

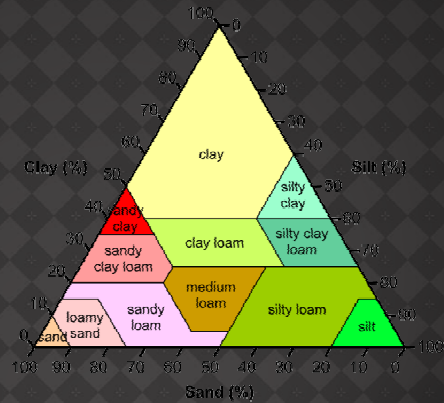
E. Saez de Camara Oleaga



Ingeniaritza Goi Eskola Teknikoa
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Bilbao

3. GAIA

LURZORUEN PROPIETATEAK



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

EDAFOLOGIA
3. GAIA:
LURZORUEN PROPIETATEAK

E. Saez de Camara Oleaga



Ingeniaritza Goi Eskola Teknikoa
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Bilbao

3.1. LURZORUEN PROPIETATE FISIKOAK

1. Granulometria eta testura
2. Egitura
3. Dentsitate eta porositatea
4. Uraren dinamika
5. Kolorea
6. Tenperatura

3.1.1. Granulometria eta testura

Tamaina askotariko partikulek osatzen dute lurzorua. Partikula inorganikoak tamaina-tarteen arabera sailkatzen dira:

Elementu lodiak

> 2 mm partikulak

- Blokeak
- Harri koskorak
- Legarrak
- Hartxingak

Lur fina

< 2 mm partikulak

- Harea
- Limoa
- Buztina



3

Tamaina handiko eta ertaineko partikulek, hau da, elementu lodiak eta hareak, lurzoruaren eskeletoa osatzen dute. Tamaina txikieneko partikulak, hau da, buztinak, beren azalera/bolumen erlazio altua eta koloide-portaera dela eta, lurzoruko osagai mineralen frakzio aktiboena dira.

Partikula-sailkapen guztiek frakzio horien ugaritasunean oinarritzen badira ere, denek ez dituzte tarte edo muga berdinak erabiltzen horiek definitzeko. Sailkapen horien artean erabilienak Lurzoru Zientzien Nazioarteko Elkartearena (*International Union of Soil Sciences* **IUSS**) eta Estatu Batuetako Nekazaritza Sailarena (*United States Department of Agriculture* **USDA**) dira. Hurrengo taulan ikus daitekeenez, ez datoz bat limoen goi-limitearen balioan.



4

Granulometria izendapena

| | USDA sailkapena | IUSS sailkapena |
|-----------------|----------------------------|----------------------------|
| Frakzioa | Muga (mm) | Muga (mm) |
| Buztinak | < 0,002 | < 0,002 |
| Limoak | 0,002–0,05 | 0,002- 0,02 |
| Hare oso finak | 0,05–0,10 | |
| Hare finak | 0,10–0,25 | |
| Hare ertainak | 0,25–0,50 | 0,02-0,20 |
| Hare lodiak | 0,50–1,00 | 0,2–2,0 |
| Hare oso lodiak | 1,00–2,00 | |



Testurak lur fina (<2 mm) osatzen duen frakzioen banaketa adierazten du, hau da, harea, limo eta buztinen ugaritasun erlatiboa.

Datu horretatik baliatuta **testura-klasea** zehazten da.

Lurzoru-klaseek antzeko ezaugarriak eta portaera duten lurzoruak biltzen dituzte:

Lurzoru hareatsuak, franko-hareatsuak, limotsuak, franko-limotsuak, frankoak, franko buztin-hareatsuak, franko buztin-limotsuak, buztintsuak, buztin-limotsuak, buztin-hareatsuak, ...

Testurarik orekatuena lurzoru frankoei dagokie:

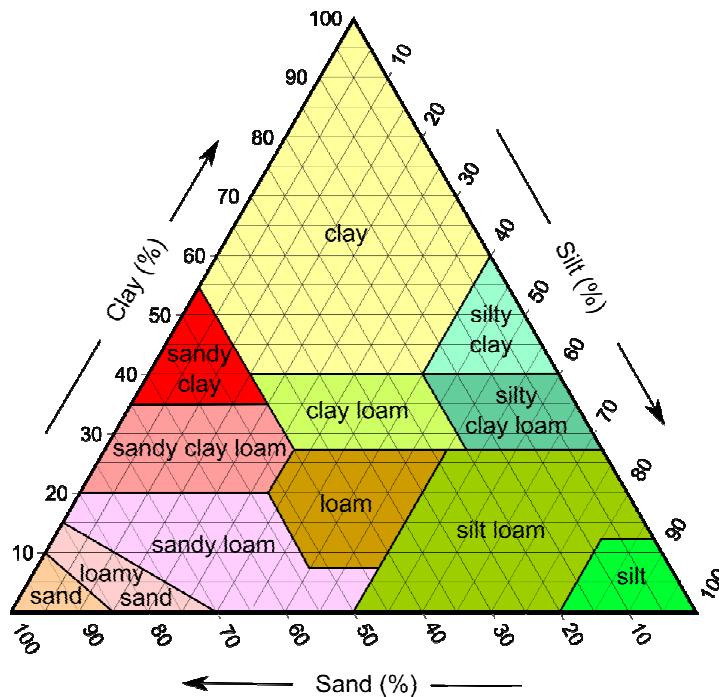
%40-45 hareak

% 30-35 limoak

%25 buztinak



USDA sailkapenaren testura klaseak



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



7

Testuraren zehaztapena laborategian

Lagina airean ala labean (105 °C) lehortzen da.

- Agregakinak xehatzen dira eskuz edo motrailu baten laguntzaz.
- Bi milimetrotako irekidurako bahe batetik zehar pasarazten da.
- Lur finaren aurretratamendua egiten da hainbat metodo fisiko edota teknika kimikoen bidez.
- Lur finaren frakzioak bereizteko...

Hareak → 20 / 50 µm-ko irekidura duen bahetik pasatu

Limoak eta buztinak → Dentsitatearen neurketaren bitartez

- Analisiaren emaitzen egiaztapena:

$$\% \text{ Hareak} + \% \text{ Limoak} + \% \text{ Buztinak} = 100$$



8

Testura zenbatesteko baheak



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

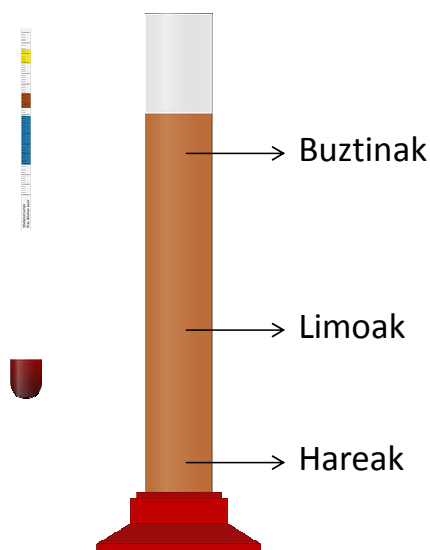
Bahetzeko aparailua



Egilea: BMK; CC-BY-SA-2.0 lizentziapean
<http://commons.wikimedia.org> webgunean argitaratuta



Bouyoucos metodoa



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

Partikulen jalkitze-abiadura (v_s)
Stokes legea aplikatuz kalkula
 daiteke:

$$v_s = \frac{g (\rho_p - \rho_w) dp^2}{18\mu}$$

non:

- g = grabitatearen azelerazioa
- dp = partikularen diametro esferikoa
- μ = uraren biskositatea
- ρ_s = partikulen dentsitatea
- ρ_w = ur-disoluzioaren dentsitatea



Testura ezberdineko lurzoruen ezaugarriak eta portaera

| | Lurzoru hareatsua | Lurzoru frankoak | Lurzoru limotsuak | Lurzoru buztintsua |
|----------------------------------|-------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Iragazkortasuna | Altua | Ertaina | Baxua | Baxua |
| Trinkotasuna | Baxua | Ertaina | Ertaina-Altua | Altua |
| Berotze- abiadura | Azkarra | | | Motela |
| Mantenugaiak gordetzeko ahalmena | Baxua | Ertaina | Ertaina | Altua |
| Lurra lantzeko zailtasuna | Ertaina | Baxua | Ertaina | Altua |
| Plastikotasuna | Baxua | Ertaina | | Altua |
| Ura gordetzeko ahalmena | Baxua | | Baxua-Ertaina | Altua |
| Jariatze-potentziala | Baxua | Baxua-Ertaina | Altua | Ertaina-Altua |
| Haize-erosiorako kalteberatasuna | Altua | Ertaina | Baxua | Baxua |



3.1.2. Lurzoruen egitura

Lurzoru egitura mota ezberdinak



Egilea: soilscience; CC-BY-SA-2.0 lizentziapean <http://flickr.com> webgunean argitaratuta



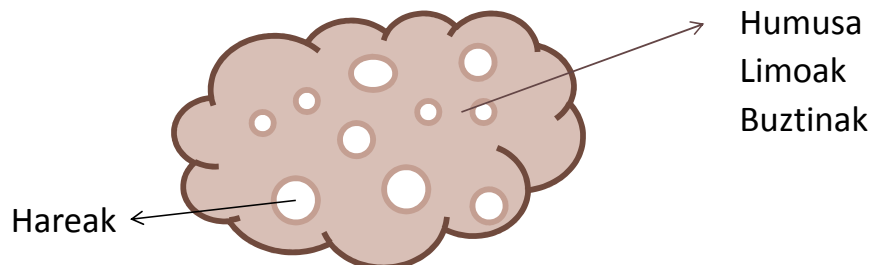
CC0 lizentziapean <http://pixabay.com> webgunean argitaratuta



Egilea: soilnet; CC-BY-SA-2.0 lizentziapean <http://www.soil-net.com> webgunean argitaratuta



Lurzoruko partikulak batu egiten dira elkarren artean **ped** izeneko **agregakin** tridimentsional batzuk emanez.



Egitura lurra osatzen duten partikula desberdinak (bai mineralak bai materia organikoa) *pedetan* agregatzeko moduari esaten zaio.

Neurri handi batetan, **egitura testuraren araberakoa** da.



Egitura **propietate dinamiko** edo egoera bat da, **ingurumen-baldintzen** arabera nabarmen aldatzen dena.



Lurzoruen egitura ezaugarritzeko **agregakinen tamaina** eta **garapen-maila** eta **forma** erabiltzen dira.

1. Tamaina

- Lodia edo mardula
- Ertaina
- Fina
- Oso fina

2. Garapen-maila

- Sendoa (pediala)
- Ertaina
- Ahula
- Hutsala (apediala)



15

3. Forma

Trebetasuna izanez, landan bertan deskriba daiteke.

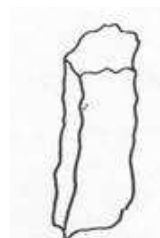
- Mamitsua
- Pikortatua
- Angeluarra
- Azpiangeluarra
- Prismatikoa
- Zutabe itxurakoa
- Laminarra
- Egiturarik gabea



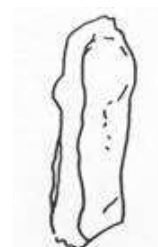
Mamitsua



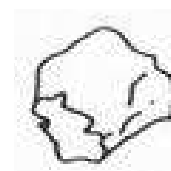
Angeluarra



Prismatikoa



*Zutabe
itxurakoa*



Azpiangeluarra



Laminarra



16

Egituraren **egonkortasunak** lurzoruak kanpo-eragileen erasoen aurrean (ura,...) agregakinei eta horien arteko espazio porotsuari eusteko gaitasuna adierazten du.

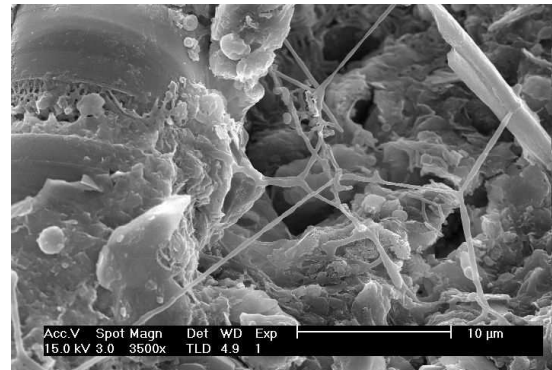
Neurketa

- Landan bertan maila makroskopikoan (mm-cm)

Makroagregatuak

- Laborategian maila mikroskopikoan

Mikroagregatuak



Egilea: soilnet; CC-BY-SA-2.0 lizentziapean
<http://www.soil-net.com> webgunean argitaratuta



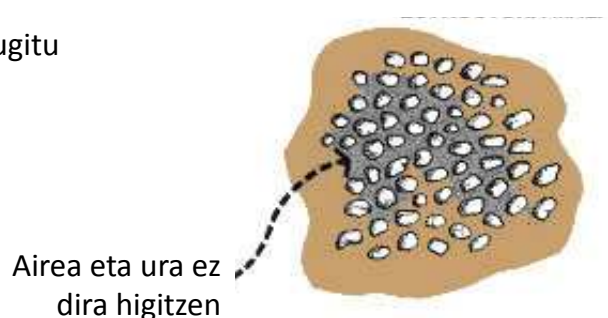
Lurzoruaren aireztapena eta uraren erretentzio-maila egituraren araberakoak dira; gehienbat poroen tamaina eta banaketaren araberakoak.

- **Makroporoak** ($d > 250 \mu\text{m}$)
- **Mikroporoak** ($d < 250 \mu\text{m}$)

Egitura ona



Egitura txarra



3.1.3. Lurzoruen dentsitate eta porositatea

Dentsitate erreala edo **dentsitate solidoa** (ρ_s) Partikula solidoen masa lehorraren (m_s) eta horiek okupatzen duten bolumenaren (V_s) arteko erlazioa da.

$$\rho_s = \frac{m_s}{V_s} \quad \begin{array}{ll} 1250 \text{ kg/m}^3 & \text{Lurzoru organikoak} \\ 2650 \text{ kg/m}^3 & \text{Lurzoru mineralak} \end{array}$$

Itxurazko dentsitatea (ρ_b) Partikula solidoen masaren (m_s) eta lurzoruaren guztizko bolumenaren (V_T) arteko erlazioa da.

$$\rho_b = \frac{m_s}{V_T}$$



19

Dentsitate hezeak (ρ_{bw}) partikula solidoen (m_s) eta uraren masaren (m_w) batura adierazten du lurzoruaren bolumen unitateko (V_T).

$$\rho_{bw} = \frac{m_s + m_w}{V_T}$$

Porositatea espazio porodunen bolumenaren (V_V) eta lurzoruaren guztizko bolumenaren (V_T) arteko zatidura da.

$$P_T = \left(\frac{V_V}{V_T} \right) \cdot 100$$

Piknometroa



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

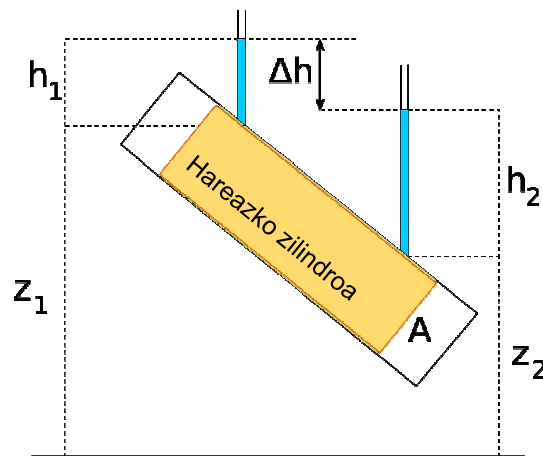


20

3.1.4. Uraren dinamika lurzoruetan

Darcy ingeniari frantsesak ezarri zituen jariakinen dinamikaren oinarriak material porotsuetan zehar, uren tratamendu sistemak diseinatzeko eginko saiakuntzei esker.

Darcyren saiakuntza



21



Darcy-ren legea: “Jariakin baten emaria A sekzioa duen material porotsu batetan zehar bi punturen arteko gradiente hidraulikoarekiko eta eroankortasun hidraulikoaren koefizientearekiko zuzenki proportzionala da ”

$$Q = -K \cdot S \cdot \left(\frac{\Delta h}{\Delta x} \right)$$

Q = emaria edo bolumen-fluxua ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) [L^3/T]

K = permeabilitatea edo eroankortasun hidraulikoaren koefizientea ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) [L/T]

A = sekzioa (m^2) [L^2]

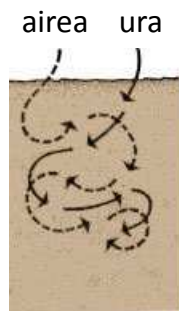
$\Delta h/\Delta x$ = gradiente hidraulikoa ($\text{m} \cdot \text{m}^{-1}$) [L/L]



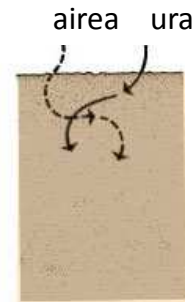
22

Eroankortasun hidraulikoaren koefizientea (K) material porotsuaren ezaugarrien arabera da.

Nolako da lurzoru mota ezberdinen K koefizientea?



Lurzoru hareatsuak
Eroale onak ($K \uparrow$)
Iragazkorrak



Lurzoru buztintsuak
Eroale txarrak ($K \downarrow$)
Iragazgaitzak



Beraz, ekuazio honen arabera higitzen den uraren abiadura:

$$v_{\text{Darcy}} = \frac{Q}{A}$$

Abiadura hori faltsua da, ura ez baita sekzio osoan zehar mugitzen. Ura poro eraginkorretan (m_e) zehar iragaten da bakarrik.

$$\bar{v}_{\text{lineala}} = \frac{v_{\text{Darcy}}}{m_e}$$

Abiadura lineala Darcy-ren abiadura baino handiagoa izango da beti. Dena den, oraindik batez besteko abiadura lineal horren eta benetako abiaduraren arteko aldea nabaria izan daiteke.

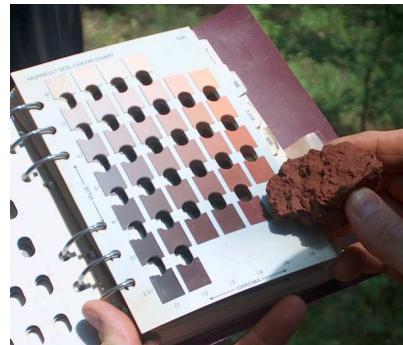


3.1.5. Lurzoruen kolorea

Koloreak lurzoruaren eraketari, osagaiei eta ezaugarriei buruzko informazio ugari ematen du. Bi kolore mota ezberdintzen dira:

- **Kolore litogenikoa.** Jatorrizko materialetik eratorria.
- **Kolore edafogenetikoa.** Prozesu-eratzailerek eragindakoa.

Nola
deskribatzen da?



Egilea: Crosset library; CC-BY-SA-2.0 lizentziapean
<http://www.flickr.com> webgunean argitaratuta

25



Munsell kodea

Kolorearen kodifikazioa letra eta zenbakiaren bitartez egiten da, ondoko hiru parametroetan oinarrituz :

1. **Tonalitate kromatikoa.** Islatutako erradiazioan nagusitzen den uhin-luzera adierazten du: gorria (R), berdea (G),... **Orria.**
2. **Distira.** Jasotako erradiazioaren eta islatutakoaren arteko erlazioa da. **y ardatza.**
3. **Kroma.** Kolorearen purutasun erlatiboa da. **x ardatza.**

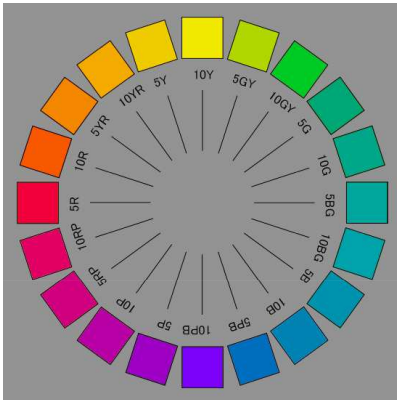
Izendapena

Maila Tonalitatea Distira/ Kroma
Adibidez, 2.5 Y 4/2



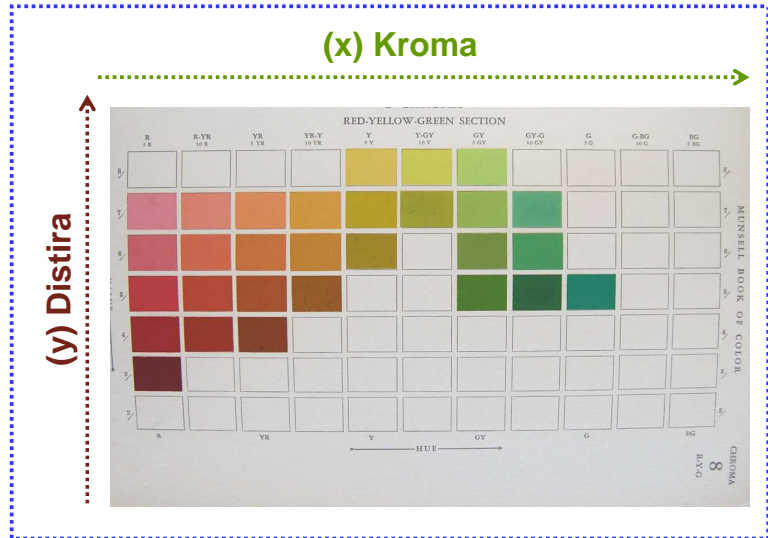
26

Munsell taulak



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

(orria) Tonalitate kromatikoa



Egilea: Crosset library; CC-BY-SA-2.0 lizentziapean
<http://www.flickr.com> webgunean argitaratuta



Lurzoruen koloratzaileak

- Kolore iluna edo beltza → materia organikoa
- Kolore zurixkak → gatz-metaketak
- Kolore arre-gorrixkak → hidratatutako burdin oxidoak
- Kolore gorriak → burdin oxidoak
- Kolore grisak edo berde-urdinskak → burdin erreduzitua

...



CC0 lizentziapean <http://commons.wikimedia.org/> webgunean argitaratuta



3.1.5. Temperatura

Lurzoruaren temperatura gainazalera heltzen den erradiazioaren eta horrek bereganatzen duen kantitatearen arabera da.

Beroaren transferentzia

Mekanismoak

- ✓ Eroapen termikoa
- ✓ Erradiazioa
- ✓ Lurrunketa eta kondentsazioa

Lurzoru termometroak



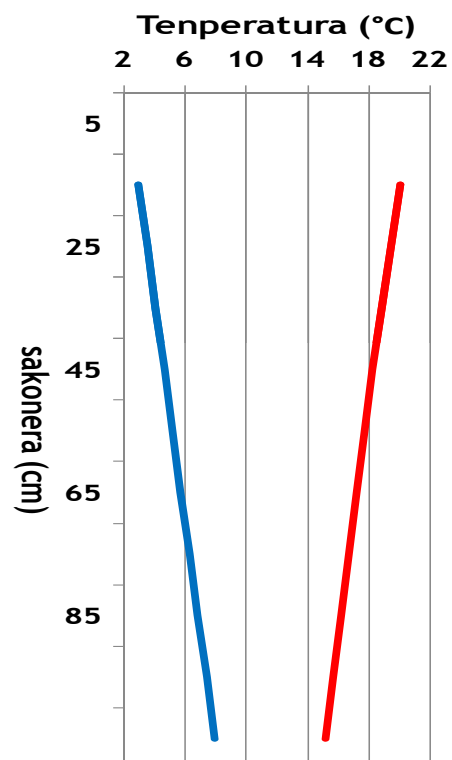
Egilea: Delince; CC-BY-SA-3.0 lizentziapean
<http://commons.wikimedia.org> webgunean argitaratuta

29



Temperaturaren banaketa ez da homogenea. Sakonerarekin batera nabarmen aldatzen da: goiko horizonteen (HA) temperatura atmosferako temperaturarekin batera aldatzen da. Hortaz, beheko horizonteen (HC eta R) baino altuagoa izango da uda partean eta behekoena baino baxuagoa neguan.

Temperaturaren aldaketari sakonerarekin batera **profil termiko** deritzo.



30



3.1. LURZORUEN PROPIETATE FISIKOKIMIKOAK

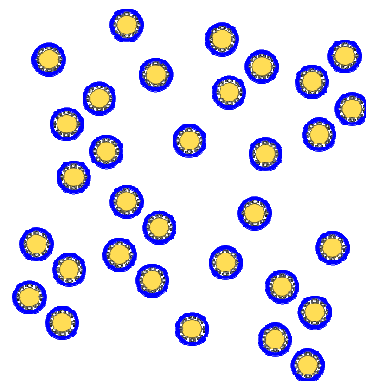
1. Propietate koloidalak.
Gainazaleko erreakzioak.
2. Lurzoruaren azidotasuna
3. Lurzoruen gazitasuna
4. Erredox potentziala

3.2.1. Propietate koloidalak

Lurzoruen zenbait osagai inorganiko (**buztinak, silize koloidala eta oxido metalikoak**) eta organiko propietate koloidalak dituzte.

Zeintzuk dira koloideen propietateak?

- Tamaina ↓ 1-10 nm - 0.1-0.3 μm
- Gainazal espezifikoa ↑
- Karga elektrostatikoa ↑
- Erreaktibotasun ↑
- Mugimendu browniarra



3.2.1.1. Koloideen erreakzioak

Koloideek beren gainazaleko karga dela medio, biziki elkarreragiten dute bai horien artean bai lurzoru-disoluzioarekin ere.

Koloidea - Koloidea

Flokulazioa

Dispertsioa

Koloidea - fase likidoa

Adsortzioa

Absortzioa

Prezipitazioa

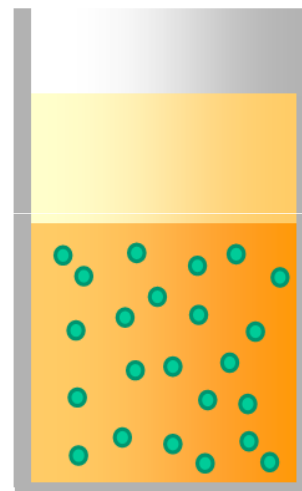


33

Dispertsioa

Partikulak esekiduran zehar bananduta mantentzen dira, horien karga elektriko negatiboak eragiten duen aldarapena dela eta. Hortaz, ez dira jalkitzen.

Prozesu hau funtsezkoa da partikulen garraiorako: esekiduran mantentzen direnez lurzoruko disoluzioak goialdeko horizonteetatik behealdekoetara garraiatzen ditu.



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

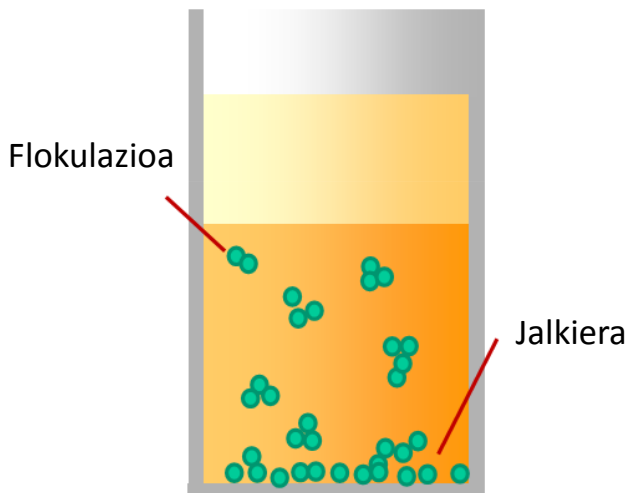


34

Flokulazioa

Esekiduran dauden partikulak eransten edo elkarri atxikitzen dira, maluta edo flokuluak osatuz. Flokuluak beren tamaina eta jalkitze-abiadura dela eta, sedimentatu egiten dira.

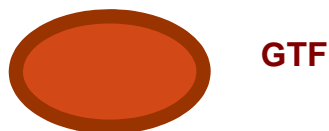
Prozesu honek berebiziko garrantzia du agregakinen eraketan eta beraz, lurzoruen egituraketan.



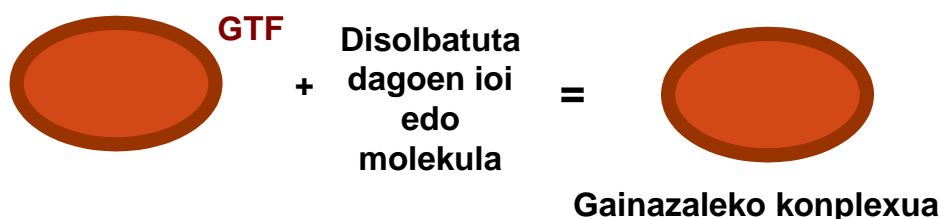
Egilea: SreeBot; CC-BY-SA-3.0 lizentziarekin
<http://commons.wikimedia.org> webgunean argitaratuta



Gainazaleko Talde Funtzionalak (GTF) buztin-mineralak eta materia organikoak osatzen dituzte.



Ur disoluzioan disolbatuta dagoen ioi disolbatu bat gainazaleko talde-funtzional batekin lotzen denean, eratzen den egiturari **gainazaleko konplexu** edo **truke-konplexu** deritzo.



Sortzioa materialen transferentzian datza lurzoruaren **fase likidotik solidora**. Aurkako prozesua (**fase solidotik likidora**) **desortzioa** da. Bi sortzio mota: adsortzioa eta absortzioa.

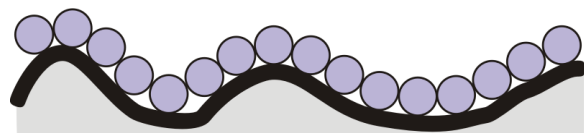
Adsortzioa

Gainazalean lurzoru-disoluzioan esekiduran edo disolbatuta dauden substantziak erreakzio kimikorik gertatu gabe atxikirik gelditzea da.

✓ **Adsorbatzaile edo sustratua**

✓ **Adsorbato edo solutua**

Bi mota 1.- Fisisortzioa
2.- Kimisortzioa

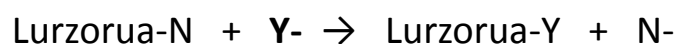


CC0 lizentziapean <http://commons.wikimedia.org/> webgunean argitaratuta

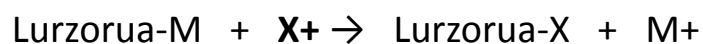


37

Anioi-trukea



Katioi-trukea



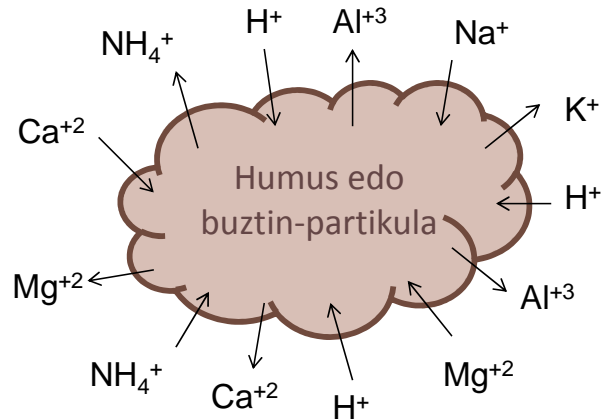
Gainazaleko talde funtzionalen karga negatiboa denez, lurzorueta **katioien elkartrukitzea** gailentzen da.

Truke-posizioak betetzen dituzten **katioiak** Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , H^+ , Al^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , NH_4^+ , Mn^{2+} , Cu^{2+} eta Zn^{2+} . dira

Beraz, lurzoruaren gainazaleko talde funtzionalak **mantenugaien biltegiak** dira.



38



- Lurzoru azidoetan H^+ eta Al^{3+}
- Lurzoru alkalinoetan Na^+
- Lurzoru neutroetan Ca^{2+}



Truke-ahalmena zenbatesteko parametroak

Katioiak Trukatze Gaitasuna (CIC Edo T) katioiak elkartrukatu ahal dituzten gainazaleko talde funtzionalen (GTF) karga-sedeak.

$$\text{CIC} = S \cdot \sigma$$

$$S = \text{gainazal espezifikoa (m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}\text{)}$$

$$\sigma = \text{gainazalaren karga-dentsitatea (cmolc} \cdot \text{m}^{-2}\text{)}$$

GTF gehienbat buztin-mineralek eta materia organikoak osatzen dituztenez...

$$\text{CIC}_{\text{lurzorua}} = (\% \text{buztinak} \cdot \text{CIC}_{\text{buztinak}}) + (\% \text{MO} \cdot \text{CIC}_{\text{MO}})$$

Unitatea: $\text{cmolc} \cdot \text{kg}^{-1}$ edo $\text{meq}/100 \text{ g}$ lurzoru



Nola neurtzen da truke-ahalmena laborategian?

Gainazaleko truke-konplexua katioi adierazle batekin asetuz. Horrek truke-sedeetan dauden katioien irteera eragingo du:



X adsorbatzailea

Mi elkartrukatu ditzakeen katioiak

A+ katioi adierazlea

Me kanpo-disoluzioak dituen katioiak

Balorazioa



CC0 lizentziapean <http://commons.wikimedia.org/webgunean> argitaratuta

41



Truke-ahalmena baldintzatzen duten faktoreak

- ✓ Partikulen tamaina
- ✓ Partikulen osaera eta egitura
- ✓ Katioi trukagarrien izaera
- ✓ pH

| Partikularen izaera | CIC ($\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$) |
|---------------------|---|
| Kaolinita | 1-5 |
| Mikak | 5-15 |
| Ilita | 15-40 |
| Esmektitak | 50-150 |
| Materia organikoa | 100-250 |
| Bermikulita | 130-210 |
| Zeolitak | 220-420 |
| Azido fulbikoak | > 1400 |

42



Truke-ahalmen motak

CIC maximoa. pH neutroa duen soluzio erauztzaile indargetzaile bat erabiliz balorazio baten bitartez neurtzen den CIC da.

CIC eraginkorra. Lurzoruan landan bertan (*in situ*) neurtzen den katioiak trukatzeko gaitasuna. Katioi basifikatzaileak (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ eta Na^+) truka ditzaketen katioi azidifikatzaileak (H^+ eta Al^{3+}) eta azidotasuna neurtuz zenbatesten da.

Katioi basifikatzaileen asetze portzentaia (V). Katioi basifikatzaileen batuketak (S) eta gainazaleko konplexuak trukatu ditzakeen katioi guztien ($T=CIC$) arteko erlazioa da.

$$S = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+$$



$$\begin{aligned} T = CIC &= S + \text{Al}^{3+} + \text{H}^+ \\ T - S &= \text{Al}^{3+} + \text{H}^+ \end{aligned} \quad \longrightarrow \quad V = \left(\frac{S}{CIC} \right) \cdot 100 = \left(\frac{S}{T} \right) \cdot 100$$

Asetze portzentaiak, pHak eta katioiak trukatzeko gaitasunak gainazaleko konplexuaren egoera islatzen dute:

- **V > %50** Lurzorua asetuta > 85-90%
- **V < %50** Lurzorua ez dago asetuta < 50%

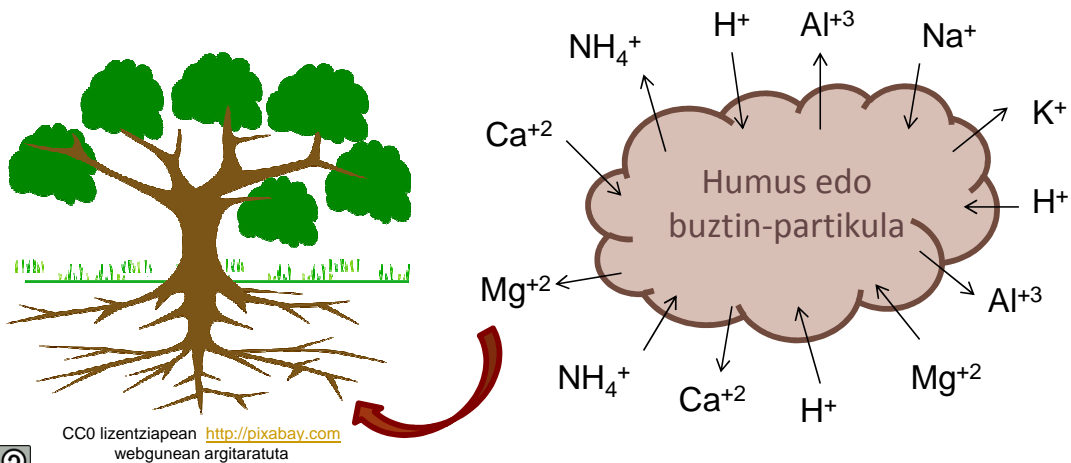
Lurzoru eutrofikoa

Lurzoru oligotrofikoa



Absortzioa

Substantzia batek bere barnean beste bat hartzean datza. Absorbatzen den substantziari **absorbato** deritzo eta bere barnean absorbatzen dituen substantzia edo materialari, aldiz, **absorbente**.



45

Prezipitazioa edo hauspeatzea

Erreakzio kimiko baten ondorioz, disoluzio bateko solutua produktu solido moduan agertzean datza.



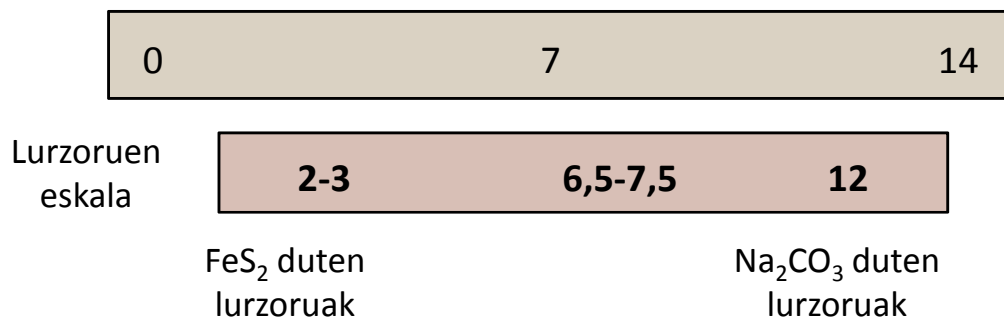
CC0 lizentziapean <http://pixabay.com> webgunean argitaratuta

46

3.2.2. Azidotasuna

Azidotasunak disoluzioen protoien edo hidrogeno ioiaren kontzentrazioa neurtzen du. pH-aren bidez neurtzen da.

$$pH = -\log[H^+]$$



47

Aipatutako definizioa **EZ** da aplikagarria Edafologian.

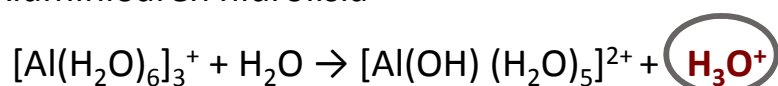
$$pH \neq -\log[H^+]$$

Azidotasuna eragiten duten konposatuak: Aluminioaren teoria.

5.5 beheragoko pH duten lurzorueta, hidrogeno ioiez gain, buztinei loturiko beste ioi batzuek (Al, Mn eta Fe) ere azidotasuna eragiten dute.



Aluminioaren hidrolisia



azidotasuna



48

Azidotasun motak

- **Azidotasun aktibo** edo **erreal**a. Protoien kontzentrazioa lurzoruko disoluzioan.

H^+ *pH-metro (1 Lurzorua : 2.5 ura)*

- **Truke-azidotasuna** edo **erreserba-azidotasuna**. Protoien eta erraz truka daitezkeen aluminio ioien kontzentrazioa da.

H^+ gehi Al^{3+} *KCl 1 N gehituz*

- **Gutzizko azidotasuna**. Protoien, erraz truka daitezkeen aluminio ioien, nahiz talde funtzional organikoek konplexatutako protoi eta aluminio ioien kontzentrazioa da.

Gutzizko azidotasuna = CIC – (Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+)



Lurzorua **indargetze-ahalmenak** azido edo base bat gehitzean bere pH balioa mantentzeko gaitasuna adierazten du.

Ahalmen hori buztin-mineralei, materia organikoari, kaltzio karbonatoari, zenbait oxido eta hidroxidoi eta beste hainbat **eragile indargetzailei** zor zaie.

| Lurzorua pH | Indargetzailea |
|--------------------|---|
| 2-0-4.0 | Pirita eta beste sulfuro batzuen oxidazioa |
| 4.0-5.5 | Aluminioaren konposatuak |
| 5.5-6.8 | Katioien elkartrukerako konplexua |
| 6.8-7.2 | Materia organikoa eta mineralak |
| 7.2-8.5 | Kaltzio-karbonatoa eta magnesio-karbonatoa |
| 8.5-10.5 | Sodio-karbonatoa, trukatu daitezkeen Na^+ |



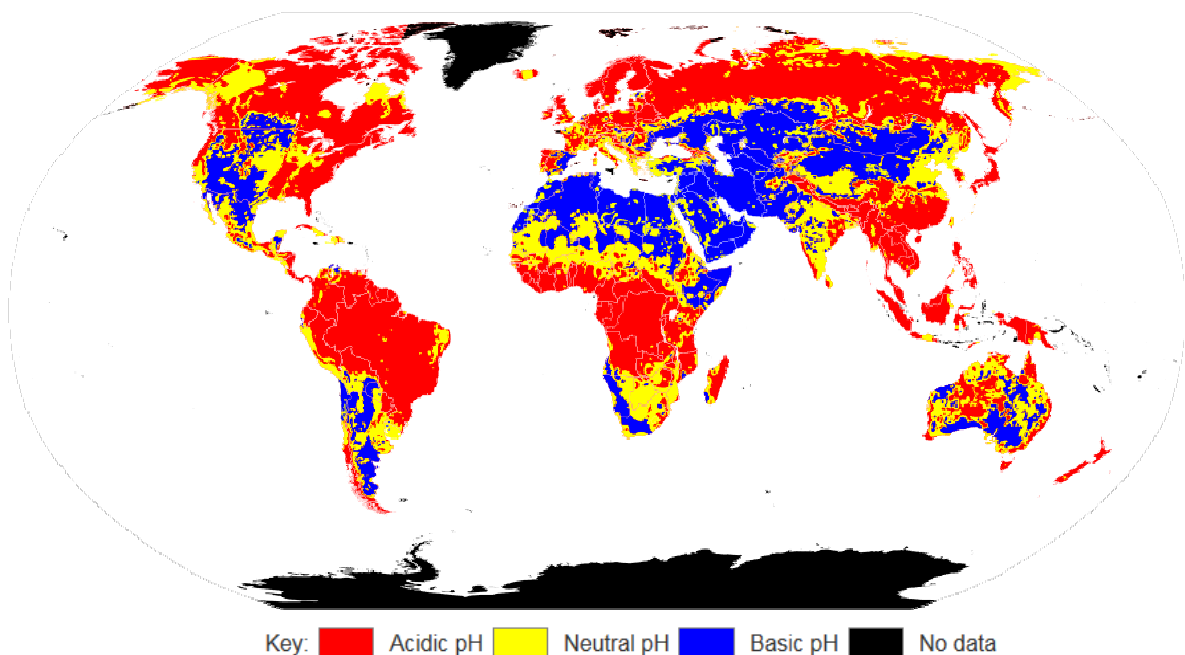
Azidotasuna baldintzatzten duten faktoreak hurrengoak dira:

- ✓ **Ama-harriaren izaera**
Silize askoko ama-harriak vs kareaharriz osatutakoak
- ✓ **Jarduera biologikoa**
Sahats eta koniferoen hondarrak
- ✓ **Prezipitazioa**
Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺ ioien **lixibazioa** eragiten du.
Prezipitazio-urak azido karbonikoa (H₂CO₃) du.
- ✓ **Beste batzuk:** kokalekua, giza jarduerak,...



51

Lurzoru azidoen banaketa globala



52

Kareztadura

Klima euritsuetan, azidotasunak eragiten dituen arazoak direla eta, ohi azidotasuna zuzentzeko neurriak hartzen dira. Gehien erabiltzen den metodoa kareztadura da.

Birrindutako kareharriaren eransketa



Egilea: Mark Robinson; CC-BY-2.0 lizentziapean <http://www.flickr.org> webgunean argitaratuta

53



3.2.3. Gazitasuna



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

Jatorri naturaleko lur gaziak

Kostaldean, itsas paduretan, estuarioetan,... eta ingurune idorretan berez sortu.

Ekosistema gaziak

KONTSERBAZIOA



Giza jardueren ondorioz
(ureztapen desegokia, lurpeko uren gehiegizko ustiapena,...)

gazitutako lurrak

Narriatutako ekosistemak

BERRESKURAPENA

54

Lurzoruen gazitzea gatzen apurka-apurkako bigarren mailako metaketan datza. Gatzak, batez ere, profilaren goiko horizonteetan (HA) pilatzen dira. Pilaketa askoz ere handiagoa da urtaro lehor eta idorretan.

Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{-2} eta HCO_3^- ioiek eragiten dute.

- **Lurzoru gaziak.** Igeltsua baino disolbagarriagoak diren gatzen kontzentrazio altuak.

Truka daitekeen sodio portzentaia (**ESP**) > %15

Buztinen dispersioa eragin eta egitura desegonkortu.

- **Lurzoru sodikoak.** ESP > %15 eta pH < **8.5**.
- **Lurzoru alkalinoak.** ESP > %15, kaltzio karbonatoa eta pH = **9-12**



55

Nola neurtzen da gazitasuna?

Lurzoruan bertan (*in situ*) behatuz...

- ✓ Landare halofiloak
- ✓ Gatz efloreszentzia zuriak
- ✓ Landararik gabeko ubadak
- ✓



Egilea: imágenes geológicas CC-BY-SA-2.0 lizentziapean <http://www.flickr> webgunean argitaratuta

Laborategian (*ex situ*) **eronkortasun elektrikoa** (CE) neurtuz konduktimetro izeneko aparailuaz. Unitatea: dS·m-1



56

3.2.4. Erredox potentziala

Gainazaleko horizonteetan O_2 kontzentrazioa %15-20 artekoa da, hain zuzen ere. Beraz, oro har ingurunea **aerobioa** da eta bere **joera oxidatzailea**.

Dena den, euri-zaparrada bat eta gero edo etengabeko prezipitazioen ondorioz, urak espazio poroduna betetzen badu, O_2 maila nabarmen jaisten da, ingurunea **anaerobioa** bihurtuko da eta bere **joera erreduzitzailea** izango da.



Podzol

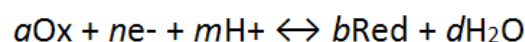
CC0 lizentziapean <http://commons.wikimedia.org/webgunean> argitaratuta

57



Erredox erreakzioak

Espezieen arteko elektroien transferentzia



Oxidazioa: elektroiak askatu (oxidazio-zenbakia handitu)

Erredukzioa: elektroiak hartu (oxidazio-zenbakia txikitu)

Oxidatzailea: beste substantzia beten oxidazioa eragin dezakeena

Erreduzitzailea: erreduzkioa eragin dezakeena

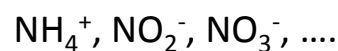
Erredox bikoteak, erdi-erreakzioak eta erredox sistemak



58

Espeziazio kimikoa

Zenbait elementu kimikok (e.g. Fe, Mn, S, N,...) hainbat balentzia dituztenez, oxidatzaile edo erreduzitzaile moduan jardun dezakete, eta forma kimiko ezberdinetan egon daitezke lurzoruaren edo ingurumenaren baldintzen arabera.



Aldi berean, baldintza horiek elementuen **disolbagarritasuna**, **mugikortasuna** eta **toxikotasuna** baldintzatuko dute.



Erredox potentziala

Edozein erredox bikoteren ahalmen oxidatzailea edo erreduzitzailea jakiteko erreferentziako elektrodoaren (E) potentzialarekin konparatuko da.

$$E^0_{\text{H}^+/\text{H}_2} = 0 \text{ V}$$

Zenbat eta handiagoa izan E^0 ren balioa orduan eta handiagoa izango da bikotearen oxidatzailetasuna.

pe espezie baten elektroioak onartzeko edo trukatzeko joera erlatiboa adieraziko du, hots, **elektroien aktibitatea**.

$$pe = -\log(e^-)$$

Lurzoru oxidatzaileetan $pe \uparrow$ vs erreduzitzaileetan $pe \downarrow$



Berezkotasuna, pH, pe, erredox potentziala eta oreka konstantea

$$\Delta G_{\text{erreak}}^{\circ} = -RT \ln \frac{[\text{Red}]^b \cdot [\text{H}_2\text{O}]^d}{[\text{Ox}]^a \cdot [\text{e}^-]^n \cdot [\text{H}^+]^m}$$

$$\Delta G_{\text{erreak}}^{\circ} = -2.303 RT \log K$$

$$\Delta G_{\text{erreak}}^{\circ} = -nF E_h \longrightarrow E_h = \frac{\Delta G_{\text{erreak}}^{\circ}}{nF}$$

$$pe = \left(\frac{E_h}{0.059} \right) - pH$$

$F = \text{Faraday zenbakia} = 96500 \text{ C}$

