en función de: mat arrastrado(tamaño, partículas, peso específico y forma) y de la corriente de agua(régimen, velocidad y caudal).

FORMAS:

Normales o superficiales: erosión laminar, en surcos, en cárcavas..

Anormales o masivas: coladas de barro, desprendimientos, reptación de suelo...

FACTORES:

Lluvia–Suelo–Topografía–Vegetación–Explotación.

Factor lluvia Produce la erosión EROSIVIDAD. Los factores de la lluvia son: Volumen(cantidad y distribución), Intensidad y duración, Carácter de las gotas(tamaño, velocidad y energía).

Escurrentía Volumen e intensidad de las lluvias, Infiltración del suelo, Pendiente, Rugosidad de la superficie.

Tormenta excesiva.

Factor suelo Soporta la erosión ERODIBILIDAD, son los factores que influyen en su adhesión y capacidad de infiltración, permeabilidad / porosidad, estructura, textura, m.o, pedregosidad y rugosidad superficial.

- *Factor erosividad < factor aerodibilidad = Estabilidad.*
- *Factor erosividad > factor erodibilidad = Erosión.*

Factor topográfico Inclinação , longitud y forma de la pendiente.

Factor vegetación Protege del impacto de gotas, agregación por sus residuos, facilita la infiltración, frena la escurrentía.

3.EVALUACIÓN Y CONTROL DE LA EROSIÓN HÍDRICA.

MÉTODOS DE EVALUACIÓN:

1–Observación directa Medida de los signos de erosión, control del nivel de la superficie, perfiles decapitados, mediciones de surcos y cárcavas.

2–Observación en el campo Seguimiento del flujo de escurrentía, aforo de colectores, parcelas de erosión, simuladores de lluvia.

3–Métodos de laboratorio Medida analítica de las propiedades de suelos, monolitos de suelos y simuladores de lluvia.

4–Métodos de gabinete Teledetección, modelos físicos teóricos ecuaciones paramétricas como: **USLE**
A=RxKxLxSxCxP .

A = pérdida de suelo(t / año)

R = erosividad de la lluvia. C = cultivos

K = erodibilidad del suelo. P = prácticas de conservación.

L = longitud de la pendiente. S = inclinación de la pendiente.

Aplicaciones de USLE: **1.**Predecir las pérdidas de suelo debidas a la erosión en una región geográfica o parcela(áreas naturales o explotadas) **2.**Elegir la práctica agrícola que más se adecua a la explotación del suelo como : Selección de los posibles sistemas de cultivo y de las prácticas de conservación más adecuadas, Predecir el comportamiento del suelo frente a la erosión al cambiar el tipo de utilización actual, Comprobar la

eficacia de medidas de conservación desarrolladas en cada caso concreto.

CONTROL DE LA EROSIÓN HÍDRICA:

Conservación de los suelos para obtener máximo rendimiento y mínima erosión mediante:

1.Prácticas de cultivoCultivo en contorno , en fajas, rotación de cultivos, retención de residuos, abonados orgánicos, cultivos de protección.

2.Movilización de tierrasVías de drenaje, terrazas, bancales.

4.EROSIÓN EÓLICA

Concepto: Semejante a la hídrica pero el causante es el viento. Los mecanismos de transporte son: suspensión saltación, reptación.

Factores: Viento(> 20 Km /hora)Clima (seco) Suelo(estructura, textura, rugosidad..)

Efectos: Pérdida de mat finos, depósito de mat, desecación del suelo.

Consecuencias:

Alteración de la textura, suelos más arenosos o más limosos, pérdida de nutrientes ,disminución del espesor y productividad, salinización, favorece la desertización, angostamiento, rotura y enterramientos de los cultivos, disminución de la cobertera vegetal y m.o, aumento de erodibilidad,.

Evaluación:

Observación directaTormentas de polvo, signos del terreno.

Medidas en el campoSimuladores de viento.

Medidas de laboratorioTúneles de viento.

Métodos paramétricos $E = f(I, C, K, L, V)$ donde:

E = suelo perdido. I = erodibilidad del suelo.

C = condiciones climáticas. K = rugosidad de la superficie.

L =anchura de parcela en dirección del viento.

V = cobertera vegetal.

Control: mediante

1.Protección mecánicaReducir la velocidad del viento, mantener la humedad del suelo, aumentar la rugosidad de la superficie.

2.Prácticas de cultivoSiegas altas, abandono restos de cosechas, abonados orgánicos, laboreo apropiado, cultivos de recubrimiento, rompevientos.

TEMA: FACTORES DE CONTROL DE LOS CONTAMINANTES. EL SUELO COMO RECEPTOR Y AMORTIGUADOR DE LA CONTAMINACIÓN.

1. INTRODUCCIÓN:

El suelo es uno de los recursos naturales mas importantes que existen, muchos suelos del mundo se encuentran en un nivel avanzado de degradación, principalmente por contaminación química.

Se entiende por degradación del suelo toda pérdida de calidad el mismo, como consecuencia de un uso inadecuado; tb como un proceso que disminuye su capacidad y potencial para producir bienes. Se reconocen 6 tipos de degradación:

1. Degradación por erosión hídrica
2. Degradación por erosión eólica.
3. Degradación por exceso de sales.
4. Degradación química(acidificación y toxicidad).
- 5 Degradación física.
6. Degradación biológica.

En la siguiente figura vemos los diferentes tipos y procesos de degradación.

La degradación de suelos puede conducir a un impacto negativo en el medio ambiente y en la productividad agrícola. La deforestación y el intenso uso de suelos con una frágil naturaleza puede acelerar su erosión y escorrentía, la emisión de gases a la atmósfera pudiendo acarrear la acidificación y contaminación del suelo.

La degradación química Impacto negativo que se produce en las propiedades que regulan la vida del suelo por efecto de procesos químicos. La salud del suelo tiene atributos químicos y biológicos incluyendo el abastecimiento de nutrientes, capacidad de amortiguación, destrucción de patógenos y la inactivación de compuestos tóxicos...Pero por el uso y la actividad humana cada vez lo estamos contaminando más y la degradación química

está aumentando.

2. Estado actual de la agricultura en el mundo:

La superficie cultivada de la tierra ha aumentado más del doble en un siglo .La intensidad de cultivo está próxima al 80%.El 25% de los suelos cultivados están afectados por los procesos dedegradación .Se estima que cada año 6 millones de hectáreas de tierras de cultivo se convierten en desierto.

3. Problemas ambientales derivados de la contaminación:

El suelo es un sistema abierto, complejo, auto-organizativo, estructural y poli-funcional .Se comporta como un filtro que regula los fluidos de energía y de materia .Es susceptible de contaminarse por los aportes humanos ,pudiendo deteriorarse y no cumplir así sus funciones.

Existe una gran preocupación por proteger el suelo. Algunos países están promoviendo legislaciones preventivas acerca del uso de fertilizantes orgánicos, aguas residuales y pesticidas.

4. ¿Qué es un suelo? ¿Cuáles son sus constituyentes? El suelo es un componente fundamental de los ecosistemas terrestres (naturales, agrícolas). Es esencial para el crecimiento de las plantas y para la degradación y el reciclado de la biomasa muerta.

La naturaleza del suelo es compleja, constituida por componentes sólidos (minerales y orgánicos), líquidos y gaseosos. Los constituyentes incluyen:

- Minerales poco alterables
- Minerales alterables
- Minerales arcillosos (producto de la herencia, transformación o neoformación mineral)
- Fases amorfas (donde se agrupan los oxihidroxilos producidos en la alteración)

Independientemente de su origen, los cationes que se encuentran en la red mineral siguen una pauta del tipo:

Minerales Formas iónicas Formas amorfas Formas cristalinas

- **El Aluminio:** Aparece en el suelo como Silicato, complejo y/o amorfo, formas cristalinas secundarias, en el complejo de cambio.
- **El Hierro:** Aparece como Silicato, complejo y/o amorfo (ligado a m. o.), formas cristalinas secundarias, en el complejo de cambio.

Óxidos de Fe y Al pueden estar presentes como recubrimiento de las partículas arcillosas. Y sobre estas se acumulan los metales.

Los minerales se pueden dividir en primarios y secundarios (arcillas y óxidos de Fe, Al y Mn)

La m. o. Incluye componentes donde destaca el humus según sea su naturaleza se distinguen: humus mull, moder y mor.

Los suelos son cuerpos dinámicos con propiedades muy diferentes físicas y químicas. Un mismo suelo puede estar sometido a fluctuaciones como sucede con la humedad, pH, condiciones redox. Según estas propiedades y sus fluctuaciones, la forma y biodisponibilidad de los metales puede ser diferente. Hay que tener en cuenta al considerar la capacidad de amortiguación de los suelos y para decidir sobre el manejo.

5. Procesos químicos en el suelo:

Procesos químicos mas importantes:

1: Alteración química: referido al proceso natural de la alteración mineral por el que se meteorizan los minerales. Se acompaña de una pérdida de bases (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+}) y la acumulación de insolubles de Si, Al y/o Fe.

2: Acumulación y pérdida de materia orgánica: procesos químicos unidos a biológicos por los que los restos vegetales y animales se descomponen se mineralizan y/o humifican.

Proceso muy importante porque la m.o. actúa en la estabilidad de los agregados reduciendo la erosión; interactúa con algunos minerales formando los complejos organominerales.

Existen procesos como los correspondientes a la capacidad de cambio, complejación de elementos, oxidación-reducción.

6. Origen de la contaminación:

Contaminación Relacionado con un agente químico presente en el ambiente en una concentración tal que genera un efecto fisiológico desfavorable en los organismos y puede causar un cambio ecológico.

Elementos tóxicos: los metales pesados tales como Ag, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, Zn y también Al, As y Se.

Estos elementos algunos son requeridos por las plantas y animales como nutrientes esenciales.

Bajo ciertas condiciones estos elementos se acumulan en concentraciones tóxicas produciendo daños ecológicos. Algunos son contaminantes en su origen natural.

7. Contaminación natural : Origen geoquímico de los metales pesados:

Constituyentes mayores : O, Si, Al, Fe, Ca, K, Mg, Ti y P el 99% del total. Los demás elementos son denominados trazas.

Los elementos traza se presentan en los minerales primarios de las rocas ígneas (incorporándose por isomorfismo)

La concentración en que se encuentran los elementos pesados en el suelo es elevada, pero se presenta en forma insoluble pero cuando se encuentra con el agua son potencialmente tóxicos.

8. Propiedades del suelo que regulan la contaminación:

Las propiedades químicas más importantes que afectan al comportamiento y disponibilidad de metales en el suelo son las relacionadas a la adsorción de metales de la fase líquida, por la fase sólida. Estos procesos se controlan las concentraciones de metales iónicos y complejos en la solución del suelo, y ejercen gran influencia sobre su adsorción por las raíces y plantas.

El pH Es un factor fundamental porque controla el comportamiento de los metales y los procesos que tienen lugar en el suelo. El complejo coloidal se considera una mezcla de ácidos y de sales de éstos mismos ácidos. El Hidrógeno absorbido y los cationes metálicos que rodean las micelas insolubles tienden a estar en equilibrio dinámico con la solución del suelo, por esto el pH de la solución está afectado por los cationes absorbidos. Entre las fuentes de acidez del suelo tenemos: hidrogeniones, Al, absorbidos (grupos ácidos de los minerales arcillosos, de la m.o. y de ácidos insolubles). Los iones de Al^{3+} son hidrolizados. Son factores desencadenantes de acidez los procesos de descomposición de m.o., procesos de acciones microbianas y lavado de bases. Por el contrario cualquier proceso que tienda a aumentar las bases disminuirá la acidez.

Un cambio de pH indica una modificación en el ambiente que rodea al suelo, el suelo tiende a no modificar su pH y poseen un poder amortiguador, que depende de su carácter coloidal.

Los metales pesados son más móviles bajo condiciones ácidas; los aniones de molibdato están más disponibles al aumentar el pH. En condiciones de fuerte acidez aumenta la proporción de Al y Mn en el complejo de cambio y en la solución del suelo, produciéndose así toxicidad.

Materia orgánica Es el rasgo fundamental que distingue a un suelo, es la presencia de organismos vivos, restos orgánicos y humus. Todos los suelos contienen m.o. la cantidad y calidad es muy variable. La m.o. orgánica coloidal tiene influencia en las propiedades químicas de los suelos. La fuente fundamental son los restos vegetales y animales. Estos constituyentes son sometidos a procesos de descomposición, después a otros de síntesis y polimerización que dan lugar al humus; Los componentes del humus son: ácidos húmicos, ác. Fúlvicos, huminas... Según sea su naturaleza se puede clasificar en: mull, moder y mor.

La m.o es muy importante porque influye en el estado de agregación del suelo, en su color, , en la capacidad de retención de agua, en la capacidad de intercambio catiónico, regulación del pH...etc.

Minerales de arcilla De las fases del suelo la sólida es la más importante ; las partículas según su tamaño se dividen en: arenas, limos y arcillas. La relación entre tamaño y la clase de mineral las podemos observar en la gráfica:

La arcilla es la parte más activa, los minerales que la constituyen procedentes de rocas tienen efectos sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos, debido a su área superficial y densidad de carga negativa. Los complejos organo-minerales desempeñan un papel importante en el control de las concentraciones de iones en la solución del suelo. Mirar tabla con características y tipos de arcillas:

Oxido-Reducción Los suelos están sometidos a unas condiciones redox, éstas pueden variar lo que puede afectar al C, N, O, Fe, Ag, Cr, Hg, y Pb. Los equilibrios redox están controlados por la actividad de los electrones libres en el agua definidos por Eh. A altos valores de Eh se asocian fenómenos oxidantes, a bajos reductores. La respiración de microorganismos, mesofauna y raíces consumen grandes cantidades de oxígeno, si éste falta predominan los organismos anaerobios y se reducen los elementos susceptibles, como: Mn, Hg, Fe, Cu y Mo. Cuando los sulfatos se reducen a sulfitos producen precipitados de los metales (Fe S₂, HgS, CdS, CuS, MnS y ZnS):

Cambio catiónico Algunos metales pesados existen como cationes de la solución del suelo, su absorción depende de la densidad de carga de la superficie coloidal. El rasgo fundamental de éstos procesos es que son: reversibles, de difusión controlada, estequiométricos y en algunos casos selectivos.

Adsorción específica Incluye el intercambio de metales pesados y el de algunos aniones, la adsorción de Zn por óxidos de Fe y Al.

9.Prevenición de la degradación química:

Para prevenirla es necesario conocer el suelo . La capacidad de amortiguación de éste es generalmente finita, por esto para prevenir la degradación se requiere que el impacto no supere dicha capacidad. Entre los procesos que ejerce como amortiguadores tenemos:

1.Capacidad amortiguadora ácido-base La capacidad del suelo frente a los aportes ácidos o básicos es función de su capacidad de cambio catiónico y del grado de saturación , que están relacionados con la mineralogía y contenido en arcilla y también con la cantidad y calidad de m.o. Si hay una adición de ácido masiva, el contenido en minerales (la posibilidad de liberar bases) es el que determinará la capacidad de neutralización. Los efectos que producen estas adiciones, ya sea ácido o base, es lo que va a determinar el grado de lavado, así tendríamos:

- Lavado restringido, la adición es en superficie y el impacto es grande.
- Lavado es intenso, porque el suelo es permeable , el impacto es menor.

2. Precipitación- disolución Los suelos con altos contenidos en cationes reactivos amortiguan las adiciones de ligandos como fosfatos, arseniatos y seleniatos, por precipitación; Los metales son precipitados como sulfuros en condiciones reductoras y como coprecipitados con: AL, Fe, Mn, Ca y Mg.

3.Adsorción-desorción Los metales y ligandos son extraídos de las soluciones por los minerales de la arcilla, óxidos y CaCO₃. La adsorción está favorecida por la presencia de óxidos amorfos y caliza activa.

4.Complejación Los metales polivalentes son complejados con las sustancias húmicas; el contenido y calidad de la m.o está relacionado con la capacidad de enlace de metales.

10.Remedios: La degradación química es reversible..

1.Modificación del pH Todo aumento o descenso del pH repercute en un suelo, si el cambio es a corto plazo (como favorecer la degradación de pesticidas) el control de pH puede ser efectivo, a largo plazo (para reducir la disponibilidad de metales pesados) debe considerarse la capacidad amortiguadora natural ácida.

2.Regulación del nivel redox Las condiciones oxidantes pueden favorecer la degradación microbiana de contaminantes, las condiciones reductoras favorecen la precipitación de metales pesados.

3.Mantener los contenidos en m.o La m.o estimula la actividad biológica e inactiva a metales y compuestos orgánicos, aumenta la capacidad de cambio la amortiguadora e inmoviliza nutrientes.

4.Mantener algunas fracciones lavadas Algunos procesos como las sales solubles pueden aliviarse por lavado.

5.Promoviendo la volatilización Los contaminantes volátiles como el NH_3 , pesticidas, solventes, gases reactivos....pueden extraerse del suelo por volatilización mediante cambios de pH, secado de suelo y por arado profundo.

TEMA: ALTERACIÓN QUÍMICA Y GÉNESIS DE SUELOS.

INTRODUCCIÓN: Las rocas en superficie son vulnerables al ataque por procesos físicos y químicos, que pueden transformarlas; las modificaciones que sufren resulta del contacto directo con las condiciones ambientales, el término meteorización usado para ambos procesos. La meteorización puede ser mecánica (rocas desintegradas por meteorización física (fragmentación y trituración de las rocas sin cambios químicos) o alteradas químicamente (cambios químicos producidos al ser atacados los min de las rocas por agua, oxígeno y CO_2 de la atmósfera.. pasando algunos de sus constituyentes a disolución y pudiendo cristalizar para formar nuevas fases minerales).

Definición: La meteorización es la respuesta de los materiales que estaban en equilibrio momentáneamente en la litosfera, en contacto con la atmósfera, hidrosfera y la biosfera.

Alteración química Proceso por el que los agentes atmosféricos, hidrosféricos y biológicos actúan y reaccionan con los min constituyentes de las rocas (dentro de la zona de influencia de la atmósfera) para producir min más estables.

Los min que han sido formados bajo condiciones de alta P^o y T^a y baja concentración de oxígeno no son estables en superficie, donde la P^o y la T^a son bajas y abunda el H_2O y el O_2 tendiendo a cambiar a otros min que estén en equilibrio con las condiciones superficiales.

Teorema de la moderación: Cualquier reacción irá en el sentido de moderar el efecto del cambio inicial, así si la P^o es baja para moderar este efecto los min formados a altas P^o cambiarán a min < densos que ocupen > espacio... A estos ajustes a las condiciones reinantes en superficie se le llama Epimorfismo

- Rotura de min 1° (factores internos y externos)
- El lavado de los materiales o elementos liberados
- Reacciones para dar nuevos min (edafogénesis)

Estos 3 pto tienen lugar de forma simultánea; La importancia de la alteración química es que sin ella la tierra presentaría un paisaje lunar y la vida como nosotros la conocemos no podría existir. Una de sus consecuencias naturales es la formación del suelo. En la fracción inorgánica de un suelo, pueden coexistir, junto a min originales o 1° de la roca madre, sin transformación alguna, otros parcialmente alterados, y min nuevos

formados a expensas de los productos o residuos originados en la destrucción de los primitivos.

Alteración o meteorización química.

La alteración está determinada por la estructura interna de los min por el modo de actuar, está condicionado por factores externos e internos; Los principales tipos de alteración son: oxidación, hidratación, carbonatación, solución hidrólisis y acidólisis. El proceso de meteorización envuelve el uso de las moléculas de agua, por ejemplo la oxidación de Fe²⁺, tiene lugar en clima húmedo. Los procesos de hidratación, carbonatación, solución y deposición no pueden ocurrir sin la presencia de agua, el destino de min depende de su estabilidad en agua por lo que podemos considerar a la meteorización química como un proceso de interacción entre min y moléculas de agua.

Factores internos:

Algunos min se destruyen + rápidamente que otros y después serán transportados por el agua de escorrentía, viento y otros depositados como detríticos.

La propiedad más importante para determinar la resistencia relativa de los min a la alteración es la fuerza con que un átomo o ión está enlazado a su vecino, se pueden utilizar los valores aproximados de las energías de formación de los enlaces catión-oxígeno en silicatos min. Los datos existentes corresponden únicamente a las energías de formación.

Energía de enlace:

El enlace dentro de la estructura del silicato es fuerte. En la tabla-8 podemos ver el incremento de la energías de formación con el incremento de la complejidad de la estructura.

Lo que sugiere una posible correlación entre la energía de formación y la estabilidad a la meteorización de la serie de Goldich, esto es válido siempre que los enlaces del tipo Si-O son los únicos que existen en las estructuras cristalinas pero cdo se tienen enlaces O-Catión, la correlación con la serie de Goldich se ve alterada (tabla 9) es decir no concuerda con la tabla de Keller.

En cada grupo de silicatos la > o < energía y resistencia vendría condicionada por los distintos cationes existentes en la red e influyen en cada caso las propiedades estructurales de cada min, La sustitución del Si por Al en posición tetraédrica hace disminuir la estabilidad (de acuerdo con la < energía de formación) Desde el punto de vista estructural el Al con radio 0,57 Å encaja mal en posición tetraédrica de radio 0,30 Å (huevo del tetraedro). En la anortita por ejemplo, se da la > sustitución de Si por Al, hace que disminuya la energía de formación alterándose más y por otra parte la distorsión estructural hace que el Al tienda a separar oxígenos tetraédricos rompiéndose así la estructura; de ahí que la anortita sea la 1ª en alterarse. Por el contrario en la Gipsita el Al ocupa una posición octaédrica de radio 0,55 es más estable.

Según la rama drcha de Goldich corresponde a un aumento progresivo del Na y disminución del Ca, lo que supone una > sustitución de Si por Al con disminución de la estabilidad; en la rama izqda la serie sigue creciente (de nesosilicatos a tectosilicatos) La gran diferencia del comportamiento de la mosc y la biotta es debido a la existencia en su red de Fe²⁺ oxidable y desnivela el equilibrio de cargas y distorsiona la estructura al cambiar de radio también el empaquetamiento es más compacto junto con la distinta orientación de los grupos OH, son los responsables de esta diferencia.

Ampliación de teorías sobre la estructura cristalina:

Guner intentó establecer una secuencia de estabilidad para los silicatos min basados tanto en la estructura y en la composición, usó datos de Pauling para electronegatividades, calculando la negatividad media de los

cationes y multiplicó por un factor determinado, el cuál tenía variaciones en las estructuras min. El producto o resultado lo llamó índice de energía min y sus valores son los de la tabla 10

Fairbairn consideró que el grado de empaquetamiento de los min tenía que tener una relación con sus estabildades y propuso un índice, definido como la raón del volumen de los iones en la celdilla unidad al volumen total de la celdilla unidad tabla11.

Por último aparece la secuencia de meteorización de Jackson para min tamaño arcilla en suelos, tabla 12.

Esta secuencia se usa para acordar que la presencia de ciertos min puede ser usada como indicadores de la intensidad de meteorización a la cuál un particular suelo ha estado sometido. Trece estadios han sido reconocidos y los min indicativos en orden creciente de intensidad de meteorización son: yeso, calcita, olivino-horblenda, biotita, albita, qtz, illita (moscovita, sericita), micas degradadas, montmorillonita, caolinita, gibsita, hematites y anatasa. Algunos autores dicen que falla algo y sugieren algunas modificaciones a la serie de Jackson(tabla 13)

En la investigación de la distribución de min pesados en rocas sedimentarias, Petijohn comparó la frecuencia de ocurrencia de los sedimentos recientes con su frecuencia media en sedimentos no recientes y estableció un orden de persistencia, tabla 14.

Dice que la persistencia de un min es función de su resistencia al ataque químico, el orden dado debe aproximarse a una secuencia de estaiidad a al meteorización; aunque las condiciones físicas y químicas en sedimentos profundos son muy diferentes a los encontrados en superficie el orden de Petijohn para los min más comunes formadores de las rocas está de acuerdo con la serie de Goldich.

El papel desempeñado por las estructuras cristalinas es controlar el acceso a las aguas de precolación a los cationes solubles de dichas estructuras, por ejemplo el olivino consiste en tetraedros aislados unidos por Mg y Fe 2, éstos son fácilmente lavables, extraídos de los márgenes, bordes y superficies fracturadas de cristales y la pérdida de los cationes desmorona la estructura cristalina del olivino y libera tetraedros dejando por eso más superficie fresca del mineral expuesta al ataque de las aguas, este ataque se llama hidrólisis, como consecuencia de esto el olivino se meteoriza rápidamente .

PROPIEDAD	TIPO DE COLOIDE			
		Montmorillonita	Illita	Caolinita
Tamaño(micras)	0,01-1,0	0,1-2,0	0,10-5,0	
Forma	Lámina irregulares	Lámina irregular	Cristales hexagonales	
S. externa	Grande	Media	Pequeña	
S. interna	Muy grande	Media	Ninguna	
Cohesión, plasticidad	Alta	Media	Baja	
Capacidad dilatación	Alta	Media	Baja	
c.c.catiónico	80-100	15-40	3-15	

TEMA: SOLUBILIDAD DE LOS MINERALES

La solubilidad desde el pto de vista del enlace químico la consideramos la desintegración de la estructura cristalina por rotura de sus enlaces, considerando el agua como soluto. La > o < desintegración de las redes cristalinas de las estructu4ras min por el agua, rompiendo sus enlaces y dando paso a solución, es lo que

determinará su $>$ o $<$ solubilidad.

El agua es una molécula polar (con elevada cte dieléctrica) luego atraerá a otras moléculas polares, tb a los cristales que tengan enlace iónicos serán susceptibles de ser atraídos por agua.

Las superficies min de un cristal iónico será reactiva para moléculas de agua, pero no ocurre lo mismo con moléculas que tienen enlace covalente o no polar(éstas no serán atraídas por tener una igual distribución de cargas)Esto nos lleva a pensar que si conocemos la cantidad de enlace iónico en un min podemos predecir lo que le afectará la reacción con agua.

Enlace iónico entre 2 átomos A y B ocurre cdo el átomo A tiende a perder electrones y el átomo B tiende a aceptarlos o a captarlos, esto se denomina electronegatividad y si conocemos los valores de ésta para cada átomo de un compuesto min, cristal...podríamos calcular la cantidad de enlace iónico en dicho compuesto y por lo tanto la solubilidad.

La solubilidad es $<$ cto $>$ sea el carácter covalente el min, cristal..

Los $<$ electronegativos son: Na, K, Cs, los que $+$ son O y F tabla 5.6

$$\% \text{ de enlace iónico} = 16(X_a - X_b) + 3,5(X_a - X_b)$$

La cantidad relativa de enlace iónico puede únicamente ser calculada entre 2 átomos luego no se puede usar para compuestos complejos como son los min, pero la fórmula nos sirve para comparar la cantidad de enlace iónico entre 2 pares distintos de átomos a la vez. El % de enlace iónico calculado para los pares óxido mas comunes en los min son.

Par óxido	% de enlace iónico
K-O	86,6
Na-O	83,2
Ca-O	79,4
Mg-O	71,2
Fe(II)-O	68,7
Fe(III)-O	54,3
Al-O	46
Si-O	37

Pto de vista de la difusión a la solución:

Los min en contacto con los líquidos están sujetos a procesos de disolución y como no a procesos de difusión de los productos solubles, o lo que es lo mismo a los procesos de transporte... La dinámica de éstos procesos de transporte vienen determinados por el grado l cuál los reactantes(o sustancias reactivas)se difunden hacia y desde la interfase min-líquido(grado con el que los reactantes se difunden hacia el min y el grado con que los productos solubilizados se difunden desde el min al exterior). En la figura 5.21 de la página siguiente, se indican las reacciones de difusión en la interfase min/ líquido(o lo que es lo mismo; el grado con el que los reactantes se difunden hacia el mineral y el grado con el que los productos solubilizados se difunden desde el min hacia el exterior). También en la 5.21 se indican las reacciones de difusión en la interfase min/ líquido y ejemplos de hidrólisis del min feldespato con disolución incongruente, pues a partir de los elementos disueltos y difundidos al exterior se forma un min caolinita que permanece en la superficie del feldespato.

La difusión de los productos desde la interfase está relacionada:

- 1-Con el gradiente de concentración de los iones en cuestión.
- 2-Con la distancia de transporte.
- 3-Con la facilidad de difusión a través del líquido
- 4-Con el área superficial del contacto líquido-sólido.

Estos procesos pueden ser puestos de manera matemática sencilla mediante la ecuación de Nerst – Einstein, es una modificación de las leyes de difusión que engloba tanto el grado de cambio de la concentración respecto al tiempo como a la distancia referida a los gradientes de concentración. $Dc/dt = Kd(Cs - C)$

Cs Concentración del producto en solución en equilibrio (saturada)

C Concentración del producto en un tiempo determinado.

Dc/dt Gradiente de concentración o cambio de la concentración de los productos en solución respecto al tiempo.

Kd Cte del grado de transporte. $Kd = D \cdot As / .V$

D Coeficiente de difusión molecular (cm. s)

Distancia de transporte.

V Volumen de la disolución que está en contacto con el área superficial.

As Área superficial del min que está disolviéndose.

Cto > sean las diferencias entre Cs y C + elevado será el gradiente de concentración y + rápida será la difusión desde el sólido al líquido ($Kd = Cte$).

El coeficiente de difusión molecular es usado para estudios de iones en soluciones acuosas e intrareticulares. Cdo nos referimos a iones. $D = u K T$ **D** coeficiente de difusión iónica

u movilidad absoluta

K cte de Boltzman

T ^a termodinámica.

Si en vez de difusión acuosa consideramos difusión intracrystalina (intrareticular) vemos que la movilidad del Na en la arcilla montmorillonítica es solamente 1/3 de su movilidad en solución acuosa. La movilidad del O en la fase gaseosa es 10 veces + rápido que en el agua.

Formas producidas por la rotura de la estructura de los silicatos:

En el momento de la rotura los elementos pasarán a forma iónica en solución y su comportamiento lo veremos en el **LAVADO**.

¿qué clase de fragmentos resultan de la rotura del edificio cristalino? Los fragmentos producidos serán inestables por el nº de enlaces rotos, por lo que existirán en un periodo muy corto y son muy difíciles de detectar. Hay 3 formas en las que se ha investigado el problema:

- Experimentalmente en el laboratorio
- Teóricamente en términos de relaciones de energía de los min
- Investigando los productos de meteorización de rocas ígneas por modernas técnicas físico-químicas.

Murata al tratar silicatos min con ácido nítrico y clorhídrico se encontró con:

- Se disolvían completamente para producir una solución filtrable. Los min que reacciona son ortosilicatos (neso y tecto(con gran cantidad de Al)). La rotura inicial produce pequeños fragmentos que pasarán a formar una suspensión coloidal.
- Permanecen residuos de sílice después de llevarse a cabo la reacción. Los min que reaccionan son ino, filo y tectosilicatos con pequeñas cantidades de Al. Producen fragmentos mayores que dan residuos

Frederickson y Cox estudiaron el efecto del agua pura a altas P^o y T^a en 3 silicatos(albita, anortita y Qtz) los productos de disgregación eran similares, algunos materiales tamaño coloidal otros fragmentos > (trozos alterados de min originales)...Para explicar lo anterior es necesario considerar que los tectosilicatos tienen una estructura en mosaico con una orientación de cristales . el cemento de unión entre las unidades del mosaico será + soluble porque esta + desordenado + denso y pasará a solución como iones silicatos que polimerizarán a formas coloidales y esto originará la separación de las unidades del mosaico original. Como consecuencia de lo anterior hay una pérdida de Na y Ca y hace que los fragmentos resultantes sean + reactivos. Éstos resultados demuestran (comparando con Murata) que los tectosilicatos producen una mezcla de materiales de tamaño coloidal y muchos fragmentos gruesos y que la sílice insoluble no se produce así porque será un fenómeno poco usual en la naturaleza.

2. Factores externos:

Los silicatos se formaron bajo condiciones de altas P^o y T^o , junto con bajas P^o del O y la posible presencia de agua o líquido, que será una influencia decisiva sobre los min. Si el agua fuese un líquido ideal tuviese una estructura perfectamente empaquetada su gravedad sería 1,8; al no serlo su estructura está lejos de la ideal. El calor latente del hielo es bajo, lo que implica que el cambio de hielo a agua no está acompañado por un gran cambio en los enlaces por lo que se ha concluido que en el hielo los O están coordinados tetraédicamente, lo que nos indica que una estructura cristalina o de edificio cristalino. Evans estableció que la estructura del hielo es análoga a la de la tridimita(hexagonal, forma de alta T^a de la sílice) por lo que el agua tendrá una ordenación semejante al Qtz lo que explicaría la + alta del agua con respecto al hielo y porqué no alcanza una estructura perfectamente empaquetada. Para una simple molécula de agua conoce el tamaño, del O es 1,38 A mientras que las distancias de los iones H al centro del O es 1,01 A, luego los H por su pequeño tamaño se encuentran enterrados dentro del O.

La molécula de agua puede ser dibujada como: una esfera, neutra, polar por la distribución asimétrica de H, con cargas como se observa:

Este carácter polar del agua nos permite la **HIDRÓLISIS** que es el + importante de los procesos externos por el que los silicatos se van a meteorizar.

Frederickson explicó el proceso de **hidrólisis de los Feldespatos** de la siguiente forma: Los tetraedros no saturados de la superficie del cristal del feldespato originan una carga negativa en la cara del cristal y las moléculas de agua en contacto con las caras, se orientan de manera que sus 2 cargas + estén dirigidas hacia la superficie del cristal; esto dejaría las 2 cargas - mirando hacia fuera lo que originaría la atracción de las + de la siguiente capa.(esquema)

En la interfase las moléculas de agua y los iones del fdpt son de tamaño similar tienden a una asociación 1:1. Pero la molécula de agua tiene una doble carga + por lo que habrá un exceso de cargas + en la interfase y éste exceso será compensado por una penetración de iones H hacia el retículo del fdpt, que llegarán a regiones donde están los iones K(ortosa), Na(albita) o

Ca(anortita) que están alojados en los anillos del fdpt. Como estos cationes tienen una coordinación entre 8-8,12 el enlace de éstos elementos con los O individuales será muy débil por el pequeño tamaño del H. Estos cationes desplazados se moverán hacia la interfase cristal-agua, su destino lo veremos en el LAVADO.

Los O que estaban coordinados con el catión que ha salido fuera del retículo, 2 de ellos son coordinados por el H, pero los que quedan libres se repelen entre sí lo que originaría una expansión del cristal con la posible separación de cadenas de tetraedros.

Resumiendo los 1º cationes extraídos en el proceso de meteorización de las estructuras de silicatos son aquellos que tengan débil energía de enlace, baja valencia y alto nº de coordinación como son :K, Ca, Mg y Fe²⁺. El grado de meteorización de los silicatos min depende del nº y accesibilidad de éstos cationes contenidos en su estructura:

Nº de cargas + requeridas por 100 Oxígenos para alcanzar la neutralidad en diferentes silicatos:

Ortosilicatos	100
Piroxenos	66
Anfiboles	54
Filosilicatos	40
Tectosilicatos	0

En esta tabla vemos un decrecimiento en la concentración por unidad de volumen; así por ejemplo en el Olivino la gran cantidad de Mg y Fe²⁺ significa que es susceptible a la hidrólisis porque en estos ortoSi los cationes forman parte esencial de la estructura y su pérdida rotura estructural.

En resumen: el proceso de hidrólisis que afecta a los cationes metálicos + débilmente enlazados es responsable de la rotura estructural de los Orto e Inosilicatos; En Filosilicatos es responsable de una alteración superficial y de un debilitamiento estructural(en fdpt) pero se necesita una hidrólisis + fuerte para afectar a los cationes de Si 4 y Al 3 porque están fuertemente enlazados.

Influencia del pH y la Tª en la alteración: La hidrólisis depende de la concentración de H⁺ por lo que cualquier proceso relacionado con la concentración de éstos va a afectarla; **El pH** en superficie es aproximadamente 6, si aumentan las condiciones de acidez (presencia de ác. orgánicos procedentes de la descomposición de la m.o) aumentará la velocidad de hidrólisis. Cdo hay alta alcalinidad (como resultado de una hidrólisis donde se liberan Na, K, Ca y Mg) esto es importante porque aumenta la solubilidad de la Si y el Al.

La Tª: A > Tª > disociación del agua y la concentración de iones H aumenta, luego la hidrólisis irá a > velocidad.

LAVADO:

La persistencia en solución de los iones extraídos de redes cristalinas depende de su reacción con el ion hidroxilo del agua. El tamaño del catión determina el nº de hidroxilos que puede tener alrededor de él y la valencia la carga disponible (su comportamiento en disolución está determinado por su radio y por su carga Potencial iónico) Según Goldmitch podemos clasificarlos en tres grupos según su potencial iónico:

Los del **grupo I** son solubles hasta PH muy elevados.

Los del **grupo II** precipitan por hidrólisis con facilidad como hidróxidos y pueden disolverse como aniones a PH muy alto.

Los del **grupo III** forman aniones muy estables.

La diferencia de comportamiento está condicionada por el distinto grado de polarización y la distorsión que sufren las moléculas de agua en contacto con el catión (> cuanto mas pequeño sea el catión y mayor su carga). Los dipolos del agua se fijan sobre los cationes hidratándolos y su diámetro ha cambiado (porque ahora comprende el ión cristalino y la capa de agua de hidratación Radio de Stokes)

Los radios hidratados de Stokes son los siguientes: (en la pág. siguiente)

La mayoría tiene un radio hidratado superior al cristalino solo algunos no se hidratan o lo hacen débilmente y son: los iones monovalentes K, Rb, Cs, que tienen un volumen grande y que se denominan **iones antiStokes**.

	Radio stokes A	Radio iónico A
Al	4,57	0,50
Fe	4,02	0,67
Mg	3,45	0,65
Fe	3,42	0,80
Ca	3,07	0,99
Li	2,36	0,60
Na	1,83	0,95
K	1,24	1,33
Rb	1,20	1,48
Cs	1,19	1,69

En el diagrama de Goldschmidt hemos separado los antiStokes con una línea discontinua .

Como resultado de la hidrólisis se da una alta alcalinidad en las proximidades del cristal por liberación de bases sobre todo cuando la circulación del agua es lenta luego la velocidad de ésta es fundamental para la alteración.

Si representamos la solubilidad de la Si, Al, Fe en función del pH observamos:

Este diagrama está realizado suponiendo los iones libres y no teniendo en cuenta la formación de complejos. Las curvas han sido calculadas a partir de sus productos de solubilidad. Vemos que la solubilidad de la Si aunque es baja se mantiene cte. Hasta pH 9 (amorfa); la Si cristalina (Qtz) tiene una solubilidad pequeña su velocidad de disolución es mínima; pero la Si disuelta se encuentra en forma de moléculas de ácido de monosilicio Si(OH)_4 , si el pH se eleva por encima de 9 éste ácido se ioniza aumentándose así la solubilidad.

El **Al** solo existe para concentraciones de 10 M; a $\text{pH} < 4$ y ppta como hidróxido. A pH 12,4 aparece como anión.

El **Fe** en forma Fe es soluble hasta $\text{pH}=7$; el Fe ppta como hidróxido a $\text{pH}=2,2$.

En la **zona I** fuertemente ácida con pH 2,2 los 3 cationes son mas solubles que la Si.

En la **zona II** ppta el Fe con una solubilidad < que la Si mientras que Fe y el Al son solubles. Para el Al teóricamente su disolución y exportación en ésta zona es posible si el material de alteración es una roca básica, la extracción de Na, K y Ca aumenta el pH y éste hace que ppte el Al como hidróxido.

En la **zona III** el único catión soluble es el Fe.

En la **zona IV** los tres son insolubles.

En la **zona V** el Al es el único soluble en forma aniónica.

El Na y el K siempre son solubles, tb el Mg pero hasta un pH = 11 (que ppta como hidróxido), el Ca (OH) es tb soluble pero a pH = 14 ppta.

Estos cationes junto con el Ca pueden pptar en forma de carbonatos dependiendo de la Pº del CO existente (si es baja estará en forma soluble y si es alta estará en forma de carbonato insoluble).

El **Na** y **K** serán lixiviados, siempre que exista precolación de agua;

El **Ca** y **Mg** los acompañarán en medios ácidos y básicos con bajo contenido en CO.

Los elementos mayoritarios (Si, Fe, Al) tienen un comportamiento predecible.. La sílice es independiente del pH hasta valores pH = 9 su exportación está condicionada por la cantidad de agua de precolación y la velocidad con la que ésta actúe, pero siempre hay cierta cantidad formando parte de la fase móvil; mientras los sequióxidos pueden ser totalmente solubles o quedar totalmente insolubles.

En la zona I La solubilidad del Al y el Fe es mucho > que la de la Si y pueden ser eliminados porque parte de la Si se disuelve también produciendo una acumulación relativa genéticamente inestable, luego seguirá pasando a solución. Acumulación relativa de Si y eliminación total de bases que corresponde a una PODSOLIZACIÓN. El factor determinante del proceso es el pH unido a la velocidad de la circulación del agua, que tiene que ser suficiente para eliminar los productos solubles y favorecer la escasez de bases en el material original.

En la zona II El Fe (3+) es ahora + soluble que la Si (también lo son el ferroso y los demás cationes) tendremos un nivel eluvial rico en Si y en Fe oxidado; Morfológicamente corresponde a un suelo OCRE PODSÓLICO o SEMIPODSOL DE KUBIENA, tanto mejor desarrollado cto ácido sea el medio. El comportamiento del Fe (forma ferroso o férrica) en su evolución edáfica dará lugar a unos suelos u otros mientras que la Si y el Al dará siempre el = tipo de suelo.

En la zona III Corresponde a un Ph desde ligeramente ácido hasta ligeramente alcalino, el ferroso es muy soluble, la Si ligeramente soluble, el Al y Fe (3+) son insolubles. Tendremos diversas posibilidades que están condicionadas por la Si solubilizada :

1–Si por falta de drenaje puede acumularse in situ, puede integrarse con el Al formando nuevas redes cristalinas, filosilicatos... estamos entonces en un domino de la SIALITIZACIÓN.

2–Si la Si disuelta es totalmente evacuada quedan como residuos los sequióxidos; nos encontramos entonces frente a un proceso de tipo ALÍTICO o FERRALÍTICO, según sea el comportamiento del Fe. Ya que la diferencia está en la dinámica de la Si, los factores que aumentan su eliminación inclinarán el proceso hacia la ALITIZACIÓN. Sobre la solubilidad de la Si hidratada, influye la Tª.

A > Tª solubilidades + altas y > posibilidad de eliminación.

Pero el factor determinante es la intensidad de drenaje, **cto > sea la intensidad de drenaje y < el tiempo de contacto (entre la solución-hidróxido de Al) < posibilidad de que se den absorciones** y la abundancia de agua disminuye la concentración sin que alcance el valor necesario para la construcción de filosilicatos (min de arcilla). Existe un límite de drenaje que depende de la Tª y de la naturaleza del sustrato, y que marcan la separación entre los 2 procesos:

Si no se alcanza estamos en el dominio de la SIALITIZACIÓN,

Si se sobrepasa estamos en el dominio de la ALITIZACIÓN.

La formación de suelos LATERÍTICOS tendrá lugar con un factor hídrico alto y una elevada Tª.

Comparando los 3 tipos de procesos edáficos (podsolización, sialitización y alitización o ferralitización) vemos que el pH es el que provoca la podsolización (no es un fenómeno zonal), mientras que sialitización y alitización o ferralitización (es un fenómeno zonal) son provocados por las características hidrodinámicas y térmicas.

El comportamiento del Fe en esta zona, bajo condiciones oxidantes acompaña al Al proceso de FERRALITIZACIÓN. Por el contrario en condiciones reductoras será LAVADO formando un nivel aluvial claro compuesto por hidróxidos de Al corresponde a una BAUXITA LATERÍTICA.

En zonas de PODSOLIZACIÓN, la acumulación de Si no es una formación definida desde el pto de vista geoquímico, ya que sigue disolviéndose, la ALITIZACIÓN sí lo es. Los productos de Neoformación son estables y no se disuelven mientras que no se modifique el pH

En la zona IV Aquí todo el Fe es inmovilizado junto al Al; Por el contrario la solubilidad de la Si aumenta. Los sequióxidos insolubles señalan condiciones FERRALÍTICAS, si el drenaje es intenso aunque es difícil que puedan coexistir con el pH alto; si por el contrario el drenaje está impedido, la acumulación de sales y el pH elevado corresponde a un suelo SALINO, con coexistencia de Neoformación de min ricos en bases.

En la zona V Con un pH++alto supone la solubilización del Al como anión junto con una alta movilidad de la Si y un margen muy restringido (pH = 11), solo puede corresponder a una acumulación fuerte de carbonatos alcalinos.

Todo los procesos vistos hasta ahora son destructivos y las posibilidades de solución y extracción de los productos de descomposición... ahora veremos las neoformaciones.

TEMA: EVALUACIÓN DE SUELOS

Concepto y objetivos:

La evaluación puede definirse como un sistema de clasificación que evalúa la capacidad del suelo para su uso óptimo (obtener > beneficio con una erosión<). El estudio de evaluación comprende varias fases, que van desde recopilación de datos, desarrollo de los cálculos evaluadores hasta la etapa final de expresión de los resultados. Puede ocurrir que se haga un estudio evaluador puntual (para 1 suelo o parcela concreta) pero normalmente abarca una zona determinada y hay que presentar los resultados en un mapa cartográfico, expuesto de forma sencilla para que pueda ser entendido por usuarios no especialistas.

Para evaluación de suelos se usan propiedades del suelo, características medio-ambientales (relativas a la S del terreno y al clima) que influyen en el uso del suelo; es por eso que para evaluación de suelos se emplea evaluación de tierras o evaluación de terrenos por ser un concepto + amplio. Un levantamiento de suelo exige amplios estudios del medio físico (clima, relieve, vegetación...) y no ceñirse a un estudio como pedón. La

evaluación de suelos resulta necesaria o conveniente solo si se producen cambios, se considera un requisito previo a la consideración de alternativas de uso del suelo.

- Cambio en el uso del suelo por exigencias socioeconómicas (explotación que deja de ser rentable o limitaciones gubernamentales) conservacionistas (para corregir la degradación).
- En la planificación regional y ordenación del territorio, la calidad del suelo ha de ser un criterio de programación (áreas de cultivos, lugar de pastos, z. De bosques, áreas recreativas, de ocio, reservas naturales, suelo urbano, industrial...).
- En operaciones oficiales (expropiaciones, concesiones, herencias..).
- En transacciones comerciales (particulares, créditos bancarios..).

Caracteres evaluadores:

La evaluación de suelos suele hacerse de manera indirecta a través de un conjunto de parámetros, los caracteres utilizados para la evaluación han de ser numerosos para que los resultados sean fiables. La utilidad del suelo es función de una serie de propiedades que se agrupan en: Intrínsecas, Extrínsecas, Nivel de manejo.

1-Propiedades intrínsecas son aquellas inherentes al suelo como los datos físicos químicos que se determinan de forma puntual, y que mediante la creación de un margen de variabilidad son extrapolables a una S de > 0 o < 0 tamaño. La extensión y los márgenes establecidos dependen de la escala, nivel de conocimientos y medios disponibles. Como caracteres intrínsecos del suelo tenemos: profundidad, textura, fragmentos gruesos, estructura, permeabilidad, m.o, nutrientes, sales solubles, capacidad de cambio, pH, grado de saturación, Al tóxico, salinidad, saturación en Na, mineralogía y horizonación.

2- Propiedades extrínsecas Aquellas que definen el medio en el que se desarrolla el suelo como: relieve, clima, vegetación y que justifican la ampliación del concepto suelo hacia tierras. Como caracteres extrínsecos tenemos: inclinación de pendiente, pedregosidad, rocosidad, drenaje externo, erosión, pluviometría y T^a

3-Factores de explotación y socioeconómicos Corresponde a las prácticas de explotación actuales potenciales y consecuencias que acarrear esas prácticas en el medio considerado. Aquí se incluyen unos parámetros como son : niveles de manejo, producciones, ventas, costos, red viaria.

Calidad del suelo:

La calidad del suelo se puede valorar en base a la idoneidad de sus propiedades. A continuación referimos distintos grados de adecuación de los parámetros + importantes desde el pto de vista de la calidad del suelo.

1.caracteres del suelo Los suelos poco profundos presentan $<$ volumen explorable por las raíces, lo que afecta al suministro del agua y nutrientes a las plantas

- **Profundidad:** . Las profundidades usuales de enraizamiento en condiciones favorables para algunos cultivos son: alfalfa 200 cm, cereales 120 cm, remolacha azucarera 120 cm, patata 70–80 cm, pradera 20–40 cm.

muy favorable	$>120\text{cm}$
favorable	120–180
Poco favorable	80–40
desfavorable	40–25
Muy desfavorable	<25

- **Textura:** Las texturas desequilibradas pueden originar varios problemas, las arenosas finas y limosas

son propensas a la erosión, la arenosa presenta baja capacidad de retención de agua y baja de suministro de nutrientes; las limosas, franco-limosas favorecen a la formación de encostramiento y apelmazamiento.

favorable	Equilibrada(text francas)
poco favorable	Poco equilibrada
desfavorable	desequilibrada

- **Contenido en fragmentos gruesos:** Disminuyen el volumen efectivo de suelo para almacenar agua, nutrientes y ser explorado por raíces; pueden dificultar cultivos de raíz, tubérculo y bulbo.

favorable	<10%
poco favorable	10-30
algo favorable	30-60
desfavorable	>60

- **Tipo de estructura y estabilidad:** Favorece el desarrollo radicular, la aireación, el drenaje y protege el suelo de la erosión.

favorable	Fina-media con grado de estabilidad media-eleva
poco favorable	Gruesa o poco estable
desfavorable	Particular, o muy inestable, o masiva y dura

- **Reserva de agua utilizable:**

muy favorable	>100 mm
favorable	100-70
poco favorable	70-40
desfavorable	40-20
muy desfavorable	<20

- **Drenaje interno:** Los drenajes desfavorables pueden

presentar capas de aguas temporales o z. altas de oscilación de capas freáticas permanentes. Los desfavorables originan capas freáticas semipermeables o permanentes. Presentan problemas por asfixia radicular. Los chopos a pesar de vivir en riberas y llanuras aluviales con capa freática no soportan una capa freática no circulante, por lo que requieren condiciones de buen drenaje. Los melocotoneros mueren en suelos con carácter ácuico.

muy favorable	Ninguna característica hidromórfica
favorable	Hidromorfía a + 80cm, poco marcada
poco favorable	Hidromorfía a + 40cm, poco marcada +80cm++marcada
desfavorable	Hidromorfía fuerte a partir de los 40cm
muy desfavorab	Reducción fuerte desde la superficie

- **Permeabilidad:** Las características anteriores de textura y estructura, reserva de agua, drenaje y permeabilidad, son fundamentales para la fertilidad.

Muy favorable	Dm/hora
favorable	Cm/hora
desfavorable	Mm/hora

• **Contenido en m.o:**

muy favorable	>5%
favorable	5-2
poco favorable	2-1
desfavorable	<1

• **Capacidad de cambio de cationes:**

muy favorable	>40 meq/100gr de suelo
favorable	40-20
poco favorable	20-10
desfavorable	<10

• **Grado de saturación:**

muy favorable	> 75%
favorable	75-50
poco favorable	50-30
desfavorable	30-15
muy desfavorable	<15

• **PH:**

favorable	7,3-6,7
poco favorable	6,7-5,5 7,3-8,0
desfavorable	5,5-4,5 8,0-9,0
muy desfavorable	<4,5 >9,0

Los parámetros anteriores de m.o, capacidad de cambio, grado de saturación y pH regulan la fertilidad del suelo.

- **Carbonatos:** La presencia de ión bicarbonato en el agua del suelo puede bloquear la absorción de Fe, provocando clorosis férrica.

favorable	<7% de caliza activa
poco favorable	7-15
desfavorable	15-25
Muy desfavorable	>25

- **Salinidad:** Las aguas seleniosas(las que resultan de la disolución del yeso) crean problemas al atacar el hormigón normal.

favorable	<2 mmhos
------------------	--------------------

algo favorable	2-4
poco favorable	4-8
Muy poco favorable	8-16
desfavorable	>16

II. Caracteres de la zona

• Pendiente:

favorable	<2%
algo favorable	2-6
poco favorable	6-12
muy poco favorable	12-25
Muy desfavorable	>25

• Pedregosidad superficial:

Favorable	<2%
algo favorable	2-15
poco favorable	15-25
desfavorable	35-55
Muy desfavorable	>55

• Rocosidad superficial:

favorable	<2%
algo favorable	2-10
poco favorable	15-25
Muy poco favorable	25-50
desfavorable	>50

La pedregosidad y rocosidad dificultan el laboreo, la preparación de la cama de siembra, la nascencia, la implantación del cultivo y la densidad de las plantas; e igualmente la siega y recolección de los cultivos.

• Erosión:

Muy poco sensibles	Ninguna figura de erosión(<10Tm/ha/año)
poco sensibles	Se observan surcos y depósitos(10-20)
Sensibles	Abundantes signos de erosión(20-100)
muy sensibles	Suelo fuertemente decapitado(>100)

• Pluviometría:

Favorable	>1000mm/año
algo favorable	1000-600
poco favorable	600-300
desfavorable	<300

• **Heladas:**

Favorable	<1 mes
algo favorable	1-3
desfavorable	3-6
Muy desfavorable	>6

RESUMIENDO : Un suelo con condiciones ideales debe presentar las siguientes propiedades:

- Buena profundidad (>120 cm).
- Textura equilibrada (franca).
- Bajo contenido en gradas.
- Estructura desarrollada de tamaño fina a mediana y estable.
- Capacidad de cambio media o elevada(>20 meq/100gr de suelo)
- pH cercano a neutralidad(7,5-6,5)
- Alto contenido en m.o(>3%)
- Relación C/N> 10
- Saturado>80%
- Bajo contenido en carbonatos(<7% de caliza activa)
- Alta reserva de agua utilizable(>100mm)
- Favorable drenaje interno(ningún rasgo hidromórfico)
- Permeabilidad alta(al menos cmm/hora)
- Ausencia de horizontes cementados o endurecidos
- Ausencia de salinidad(<2 mmhos)
- Situado en una pendiente favorable (<2%)
- Sin pedregosidad y sin rosidad superficial (ambas <2%)
- No sensible a la erosión(< 10 Tm/ha/año)
- Sometido a un clima benigno con altas pptciones (>1000mm) altas T^a (ausencia de heladas y granizo)y ausencia de fuertes vientos.

Sistemas de evaluación:

Existen numerosos métodos de evaluación, unos valoran el grado de idoneidad de las propiedades, otros ponen + interés en la posible existencia de los factores limitantes para el uso del suelo.. Éstos últimos son los + coherentes ya que lo verdaderamente va a limitar el uso del suelo son su características negativas(factor limitantes).

Los sistemas llamados Capacidad de Uso(Land Capability) evalúan la capacidad de suelo para usos generales muy amplios(cultivos, pastos, bosques,..) mientras que los llamados Aptitudes Específicas (Land Suitability) valoran la aptitud del suelo para usos concretos, como cultivos de trigo, patata,...etc.

Unos métodos utilizan criterios cualitativos otros parámetros cuantitativos. Los sistemas cualitativos generalmente se emplean en estudios de reconocimiento cuyo objetivo es una evaluación general de amplias zonas. Los métodos cuantitativos se usan para estudios más detallados, se necesita + información de los suelos para construir el sistema evaluador y a la hora de emplearlo, con estos es + fácil clasificar los suelos y además son + objetivos.

Según la utilización de los caracteres diferenciadores, podemos hablar de sistemas categóricos y paramétricos. En los sistemas categóricos los suelos se agrupan en un pequeño n° de clases; en los sistemas paramétricos el resultado final se expresa en términos numéricos o categorías establecidas mediante umbrales numéricos. Pueden ser aditivos o con esquema multiplicativo. Los multiplicativos(Índice = a.b.c.d..) ofrecen mejores resultados porque siguen la ley del mínimo. Los aditivos (Índice =a+b+c+d+...) dan una evaluación que puede ser correcta desde un pto de vista teórico pero proporcionan evaluaciones poco realistas porque no tienen en

cta las graves consecuencias que implica la existencia de un factor limitante.

En general se admite que los métodos paramétricos son:

- Fáciles de aplicar.
- Simples.
- Objetivos, seguros y específicos.
- Fáciles de modificar.
- Fáciles de adaptar a nuevos usos.

Muchos métodos evalúan las capacidades y aptitudes actuales de los suelos; Otros tienen en cta los efectos beneficiosos que resultan como consecuencia de introducir determinadas mejoras entonces hablamos de evaluaciones potenciales.

Clases agrológicas:

El método fue elaborado por el Soil Service de USA, según el sistema propuesto por Klingebiel y Montgomery(1961). Ha sido ampliamente utilizado, en España se ha adaptado.... Es un sistema categórico que utiliza **criterios cualitativos**. Se evalúa la capacidad de uso de suelos para uso agrícola en general, con fundamento en las limitaciones que presentan. Como factores que restringen el uso del suelo, unos se usan para definir la capacidad productiva (intrínsecos: profundidad del suelo, textura, permeabilidad, pedregosidad, rocosidad, salinidad, manejo del suelo.

Extrínsecos: Tª y pluviometría) y otros valoran la pérdida de productividad (pendiente del terreno y el grado de erosión). Se consideran 5 sistemas de explotación agrícola : Laboreo permanente, Laboreo ocasional, Pastos, Bosques y Reservas naturales. Luego se trata de un sistema para catalogar la producción máxima con mínimas pérdidas de potencialidad. Con estos criterios el Servicio de Conservación de Suelos de USA ha establecido 8 clases, con limitaciones crecientes desde la 1 a la 8; En función de la utilización permitida se pueden agrupar en 4 grupos:

Grupo I: Laboreo permanente(o cualquier tipo de explotación)

clases I, II y III.

Grupo II: Laboreo ocasional (pastos bosques o reservas naturales) **clase IV.**

Grupo III: No laboreo, solo pastos (forestal o reserva natural) clases V, VI y VII.

Grupo IV: Reservas naturales, **clase VIII.**

La inclusión de un suelo en una clase agrológica se hace de manera inversa, es decir, no se busca su capacidad sino su grado de limitación respecto de 1 parámetro en función de un uso concreto.

Dependiendo del tipo de limitación se establecen subclases agrológicas, que son:

e Riesgos de erosión, se asigna a suelos que presentan erosión o son susceptibles a esta.

w Limitaciones del suelo. Drenaje superficial, capa freática alta o riesgo de inundación.

s Limitaciones del suelo. Escasa profundidad, alta pedregosidad, baja fertilidad(aquellos factores que limiten el desarrollo radicular).

c Limitaciones climáticas (T^a y humedad).

Las clases son definidas con criterios generales... una vez valorados todos los parámetros, la clase agrológica se obtiene automáticamente mediante la **Tabla I** (en la siguiente página) Para esto se sitúa el carácter en el centro del cuadro. Los caracteres que configuren la capacidad agrológica tienen idéntico peso. Una misma clase engloba a suelos muy diferentes, al ser un solo parámetro (el factor limitante) el que clasifica al suelo dentro de una determinada clase.

Con este sistema se obtiene una clasificación muy general de la capacidad del suelo, porque prescinde de numerosas características de los suelos (de mucho interés) su utilización resulta bastante subjetiva. Es frecuente que en su aplicación se introduzcan **criterios cuantitativos** (a cada parámetro se le asignan unos intervalos en cada clase), **tablas II y III**

Las principales características de las 8 clases las relacionamos a continuación y son:

Clase I: Los suelos de esta clase solo tienen ligeras limitaciones permanentes o riesgos de erosión. Son excelentes. pueden cultivarse con toda seguridad con métodos ordinarios. Estos suelos son profundos, productivos, de fácil laboreo y casi planos; no presentan riesgo de encharcamiento pero pueden perder fertilidad.

Cuando los suelos de esta clase se emplean para cultivo, necesitan labores que mantengan su fertilidad y preserven su estructura. Entre ellas se encuentra: el abonado, la aplicación de caliza, las cubiertas o el abonado en verde y aplicación de restos de cosecha además de las rotaciones de cultivos.

Clase II: Esta clase está formada por suelos que están sujetos a limitaciones moderadas por el uso. Presentan un peligro limitado de deterioro; Son suelos buenos, pueden cultivarse mediante labores adecuadas de fácil aplicación. Éstos suelos se diferencian de los de la clase I, la principal diferencia es: –presentan pendiente suave luego pueden sufrir erosión moderada, –tienen una profundidad mediana luego pueden inundarse ocasionalmente y necesitan drenaje; Cada uno de éstos factores requiere atención especial. Los suelos pueden necesitar prácticas comunes como: cultivo a nivel, fajas, rotaciones (encaminadas a la conservación del suelo), mecanismos de control de agua o métodos de labranza peculiares. Frecuentemente requieren combinación de éstas prácticas.

Clase III: Los suelos de ésta clase están sujetos a importantes limitaciones en su cultivo, presentan serio riesgo de deterioro. Son suelos medianamente buenos, pueden cultivarse regularmente siempre que se les aplique una rotación de cultivos adecuada o un tratamiento pertinente. Tienen pendientes moderadas luego + riesgo de erosión y una fertilidad + baja.

Sus limitaciones y riesgos (son > que la los de la clase II) con frecuencia restringen las posibilidades de elección de los cultivos o del calendario de laboreo y siembra. Requieren sistemas de cultivo que proporcionen una adecuada protección vegetal, para defender el suelo de la erosión y preservar su estructura (fajas, terrazas, bancales...). puede cultivarse heno u otros herbáceos en lugar de cultivo de surco. Necesitan una combinación de distintas prácticas para que el cultivo sea seguro.

Clase IV: Está compuesta por suelos con limitaciones permanentes y severas, son suelos malos. Pueden cultivarse ocasionalmente si se les trata con gran cuidado. Generalmente deben limitarse a cultivos herbáceos. Presentan características desfavorables, con frecuencia se encuentran en pendientes muy fuertes sometidos a una intensa erosión. Su adecuación para el cultivo es muy limitada. Generalmente son dedicados al heno o a pastos, aunque puede obtenerse de ellos una cosecha de grano cada 5° 6 años, en otros casos puede tratarse de suelos someros o moderadamente profundos, de fertilidad baja o localizados en pendientes moderadas.

Clase V: Los suelos de esta clase deben mantener una vegetación permanente, pueden dedicarse a pastos o

bosques. No tienen limitaciones porque sus riesgos son reducidos. Sin embargo no permiten el cultivo por su carácter encharcado, pedregosos o por otras causas. La tierra es casi horizontal; sólo se encuentra una ligera erosión si se explota correctamente. El pastoreo debe ser regulado para evitar la destrucción de la cubierta vegetal.

Clase VI: Los suelos deben emplearse para pastoreo o la silvicultura y su uso conlleva riesgos moderados. Se encuentran sujetos a limitaciones permanentes (pero moderadas) y son inadecuadas para el cultivo. Su pendiente es fuerte o son muy someros. No se debe permitir el pastoreo porque destruye la cubierta vegetal.

La tierra de esta clase es capaz de producir forraje o madera cdo se administra correctamente; Si se destruye la cubierta vegetal se debe restringir el uso hasta que se vuelva a generar. Las tierras de este grupo son + pendientes y están + sujetas a la erosión que las de la clase IV.

Clase VII: Los suelos están sujetos a limitaciones permanentes y severas cdo se emplean para pastos o silvicultura. Son suelos pendientes, erosionados, accidentados, someros, áridos o inundados. Su valor para obtener algún aprovechamiento es mediano o pobre y debe manejarse con cuidado. En z. De pluviosidad fuerte éstos suelos deben usarse para sostener bosques, en otras áreas se usan para pastoreo (en este caso deben extremarse el rigor y el cuidado del manejo).

Clase VIII: Éstos suelos no son aptos para silvicultura ni pastos. Deben emplearse para uso de la fauna silvestre, esparcimiento o usos hidrológicos. Son suelos esqueléticos, pedregosos, rocas desnudas, z.pantanosas...