

2. GAIA

LURZORUEN OSAGAIK

E. Saez de Camara Oleaga



Ingeniaritza Goi Eskola Teknikoa
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Bilbao



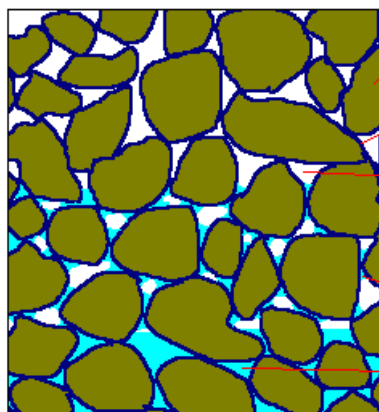
CC0 lizentziapean <http://pixabay.com> webgunean argitaratutako argazkia

OCW UPV/EHU 2015
EDAFOLOGIA
2. GAIA: LURZORUAREN OSAGAIK
E. Saez de Camara Oleaga

Lurzoruen osagaiak. Sarrera

Lurzorua **sistema irekia** (materia eta energia sarrera eta irteerak ditu), **dinamikoa** (etengabe eratzen eta eraldatzen ari da) eta **faseaniztuna** da (modu desberdinez egituratutako hainbat osagaien nahastea da).

Lurzoruaren osagaiak



Fase solidoa

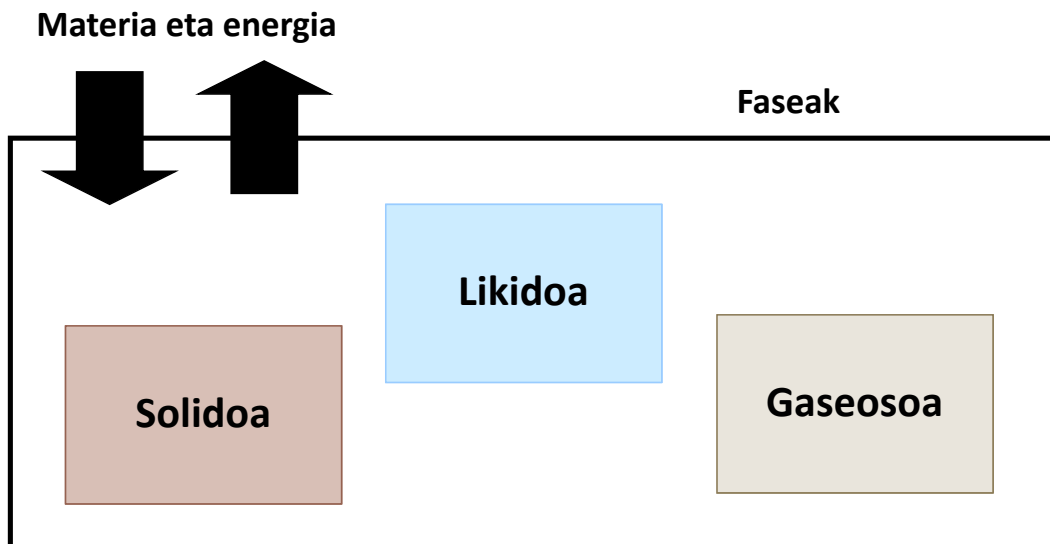
Lurzoru asegabea

Fase gaseoso

Fase likidoa

Lurzoru asetua

Zehazki, lurzoria elkarrengatik duten hurrengo hiru faseek osatzen dute: fase solidoa, fase likidoa eta gaseosoak.

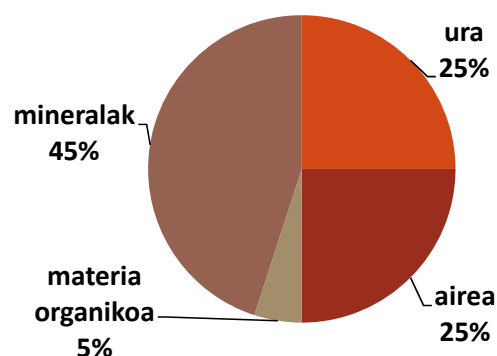


3

Lurzoruen faseen ugaritasuna

- **Fase solidoa.** Bolumenaren %50a. Materia organikoa eta mineral-partikulek osatzen dute. Heterogeneoa. Lurzoruen euskarria da.
- **Fase likidoa** edo **lurzoru-disoluzioa.** Bolumenaren %25a. Elkarrekintzarako ingurunea da.
- **Gas-fasea** edo lurzoru-atmosfera. Bolumenaren %25.

Oharra: Azken bi faseen proportzioak (%25) aldakorrak dira.



4

2.1. LURZORUEN FASE SOLIDOA (I): MINERALAK

1. Mineralak. Sarrera
2. Silikatoak. Silikato-motak
3. Mineralen egonkortasuna
4. Sailkapena

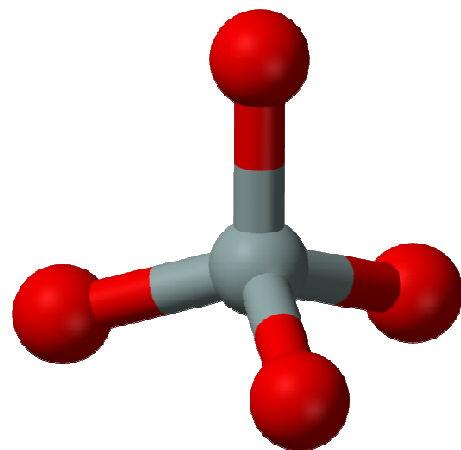
E. Saez de Camara Oleaga



Ingeniaritza Goi Eskola Teknikoa
 Escuela Técnica Superior de Ingeniería
 Bilbao

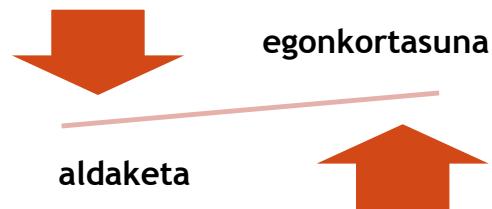
2.1.1. Fase solidoa. Mineralak. Sarrera.

Frakzio mineralak lurzoruaren bolumenaren gehiengoa hartzen du (%45-50 eta fase solidoaren %90-99). Lurzoruko mineralen artean **silikatoak** gailentzen dira.



**Silikatoen oinarrizko unitatea:
 siliziozko tetraedroa**

2.1.3. Mineralen egonkortasuna



Mineralen faktoreak

1. Osaera
2. Egitura
3. Tamaina
4. Esfoliazioa eta hauskortasuna
5. Inklusioak

Lurzoruaren faktoreak

1. Temperatura
2. Hezetasuna eta drainatzea
4. Azidotasuna/alkalinitatea
5. Erredox potentziala
6. Faktore biotikoa



Egonkortasunaren neurketa

1. Esperimentalki

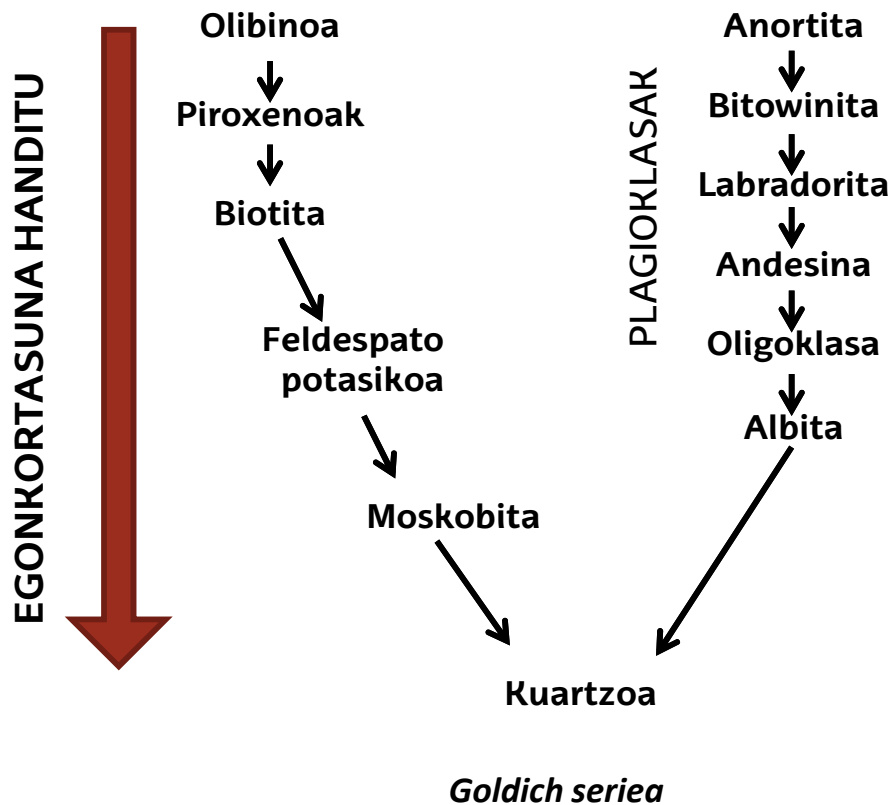
- Mineralen eraso laborategian
- Harri gordinen eta eraldatutako materialen behaketa eta alderaketa lurzoruan bertan (*in situ*).

Goldich (1938) arrokak aztertuz hurrengoaz jabetu zen: “temperatura eta presio altuen eraginpean sortutako mineralak temperatura eta presio baxuetan sortutakoak baino askoz ere ezegonkorragoak dira.” 10 gradutako eskala edo segida bat ezarri zuen. Honek Bowenen kristalizazio-seriearen patroia jarraitzen du.

2. Teorikoki

Keller edo Reicherren ekuazioak aplikatuz





2.1.4. Mineralen sailkapena

Mineralen jatorria eta egonkortasuna elkarri lotuta daude. Hiru mineral mota ezberdintzen dira jatorriaren arabera:

- **Mineral heredatuak edo lehen mailako mineralak**
Zuzenean, eraldaketarik jasan gabe, ama-harritik lurzorura iragan. Mineral oso egonkorak dira. *e.g.* kuartzoa. Harea-frakziozkoak.
- **Mineral eraldatuak edo bigarren mailako mineralak**
Edafogenesian prozesuan zehar eraldatutako mineralak.
- **Formazio berriko mineralak edo neoformaziozko mineralak.**
Hainbeste eraldatu dira mineralak non ia ezinezkoa den horien eta ama-harriaren arteko erlazioa ezartzea. Mineral ezegonkorak dira. Buztina-frakziozkoak.





2.2. LURZORUEN FASE SOLIDOA (II): MATERIA ORGANIKOA

1. Materia organikoa. Sarrera
2. Osaera kimikoa
3. Eraldaketa. Humifikazio eta mineralizazioa
4. Sailkapena
5. Propietateak

2.2.1. Fase solidoa. Materia organikoa. Sarrera

Izaki bizidunak, mikroskopikoak nahiz tamaina handikoak, materia organiko gordina eta materia organiko eraldatua (hau da, **humusa**) osatzen dute lurzoruko materia organikoa (MO).



Lurzoru gramu bakoitzeko...
 10000-10000000 organismo
 (**mikroflora**)
 1000- 100000 organismo
 (**mikrofauna**)

CC0 lizentziapean <http://pixabay.com> webgunean argitaratuta

2.2.2. Materia organikoaren osaera kimikoa

Materia organikoa gainazaleko horizonteetan pilatzen da eta bere kontzentrazioak behera egiten du sakontasunarekin batera. Honen elementurik ugarienak **karbonoa** eta **oxigenoa** dira.

Elementua	Frakzioa
C	% 70-80
O	% 34-39
H	% 3.3-4.8
N	% 3.7-4.1
S, P, Mg, Fe eta Mo	% txikiagoa



2.2.3. Materia organikoaren eraldaketa

1. HONDAKIN ORGANIKOEN ZATIKATZEA

- Hasierako eraldaketa
- Pilaketa eta zatikatze mekanikoa. Hondakin organikoak (orbela, zurtoinak, adarrak,...) lurzoruaren gainazalera iritsi eta bertan metatzean izakiek hondakin gordin horiek zatikatzen dituzte, hurrengo etaparako prestatuz.

2. HUMIFIKAZIOA

Zatikaturako hondakin organiko gordinen eraldaketan datza. Hondakin-puska horiek zeharo galtzen dute beren egitura, material amorfo bat emanez: **humusa**. Gero, apurka humusa mineralekin nahasten da **konplexu organo-mineralak** eratuz.



Aurreko bi prozesuen, humifikazioa eta mineralizazioaren, **aldiberekotasuna** dela bide, lurzoruan berean era askotako osagai organikoak aurki daitezke: sustrai gordinak, mikroorganismo biziak, usteldutako materia organikoa, azido humikoak... honek azaltzen du osagai honen **heterogeneotasuna**.

Lurzoru gehienetan bi prozesu horien tasa parekoa denez, materia organikoaren kontzentrazioa konstante mantentzen da.

Mineralizazio-tasa \approx Humifikazio-tasa

Tasa horiek hondakin organikoen ezaugarrien eta inguruneko baldintzen arabera dira.



Materia organikoaren edukiera, mota eta antolaketa baldintzatzen duten faktoreak

1. Klima: prezipitazioa eta tenperatura
2. Landaredia: C/N erlazioa. Landare hobetzaileak vs azidifikatzaileak
3. Lurzoruaren egitura
4. Jarduera biologikoa
5. Lurzoruaren kokapena: erliebea eta paisaia
6. Jatorrizko materiala: ama-harriaren izaera
7. Buztinen mineralogia
8. Lurzoruaren erabilera: lurzoru naturalak vs nekazal-lurzoruak



2.2.4. Materia organikoaren sailkapena

1. Materia organikoaren egoeraren arabera

- **Materia organiko gordina**

Bizirik dagoen materia organikoa

- Mikroorganismoak: bakterioak, onddoak,...
- Mesofauna eta mesoflora
- Makroorganismoak: satorrak, saguak, goroldiak, zuhaitzak,...

- **Materia organiko eraldatua**

Hilik dagoen materia organikoa

- Iraitzitako produktuak, hondakin organikoak,...



21

2. Solubilitate eta dentsitatearen arabera

- **Partikula moduan dagoen materia organikoa.** Tamaina handiko hondakin organikoek osatzen dute. Horien egitura identifikatu daiteke. Metodo fisikoen bidez bereizi ahal dira. Hauskorra eta ezegonkorra.
- **Koloide moduan dagoen materia organikoa.** Eraldatutako materia organikoak osatzen du. Egonkorragoa eta pisutsuagoa da.
- **Disolbatuta dagoen materia organikoa.** Oro har, nahiko eskasa da.
- **Ikaztuta dagoen materia organikoa. *Black carbon*.** Sute eta landare-erreketatik eratorria. Oso egonkorra eta errekaltzitrantea da.



22

3. Garapen graduaren arabera

- **Substantzia ez humikoak**

Eraldatu edo humifikatu gabeko hondakin organiko gordinek osatzen dute multzo hau. Humusaren lehengaia dira.

- Monomeroak

- **Substantzia humikoak**

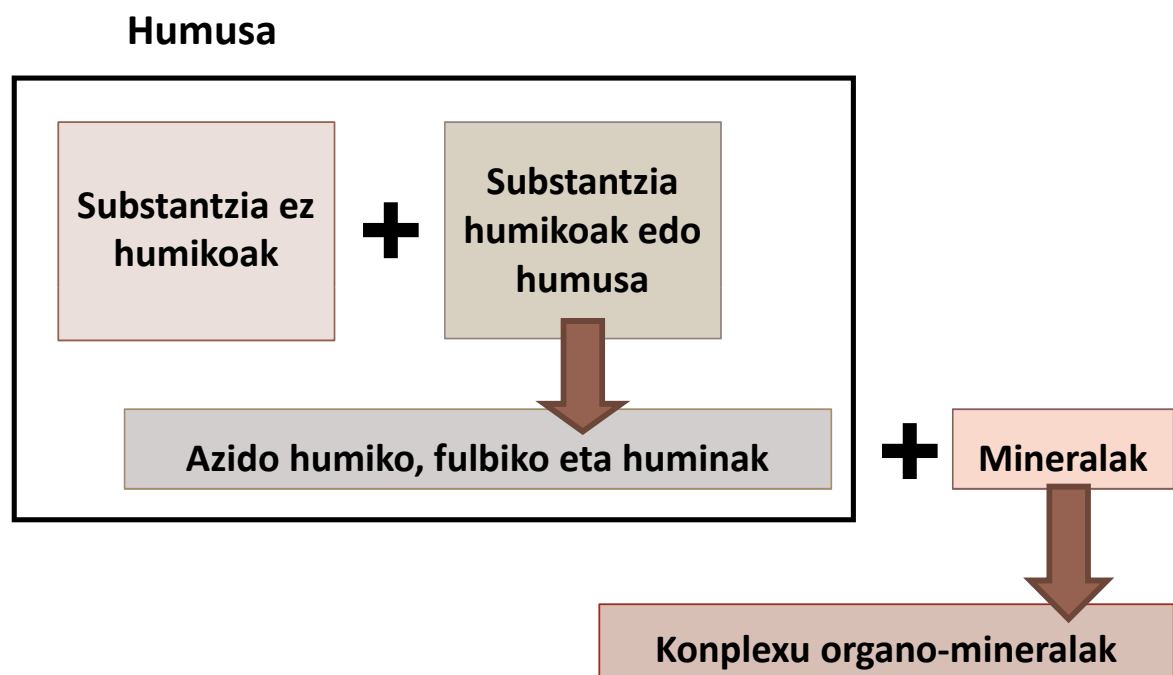
Eraldatutako materia organikoa da. Koloide moduan buztinari edo burdin eta aluminio oxido edo hidroxidoei sendoki lotuta ageri ohi dira.

- Makromolekula konplexuak

Osagai nagusiak: **Azido humikoak, azido fulbikoak eta huminak**



23



24

2.2.5. Materia organikoaren propietateak

Materia organikoa dinamikoa denez, materia organikoaren propietate fisiko, kimiko eta biologikoak lurzoruen kalitatearen **adierazle** moduan erabiltzen da.

Propietate fisikoak

1. Egitura egokia eta egonkorra izan dezan laguntzen du.
2. Ura gordetzeko ahalmen izugarria du.
3. Lurzorua erosio edo higaduratik mantentzen du.
4. Temperatura mantentzen du.



25

Propietate kimikoak

5. Materia organikoak dituen propietate koloidalen (gainazal espezifikoa + karga elektrikoa) ondorioz ...
 - Mantenuzkoak biltegitzeko ahalmen itzela du.
 - Kutsadurarekiko *iragazki* moduan jarduten du.
6. Lurzoruko partikulen dispartzio/flokulazio egoeran eragina du.
7. Lurzoruaren pH mantentzen du.

Propietate kimikoak

8. Elikagai- eta energia-iturrien sorlekua da.
9. Berotegi gasak biltegitzen ditu.



26



2.3. LURZORUEN FASE LIKIDOA

1. Jatorria eta osaera
2. Funtzioak
3. Hezetasuna neurtzeko parametro eta metodoak
4. Uraren egoera energetikoa
5. Ur-motak

2.3.1. Fase likidoaren jatorria eta osaera

Fase likidoa porodun espazioa guztiz ala zati batean ($\approx 25\%$) betetzen duen ur-disoluzioa da. Litosferaren eta organismo bizidunen arteko bitartekaria da.

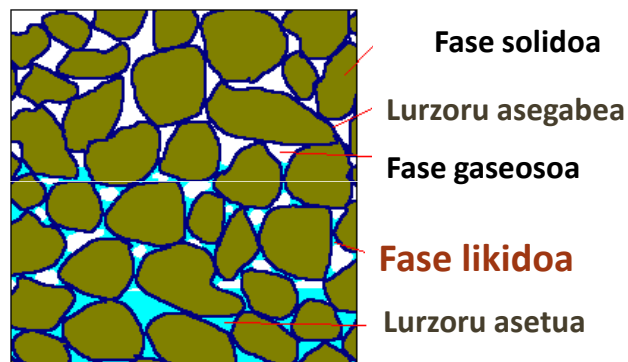


Lurzoruko disoluzio honek zenbait **substantzia inorganiko** (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ eta K^+ ; Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- eta NO_3^-) eta **organiko** daramatza disolbatuta baita tamaina txikiko **partikulak** ere.

URAREN JATORRIA	SOLUTU ETA PARTIKULEN JATORRIA
<ul style="list-style-type: none"> • Atmosfera: prezipitazio ura, elurra, txingorra, lainoa, ... • Beste iturri batzuk: alboetako infiltratzeak, eremu askea, ... • Ureztatze-urak 	<ul style="list-style-type: none"> • Mineralen eta materia organikoaren eraldaketa • Ongarri naturalen eta ongailu kimikoen ekarpenak



2.3.2. Fase likidoaren funtzioak

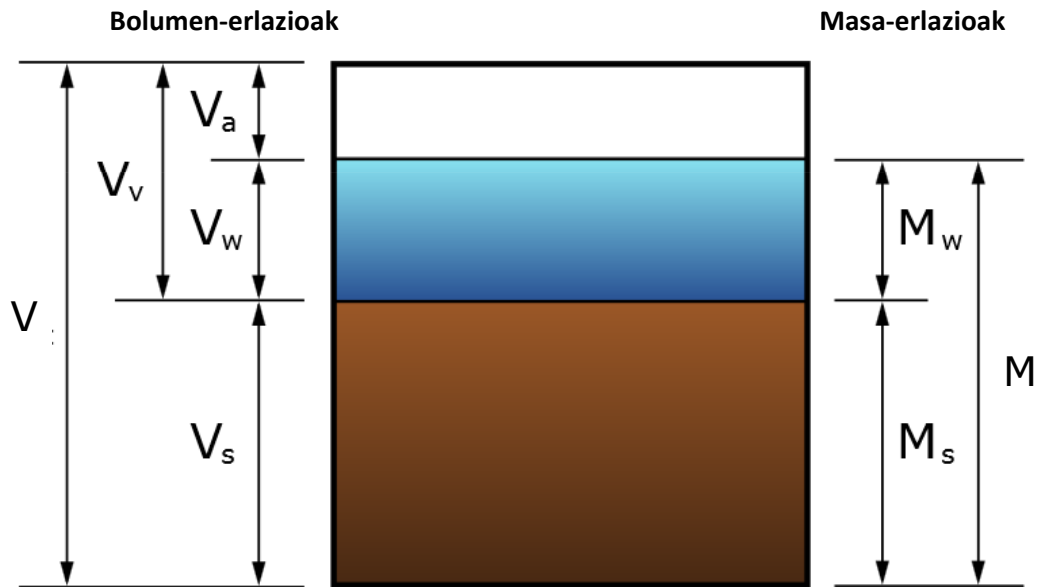


“Urik gabe, ez dago lurzorurik”?

Bai, urak berebiziko garrantzia duten **funtzioak** betetzen ditu eta. Fase honetan gertatzen dira elkartruke-prozesu gehienak.



2.3.3. Lurzoruen hezetasuna neurtzeko parametro eta metodoak



Egilea: Sihan81; CC-BY-SA-3.0 lizentziapean
<http://commons.wikimedia.org> webgunean argitaratuta

Kontzeptu edo aldagaia	Sinboloa	Ekuzio dimentsionala
Itxurazko dentsitatea	ρ_b	$M \cdot L^{-3}$
Dentsitate hezea	ρ_t	$M \cdot L^{-3}$
Dentsitate erreala	ρ_s	$M \cdot L^{-3}$
Ur-masaren frakzioa	w	$M \cdot M^{-1}$
Bolumenezko frakzioa	θ	$L^3 \cdot L^{-3}$
Ur-bolumenaren frakzioa	θ_w	$L^3 \cdot L^{-3}$
Aire-bolumenaren frakzioa	θ_a	$L^3 \cdot L^{-3}$
Solido-bolumenaren frakzioa	θ_s	$L^3 \cdot L^{-3}$
Asetasun-indizea	s	$L^3 \cdot L^{-3}$
Lurzoruen masa	M	M
Airearen masa	M_a	M
Uraren masa	M_w	M
Solidoen masa	M_s	M
Porositatea	P	$L^3 \cdot L^{-3}$
Pororatioa	e	$L^3 \cdot L^{-3}$
Hezetasun-ratioa	C	$L^3 \cdot L^{-3}$
Lurzoruen bolumea	V	L^3
Aire-bolumena	V_a	L^3
Ur-bolumena	V_w	L^3
Solido-bolumena	V_s	L^3
Porobolumena	V_v	L^3



Hezetasunaren neurketa

1. Metodo grabimetrikoa.

Lurzoru-lagin bat hartu, pisatu eta labe batean sartzen da (105°C) duen ura lurrundu dadin. Hasierako eta amaierako pisuen arteko diferentziak **gutzizko ur kantitatea** izango da.

$$\text{Hezetasuna} = \frac{(m_{\text{hezea}} - m_{\text{lehorra}})}{m_{\text{lehorra}}} \cdot 100$$

Garrantzitsuagoa da bere **egoera energetikoa** ezagutzea, hau da, ura atxikitzen eta askatzen duen indarren arteko balantzea, hortaz...



33

Egoera energetikoaren neurketa

2. Tensiometroa

Landan bertan (*in situ*)

Urez beteriko kapsula porotsu batez eta hermetikoki itxita dagoen hodi batez osaturiko gailua. Honi manometro bat akoplatzen zaio, lurzoruaren **sukzio-presioa** neurtzeko.



Egilea: Prashanth Vishwanathan
CC-BY-SA-3.0 lizentziapean <http://www.flickr.com> webgunean argitaratuta



34

Tentsiometroen neurketa zeharkakoa da. Tentsiometroen bitartez ur-kantitatea zenbatetsi ahal izateko, aldez aurretik, lurzoru-mota bakoitzarentzat sukzio-presioa eta ur-kantitatea erlazionatzen dituen grafikoa eraiki behar baita.

3. Presio plakak

Laborategian (*ex situ*).

Lurzoru-laginak bi plaken arteko espazioan sartu eta konpresore baten bitartez apurka konprimitzen da. Aplikaturiko presioak sukzio-presioa berdintzen duenean ura lurzorutik ateratzen da. Neurketa hau zeharkakoa da ere.



2.3.4. Uraren egoera energetikoa lurzoruetan

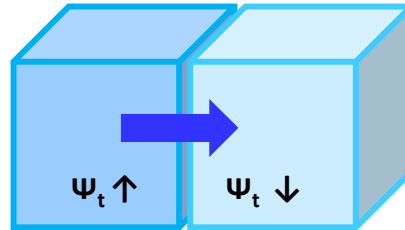
Lurzoruan uraren mugimendu-abiadura hutsala denez, bere egoera energetikoa **energia potentzialak** mugatuko du. Uraren egoera energetikoa ezaugarritzeko **potenzial hidrikoa** (ψ_t) izeneko parametroa erabiltzen da. Lurzorutik ur-kantitate unitate bat erauzteko aplikatu beharreko lana adierazten du.

$$\Psi_t = \psi_g + \psi_p + \psi_m + \psi_o$$

- non
- ψ_g = Potenzial grabitazionala
 - ψ_p = Presio hidrostatiakoaren potentziala
 - ψ_m = Potenzial matriziala
 - ψ_o = Potenzial osmotikoa



Ura potentzial handieneko puntuetatik potentzial txikiagoa dutenetara mugitzen da.



Potentzial hidrikoaren unitateak

Energia uraren pisu-unitateko

Presio hidrostatikoa (cm)

Energia uraren bolumen-unitateko

Presioa (atm)

Potentzial hidrikoaren balioak oso handiak direnez, maiz potentziala adierazteko **pF** adierazpena erabiltzen da $pF = -\log(P \text{ (cm)})$



Potentzial hidrikoaren osagaiak

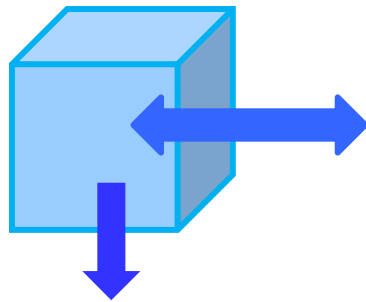
- **Potentzial grabitazionala (ψ_g)**. Grabitazio indarraren ondorioz, urak berez beherago dauden posizioetara mugitzeko joera du.
- **Presio hidrostatikokoaren potentziala (ψ_p)**. Puntu batean ur zutabeak eragiten duen indarraren ondorioa. Arbuigarria lurzoruetan (salbu urez asetuta daudenak).
- **Potentzial matriziala (ψ_m)**. Uraren eta lurzoruko partikula solidoen arteko elkarrekintzaren ondorioa da. Bi indarrei zor zaie: Adsortzioa eta Kapilaritatea.
- **Potentzial osmotikoa (ψ_o)**. Kontzentrazio desberdineko bi soluzioen artean sortzen den presio-diferentziak eragiten du.

Potentzial matrizialaren eta osmototikoaren baturari **sukzio-potentzial** deritzo.



Eskuarki, presio hidrotatikoaren potentziala arbuigarria da, beraz, uraren potentziala ondoko hiru potentzialen baturak emango du:

$$\psi_t = \psi_g + \psi_m + \psi_o$$



Sukzio-potentziala >
Potentzial grabitazionala
 $\psi_g < \psi_m + \psi_o$

Sukzio-potentziala <
Potentzial grabitazionala
 $\psi_g > \psi_m + \psi_o$

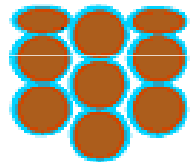


2.3.5. Ur-motak

Ikuspuntu fisikoa

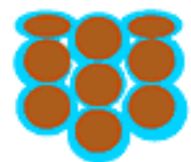
1. Ur higroskopikoa

Poro mikroskopikoetan ezartzen den ura da. Bolumena txikia izaten da. Ez da mugitzen, gainazal-tentsioaren indarrek indartsuki atxikitzen baitute.



2. Ur kapilarra

Kapilar tamainako poroetan ezartzen den ura da. Aurrekoa ez bezala, mugi daiteke. Bi ur kapilar mota bereizten dira:

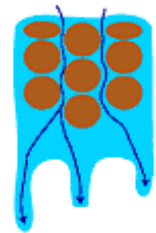


2.a) Ur kapilar ez xurgakorra. Kapilarren $d < 0.2 \mu\text{m}$. Indartsuki atxikita ere.

2.b) Ur kapilar xurgakorra. Kapilarren d 0.2- 8 μm . Ez dago hain sendoki atxikita. Funtsezko erreserba da lehorre garaietan.

3. Ur-grabitazionala edo perkolaziozko ura

Grabitatearen eraginez aske beherantz mugitzen den ura da. Abiaduraren arabera bi mota bereizten dira:



3.a) Fluxu moteleko ur grabitazionala. Poroak 8-30 μm . Lurzoru-profila zeharkatzeko 10-30 egun behar ditu.

3.b) Fluxu azkarreko ur grabitazionala. Poroak $> 30 \mu\text{m}$. Nahiko azkar mugitu eta akuiferoetan metatzen da.



Aurreko ur-motetatik zeintzuk dira erabilgarriak landareentzat?

Ur erabilgarria (xurgakorra)

Poroen diametroa 0.2 – 30 μm

- ✓ Fluxu moteleko ur grabitazionala
- ✓ 0.2-8 μm arteko kapilarretan biltegitratutakoa

Ur ez erabilgarria (ez xurgakorra)

Poroen diametroa $< 0.2 \mu\text{m}$ edo $> 30 \mu\text{m}$

- ✓ Higroskopikoa
- ✓ Fluxu azkarreko ur grabitazionala
- ✓ 0.2 μm baino txikiagoko kapilarretan biltegitratutakoa



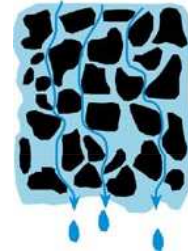
Ikuspuntu agronomikoa

1. Gehienezko edukiera (GE)

Lurzoruak duen ur-kantitatea partikulen arteko poro edota hutsune guztiak urez beterik daudenenean.

$$V_a = 0 \rightarrow V_v = V_w$$

$$s = 1$$



2. Atxikipen-edukiera (AE)

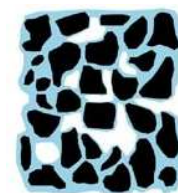
Lurzoruak bil dezakeen ur-kantitate maximoa. Prezipitatu ondoren fluxu azkarreko ur grabitazionala galdu ostean duen lurzoruko ura da. Edukiera hau zehaztasunez neurtzea zaila denez ...



43

3. Eremu-kapazitatea (EK)

Lurzoruak biltzen duen ur-kantitatea da bizpahiru egunetako drainatze askea eta gero. Parametro hau muga batzuk baditu ere, oso erabilgarria da aplikazio askotarako.



4. Ur-kapazitatea zimeltze-puntuan (ZP)

Landareek ura xurgatu ezin duten atalasean lurzoruko ur-kantitatea da.

ZP= ur higroskopikoa + ur kapilar ez xurgakorra



5. Ur-erabilgarria (UE)

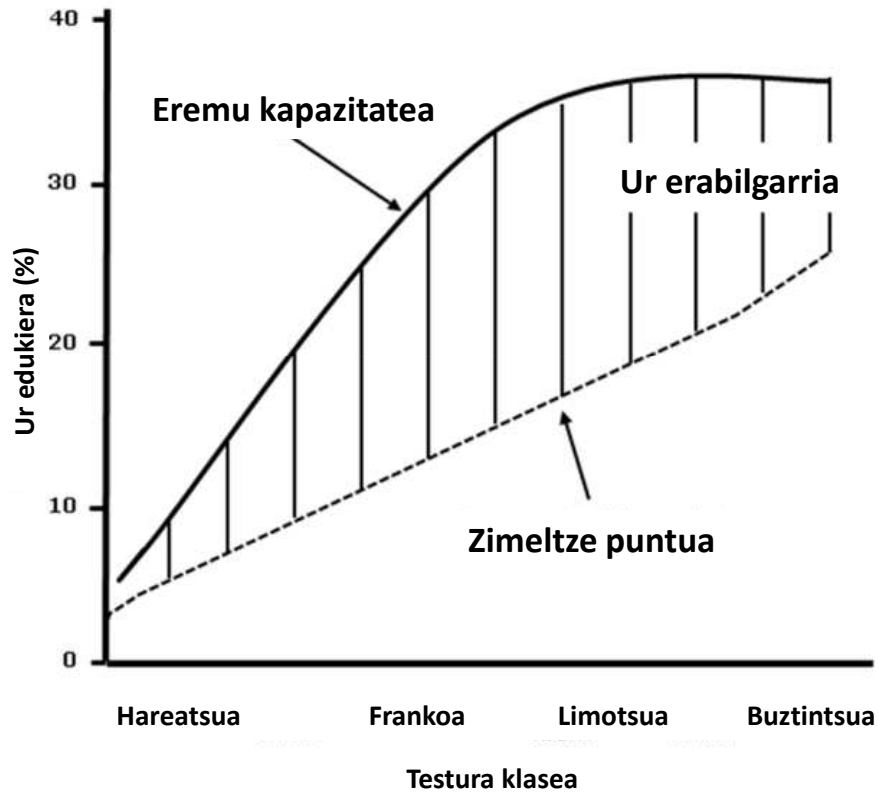
Landareek xurgatu dezaketan ur-kantitatea da.

Aurreko bi parametroen arteko diferentzia da:

$$UE = EK - ZP$$



44



EDAFOLOGIA
2. GAIA:
LURZORUEN OSAGAIK

2.4. LURZORUEN GAS-FASEA

1. Sarrera
2. Osaera kimikoa
3. Dinamika. Fick legea

E. Saez de Camara Oleaga

2.4.1. Fase gaseosa. Sarrera

Gas-faseak urak uzten dion espazio-porotsua betetzen du.

Bere proportzioa oso aldakorra da (\approx % 0-25).

Fase solidoak eta likidoak bezala, berebiziko garrantzia du, batez ere, hainbat erreakzio kimikoentzat eta prozesu biologikoentzat.



Egilea: Martin Ruzek; CC-BY-SA-3.0 lizentziapean
<http://epod.usra.edu/blog/2001/05/soil-profile.html>
webgunean argitaratuta

47



2.4.2. Fase gaseosoaren osaera kimikoa

Lurzoruko atmosfera \approx Lurrazaleko atmosfera

Lurzoruko gas-faseak atmosferak baino ur lurrin eta karbono dioxido ($\times 8$ [CO₂]) gehiago eta oxigeno gutxiago du. Metanoaren proportzioa ere handiagoa da lurzoruan.

Atmosferaren eta lurzoruko airearen osaera bolumenez

	Atmosferako airea (%)	Lurzoruko airea (%)
O ₂	21	10-20
N ₂	78	78.5-80
CO ₂	0.03	0.2-3
Ur-lurrina	Aldakorra	Asetuta

48



2.4.3. Gas-fasearen dinamika

Atmosferaren eta lurzoruko gasaren artean gas-trukaketa (hots, aire-berriztapena) jarraia da. Ondoko prozesuek eragiten dute:

1. **Masazko mugimendua.** Lurzorua-atmosfera arteko tenperatura eta presio aldaketek eraginda.
2. **Difusioz.** Kontzentrazio-gradienteak eraginda. **Fick** legearen arabera gas-fluxua kontzentrazioaren gradientearekiko proportzionala da:

$$Q = -D A \left(\frac{c}{x} \right)$$

A = aireak zeharkatzen duen azalera [L^2]

c = kontzentrazioaren gehikuntza

x = difusio-distantzia [L]

